



Sostenibilidad y resiliencia de las infraestructuras

Coordinación y Dirección técnica:
Mauricio Gómez Villarino

**CAMINOS
MADRID**



Colegio de Ingenieros
de Caminos
Canales y Puertos
de Madrid

Sostenibilidad
y
resiliencia
de las
infraestructuras

Coordinación y
Dirección técnica:
Mauricio Gómez Villarino

Presentación

Este libro surge a iniciativa de la Demarcación de Madrid del Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos de España con la intención de servir de síntesis de numerosas actividades formativas sobre la materia desarrolladas en los últimos años así como de varias jornadas de discusión en el ámbito internacional sobre las nuevas tendencias en el desarrollo de infraestructuras y en las que se ha evidenciado el enfoque que se presenta en este libro como uno de los *key drivers* de las infraestructuras del futuro.

El libro tiene un argumento unitario en torno a los múltiples aspectos que conforman los conceptos de sostenibilidad y resiliencia, los cuales se tratan en diferentes capítulos por diferentes autores unidos por un hilo conductor.

No obstante, cada capítulo tiene entidad propia, de tal manera que admite una lectura independiente, si bien la lectura ordenada y completa de libro seguramente mejora el sentido individual situándolo en un contexto general.

Por otro lado el libro transmite un mensaje claro sobre el interés del enfoque de sostenibilidad y sobre los retos y avances en la materia, con una aproximación multinivel para diferentes lectores que intenta equilibrar los aspectos generales de fácil comprensión para lectores genéricos y los más detallados para expertos.

Todo ello se enmarca en una serie de ideas fuerza, las cuales entienden que la sostenibilidad y la resiliencia en general, y la de las infraestructuras en particular, no son una opción sino una obligación; que apostar por ellas es apostar por la calidad y por el futuro; que la creciente sensibilidad ambiental de la sociedad, la percepción del cambio climático, la emergencia del paisaje como factor ambiental sustantivo y el evidente incremento de valor que aporta a la sociedad y a los agentes públicos y privados, exigen el enfoque de sostenibilidad como factor de aceptación social y particular de los proyectos, y como elemento relevante en la toma de decisiones en los procesos de inversión; y que, además, este enfoque es económicamente el más rentable y por ello facilita el acceso al capital y al interés de las entidades inversoras.

Sobre estas ideas básicas, el libro plantea la integración de la sostenibilidad y resiliencia desde el principio, de forma participada, concertada y transparente, en todas las fases del ciclo: concepción, financiación, planificación, diseño, construcción, operación y desmantelamiento en su caso, de una infraestructura, en todos los niveles territoriales, en todos los aspectos que intervienen y mediante la colaboración de todos los agentes públicos y privados implicados.

El primer capítulo expone un marco de referencia general sobre la sostenibilidad y resiliencia de las actividades y su entorno, sobre el significado preciso de estos conceptos que exige su carácter polisémico, y sobre la forma de enfocar la respuesta que demanda la creciente sensibilidad ambiental de la sociedad y su llegada al mundo de la ingeniería y de los negocios. Al hilo de la exposición general, se va introduciendo su aplicación particular a las infraestructuras considerándolas como piezas indispensables para la funcionalidad del sistema territorial.

El capítulo I va acompañado de un estudio de caso que pone de relieve la importancia de la planificación de las infraestructuras en su contexto territorial, enfatizando la orientación a reducir los gases efecto invernadero y la adaptación al cambio climático, mediante una serie de ejemplos, análisis y métricas de diferentes cuestiones extraídos de la experiencia del autor en el caso de las ciudades intermedias y emergentes de Latino América y El Caribe.

El capítulo II analiza las posibilidades y las herramientas existentes para medir el grado de sostenibilidad alcanzado por un proyecto -y para su certificación-. Como sabemos, estos sistemas pueden utilizarse con un enfoque preventivo -útil para las fases de planificación y de diseño- y/o con un enfoque verificativo -para evaluar lo que se ha hecho-. Se aportan varios modelos para la sistematización de esta medida de la sostenibilidad.

El capítulo III, relativo a la rentabilidad económica de una infraestructura sostenible, señala la existencia de dos carencias notables en el campo de las infraestructuras: una es el déficit de las inversiones en relación con la demanda, las cuales se incrementarán de forma exponencial hacia el futuro; otra se refiere a la ausencia de protocolos de sostenibilidad en la formulación de planes y proyectos, así como la idea generalizada de que la sostenibilidad encarece los proyectos. El capítulo pone de manifiesto que esto son es así cuando se considera suficiente perspectiva temporal y el ciclo de vida de los proyectos y/o cuando se analiza con suficiente profundidad y desde el principio la solución a adoptar para cubrir o guiar la demanda/necesidad de una infraestructura en particular. Se tratan también los notables beneficios de diferente tipo que, este enfoque, proporciona a los propietarios y financieros.

El capítulo IV analiza las perspectivas y recoge la visión de las entidades financieras, de los organismos multilaterales, de los organismos de cooperación y de otros agentes claves en la financiación de infraestructuras sostenibles y resilientes.

El capítulo V presenta la perspectiva de los agentes implicados en la gestión, operación y mantenimiento de las infraestructuras, reflexionando desde las diversas perspectivas de dichos agentes sobre los conceptos y enfoques de sostenibilidad y resiliencia tratados en el capítulo 1.

El libro concluye con una serie casos paradigmáticos. El primero de ellos es un estudio de caso relativo a la resiliencia de infraestructuras, en términos de su adaptación al cambio climático, de la red de carreteras de Nicaragua, para lo que plantea una lógica basada en cuatro componentes: fortalecimiento institucional, identificación de escenarios climáticos, revisión de estándares y de manuales de diseño de las infraestructuras y formulación de proyectos piloto.

Otro interesante caso analiza de la cuestión sostenible para un tipo de infraestructura en particular, y para ello se han seleccionado las infraestructuras aeroportuarias: el estudio comienza planteando la muy negativa percepción social sobre el desempeño ambiental de la infraestructura aeroportuaria para, enseguida, señalar que esta circunstancia ha provocado que los aeropuertos, así como las asociaciones y organizaciones gubernamentales asociadas a ellos, hayan sido precursoras en la aplicación de la sostenibilidad a las infraestructuras de transporte. Y añade las oportunidades únicas que presentan los aeropuertos respecto al resto de infraestructuras para incorporar la sostenibilidad, lo que ilustra con diversos y notables ejemplos.

El siguiente estudio de caso trata sobre la sostenibilidad y resiliencia en una infraestructura de protección fluvial en Tegucigalpa, Honduras, insertándola en el tejido urbano y enfatizando la visión multisectorial de las infraestructuras urbanas, no solo en relación con las propias infraestructuras sino con el sistema territorial que conforman las ciudades. En este sentido el estudio señala que el enfoque sectorial debe abrir camino a la generación de proyectos multisectoriales que incorporen desde su concepción las sinergias entre sectores de infraestructura especialmente en el ámbito urbano. Porque todo ello, además de hacer mejor a la infraestructura, mejora enormemente su entorno, en este caso la ciudad de Tegucigalpa.

Mauricio Gómez Villarino

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Presidente de la Comisión
de Formación
Demarcación de Madrid
Colegio de Ingenieros
de Caminos,
Canales y Puertos de España

Madrid, marzo de 2018

Índice

Capítulo 01: Sostenibilidad: marco de referencia general y aproximación a las infraestructuras sostenibles y resilientes

Por orden alfabético: **Domingo Gómez Orea. Dr. Ingeniero Agrónomo. UPM**
Mauricio Gómez Villarino. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. IDOM

1. Sobre sostenibilidad

- 1.1. Origen ambiental de la idea
- 1.2. La sostenibilidad se refiere al sistema actividad-entorno
- 1.3. Sostenibilidad y resiliencia: dos conceptos complementarios
- 1.4. Concreción del concepto
- 1.5. Beneficios de la sostenibilidad
- 1.6. Uso abusivo del término en la sociedad moderna
- 1.7. La sostenibilidad: una utopía

2. Dimensiones de la sostenibilidad

- 2.1. La dimensión ambiental
- 2.2. La dimensión social
- 2.3. La dimensión económica
- 2.4. La dimensión territorial

3. Principios generales y criterios específicos de sostenibilidad

- 3.1. Principios generales de sostenibilidad
- 3.2. Criterios específicos de sostenibilidad

4. Claves básicas de la sostenibilidad

- 4.1. Partir de la contundente lógica que proporciona la sensibilidad ambiental
- 4.2. Atender a los principios generales y a los criterios específicos de sostenibilidad así como a los objetivos del desarrollo sostenible adoptados en la Agenda 2030
- 4.3. Considerar conjuntamente y con el mismo nivel de atención, pero no de importancia, las distintas dimensiones de la sostenibilidad
- 4.4. Aplicar el “enfoque de demanda”
- 4.5. Asumir la cultura de generar y evaluar múltiples alternativas
- 4.6. Adoptar el modelo territorial como referencia
- 4.7. Considerar particularmente la referencia de la Estrategia Territorial Europea (ETE)
- 4.8. Considerar la Huella Ecológica
- 4.9. Atención al cambio climático
- 4.10. Considerar el paisaje: dimensión emergente y sustantiva del sistema territorial

5. El ciclo de la sostenibilidad. Claves instrumentales

- 5.1. Una clave primordial de la sostenibilidad: integración actividad-entorno, y traslado del centro de atención desde la actividad al sistema conjunto
- 5.2. La integración de cualquier actividad comienza desde el inicio del proceso de toma de decisiones e interviene en todas las fases del ciclo
- 5.3. Asumir que el entorno precede a la actividad
- 5.4. Entender el impacto ambiental como medida de la integración
- 5.5. Una respuesta solvente al reto de la sostenibilidad: aplicar los instrumentos de gestión ambiental disponibles

6. Criterios operativos de sostenibilidad: modelo para la integración

- 6.1. Las actividades “razonables” en un determinado espacio
- 6.2. La localización de las actividades razonables
- 6.3. El comportamiento de las actividades en términos de utilización de “influentes” o recursos del entorno
- 6.4. El comportamiento de las actividades en relación con la función receptora de efluentes
- 6.5. Consecuencias del modelo sobre la sostenibilidad de la actividad y sobre la significación de sus impactos potenciales

7. Concreción de los criterios de sostenibilidad particularmente para las infraestructuras: antesala de una batería de indicadores

8. El desarrollo sostenible

- 8.1. Respuesta a un estilo de desarrollo insostenible
- 8.2. Frente al estilo insostenible imperante, el desarrollo sostenible opta por la sensatez
- 8.3. Objetivos concretos: la Agenda 2030 “transformar el mundo” de Naciones Unidas

9. La ordenación del territorio como enfoque y metodología para planificar el desarrollo sostenible

10. Bibliografía

Estudio de Caso 1.

La planificación de las infraestructuras ante el reto del cambio climático. El caso de las ciudades de tamaño medio iberoamericanas
Daniel Rubio Blanco. Dr. Ingeniero Agrónomo. IDOM

Capítulo 02: Métodos y herramientas para la medida de la sostenibilidad de una infraestructura

Cristina Contreras Castro. Investigadora Harvard University

1. Del desarrollo sostenible a la infraestructura sostenible
2. Sostenibilidad de la infraestructura a través de la visión de los actores clave
 - 2.1. Bancos de Desarrollo Multilaterales
 - 2.2. Base de datos de inversores e Indicadores
 - 2.3. Sector público
 - 2.4. Preparación de Informes
 - 2.5. Proveedores de herramientas de sostenibilidad de infraestructura

3. Cuantificación de las infraestructuras sostenibles

- 3.1. El sistema de calificación Envision
- 3.2. CEEQUAL
- 3.3. SuRe
- 3.4. IS-Scheme

4. Lecciones aprendidas

5. Oportunidades futuras

6. Bibliografía

Capítulo 03: La rentabilidad económica de una infraestructura sostenible

Por orden alfabético: Spiro Pollalis (IP), Cristina Contreras, Evgenia Hagistavrou, Dimos Lappas, Judith Rodriguez. The Zofnass Program for Sustainable Infrastructure at Harvard University

1. Antecedentes
2. Cómo los promotores y los financieros se benefician de la infraestructura sostenible
3. Desafíos y principales barreras para la inversión en sostenibilidad
4. Por qué la planificación de infraestructura sostenible es una decisión de negocios sensata desde el punto de vista económico
 - 4.1. Desempeño corporativo
 - 4.2. Fuerzas del mercado internacional
 - 4.3. Regulaciones: Política como dinamizadora del cambio
 - 4.4. Financiación de sistema vs. financiación de proyectos
 - 4.5. Generación de beneficios sociales y comunitarios
5. Medición de costo-beneficio
6. Estrategias para reducir los costos directos
7. Nuevas oportunidades
8. Bibliografía

Capítulo 04: El papel de las entidades financieras, de los organismos multilaterales y de los organismos de cooperación en la financiación de infraestructuras sostenibles y resilientes

Por orden alfabético: Mariana Silva. MSc International Banking & Finance, Economics. Nathan Associates

1. Introducción
2. Fuentes, instrumentos y etapas en la financiación de infraestructuras
 - 2.1. Financiación pública
 - 2.2. Financiación privada

- 3. Demanda de sostenibilidad y compromiso de incremento por parte del sector privado
 - 3.1. Demanda de sostenibilidad por parte del mercado
 - 3.2. Aumento de las oportunidades de activismo por parte del sector privado
- 4. Movilización de fondos adicionales para la infraestructura sostenible
 - 4.1. Principales obstáculos
 - 4.2. El papel de los Bancos Multilaterales de Desarrollo en la agenda/programa de infraestructura sostenible
 - 4.3. La necesidad de una cartera de proyectos de infraestructura sostenible financiable
- 5. Referencias

Capítulo 05: La perspectiva de los gestores, operadores y mantenedores de infraestructuras

Por orden alfabético: **Antonio Burgueño Muñoz. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. FCC**

- 1. Infraestructuras sostenibles
- 2. Resiliencia
- 3. Resiliencia y sostenibilidad
- 4. El difícil equilibrio
- 5. Indicadores
- 6. Ciclo de vida
- 7. El espacio
- 8. A vueltas con los indicadores
- 9. La diferencia
- 10. Conclusión

Estudio de Caso 2:
Resiliencia de Infraestructuras: Adaptación al cambio climático de la red de carreteras de Nicaragua
Margarita Pery Trenor. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. IDOM

Estudio de Caso 3:
Sostenibilidad de Infraestructuras aeroportuarias
Héctor Martín Martín. Ingeniero Aeronáutico. IDOM

Estudio de Caso 4:
Sostenibilidad y resiliencia en una infraestructura de protección fluvial
María Álvarez Mingorance. Arquitecto. IDOM



01



Sostenibilidad:
marco de referencia general
y aproximación a las
infraestructuras sostenibles
y resilientes

Domingo Gómez Orea.
Dr. Ingeniero Agrónomo. UPM

Mauricio Gómez Villarino.
Dr. Ingeniero de Caminos Canales y Puertos. IDOM

*Si (como afirma el griego en el Cratilo)
el nombre es arquetipo de la cosa
en las letras de 'rosa' está la rosa
y todo el Nilo en la palabra 'Nilo'*

Jorge Luis Borges.
Poema El Golem. 1964

Este capítulo presenta un marco de referencia general sobre sostenibilidad y resiliencia y sobre la forma de enfocar la respuesta que demanda la creciente sensibilidad ambiental de la sociedad y la llegada de estos conceptos al mundo de la ingeniería y de los negocios. Al hilo de la exposición general que hace el capítulo se va introduciendo su aplicación particular a las infraestructuras.

La sostenibilidad es un término polisémico, cuyo significado depende de la gran variedad de personas y entidades que lo utilizan y de la gran diversidad de elementos a los que se aplica.

Esta diversidad de significados aconseja aclarar el concepto en la medida de lo posible, porque sin una mínima nitidez del significado será difícil aplicarlo con solvencia técnica.

El texto parte de la idea de que la sostenibilidad tiene un origen ambiental y se consolida su vinculación a la "cuestión" ambiental, que viene definida por el comportamiento de las actividades humanas (y de las entidades productivas) con respecto a su entorno, en todas las escalas territoriales, en todos los campos de actividad y en todos los niveles de concreción.

Pero dado el carácter "poliédrico" de los problemas ambientales, se añaden tres dimensiones más: la social, la territorial y la económica; las dos primeras muy vinculadas a lo ambiental, y la tercera con carácter subsidiario con respecto a ella.

El texto se refiere a la sostenibilidad desde el punto de vista de las actividades humanas en general, pero luego se va concretando, entreverado en cuadros de texto, la aplicación a la sostenibilidad de las infraestructuras.

Las infraestructuras consideradas son de dos tipos; las que tienen carácter de canales de relación del sistema territorial: transporte y telecomunicaciones, y las que proporcionan servicios al sistema: energéticas, hidráulicas, y de residuos. Todas ellas incluyen la extracción de recursos, su tratamiento, el transporte, la distribución y la gestión de los residuos.

Por tanto, las infraestructuras son actividades humanas que, metabólicamente, como cualquier actividad, extraen influencias, transforman el espacio con sus elementos físicos y emiten efluentes. En consecuencia, les son aplicables las reflexiones de carácter general del texto, con los lógicos ajustes en cada caso.

1. Sobre Sostenibilidad

Etimológicamente el término sostenibilidad se refiere a la garantía de continuidad en el tiempo de la estructura, atributos, funciones, imagen, dinámica y valores, de aquello a lo que se aplica: un sistema o alguna de sus componentes estructurales y procesos, un sector de actividad, una actividad concreta, el conjunto de las que se dan en un espacio, un centro concreto productor de bienes o de servicios, su espacio de influencia y el sistema que conjuntamente conforman, un elemento, un recurso o proceso del medio físico, un hábitat, un ecosistema, etc. Y opera a todos los niveles territoriales: global, nacional, regional, local y particular y en todo los ámbitos de actividad y fases de su desarrollo; y compromete a todos los agentes y actores implicados.

La RAE asocia la idea de sostenibilidad a la economía y la ecología, es decir a las actividades y su entorno, entendiéndolo así: "...que se puede mantener durante largo tiempo sin agotar los recursos o causar grave daño al medio ambiente". Aplicada a un sistema, éste es sostenible cuando se mantiene en equilibrio o evoluciona de forma equilibrada gracias a sus mecanismos de autorregulación.

1.1. Origen ambiental de la idea

El origen del concepto está en la preocupación ambiental que surgió en los años 70 del pasado siglo a causa de los conflictos y problemas que el hombre, a través de sus actividades de producción, consumo y relación social, genera en el entorno en que tales actividades se ubican. Y se consolida su vinculación a la "cuestión" ambiental, que viene definida por el comportamiento de las actividades humanas (y de las entidades productivas) con respecto a su entorno, en todas las escalas territoriales, en todos los campos de actividad y en todos los niveles de concreción.

El término actividad que se utiliza en este texto es genérico y puede referirse a un sector determinado: agricultura, minería, industria, turismo, transporte, abastecimiento de agua o de energía, etc.; a un centro productor de bienes o servicios concreto: una infraestructura hidráulica, energética o de transporte, una finca agrícola ganadera o forestal, un hotel, el uso turístico de una playa, una fábrica de automóviles, un centro de investigación, una universidad, una estación o centro de transportes, una extracción petrolera o un parque eólico, concreto, o al conjunto de todo ello en un espacio. El entorno se refiere al espacio que interacciona con la actividad y no incluye solo los factores ambientales, sino a su carácter de sistema territorial, y abarca por tanto, al sistema de ciudades, a las infraestructuras, a los equipamientos y servicios sociales, a los canales de relación (infraestructuras de transporte y de telecomunicaciones) y al marco institucional.

Pero los problemas ambientales, a los que se asocia la sostenibilidad, son "poliédricos" (como todos) mostrando varias dimensiones, de tal manera que son indisolubles de los económicos y de los sociales; en efecto, analizados en términos de relaciones, por ejemplo mediante grafos causa-efecto, resulta difícil calificar un problema como ambiental, como económico o como social porque no es posible entenderlo si no es considerando conjuntamente las tres vertientes; así un problema calificado de ambiental, por ejemplo, la sobreexplotación o la contaminación de un acuífero subterráneo, inevitablemente tiene causas y efectos económicos y sociales; y el diagnóstico del problema, indispensable para afrontarlo, señalará que lo importante es identificar el problema siendo irrelevante calificarlo en una u otra de las dimensiones.

En consecuencia, la sostenibilidad exige afrontar conjunta y solidariamente la problemática ambiental manteniendo un equilibrio a largo plazo entre los aspectos ambientales, los sociales y los económicos. Esta es el objetivo de

la sostenibilidad para una actividad o centro productivo concreto, y para el desarrollo sostenible de cualquier ámbito territorial o temático, en todas las fases de su desarrollo.

La interacción actividad-entorno es mutua, con relaciones en los dos sentidos, de tal forma que el efecto sobre el entorno retroalimenta a la propia causa que lo genera: la actividad (Figura 1). Por tanto cabe diferenciar tres elementos primordiales de la sostenibilidad: los dos subsistemas implicados: la actividad (o un conjunto de ellas) y su entorno, y el sistema que conjunta e inexorablemente conforman.

1.2. La sostenibilidad se refiere al sistema actividad-entorno

La sostenibilidad se refiere a este sistema conjunto, el cual será sostenible en la medida en que lo sea la propia actividad y en que lo sea el entorno. La sostenibilidad de la actividad depende de su cuenta de resultados, de su aceptación social y la consiguiente reacción, del retroimpacto asociado al cumplimiento de los criterios ecológicos de sostenibilidad (ver figura 16 y de su resiliencia ante amenazas naturales. La sostenibilidad del entorno se refiere al mantenimiento de su estructura, función, imagen y evolución en presencia de la actividad y dependerá, precisamente, de que el impacto de la actividad respete los citados criterios ecológicos. Además la sostenibilidad del sistema con junto dependerá de su capacidad de ajuste para mantener su equilibrio ante afecciones negativas, es decir de su resiliencia.

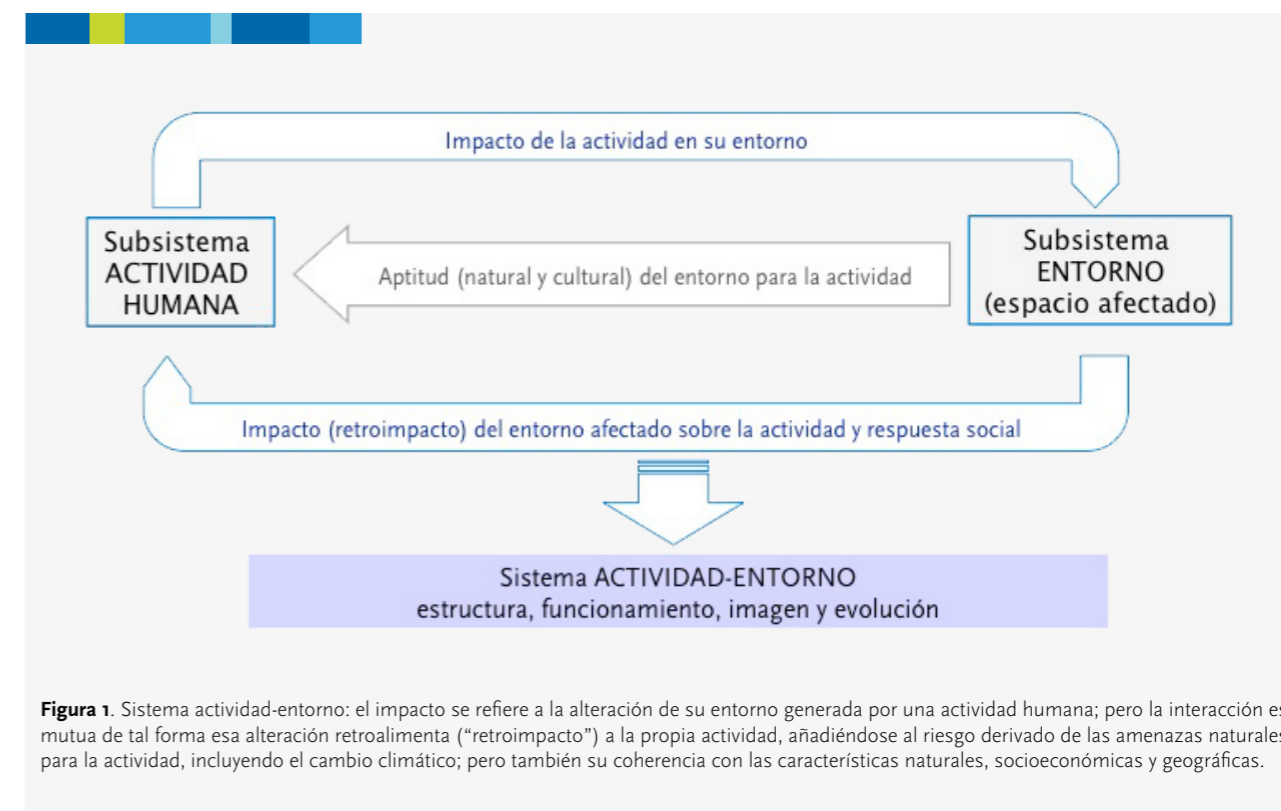


Figura 1. Sistema actividad-entorno: el impacto se refiere a la alteración de su entorno generada por una actividad humana; pero la interacción es mutua de tal forma esa alteración retroalimenta ("retroimpacto") a la propia actividad, añadiéndose al riesgo derivado de las amenazas naturales para la actividad, incluyendo el cambio climático; pero también su coherencia con las características naturales, socioeconómicas y geográficas.

1.3. Sostenibilidad y resiliencia: dos conceptos complementarios

El término resiliencia (del latín “resilio” “resiliere”: saltar hacia atrás, rebotar) se refiere a la capacidad de supervivencia de aquello a lo que se aplica, es decir, a su capacidad para adaptarse al estrés y al cambio. La resiliencia de un sistema (social, natural o mixto como el territorial) es su capacidad para afrontar de forma flexible y absorber un cambio o perturbación indeseable adaptándose o recuperándose rápidamente (rebotando) y conservando su esencia en términos de estructura, funcionamiento, imagen y forma de evolución. En ecología se entiende como la capacidad de un ecosistema para superar los cambios momentáneos del medio sin modificar las relaciones mutuas.

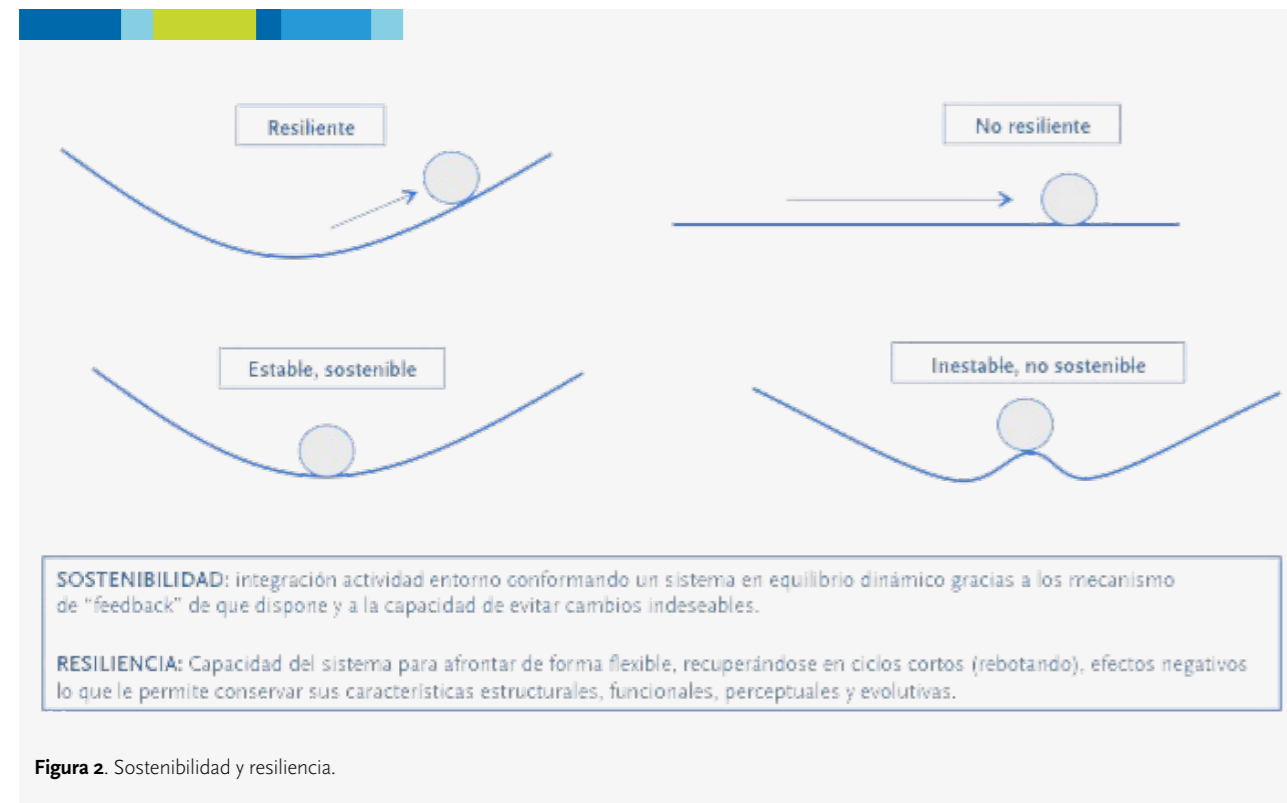


Figura 2. Sostenibilidad y resiliencia.

Sostenibilidad y resiliencia están muy relacionados, incluso pueden ser confundidos, porque ambos aluden a la capacidad de permanencia en el tiempo. Sin embargo el concepto de sostenibilidad es más amplio: mientras la resiliencia se refiere a la reacción o rebote ante cambios indeseables, la sostenibilidad es preventiva porque tiende a evitar o mitigar tales cambios; pero cuando ello no es posible la sostenibilidad depende de la resiliencia en términos de la capacidad de sobreponerse a esos cambios. Referida al medio ambiente, la sostenibilidad significa evitar, mitigar o compensar los impactos negativos sobre el entorno, mientras resiliencia es la capacidad del entorno para sobreponerse a dichos impactos; y aplicado a la actividad que genera el impacto, la resiliencia se refiere a su capacidad para asumir con flexibilidad los retroimpactos o los efectos de las amenazas naturales generadas en el entorno sobre la actividad. En lenguaje coloquial: sostenibilidad es evitar el cambio climático; resiliencia es adaptarse a él.

También muy relacionado con la sostenibilidad, aunque se utiliza menos en sistemas sociofísicos y más referida a los ecosistemas, es el término homeostasis (del griego “homoios”: “mismo o similar” y “estasis”: “estabilidad”), que es la capacidad de un sistema para mantenerse estable compensando los cambios en su entorno mediante los mecanismos de autorregulación propios de todo sistema.

Paralelamente a los anteriores, el término vulnerabilidad se refiere a la susceptibilidad o predisposición a ser afectado por ciertos eventos, pudiendo entenderse como antónimo de resiliencia; la vulnerabilidad puede ser relativa a un evento determinado (por ejemplo a la inundación) o a varios de ellos en cuyo caso tiene un significado absoluto. La sostenibilidad sería inversamente proporcional a la vulnerabilidad, mientras sería directamente proporcional a la resiliencia. Pero al mismo tiempo, desde el punto de vista económico, incrementar la resiliencia supone un mayor consumo de influentes y de otros recursos, incluso medidas más exigentes de gestión, lo que podría ir en detrimento de la sostenibilidad.

1.4. Concreción del concepto

Sobre la idea de integración actividad entorno, la sostenibilidad se puede concretar en estas proposiciones:

- La esencia de la sostenibilidad consiste en la capacidad del sistema constituido por la actividad (o actividades) y su entorno, para mantenerse en equilibrio dinámico gracias a sus mecanismos de “feedback”, a su capacidad de evitar cambios indeseables y a la resiliencia que le permita afrontar, absorbiéndolos, los cambios negativos que le afecten.
- Es el fundamento del desarrollo sostenible (entendido en términos de calidad de vida) haciendo compatible la calidad ambiental, el bienestar y la cohesión social y el progreso económico en un sistema territorial armónico y funcional.
- Informa todas las fases del proceso de toma de decisiones sobre el desarrollo sostenible de un espacio y sobre las actividades que lo soportan, contribuyendo a mejorarlo y convirtiéndose así en un factor de calidad. Y ello incorporando *sensibilidad, conocimiento, criterio, atención y compromiso* a proceso de concebir, desarrollar, ejecutar, explotar y, en su caso, abandonar, el proyecto de infraestructura.
- Exige la colaboración de todos los implicados en los procesos de toma de decisiones, bajo los criterios de participación, concertación, comunicación y transparencia.
- Minimiza el impacto ambiental, social y territorial negativo (y por tanto los retroimpactos derivados de ellos, incluida la respuesta social); e incrementa la resiliencia del entorno ante los impactos generados por la actividad.
- Maximiza el impacto ambiental, social y territorial positivo.
- Maximiza la resiliencia de la actividad ante los “retroimpactos”, ante las amenazas procedentes del entorno y ante el cambio climático. La resiliencia ante las amenazas se facilita optando por un enfoque adaptativo consistente en evitar la localización en zonas amenazadas, preferible a un enfoque reactivo que apuesta por la tecnología para construir infraestructuras “resistentes” a las amenazas.
- Minimiza y hace eficiente el uso de influentes aunque no generen impactos significativos en el entorno.
- Minimiza la emisión de efluentes aunque no produzcan impactos significativos y prevé su reintroducción en la economía (economía circular).
- Recupera y pone en valor los espacios y factores ambientales degradados.

1.5. Beneficios de la sostenibilidad

Las reflexiones anteriores, justifican la importancia de la sostenibilidad; y la concreción realizada del concepto pone en evidencia ventajas concretas para la sociedad en general y para los agentes económicos en particular; entre otras las siguientes:

- La sostenibilidad aporta *sensatez y calidad* a los procesos de toma de decisiones; un sistema insostenible no es un buen sistema.
- Introduce racionalidad en los comportamientos de las entidades productivas en la medida en que *evita el reduccionismo* que supone el exclusivo objetivo económico.
- Facilita la *aceptación social* de las decisiones, porque *incorpora la participación* de todos los implicados en la toma de decisiones y de los afectados por ella; y aumenta la confianza de la administración, de los inversores y financiadores y de las compañías de seguros, incluso de proveedores y clientes.
- Mejora la *imagen y el prestigio* de la entidad a que se aplica, en una sociedad de creciente sensibilidad ambiental, preocupada por el cambio climático y poderosamente influida por la imagen.
- Mejora la eficiencia en el uso de recursos y de energía y en general de todo el proceso productivo.
- Reduce costes derivados de incidencias externas negativas incrementando la resiliencia.
- Facilita el *cumplimiento de la creciente exigencia* legal en materia de medio ambiente, evitado así cometer delitos, demandas judiciales, multas, etc.
- Supone un *factor de diferenciación* basado en la calidad, que anima a implantar sistemas de gestión ambiental, etiquetado ecológico, etc., y la posibilidad de incrementar márgenes comerciales y cuotas de mercado.
- Facilita el *acceso a recursos financieros*, subvenciones, exenciones fiscales, y proporciona una posición de ventaja ante licitaciones de las Administraciones Públicas.
- En consecuencia la sostenibilidad aporta valor a la sociedad y a los agentes públicos y privados implicados en ellas, y es el enfoque económicamente más rentable.
- Y en suma, apostar por la sostenibilidad es apostar por el futuro, en la idea de que “el futuro será sostenible o no será”.

1.6. Uso abusivo del término en la sociedad moderna

La creciente sensibilidad ambiental, la preocupación por el cambio climático y la gran presencia del medio ambiente y la naturaleza en los medios de comunicación social, han propiciado el uso abusivo del término sostenibilidad hasta hacerse polisémico, como muestra la diversidad de significados que se le atribuyen, de ámbitos a los que se aplica y de iniciativas que suscita.

De hecho, el éxito del término se debe precisamente a la ambigüedad que le acompaña, porque enuncia un deseo general pero no precisa su contenido ni el modo de llevarlo a la práctica. Y así se ha difundido en la sociedad moderna hasta banalizarse, diluyendo su significado en torno a una retórica sensibilidad y preocupación ambiental que se manifiesta en vagas, interesadas y frecuentemente falsas o abstractas intenciones de mejorar el comportamiento ambiental de cualquier cosa: artefactos de todo tipo, edificios, instalaciones, iniciativas de negocio completamente desvinculadas de la lógica ambiental, como la moda, instituciones públicas y privadas, etc.

Pero esta divulgación de la sostenibilidad tiene su lado positivo: ha trascendido los ámbitos académicos, científicos y ecologistas pasando a los gestores de actividades ambientalmente conflictivas y a los decisores, y por tanto a una fase operativa que se manifiesta en las industrias, las infraestructuras y en general a cualquier entidad productora de bienes o servicios.

1.7. La sostenibilidad: una utopía

Como se ha dicho, el paradigma de la sostenibilidad trata de hacer compatible el crecimiento económico con la cohesión y el bienestar social y con un alto nivel de calidad ambiental; y entiende el desarrollo sostenible como la combinación de un crecimiento económico que favorezca el progreso social y respete el medio ambiente; una política social que estimule la economía; y una política ambiental que sea a la vez eficaz y económicamente eficiente.

Por tanto la idea de sostenibilidad adopta un ideal utópico, en términos prospectivos, un escenario de referencia inalcanzable al que tender a largo plazo, así como el camino para avanzar hacia él; son evidentes las dificultades de definir este camino en una sociedad caracterizada por la incertidumbre, el dinamismo y la rapidez de los cambios, así como por la masiva transmisión de éstos. Identificar tal escenario y, a partir de él, definir el proceso de aproximación continua hacia él es la esencia de la sostenibilidad.

Se trata de un enfoque inscrito en el pensamiento prospectivo que define escenarios a largo plazo en función de circunstancias que hipotéticamente podrían surgir, cual son descubrimientos científicos por ejemplo en la campo de la energía, variaciones notables del comportamiento ciudadano, conflictos políticos o incluso bélicos, etc.

Ella está en el horizonte.

*Me acerco dos pasos y ella se aleja dos pasos.
Camino diez pasos y el horizonte se corre diez pasos más allá.
Por mucho que yo camine, nunca la alcanzaré.
¿Para qué sirve la utopía? Para avanzar*

Eduardo Galdeano

APLICACIÓN A LAS INFRAESTRUCTURAS. ¿QUE SON LAS INFRAESTRUCTURAS SOSTENIBLES?

Las infraestructuras aquí consideradas son las de transporte, de telecomunicaciones, las energéticas, las hidráulicas y las asociadas a los residuos. Se trata de actividades humanas que metabólicamente, como cualquier actividad, extraen influentes de su entorno, transforman el espacio con sus elementos físicos y emiten efluentes.

Como el resto de las actividades, las infraestructuras son una pieza del sistema territorial en que se inscriben; pero en las de transporte y de telecomunicaciones destaca su carácter funcional respecto al sistema en cuanto se comportan como los canales de relación por donde se desplazan los flujos de mercancías, personas, información, etc. En cambio en las energéticas, hidráulicas y de residuos predomina el carácter de servicio social.

Por tanto es aplicable todo lo dicho en los puntos anteriores a las infraestructuras y a su sostenibilidad.

Pero hay una cuestión notable desde el punto de vista de los agentes y actores de la sostenibilidad infraestructural: ¿Pagan los clientes la sostenibilidad? La primera reflexión que suscita es que sostenibilidad es calidad, y por ello esta pregunta equivale a esta otra: ¿pagan los clientes la calidad?, a la que se responde afirmando que apostar por la calidad, es apostar por el futuro, y en particular por una visión "prospectiva" a largo plazo que permite afirmar que, de una u otra forma, se incrementará el número de quienes la paguen. El futuro será sostenible o no será.

Pero en los países menos desarrollados la alternativa podría no ser apostar por la calidad que proporciona la sostenibilidad o no optar, sino que la elección se plantea entre tener o tener una infraestructura, pasando la calidad a un segundo plano. En relación con ello, tal vez sería conveniente recuperar la idea de "tecnología apropiada" para identificar la más conveniente en las circunstancias socioeconómicas de cada país.

Por otro lado, parece evidente que se pagan muy caras las consecuencias de la insostenibilidad, a través de costes y perjuicios personales, materiales, culturales, económicos y ecológicos. En consecuencia, una infraestructura insostenible es necesariamente antieconómica. Por ello es importante informar a los ciudadanos del coste real que supone la insostenibilidad de las infraestructuras públicas así como de los servicios que reciben de ellas.

La EAE y la EIA, a su vez, abren una puerta de negocio (que ya se usa en USA): los Bancos de Conservación o de Hábitas, que consisten en que "generar activos ambientales mejorando o recuperando terrenos ambientalmente degradados venderlos a los interesados que deben "compensar" impactos ambientales inaceptables e incorregibles de proyectos.

Sostenibilidad: es calidad

→ Un proyecto insostenible es un mal proyecto

La clave de la sostenibilidad: integración proyecto-entorno

→ Un proyecto funcionalmente correcto pero ambiental, social o territorialmente desintegrado es un mal proyecto.

→ Un proyecto de infraestructura no se puede considerar correctamente concebido, planificado, proyectado y gestionado, si no configura un sistema funcional y armónico con su entorno.



2. Dimensiones de la sostenibilidad

Como se ha señalado, la sostenibilidad se vincula a los problemas ambientales; pero éstos son indisolubles de las otras dos dimensiones (la social y la económica), hasta el punto de que analizados en términos de relaciones (grafos de relaciones causa-efecto), resulta difícil calificar un problema como ambiental, como económico o como social porque no es posible entenderlo si no es considerando conjuntamente las tres vertientes; así un problema calificado de ambiental, por ejemplo, la sobreexplotación o la contaminación de un acuífero subterráneo, inevitablemente tiene causas y efectos económicos y sociales consustanciales al problema; y el diagnóstico de éste, indispensable para afrontarlo, señalará que lo importante es identificar, entender y valorar el problema siendo irrelevante incluirlo en una de las dimensiones. Llevadas al plano individual, tales dimensiones se traducen, respectivamente, en las tres componentes determinantes de la calidad de vida: nivel de renta, condiciones de vida y trabajo y calidad ambiental de que disfruta cada individuo, y por tanto el conjunto de los que forman la sociedad. Esta reflexión apunta a la sostenibilidad como determinante de la calidad de vida y sugiere entender el desarrollo sostenible en términos de calidad de vida.

Como se señala más abajo, la importancia relativa de las dimensiones señaladas es variable en el tiempo y en el lugar, y por tanto la sostenibilidad conjunta tiene connotaciones diferentes en los diferentes países y en los diferentes estadios de su desarrollo. A corto plazo, ciertas actividades sacar ventaja económica de un comportamiento ambiental inadecuado, pero a largo plazo el panorama cambia por la propia dinámica del sistema y por la respuesta social que antes o después se producirá.

2.1. La dimensión ambiental

La dimensión ambiental se refiere a los factores ambientales, por tanto directamente al entorno en el que se ubican la población y las actividades, e indirectamente a éstas últimas en la medida en que les afecta la insostenibilidad de su entorno y las amenazas naturales procedentes de él. La sostenibilidad ambiental está vinculada a una serie de criterios ecológicos derivados del respeto a los límites que imponen las tres funciones que ilustra las figuras 12 y 13, que da origen a los criterios objetivos de integración ambiental desarrollados en el PUNTO 6 de este TEXTO, y que se sintetizan aquí:

- Respetar las tasas de renovación en la extracción de los recursos naturales renovables.
- Minimizar el uso de recursos naturales no renovables que se consumen cuando se utilizan; en todo caso respetar un ritmo de consumo que evite su agotamiento antes de que aparezca un sustituto de carácter renovable.
- Maximizar la reutilización y el reciclado.
- Respetar la capacidad de carga (cubida ecológica y perceptual) de los recursos culturales, que no se consumen cuando se utilizan.
- Respetar la capacidad de acogida del territorio en términos de uso del suelo, aprovechamientos y comportamientos.
- Respetar la capacidad de asimilación o procesamiento de los vectores ambientales: aire, agua y suelo.



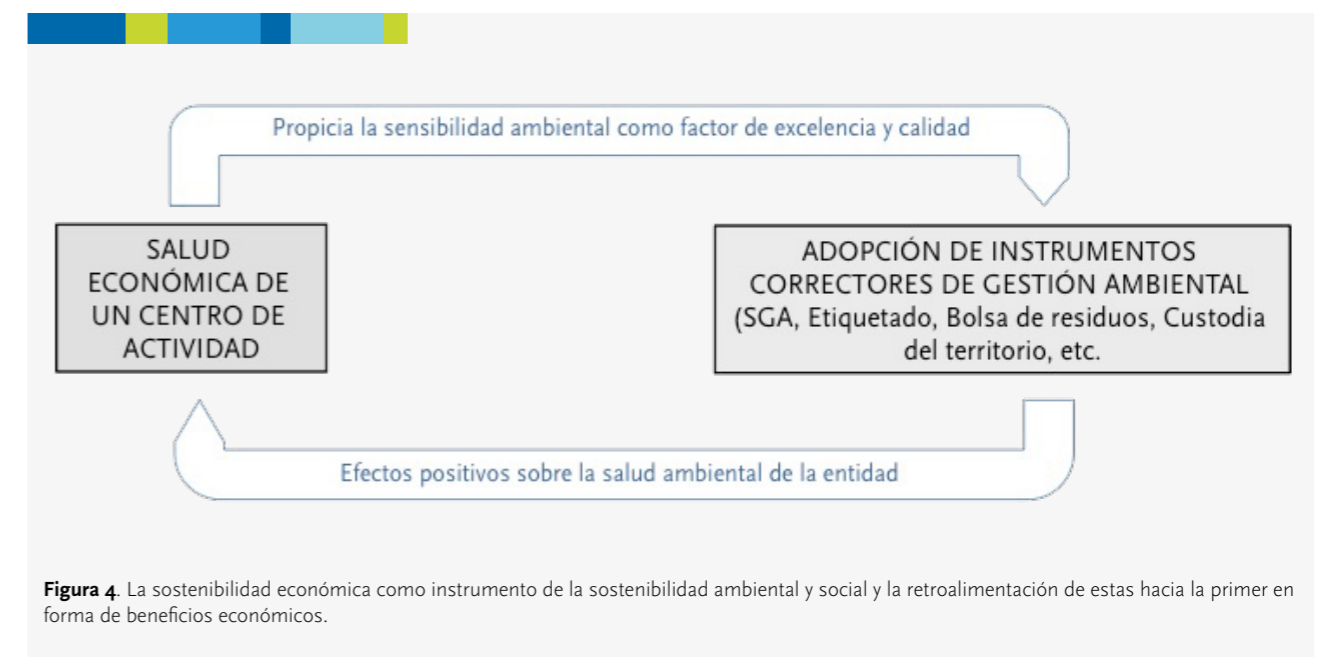
2.2. La dimensión social

La dimensión social de la sostenibilidad, desde el punto de vista de las actividades y centros productivos, se entiende en términos de la denominada responsabilidad social corporativa y, en suma, de su aceptación social; desde el punto de vista del entorno, esta dimensión está tan imbricada en la ambiental que es muy difícil diferenciarla puesto que en último término los impactos ambientales se identifican en términos de afección a las personas y su valoración se vincula a la percepción social, siendo ésta en todo caso la clave de la dimensión social de la sostenibilidad del entorno. Tales afecciones y la consiguiente percepción, se refiere a cuestiones muy específicas, cual son la la salud, la seguridad ciudadana, el reconocimiento y la permeabilidad social, la erradicación de la pobreza, la justicia distributiva, la cohesión social, la dotación de equipamientos y servicios sociales, la equidad en armonía con la naturaleza, así como con la reducción de las disparidades entre comunidades y grupos sociales. Por otro lado se destaca el papel de las comunidades locales en la dotación y acceso a los servicios públicos básicos, así como a su participación en el desarrollo y a la importancia de reforzar sus capacidades endógenas.

2.3. La dimensión económica

La dimensión económica de la sostenibilidad debe entenderse con carácter subsidiario a la ambiental pero al mismo tiempo atiende a hacer compatible el crecimiento económico con el medio ambiente y con el progreso social. El Proyecto europeo Urban-Net. 2011 (Proyecto europeo Urban-Net. 2011. Informe de situación de las principales actuaciones e iniciativas en materia de sostenibilidad urbana en España. Ministerio de Fomento.

Madrid) entiende que “un proceso es sostenible económicamente cuando lo económico no se convierte en un objetivo exclusivo, sino que contribuye de modo subsidiario o instrumental a la consecución simultánea de los otros objetivos”. Obviamente la sostenibilidad económica de una actividad productiva depende de su viabilidad económica, es decir, de una cuenta de resultados positiva; pero, a su vez, una buena salud económica de la entidad productiva propicia la sensibilidad ambiental, como vehículo hacia la excelencia y calidad; la sensibilidad se concreta en introducir el medio ambiente en la gestión de la empresa, por ejemplo, implantando sistemas de gestión ambiental en sus procesos productivos y el etiquetado ecológico en sus productos, los cuales afectarán positivamente a la salud económica de la entidad porque favorecen la eficiencia (ecoeficiencia) en el uso de recursos (influentes) y de la energía, la reintroducción de efluentes en el proceso productivo de acuerdo con el enfoque de la economía circular, fomenta la información y la formación para nuevas formas de consumo, y otros beneficios económicos evidentes (figura 4).



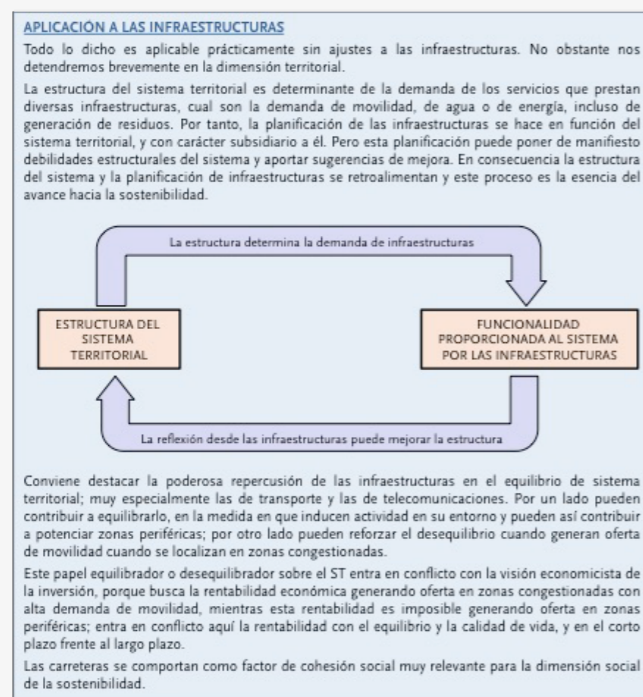
Otra aproximación de la sostenibilidad económica se refiere al sistema actividad-entorno y consiste en incluir los costes y beneficios ambientales y territoriales (y sociales), tangibles e intangibles del entorno, en la cuenta de resultados de la entidad productiva, de acuerdo con el principio de internalización de las externalidades negativas y positivas; son evidentes las repercusiones de este enfoque en la sostenibilidad del sistema conjunto. Aplicada al entorno ambiental, la dimensión económica de la sostenibilidad se refiere a la valoración monetaria de los beneficios que producen los servicios ambientales o ecosistémicos así como a su inclusión en la contabilidad de los países, en todos sus niveles administrativos, y de las actividades: el reconocimiento de tales beneficios es una garantía de sostenibilidad. Por último, la dimensión económica de la sostenibilidad exige explotar las oportunidades que ofrece la innovación científica y técnica en materia de nuevos recursos, seguridad y eficiencia, uso de los recursos endógenos y los nuevos “yacimientos de empleo” que ofrece la economía ambiental.

2.4. La dimensión territorial

La sostenibilidad trasciende la armonía señalada entre las tres dimensiones citadas para incluir la territorial, la cual se entiende en relación con el sistema territorial. Este es la expresión espacial del estilo de desarrollo de una sociedad, conforma el marco físico en el que se desarrolla la vida de la población y presenta atributos de enorme repercusión en la calidad de vida, cual son equilibrio, equidad, cohesión y competitividad territorial.

La dimensión territorial de la sostenibilidad tiene dos puntos de vista; de un lado, la estructura (también el funcionamiento) del sistema territorial determina poderosamente numerosas demandas socioeconómicas y ambientales muy significativas para la sostenibilidad, cual son la demanda de movilidad, de agua o de energía, incluso de generación de residuos. De otro lado, los problemas causados por el comportamiento de las actividades tienen notables repercusiones sobre el sistema territorial.

Todas las actividades tienen *carácter territorial* y cualquiera de ellas es una pieza del sistema territorial, cuyo encaje implica armonizar sus exigencias con la “lectura” ecológica y cultural del espacio. Evitar la localización de actividades que emiten gases en áreas con dificultades para la dispersión atmosférica; evitar las zonas vulnerables a la contaminación de las aguas subterráneas para aquellas actividades que emitan vertidos; evitar también las zonas con condiciones constructivas (geotécnica, de pendientes o hidrológicas) desfavorables, y evitar las zonas amenazadas por procesos naturales peligrosos, serán precauciones con grandes efectos en la resiliencia.



3. Principios generales y criterios específicos de sostenibilidad

Sobre las premisas anteriores, la Cumbre de la Tierra, Río'92 y diversas instituciones y colectivos comprometidos, coinciden en atribuir una serie de principios genéricos del desarrollo sostenible que se pueden sintetizar en los que siguen.

3.1. Principios generales de sostenibilidad

Corresponsabilidad: compromete a todos los sectores, a todas las actividades y a todos los niveles territoriales y de responsabilidad (partenariado), cuya participación es necesaria.

Globalidad: abarca a la totalidad de los seres humanos.

Implicación universal: compromete a todos los implicados en los procesos de toma de decisiones, y en la consiguiente gestión, a todos los campos de actividad y a todos los niveles territoriales.

Solidaridad en el espacio: afronta el mayor problema de la humanidad, la *pobreza*, que propugna la igualdad, compartir la riqueza, las oportunidades y las responsabilidades y busca el equilibrio territorial.

Solidaridad en el tiempo: garantiza el uso de los recursos naturales a las generaciones futuras respetando los criterios ecológicos de sostenibilidad¹ (Figura 14), reconociendo los límites físicos que implican.

Cohesión social: basada en el equilibrio territorial, la equidad y la justicia social.

Eficiencia: propicia un uso eficiente de los recursos naturales en cualquiera de las funciones que cumplen: influentes, sumidero de efluentes y soporte de vida.

Competitividad: aprovecha las fortalezas endógenas y las oportunidades del contexto, supera las debilidades y previene las amenazas

Económicamente realista: trasciende las relaciones de intercambio basadas en el dinero para incorporarles los flujos de energía así como los procesos sociales y los naturales.

Compromiso ambiental, a través de los criterios de *Precaución* ante la incertidumbre sobre los efectos ambientales, *Subsidiariedad* afrontando los problemas deben el nivel de responsabilidad más bajo posible, *Internalización* de costes y beneficios ambientales en las actividades responsables (que se puede concretar así: *quien contamina, paga y quien conserva, cobra*), Lo verde vende que pone de manifiesto la aptitud favorable de los consumidores hacia los “productos y procesos ecológicos”.

Equilibrio entre sus dimensiones: ambiental, social, territorial y económica.

Compromiso con el interés público frente al privado, con el enfoque de *largo plazo* y *con los procesos de toma de decisiones participados, concertados y transparentes*.

1. Esta idea debe considerar la posibilidad de sustituir recursos naturales por ciencia y tecnología.

3.2. Criterios específicos de sostenibilidad

Inspirados en los principios generales descritos, numerosas instituciones y colectivos profesionales, han desarrollado criterios específicos de sostenibilidad para numerosos sectores de actividad: transporte, energía o espacio urbano, etc.

APLICACIÓN A LAS INFRAESTRUCTURAS

A título de ejemplo se incluyen los más importantes principios específicos de sostenibilidad para transporte, energía y ciudades.

Para el sector transportes:

- Favorecer la intermodalidad.
- Estimular el transporte público: prever infraestructuras exclusivas, incrementar la oferta y el atractivo y hacerlo más barato.
- Recuperar el transporte por ferrocarril y el marítimo.
- Fomentar la interoperatividad.
- Desarrollar instrumentos de mercado que ayuden a internalizar los costes sociales y las externalidades negativas.
- Mejorar la eficiencia energética del transporte.
- Gestionar la demanda.
- Informar a la población sobre el coste real de los desplazamientos.
- Crear en las ciudades una red de infraestructuras para los vehículos de dos ruedas y para el desplazamiento peatonal: carriles moto, carriles bici, itinerarios peatonales.
- Implantar Sistemas Normalizados de Gestión Ambiental ("marketing ecológico") en la construcción y en la gestión de las infraestructuras de transporte.

Para el sector energético:

- Favorecer las energías renovables
- Favorecer la generación distribuida (descentralizada).
- Gestionar la demanda: estimular el consumo razonable (ahorro).
- Mejorar la eficiencia energética.
- Potenciar los sistemas de captura y almacenamiento de CO₂.
- Integrar las instalaciones en el paisaje.
- Desarrollar instrumentos de mercado que ayuden a internalizar los costes sociales o externalidades negativas.
- Informar a la población sobre el coste real de la energía.
- Potenciar el aislamiento térmico de los edificios
- Favorecer el aprovechamiento energético de los residuos.
- Combinar combustibles de origen fósil con renovables
- Implantar Sistemas Normalizados de Gestión Ambiental ("marketing ecológico") en la construcción y en la gestión de infraestructuras energéticas.

Para el espacio urbano, el libro blanco del urbanismo incluye una amplia lista de criterios de sostenibilidad, entre los que cabe destacar:

- Preservar, mantener y proteger el capital natural y el paisaje urbano y de su entorno
- Favorecer el acceso a la naturaleza y conectar las zonas verdes
- Formar una estructura urbana compacta, multifuncional, compleja y policéntrica
- Fomentar un uso intensivo y complejo del patrimonio construido y la rehabilitación
- Adoptar criterios bioclimáticos para la urbanización y la edificación
- Prever espacios multifuncionales y legibles
- Reducir distancias: Asociar residencia y empleo, mejorar la accesibilidad a equipamientos
- Potenciar los medios de transporte no motorizados y el transporte público
- Optimizar y reducir el consumo de energía y el de agua
- Minimizar el impacto de los materiales de construcción
- Reducir y reutilizar los residuos
- Favorecer la cohesión del tejido social e impedir la exclusión
- Fomentar la transparencia administrativa
- Favorecer la formación de los ciudadanos
- Integrar la participación en el planeamiento

4. Claves básicas de la sostenibilidad

Más allá de los principios señalados, el avance hacia la sostenibilidad requiere concebir, planificar, proyectar y gestionar cualquier actividad, y el conjunto de las que soportan el desarrollo en un determinado espacio, de acuerdo con una serie de claves, las más importantes de las cuales se mencionan a continuación.

4.1. Partir de la contundente lógica que proporciona la sensibilidad ambiental

Lejos de la carga de radicalismo que se le suele achacar, el pensamiento ambientalista es muy lógico y pone de manifiesto evidencias tan contundentes que daría sonrojo señalar si no fuera porque denuncian la irracionalidad de muchos comportamientos humanos. Por ejemplo, la evidencia de que el consumo de un recurso natural renovable no debe superar su tasa de renovación, que no se puede incorporar efluentes a los vectores ambientales por envía de su capacidad de asimilación, que hay que respetar la capacidad de carga de los recursos culturales, o que se deba evitar la localización de usos urbanos, industriales o infraestructurales sobre los suelos fértiles.

Desde la lógica ambiental, el concepto de sostenibilidad implica sensatez, sentido común, en la concepción del modelo de desarrollo y en el comportamiento de las actividades, de las estructuras y de los agentes que lo soportan. Como se ha dicho antes, aplicar sensatez al modelo de desarrollo requiere incorporar "sensibilidad, conocimiento, criterio, atención y compromiso" ambiental, a la hora de concebir, desarrollar, ejecutar, explotar y, en su caso, dismantelar cualquier actividad de desarrollo. Y a considerar la dimensión ambiental con el mismo nivel de atención, aunque no de importancia, que las demás dimensiones.

4.2. Atender a los principios generales y a los criterios específicos de sostenibilidad así como a los objetivos del desarrollo sostenible adoptados en la Agenda 2030

Tales principios y criterios deben constituir la plataforma ideológica de la que partirán las decisiones de todos los implicados en la concepción, planificación y gestión de cualquier actividad. La corresponsabilidad, el reconocimiento de los límites de los recursos, la solidaridad en el tiempo y en el espacio, la cohesión social y territorial, los principios de precaución, internalización de costes, contaminador pagador, etc., formarán parte del bagaje intelectual con el que se afrontan las decisiones.

Por último, es obligado a completar los principios y criterios con los objetivos del desarrollo sostenible adoptados en la Agenda 2030 que se desarrollan en un punto posterior.

4.3. Considerar conjuntamente y con el mismo nivel de atención pero no de importancia las dimensiones de la sostenibilidad

El carácter indisociable de las dimensiones exige considerarlas conjuntamente a la hora de determinar la sostenibilidad de aquello a lo que se aplica así como analizar la posibilidad de compensarse entre ellas; una insostenibilidad económica podría estar compensada, y por tanto justificada, en ciertos casos, por los beneficios sociales, ambientales o territoriales que produce; es el caso, por ejemplo, de la construcción de infraestructuras de transporte en zonas territorialmente periféricas, débiles en densidad de población y de actividad, con el fin de equilibrar el sistema territorial, o el de los servicios y equipamientos sociales, y en general de numerosas iniciativas de carácter público.

“desandar críticamente el camino andado, volviendo a conectar lo físico con lo monetario y la economía con las ciencias de la naturaleza”. Y como criterios prácticos:

- revalorizar el patrimonio natural,
- utilizar la energía solar,
- cerrar los ciclos de materiales,
- primar el reciclaje y la producción renovable frente a la extracción y el transporte a larga distancia.

Naredo y Valero, 1999.

Por otro lado la condición de sostenible, exige considerar con el mismo nivel de atención, pero no de importancia, las dimensiones señaladas. Esta idea resulta obvia en la actualidad, pero el peso o importancia relativa de cada una de ellas varía en el tiempo y en el espacio, en función de las condiciones culturales y naturales de cada lugar; y por tanto la sostenibilidad conjunta tendrá connotaciones diferentes en los diferentes países y en los diferentes estadios de su desarrollo (Figura 5). En efecto, donde las necesidades básicas de la población no estén resueltas, será la economía lo que prime, mientras lo ambiental adquiere relevancia cuando la renta de los ciudadanos alcanza niveles aceptables de bienestar material; en tal caso la conservación de ciertos valores ecológicos puede exigir y justificar sacrificios económicos, al menos a corto o medio plazo.

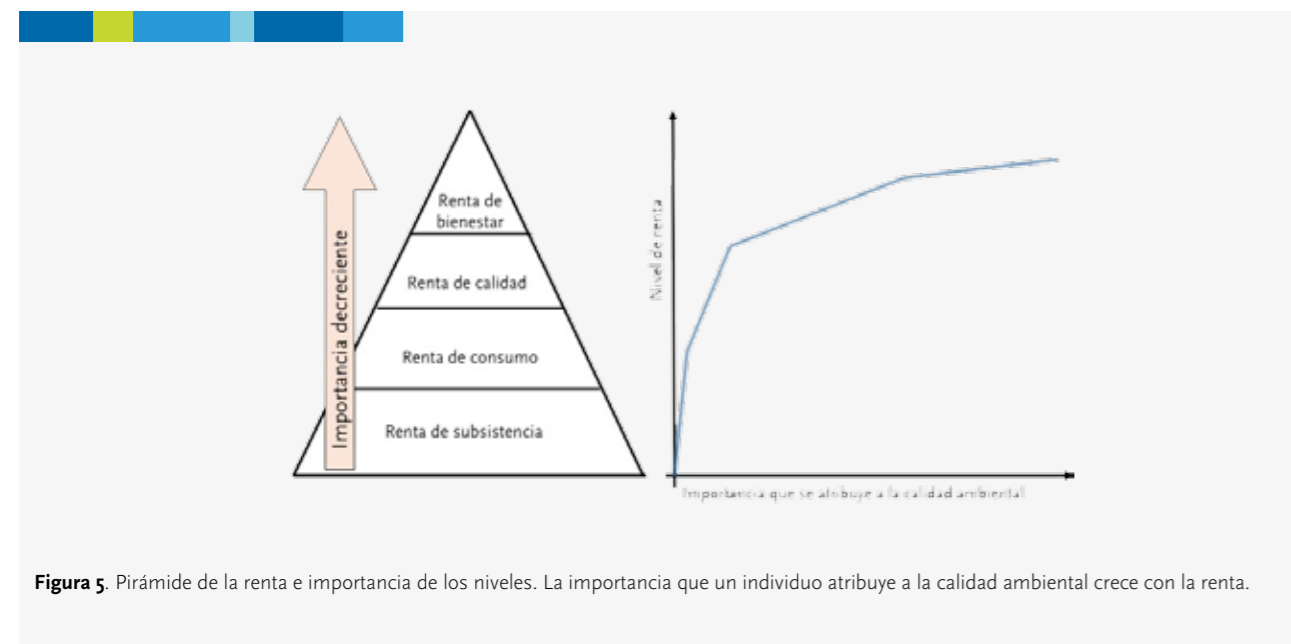


Figura 5. Pirámide de la renta e importancia de los niveles. La importancia que un individuo atribuye a la calidad ambiental crece con la renta.

El razonamiento anterior, basado en la realidad actual, debe ser tratado con suma precaución en los procesos de toma de decisiones, ya que parece asumir la contraposición inevitable entre las dimensiones económica y ecológica, contradictoria con el viejo principio “lo económico es ecológico y lo ecológico es económico”, ampliamente asumido en los países más desarrollados; en todo caso, de producirse tal contradicción habría que relacionarla con el corto plazo y con situaciones de excepcionalidad.

A corto plazo, ciertas actividades pueden sacar ventaja económica de un comportamiento ambiental inadecuado, pero a largo plazo el panorama cambia por la propia dinámica del sistema que puede generar importantes “retroimpactos” y por la respuesta social que antes o después se producirá. Así el análisis del ciclo de vida evidencia la rentabilidad económica de aplicar sensibilidad ambiental para avanzar hacia la sostenibilidad de una actividad o de un centro productivo. Y ello por la mayor eficiencia en el uso de influentes, incluida la energía, por la posibilidad de convertir efluentes en subproductos o en recursos, por la mejor imagen que transmite, por localización evitando las zonas amenazadas, por la prevención de incumplimientos normativos que pueden llegar al grado de delito, etc. Por otro lado, la restauración ecológica demuestra la superioridad de numerosas soluciones naturales y adaptativas a problemas de degradación o a los efectos de las amenazas naturales; por ejemplo para evitar riadas e inundaciones forestando la cuenca vertiente, para depurar de forma natural el agua, para evitar la localización en zonas de riesgo, etc.

4.4. Aplicar el “enfoque de demanda”

Los problemas ambientales derivan del comportamiento de los agentes socioeconómicos, incluyendo como tales no solo a los “productores” sino muy especialmente a los “consumidores”, de bienes y de servicios; las preferencias de éstos pueden inducir cambios notables en las formas de producción, tal como revelan los sistemas de gestión basados en la concesión transparente de marchamos que garantizan la mejora progresiva del comportamiento ambiental.

Los hábitos de los consumidores determinan una demanda que el actual estilo de desarrollo tiende a satisfacer generando la oferta necesaria para ello; es el denominado “enfoque de oferta” en el que no se atiende a las causas y las razones de la demanda, ni siquiera si está justificada, tan solo se ocupa de satisfacerla, frecuentemente con intervenciones estructurales que suponen fuertes transformaciones del medio. Se trata de un enfoque que parte de un diagnóstico incompleto, reduccionista, del problema que pretende resolver, porque solo atiende a su manifestación, pero no reflexiona sobre las causas, ni sobre el resto de los atributos que conforman tal diagnóstico: agentes implicados por acción o por omisión, localización, magnitud, gravedad, evolución, percepción y sensibilidad de los agentes, de las autoridades y de la ciudadanía, etc.

Frente al enfoque descrito, el medio ambiente propicia equilibrar demanda y oferta actuando, también, sobre la primera, es decir sobre el comportamiento de los consumidores y no solo sobre la generación de más oferta. Se trata de una opción basada en lo que se denomina “enfoque o gestión de demanda” como alternativa estratégica a la habitual gestión de la oferta, que requiere actuaciones de más difícil integración.

En suma, el enfoque de demanda aspira a equilibrar oferta y demanda “consumiendo menos”, mientras el de oferta busca tal equilibrio “produciendo más”. Parece evidente la superioridad ambiental del primero.

“la mejor lección: disminuir las necesidades para disminuir las fatigas que cuesta satisfacerlas. Y así he llegado a necesitar muy pocas cosas, y de esas pocas, muy poco. Porque la verdadera felicidad no está en tener, sino en ser y en no necesitar”.

El manuscrito carmesí, Antonio GALA

Un caso paradigmático que ayudará a entender esta idea, es el equilibrio hidrológico entre las zonas secas y húmedas de España, que se pretende conseguir actuando sobre la oferta de agua, lo que implica construir estructuras hidráulicas de difícil integración ambiental; la sensibilidad ambiental aconseja moderar la demanda actuando sobre el comportamiento de los usuarios. Asimismo resulta paradigmático el caso de la planificación de las infraestructuras de transporte que suelen orientarse a satisfacer la demanda de movilidad sin reflexionar sobre las posibilidades de reducir dicha demanda, actuando sobre aspectos que pueden parecer alejados del sector transportes, como el modelo de desarrollo territorial o la fiscalidad de la vivienda, por ejemplo; pero tal alejamiento es aparente porque solo se produce en el plano competencial de la compartimentada Administración pública, sin embargo el ciudadano lo percibe con facilidad.

“ Cuando sepamos comer menos, calentarnos menos en invierno y refrescarnos menos en verano; cuando sepamos construir inmuebles mejor aislados y calentados por barrios con el agua de refrigeración de las centrales térmicas; cuando los hombres hayan vuelto a ir andando al trabajo y las mujeres a reutilizar las mismas bolsas de tela encerada para ir al mercado; cuando los niños vuelvan a leer el Libro de la Selva o los cuentos de Perrault, en lugar de mascar chicle delante de la televisión; cuando las amas de casa vuelvan a tener conocimiento del jabón de Marsella y renuncien a querer lavar más blanco que el blanco de su vecina ; cuando los constructores hayan vuelto a aprender a construir, los maestros a enseñar, los jóvenes a escuchar, los dirigentes a dirigir, entonces puede ser que la Humanidad vuelva a tener derecho a vivir y puede que la Naturaleza le ayude nuevamente.”

Jacques Picard. Discurso ante el III congreso del W.W.F

REFLEXIÓN DESDE LAS INFRAESTRUCTURAS

El enfoque de demanda nos llevará:

- Al modelo territorial: distribución de la población y actividades, y de los asentamientos humanos en el espacio.
- A entender las infraestructuras como piezas que contribuyen a la funcionalidad del sistema territorial
- A evitar los hábitos insostenibles de desplazamiento, en la medida en que la tendencia sobreestima el vehículo motorizado y desprecia las opciones alternativas no motorizadas
- A la fiscalidad sobre vivienda, en la medida en que los desplazamientos desde y hacia la vivienda copan la mayoría, y que la fiscalidad actual tiende a disuadir el cambio hacia una vivienda localizada de manera más evita desplazamientos motorizados y favorece los alternativos
- A las posibilidades que ofrecen las TIC's para reducir la demanda de movilidad: teletrabajo, incluso en pueblos alejados de las ciudades.
- A evitar la adopción de soluciones simplistas buscando múltiples alternativas; pero no solamente desde el punto de vista del diseño de la solución técnica, sino iniciando la reflexión desde la propia concepción del problema y de las potenciales soluciones.

4.5. Asumir la cultura de generar y evaluar múltiples alternativas

La sensibilidad ambiental aconseja exigir a los procesos de toma de decisiones una atenta reflexión sobre las diferentes posibilidades que se presentan para evitar o afrontar los problemas y para aprovechar los recursos naturales, evitando limitarse a las soluciones más evidentes y estructurales. Tal idea requiere realizar dos tareas que se suceden en ciclos iterativos:

- Búsqueda de numerosas opciones para atender a la finalidad que se pretende. Y ello desde las alternativas de enfoque o estratégicas, hasta las de detalle o tácticas: de localización, de calendario o programación, de exigencias tecnológicas y de gestión, etc. Ello puede llevar a que la solución al problema no sea necesariamente estructural.
- Evaluación multicriterio de las alternativas, para ordenarlas de mejor a peor, agruparlas o simplemente seleccionar la mejor para desarrollarla después en el documento del PP que se somete al proceso de EAE. La evaluación implica solo el punto de vista técnico, que luego debe ser asumido por el decisor.

4.6. Adoptar el modelo territorial como referencia

El sistema territorial está formado por tres elementos fundamentales: el medio físico (la naturaleza), la población y el sistema de asentamientos poblacionales y los canales por los que circulan los flujos de relación, principalmente las infraestructuras de transporte y de telecomunicación, que le dan funcionalidad.

Todas las actividades tienen *carácter territorial* y cualquiera de ellas es una pieza del sistema territorial, cuya importancia se basa en que muestra externamente el estilo de desarrollo, define el marco de calidad de vida de la población y es determinante de demandas ambientalmente muy significativas: movilidad, energía, agua, etc..

En consecuencia, toda actividad debe ser planificada y gestionada bajo la referencia de las características estructurales, funcionales, de imagen y evolutivas del sistema territorial en que se inscribe. De un lado para evitar afecciones indeseables al sistema y de otro para corregir sus desequilibrios, disfuncionalidades o descontroles evolutivos.

Y cuando la sostenibilidad se refiere a un espacio, el criterio anterior se adapta en el sentido de entender cualquier espacio como un sistema territorial; es muy significativa la aplicación de esta idea a la ciudad.

APLICACIÓN A LAS INFRAESTRUCTURAS

Las infraestructuras de transporte tienen una doble relación con el Sistema territorial

- Le proporcionan *funcionalidad*, constituyen los canales por donde circulan los flujos de relación por donde discurren personas, mercancías e información
- Inducen y determinan el *equilibrio o desequilibrio* del ST
- Este papel *equilibrador o desequilibrador* sobre el ST entra en conflicto con la visión economicista de la inversión.
- Las carreteras se comportan como factor de *cohesión social* muy relevante para la dimensión social de la sostenibilidad.
- Enfoque clásico del proyecto: toda carretera debe ser económicamente sostenible, y para ello debe satisfacer una demanda de movilidad, que justifique la inversión.
- *Enfoque territorialista del proyecto*: la infraestructura carretera es un medio para equilibrar el sistema territorial, y frente a ello, el factor económico pierde su importancia primordial
- La sostenibilidad exige considerar con el mismo nivel de sensibilidad, atención, compromiso, información y criterio, *pero no de importancia*, las cuatro dimensiones de la sostenibilidad.
- Por último conviene apuntar que los enfoques integrados o multisectoriales que se proponen para planificar las infraestructuras, especialmente las urbanas, se inscriben en la idea de *aproximación sistémica* a todo espacio, a todo sector, a todo problema y a toda oportunidad.

4.7. Considerar particularmente la referencia de la Estrategia Territorial Europea (ETE)

La Unión Europea adopta una *política de Ordenación del Territorio como instrumento básico para alcanzar el desarrollo sostenible*, y la Estrategia Territorial Europea, subordina toda previsión de futuro con repercusiones territoriales, al objetivo de progresar hacia la *cohesión económica y social, y la competitividad equilibrada del territorio europeo*.

Para avanzar hacia tales objetivos, la ETE establece las siguientes proposiciones que se muestran en la figura 6. Un modelo territorial nucleado de ciudades compactas, conectadas por una potente red de infraestructuras de comunicaciones y de transportes y unas nuevas relaciones campo ciudad; un modelo caracterizado porque se homogeneiza el espacio en términos de las oportunidades que ofrece para satisfacer las demandas del ciudadano, facilita el transporte público entre núcleos densos con actividades entremezcladas, sin especialización espacial, y facilita la posibilidad de elegir el tamaño del núcleo donde vivir.

Este modelo reduce la demanda de infraestructuras, favorece el aprovechamiento local de recursos energéticos endógenos y difusos: solar, eólico, biomasa, hidráulico de pequeñas dimensiones, así como la autosuficiencia energética de muchos asentamientos de población, facilita la relación entre producción y consumo local; y en síntesis proporciona un marco físico que favorece la calidad de vida de la ciudadanía.

Desarrollo espacial policéntrico y nueva relación campo ciudad:

- Desarrollo Territorial policéntrico y equilibrado
- Ciudades y regiones urbanas dinámicas, atractivas y competitivas
- Desarrollo endógeno, diversidad y eficacia de los espacios rurales
- Asociación entre el campo y la ciudad

Acceso equivalente a servicios, infraestructuras y conocimiento. Difusión del conocimiento

- Enfoque integrado para mejor conexión a redes de transporte y al conocimiento
- Desarrollo policéntrico: modelo para mejor accesibilidad
- Utilización eficaz y sostenible de infraestructuras
- Difusión de la innovación y el conocimiento

Gestión prudente y proactiva del patrimonio natural y cultural

- Naturaleza y patrimonio cultural como potenciales de desarrollo
- Conservación y desarrollo del patrimonio natural
- Gestión de los recursos hídricos: un reto para el desarrollo territorial
- Gestión creativa de los paisajes
- Gestión creativa del patrimonio cultural

4.8. Considerar la Huella Ecológica

La huella ecológica (FIGUA 7), es según sus autores, Wackernagel, M. y Rees, W. 1996, el Área de territorio ecológicamente productivo (cultivos, pastos, bosques o ecosistemas acuáticos) necesaria para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos generados, indefinidamente, por una población determinada con un nivel específico de consumo, donde sea que se encuentre esta área.



Mide, por tanto, la carga que impone una población a la naturaleza, representada por la superficie de suelo (has/persona) que necesita para extraer los “influentes” que consume, para ubicar la residencia y las actividades productivas y para deponer los “efluentes” que emite; en suma, la superficie ecológicamente productiva necesaria para satisfacer el consumo y asimilar los residuos de una determinada población. Se puede calcular para una persona, para una población, o para una comunidad.

Así definida, la huella ecológica se puede considerar como:

- Una herramienta de sensibilización social que une, a la rotundidad del término huella, la evidencia del déficit ecológico de una comunidad cuando la cantidad de naturaleza de que dispone es inferior a la que consume.
- Un instrumento para planificar el desarrollo sostenible, que permite determinar la cantidad de población que “naturalmente cabe” en una determinada superficie² e identificar los espacios y los aspectos de mayor déficit ecológico.

2. Ver también a este respecto el cálculo de la cabida poblacional en función de ciertas hipótesis y escenarios de desarrollo en Gómez Orea, D. 2013. Ordenación Territorial. Mundi Prensa. Madrid.

- Un indicador del impacto de una comunidad sobre su entorno, para mantener de forma estable su nivel de vida, a través del *territorio necesario* para producir los recursos naturales que reclama su abastecimiento y para asimilar los efluentes que emite.

4.9. Atención al cambio climático

Ante tan complejo tema hay que actuar en dos direcciones: una reducir la emisión de gases de efecto invernadero mediante medidas como la racionalización del consumo, el enfoque de demanda y la eficiencia energética y huella de carbono; otra afrontar el problema de acuerdo con un principio de precaución que señala que el cambio no se va a evitar pero sí podemos tomar medidas para protegernos de sus consecuencias: es el incremento de resiliencia al que repetidamente nos hemos referido. Todo ello se beneficia con el enfoque y la metodología de ordenación territorial.

La cuestión del cambio climático, es transversal de tal manera que surge continuamente en diferentes epígrafes de este capítulo.

4.10. Considerar el paisaje: dimensión emergente y sustantiva del sistema territorial

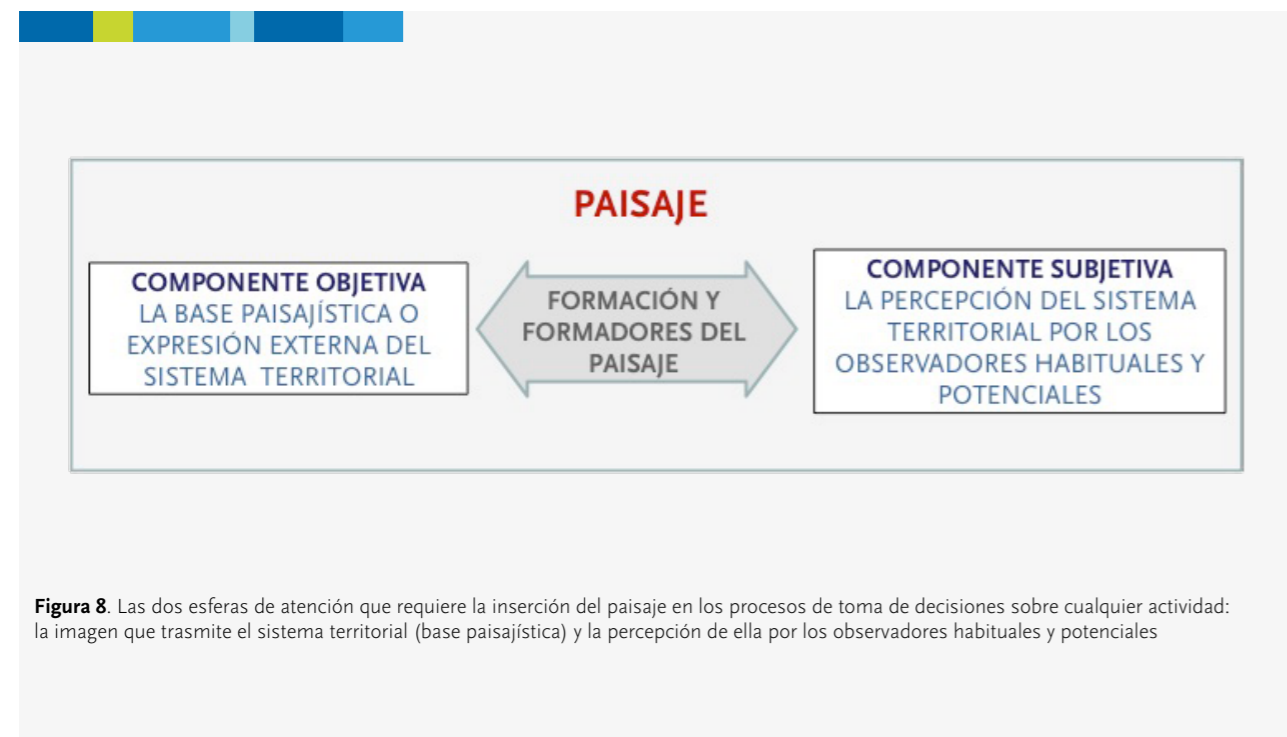
*“No hay auténtica práctica de la ingeniería civil sobre el territorio, sin la consideración sustantiva del paisaje”.
“La cualidad estética no es accesoria, sino indisociable de la obra”*

Anónimo

Desde que el Consejo de Europa aprobó el Convenio Europeo del Paisaje en el año 2000, el paisaje ha dejado de ser un tema ambiental menor y ha adquirido la condición de dimensión sustantiva del sistema territorial, de indicador notable de salud ambiental y de factor de prestigio social; además, desde el punto de vista del desarrollo, el paisaje se considera actualmente como un recurso socioeconómico, aunque intangible, porque es “útil y cualitativamente escaso”, un factor de localización de actividades económicas de vanguardia (aquellas capaces de producir un alto valor añadido utilizando escasa materia prima y mano de obra altamente cualificada, las cuales prefieren los paisajes ordenados y bien cuidados, mientras huyen de los degradados) y un elemento de prestigio social: un paisaje que evoluciona conservando su carácter prestigia la cultura y la escala de valores sociales de la población así como la gestión territorial y ambiental que realizan las autoridades, mientras ocurre lo contrario cuando se perciben degradaciones visuales.

El Convenio Europeo del Paisaje entiende el paisaje así: *cualquier parte del territorio, tal como es percibida por las poblaciones, cuyo carácter resulta de la acción de factores naturales y humanos y de sus interrelaciones*. Esta definición extiende la idea de paisaje a todo el territorio, trascendiendo su aplicación a los lugares estéticamente privilegiados, y admite una formulación más sintética e intencionada: percepción polisensorial y subjetiva del sistema territorial, o más brevemente, *percepción del sistema territorial*. Por tanto, como el sistema territorial, el paisaje es una construcción humana inexorable.

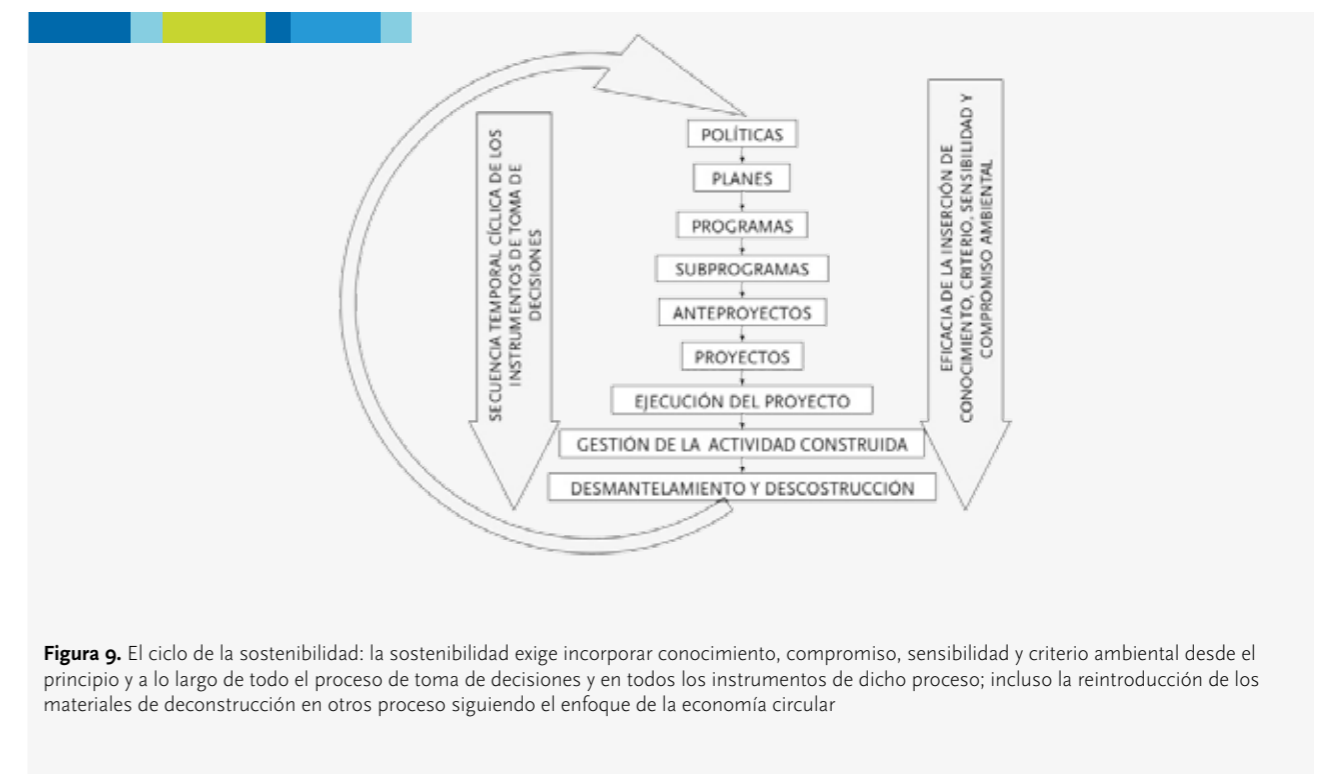
La idea expresada de paisaje, sugiere dos esferas de atención en su estudio (Figura 8): una objetiva, la imagen que trasmite el sistema territorial: base paisajística; otra subjetiva: la percepción de ella, fundamentalmente visual, por los observadores potenciales.



5. El ciclo de la sostenibilidad. Claves instrumentales

Cuatro son los instrumentos típicos de planificación del desarrollo: políticas, planes, programas y proyectos, cuya elaboración implica un *proceso racional de toma de decisiones*. Cada uno de ellos, puede tener sentido en sí mismo y funcionalidad propia, pero existe una relación jerárquica que sugiere un desarrollo en cascada frente desarrollo proyecto a proyecto que dificulta la previsión de sinergias positivas mientras propicia la aparición de disfuncionalidades entre diferentes proyectos; es la superioridad aceptada del enfoque de planificación frente al enfoque proyecto a proyecto. En cualquier caso se llega a la ejecución de los proyectos, a la explotación de la obra construida y al desmantelamiento y deconstrucción, en su caso, para reintroducir los materiales en otros procesos, de acuerdo con el enfoque de la economía circular.

Así se configura un ciclo (Figura 9) aplicable a la concepción, desarrollo y finalización de cualquier actividad y a la iniciación de la siguiente.



5.1. Una clave primordial de la sostenibilidad: integración actividad-entorno, y traslado del centro de atención desde la actividad al sistema conjunto

Integrar: formar las partes un todo. Diccionario de la R. Academia de la Lengua.

Integrar: componer un todo con sus partes integrantes. Diccionario de Julio Casares.

La clave más operativa de la sostenibilidad ambiental es la *integración de las actividades humanas y su entorno*, en el sentido de que, lejos de un elemento superpuesto e impostado, una actividad (y el conjunto de ellas) y su entorno deben entenderse como subsistemas de un sistema conjunto: una nueva entidad sistémica, unitaria, cuya estructura, funcionamiento, imagen y evolución es lo que importa.

Desde el punto de vista ambiental, la integración sería condición necesaria de la sostenibilidad: una actividad internamente correcta pero ambientalmente desintegrada es insostenible. Esta es la primera reflexión que deben hacer los emprendedores, planificadores, proyectistas y decisores: una actividad no se puede considerar correctamente concebida, planificada, proyectada y gestionada, si no configura un sistema armónico y funcional con su entorno, y no evoluciona de forma equilibrada con él.

La disfuncionalidad puede surgir por tres vías: por los recursos o influentes³ que extrae del entorno, por el espacio que ocupa y por los efluentes que emite; y ello tanto en la fase de construcción como en la de operación y en la de desmantelamiento, en su caso.

Esto significa que tan rechazable es una actividad porque produzca impactos negativos inaceptables, como porque sea incoherente con la lógica vocacional de desarrollo de su entorno. Tal incoherencia puede referirse a la finalidad y enfoque estratégico de la propia actividad porque está desvinculada de las necesidades y aspiraciones de la población, de los recursos endógenos de su entorno, porque no prevé la sobreexplotación de los recursos naturales, o la superación de la capacidad de asimilación de los vectores ambientales o las incoherencias climáticas (referencia de cambio climático) o paisajísticas.

Las reflexiones anteriores sugieren un importante cambio de la mentalidad tradicional de los actores y de los decisores –incluyendo como tales a políticos, planificadores, proyectistas, constructores y gestores– que deben desplazar el centro de su preocupación desde la funcionalidad interna de la actividad concreta a la que se aplique (preocupación tradicional y casi exclusiva) al sistema que inexorablemente conforma con su entorno a través de la trama de relaciones mutuas entre ambos. En suma, se trata de buscar la concertación entre ambos.

5.2. La integración de cualquier actividad comienza desde el inicio del proceso de toma de decisiones e interviene en todas las fases del ciclo

La integración consiste en incorporar sensibilidad, criterio, conocimiento y compromiso ambiental a los procesos de toma de decisiones, desde el principio y en todas las fases del ciclo (figura 9), con el fin de que la decisión sea integral y los más acertada posible.

La sensibilidad por algo se adquiere cuando se le conoce, y el compromiso ambiental surge de reconocer como problema ciertos efectos derivados de relaciones complejas entre la actividad y su entorno de difícil previsión, y como deficiencia, la ignorancia de las potencialidades que brinda el entorno para las actividades que soportarán el desarrollo así como entender las oportunidades que ofrece un comportamiento ambiental sano. De aquí se deduce la importancia de la sensibilización, formación y compromiso ambiental de los decisores.

5.3. Asumir que el entorno precede a la actividad

La metodología de integración ha de seguir un enfoque “adaptativo”. Parte de una idea elemental: antes que la actividad está el medio, de tal manera que el conocimiento e interpretación de su entorno constituye el fundamento de la concepción, desarrollo, construcción, explotación y, en su caso, desmantelamiento, de cualquier actividad.

Tal conocimiento se refiere a los dos aspectos primordiales del sistema territorial: la naturaleza y la población, pero también a los que, derivados de ellos, conforman el sistema territorial: las actividades, los asentamientos poblacionales, las infraestructuras, los equipamientos y servicios sociales, los canales de relación y el marco institucional, que constituyen el marco físico determinante de la calidad de vida de la población.

3. Influyente: neologismo, muy utilizado en Iberoamérica, que se refiere a los elementos que una actividad toma de su “entorno” o ambiente en que se ubica. Efluente: agente que emite una actividad en forma de materia o de energía al medio.

APLICACIÓN A LAS INFRAESTRUCTURAS

Para incorporar la idea de sostenibilidad al diseño es preciso:

- Recordar la vieja idea de MacHard: “diseñar con la naturaleza”, equivalente al viejo dicho de las zonas rurales castellanas: “toda finca admite mejoras hasta la total ruina de su dueño”, que pone de manifiesto la conveniencia de adaptarse al medio.
- Concebir el diseño con “sensibilidad, conocimiento, criterio y compromiso” ambiental
- Fomentar la participación de todos los implicados en el proyecto: agentes y actores sociales, ciudadanos, asociaciones de diverso tipo, etc.
- Adoptar como objetivo la generación de impactos positivos en los proyectos, en la gestión y en el desmantelamiento y desconstrucción.

Conviene insistir en que la integración ambiental no debe ignorar la posibilidad de generar impactos positivos. La obra civil, por ejemplo, puede ser un elemento que realce el entorno, de hecho lo ha sido en las construcciones tradicionales, como lo atestiguan numerosas obras de fábrica en vías férreas o carreteras; en muchas zonas profundamente degradadas, las infraestructuras de comunicación constituyen la única posibilidad de introducir elementos de diversidad y belleza en el paisaje. En el Reino Unido, donde la minería y otros consumos deforestaron el país, más del 50% de la vegetación arbolada se encuentra en los terrenos afectados por las carreteras.

- Utilizar equipos multidisciplinares trabajando de forma interdisciplinar, y dar entrada a todos los implicados (públicos y privados: administración, consultores, proyectistas, asociaciones ciudadanas, sector académico, etc.) en el proceso bajo los criterios de participación, concertación, comunicación y transparencia.
- Recordar constantemente la vinculación de la sostenibilidad afecta al sistema proyecto-entorno.
- Recordar que el objetivo final de toda infraestructura es mejorar la calidad de vida. En consecuencia aplicar una visión de las infraestructuras como piezas que dan funcionalidad al sistema territorial (que incluye lo económico, lo social y lo ambiental), y cuya localización pueden generar equilibrios y desequilibrios en el sistema.

• Y recordar también que el sistema territorial es una construcción humana inexorable que define el marco de nuestra calidad de vida; sin una correcta ordenación la calidad de vida se resiente mucho (por ejemplo, una de las causas del surgimiento de la ordenación territorial en los países latinoamericanos está en la insatisfacción ante un crecimiento económico sin orden territorial (macrocefalia, inseguridad, etc.).

- Considerar el cambio climático en términos de:
 - Reducir la huella de carbono (y la ecológica), la demanda de movilidad y el uso de vehículos contaminantes
 - Racionalizar los hábitos de movilidad
 - Mejorar la estructura y el funcionamiento del sistema territorial en aras de la reducción de la demanda de movilidad
 - Afrontar el problema de acuerdo con un principio de precaución
 - Prever escenarios relativos a las variaciones climáticas a escala regional y local
 - Identificación de las amenazas asociadas al cambio climático, vulnerabilidad y riesgo derivado de ellas
 - Desarrollar medidas de mitigación referidas al territorio y a las infraestructuras
 - Desarrollar métodos y criterios de diseño, conservación y gestión de las infraestructuras
- Y considerar el paisaje, en términos de:
 - La intrusión visual y fragmentación espacial derivada de la presencia de infraestructuras.
 - El incremento de accesibilidad a la percepción del paisaje que ofrecen las infraestructuras de transporte.
 - La oportunidad de reducir la demanda de movilidad que permiten las infraestructuras de telecomunicaciones
- Prever en el proyecto la recuperación de los espacios degradados
 - Esta idea se basa en la estrategia de las R: reducir, reciclar, reutilizar, recuperar y rehabilitar, y pasa por los siguientes criterios:
 - Definir los espacios que van a ser degradados
 - Definir los objetivos del tratamiento, el enfoque general y las operaciones a realizar así como su secuencia
 - Aplicar técnicas de bioingeniería, junto a otras más convencionales.
 - Prever asimismo la Dirección Ambiental de Obra (DAO)

Así como la obra no queda totalmente definida con el Proyecto, tampoco quedan las medidas protectoras, correctoras y compensatorias previstas en la EIA cerradas en los correspondientes proyectos, si es que se hacen. Por ello conviene prever una dirección de obra específica que vele por el cumplimiento de los compromisos y las buenas prácticas ambientales, cuyos objetivos consisten en:

 - Verificar que se aplican las medidas ambientales en el marco de la Autorización Ambiental
 - Asegurar que se reducen los riesgos de otros impactos
 - Activar las mejores prácticas: caso de que haya Sistema de Gestión Ambiental de obra, etc.

Numerosas Administraciones contratan servicios profesionales de DAO, toman do la precaución de no confundir DAO del Promotor con el Control Ambiental de Obra de la Constructora (Sistema Gestión Ambiental).

Al conocimiento de la naturaleza llamamos “lectura” del medio físico, para “diseñar con ella”, en palabras de Mc Hard; y es el fundamento de la biomimética, ciencia que estudia la naturaleza para aprovechar la experiencia acumulada en sus más de cuatro mil millones de años de antigüedad. Y ello en el diseño tecnológico inspirado en las adaptaciones de ciertas especies (con ejemplos tan notables como el velcro inventado por G. Mestral observando las espinas de un cardo pegadas a su perro, los diseños aerodinámicos inspirados en las aletas de ciertas ballenas o en la conformación corporal de ciertos peces o agarres basados en los dedos de la salamandera, etc.) y en la planificación de sistemas siconaturales complejos inspirados en las adaptaciones estructurales y funcionales de los ecosistemas naturales. Esta “lectura” trasciende lo meramente natural para abarcar al mundo rural tradicional cuya supervivencia dependía precisamente de su conocimiento de la naturaleza y de su adaptación a ella. Y es en este medio donde surgió aquella sabia máxima: “*toda finca admite mejoras hasta la total ruina de su dueño*”, que no es sino un reflejo de la necesidad de tal adaptación.

5.4. Entender el impacto ambiental como medida de la integración

Como se dijo, entre una actividad (o conjunto de ellas) y su entorno se producen influjos mutuos que la idea de integración exige optimizar; son los impactos y “retroimpactos” y las aptitudes. La integración ambiental exige optimizar la interacción actividad-entorno atendiendo por igual a ambos aspectos; impacto y aptitud; trasciende, por tanto, la simple reacción ante los efectos negativos para vincular las aptitudes del medio físico, así como la posibilidad, si la hubiere, de producir impactos positivos; y más allá, las aptitudes (“saber hacer”) y actitudes (disposición) de la población implicada, así como los riesgos derivados de las amenazas naturales.

De acuerdo con lo anterior, una actividad puede considerarse desintegrada de su entorno tanto porque produzca un impacto ambiental negativo demasiado grave, como porque no aproveche las potencialidades de los recursos endógenos: naturales, humanos y construidos o porque no minimice los riesgos derivados de las amenazas naturales.

En consecuencia, la filosofía de la sostenibilidad sugiere ampliar el concepto de impacto ambiental para inscribirlo en el más amplio concepto de *integración ambiental*, e identificar el impacto de una actividad por la desviación del objetivo de integración ambiental; así *el impacto sería una medida de la integración ambiental y la evaluación del impacto no sería otra cosa que la interpretación de dicha medida de la integración*.

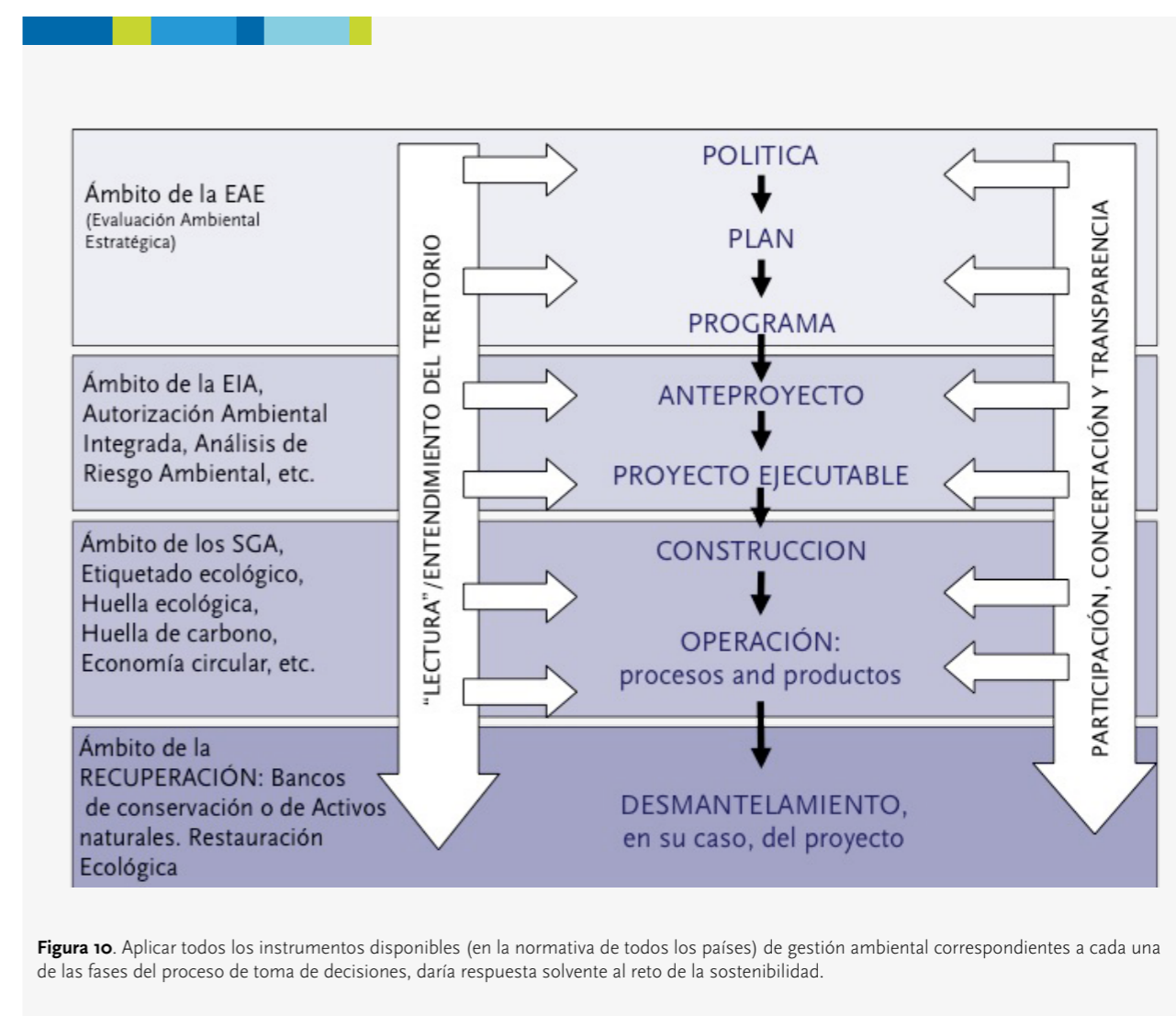


Figura 10. Aplicar todos los instrumentos disponibles (en la normativa de todos los países) de gestión ambiental correspondientes a cada una de las fases del proceso de toma de decisiones, daría respuesta solvente al reto de la sostenibilidad.

5.5. Una respuesta solvente al reto de la sostenibilidad: aplicar los instrumentos de gestión ambiental disponibles

La fuerte vinculación de la sostenibilidad al medio ambiente, justifica la importancia de aplicarla, consecutiva y complementariamente, a los tres enfoques estratégicos de la gestión ambiental, y utilizar los instrumentos específicos (Figura 10) disponibles para cada una de las fases clásicas del progreso de toda actividad: planificación, proyecto, construcción, explotación y desmantelamiento en su caso.

El objetivo de estos instrumentos es justamente minimizar el impacto ambiental negativo, considerando el cambio climático y el paisaje, maximizar el positivo y conseguir la coherencia con el entorno en términos de

adaptación a sus condiciones socioeconómicas y de las amenazas naturales, vulnerabilidad y riesgo con origen en él. Por otro lado los instrumentos preventivos que operan a nivel de plan o proyecto (la EAE y la EIA) han sustituido su inicial enfoque reactivo por uno proactivo en relación con el plan o proyecto, respectivamente, cuya calidad contribuyen a mejorar; incluso incorporan explícitamente la dimensión territorial. Por tanto una correcta aplicación de todos los instrumentos disponibles de gestión ambiental (los de carácter vinculante y los de aplicación voluntaria) rigurosa por parte de la administración y leal por parte de los actores privados, proporcionaría una alta garantía de sostenibilidad y daría una respuesta solvente al reto de la sostenibilidad; este podría ser el más eficaz protocolo de sostenibilidad de las iniciativas de desarrollo.

Los instrumentos se organizan en las mismas fases por las que pasa el ciclo de las actividades, y naturalmente de las infraestructuras.

Preventivo

Orientado a evitar degradaciones, utilizando para ello los instrumentos preventivos disponibles: Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), Evaluación Ambiental Estratégica (EAE), Autorización Ambiental Integrada, Análisis de Riesgo Ambiental, Ordenación Territorial, etc.

Corrector

Orientado a mejorar el comportamiento de los agentes, de los procesos productivos y de los productos a lo largo de todo su ciclo de vida, aplicando el principio “lo verde, vende” y su inscripción en una estrategia de “producción y consumo sostenible” (Figuras 11 y 12. Para ello se dispone de una batería de instrumentos correctores: Sistemas Normalizados de Gestión Ambiental (SGA), Etiquetado Ecológico, Custodia Del Territorio (basado en la colaboración entre propietarios de terrenos con “entidades de mejora” y administración), Economía Circular (que sustituye el ciclo productivo lineal: Tomar, Usar y Tirar, por un ciclo cerrado: Diseño, Producción, Consumo y Reintroducción de los efluentes en el ciclo productivo); Economía Colaborativa (basada en la colaboración entre agentes y usuarios), Bolsa de Residuos, basada en la comunicación de emisores de efluentes con potenciales usuarios de éstos.

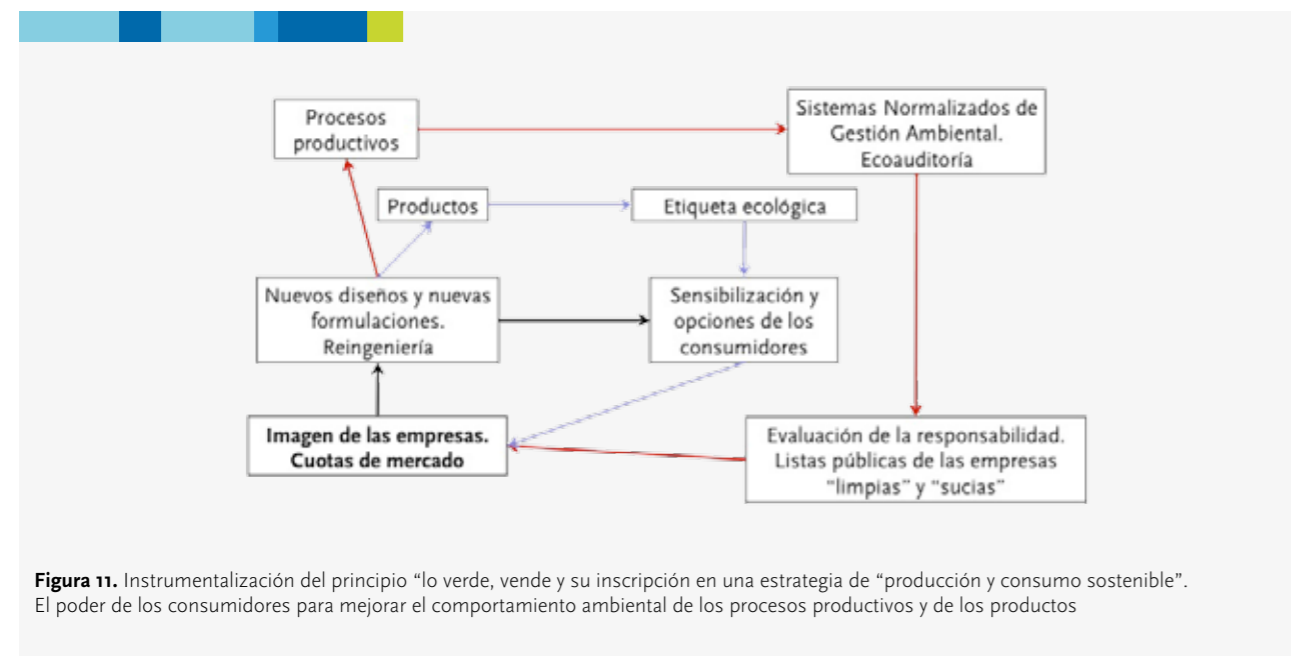


Figura 11. Instrumentalización del principio “lo verde, vende” y su inscripción en una estrategia de “producción y consumo sostenible”. El poder de los consumidores para mejorar el comportamiento ambiental de los procesos productivos y de los productos

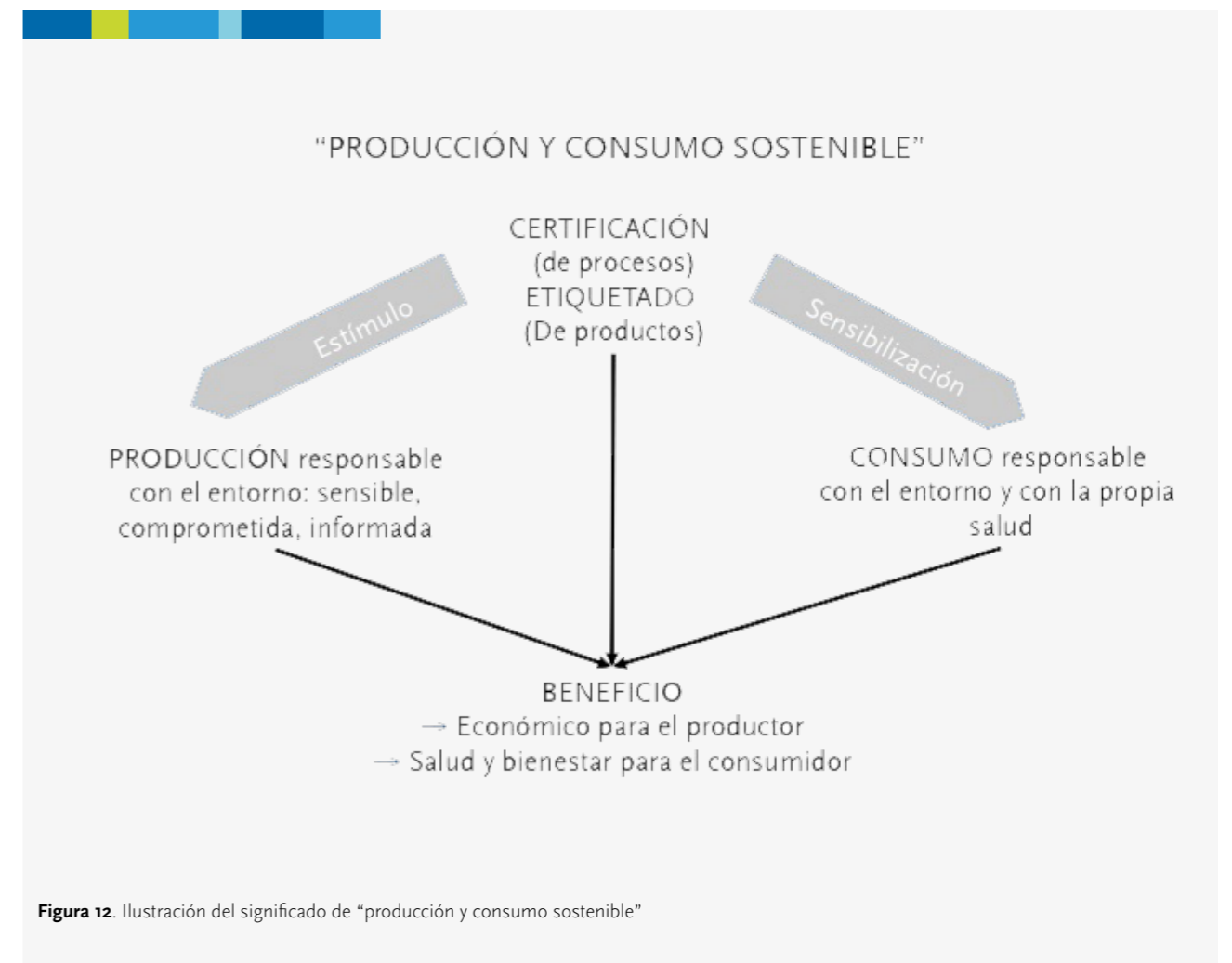


Figura 12. Ilustración del significado de “producción y consumo sostenible”

Curativo

Orientado a recuperar degradaciones ya existentes, particularmente los espacios degradados, mediante instrumentos como los Bancos de conservación o activos naturales y la compraventa de los activos generados; la Restauración Ecológica, etc.

Potenciativo

Orientado a fortalecer la resiliencia y la homeostasia de los ecosistemas y de los factores ambientales. Se usan los instrumentos curativos, pero ahora enfocados hacia lo positivo, es decir, no se trata de recuperar un espacio degradado sino de mejorar uno que no está degradado.

APLICACIÓN A LAS INFRAESTRUCTURAS

Todo lo señalado en este punto es aplicable a las infraestructuras.

La aplicación de los instrumentos de gestión ambiental: EAE, EIA, SGA, Etiquetado, etc., proporciona una alta garantía de sostenibilidad a las infraestructuras.

En ámbitos profesionales se suele afirmar que los proyectos de infraestructuras no siguen protocolos solventes de sostenibilidad; sin embargo parecería más correcto afirmar que no se aplican los instrumentos disponibles de gestión ambiental con el rigor y la lealtad necesaria, en la idea de que tal aplicación sería el mejor protocolo de sostenibilidad.

Tan solo la estrategia de "producción y consumo sostenible" sería de más dudosa aplicación a las infraestructuras, porque generalmente son públicas y los servicios y productos que ofrecen no se venden de forma convencional a clientes privados; es el caso de las infraestructuras de transporte, las de abastecimiento de agua a poblaciones o las relativas a residuos; no obstante las infraestructuras energéticas y las de telecomunicaciones, generalmente en manos privadas, sí podrían aprovechar su condición de sostenibles, es decir de ambientalmente sensibles, para promocionarse ante sus clientes.

En todo caso, para primeras, las públicas, la utilidad de la estrategia de "producción y consumo sostenible" es evidente a un nivel más alto en el que los consumidores son los clientes que demandan la construcción de infraestructuras sostenibles y en el que los productores son los agentes socioeconómicos que ofrecen la construcción de tales infraestructuras. La aplicación consistiría en sensibilizar a tales clientes, que serían instituciones del estado, en la preferencia por los agentes socioeconómicos certificados como constructores de infraestructuras sostenibles.

Para las infraestructuras públicas y de uso público, la idea de sostenibilidad podría incorporarse a través de las condiciones que pueden imponer la EAE y la EIA, en términos, por ejemplo, de exigir la implantación de Sistemas Certificados de Gestión Ambiental en las fases de construcción y de explotación.

La EAE y la EIA, a su vez, abren una puerta de negocio (que ya se viene aplicando: los *Bancos de Conservación o de Hábitats*, que consisten en que "alguien genera activos ambientales mejorando o recuperando terrenos ambientalmente degradados" y luego vende estos activos para "compensar" impactos ambientales de proyectos.

6. Criterios operativos de sostenibilidad: modelo para la integración

La idea de sostenibilidad, sus principios y los razonamientos expuestos se prolongan en una serie de criterios operativos cuya identificación deriva de la idea de integración ambiental; facilita esta tarea el modelo representado en la Figura 13, basado en el enfoque de ordenación territorial, que los plantea para cualquier espacio geográfico o entorno de interés como respuesta a tres cuestiones básicas determinantes de la integración en los procesos de toma de decisiones; son las siguientes:

1. ¿Cuáles son las actividades *razonables* o *prioritarias* desde el punto de vista de las características y referencias que concurren en el espacio de interés?
2. ¿Cuál es la *localización* de las actividades coherente con la "lectura" del espacio?
3. ¿Cuál es el *comportamiento* de las actividades que garantiza la sostenibilidad de las propias actividades y de su entorno, en términos de utilización de influentes y de emisión de efluentes?



Figura 13. La integración de las actividades en su entorno se plantea sobre tres criterios/cuestiones básicas.

Obviamente el modelo se puede utilizar para ordenar un espacio con un conjunto de actividades, pero también para evaluar en qué medida un proyecto de una actividad es coherente y razonable en el espacio en que se ubica (Figura 14).

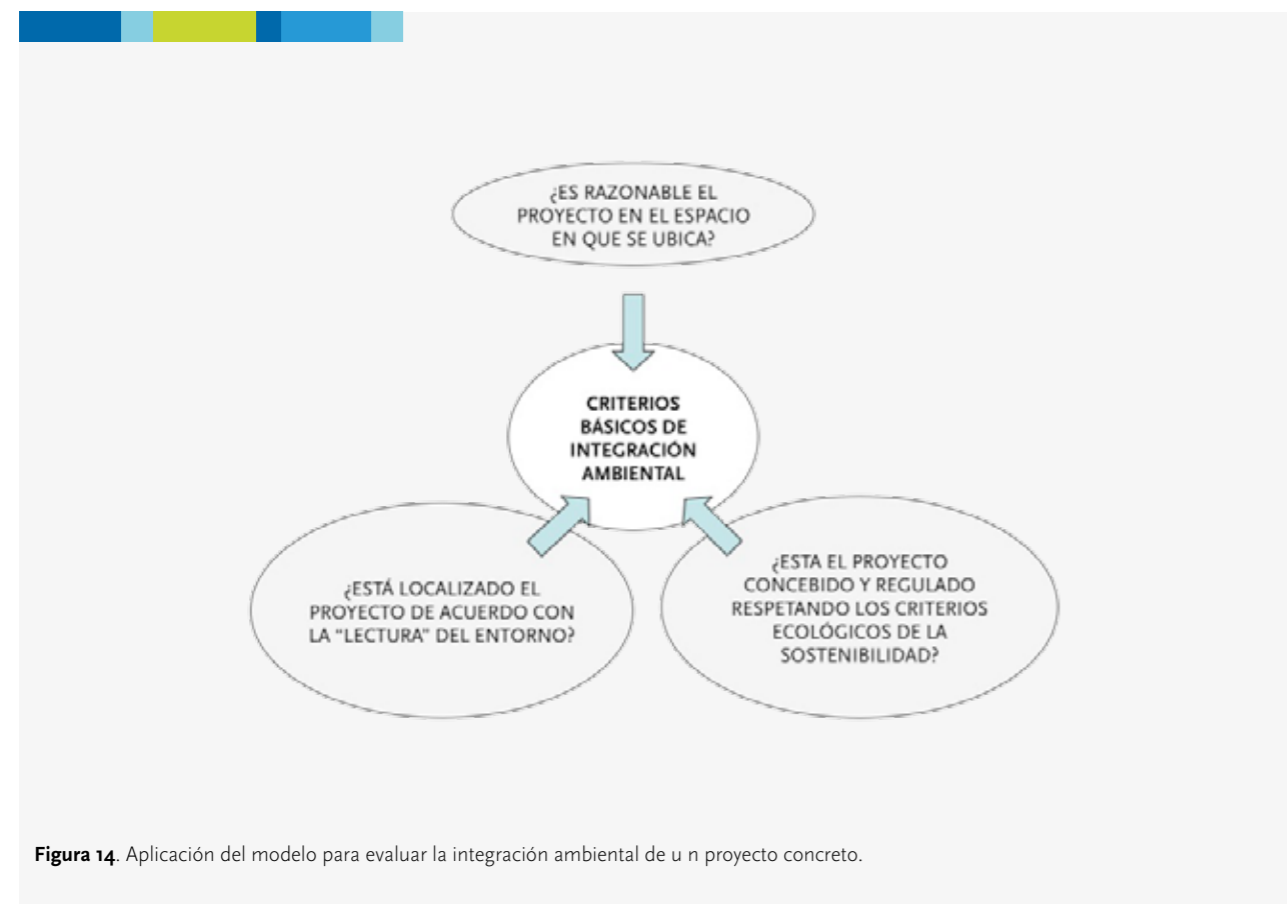


Figura 14. Aplicación del modelo para evaluar la integración ambiental de un proyecto concreto.

Estas tres cuestiones básicas se desagregan en otras más específicas que definen los criterios operativos de integración, tal como ilustra el modelo de la Figura 15. Tales criterios se pueden concretar para cualquier espacio en términos de objetivos específicos e indicadores medibles sin más que atribuirles el valor que corresponda a cada criterio; por ejemplo: evitar que la intensidad de uso de un determinado recurso cultural de uso social no supere un cierto número de personas por unidad de superficie y de tiempo.

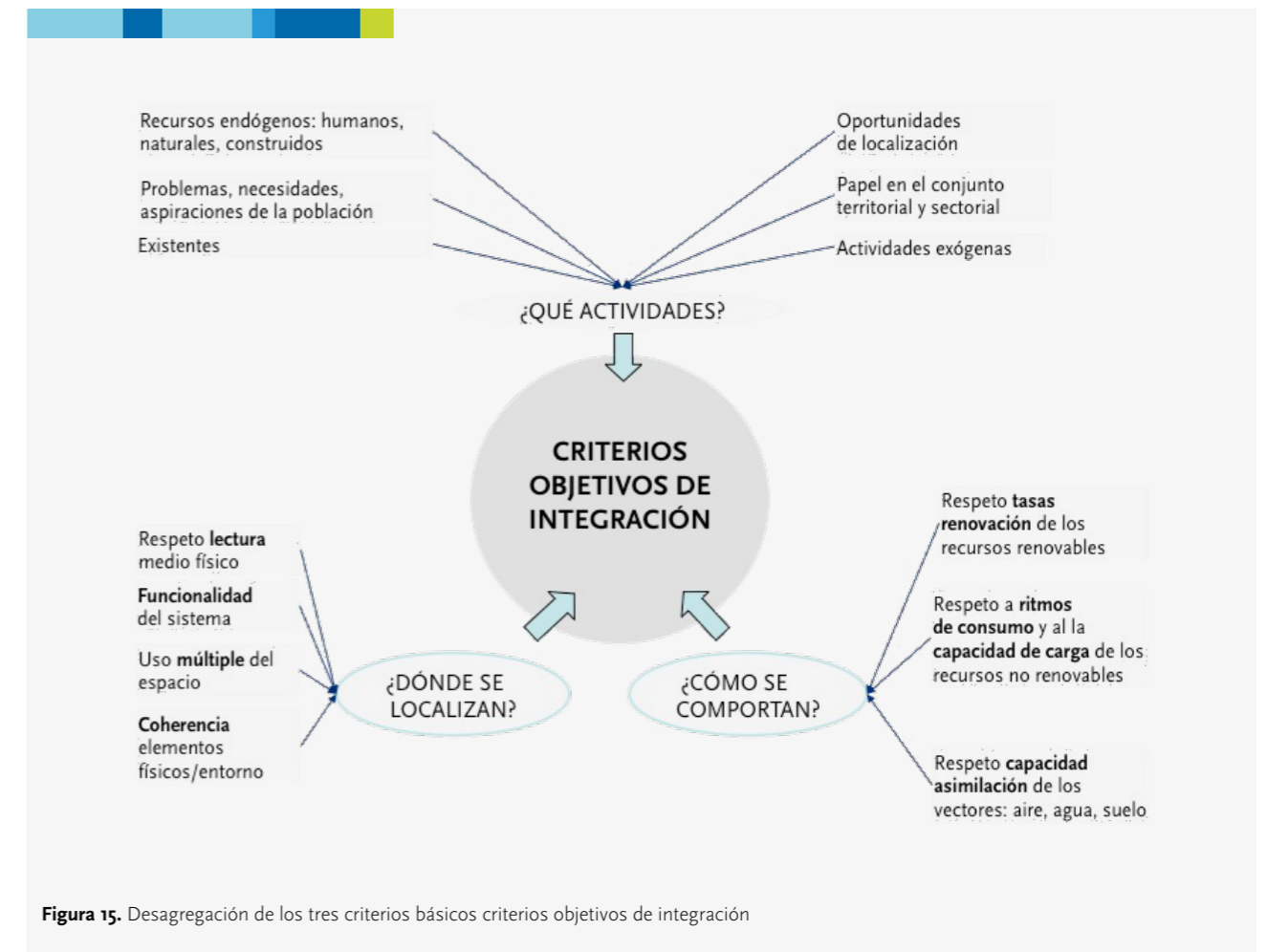
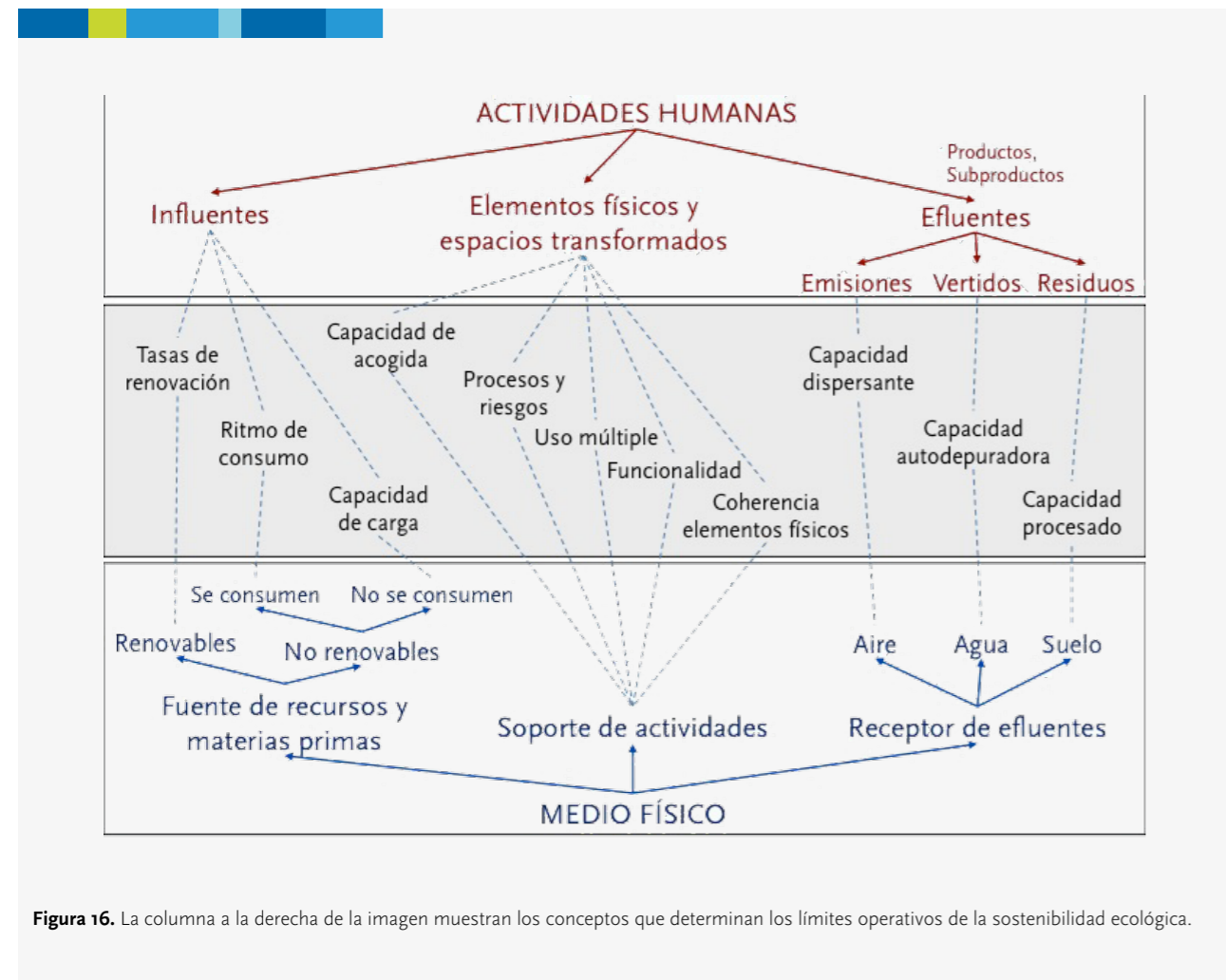


Figura 15. Desagregación de los tres criterios básicos de integración

6.1. Las actividades “razonables” en un determinado espacio

A la primera de esas cuestiones se responde considerando, en principio, razonables las actividades de carácter endógeno, es decir, aquellas cuya “idea” viene inspirada por:

- Los problemas, necesidades, expectativas y aspiraciones de la población implicada.
- Las características y recursos endógenos: naturales, construidos y humanos del entorno.
- Las oportunidades de localización, es decir, las ventajas comparativas derivadas de su ubicación relativa (proximidad a una ciudad grande, al área de influencia de un eje de desarrollo, del cruce de dos ejes de comunicaciones, posición fronteriza, etc.).
- El papel del entorno en cuanto pieza del sistema territorial superior en el que se inserta.



- Las aspiraciones y expectativas de espacios inferiores inscritos en el de interés.
- La consideración de los otros espacios de su mismo nivel.

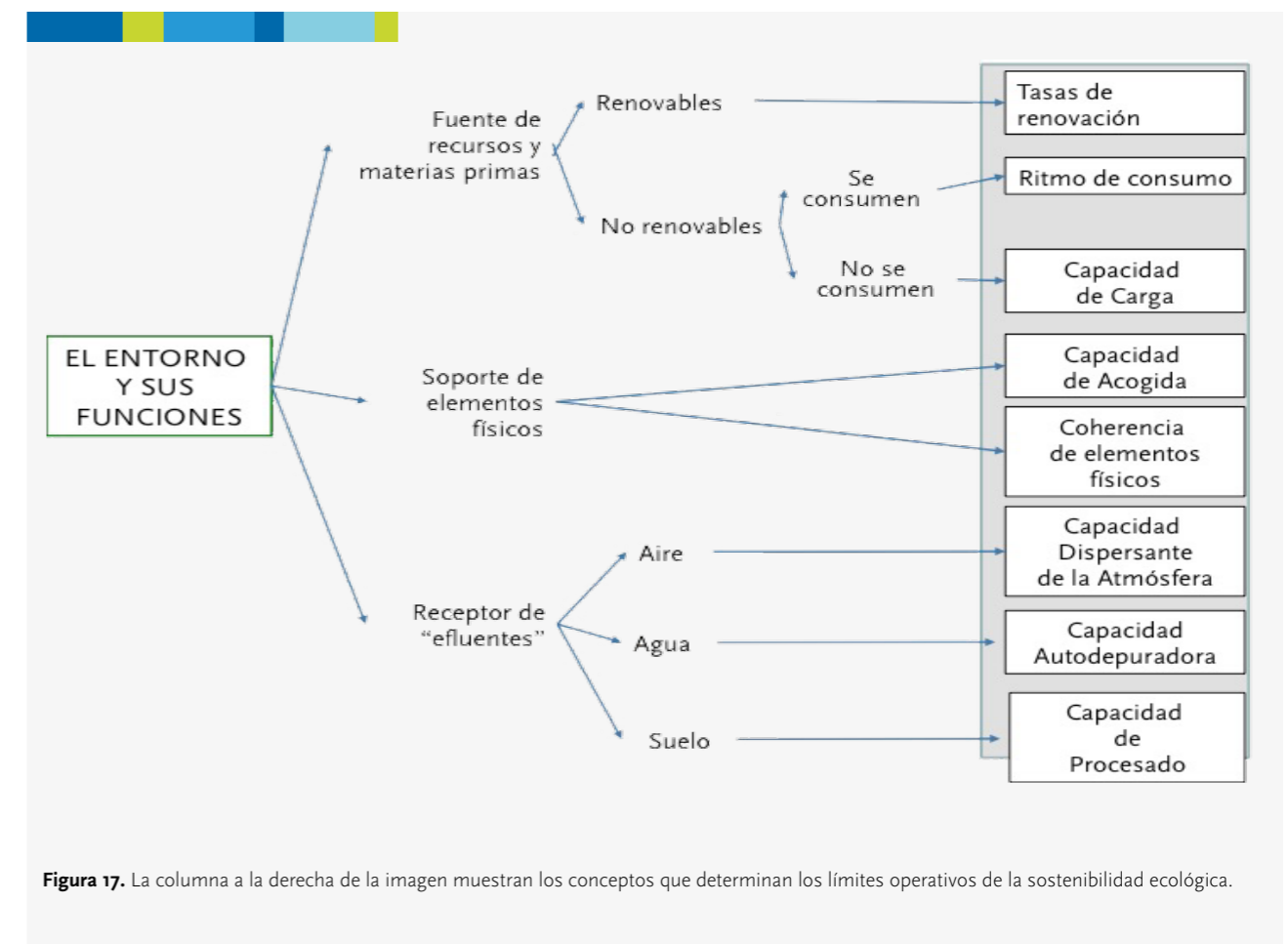
Las actividades de carácter exógeno, demandados por agentes externos o impuestos por niveles de decisión superiores, en principio son de razonabilidad dudosa, por lo que deben analizarse otras alternativas y, en caso de no hallarlas, controlar a fondo su localización, concepción y comportamiento.

A la segunda y tercera cuestión: localización y comportamiento de las actividades, se responde a través del *modelo relacional actividades-entorno* representado en la Figura 16, que entiende las actividades humanas en términos metabólicos, como un organismo que:

- Utiliza influentes: agua, energía, recursos naturales, materias primas, etc.

- Está formado por elementos físicos u órganos, que ocupan y adaptan un espacio: edificios, infraestructuras, instalaciones, espacios modificados y equipos de todo tipo.
 - Emite efluentes, en forma de materiales: emisiones, vertidos, residuos, y energía: ruidos, vibraciones, radiaciones, etc.
- Y requiere de su *entorno* tres funciones indispensables:
- Fuente de recursos naturales y materias primas que utilizarán las actividades en su construcción y en su explotación.
 - Soporte de los elementos físicos que forman la actividad.
 - Receptor de los efluentes que emite la actividad.

El modelo permite definir criterios técnicos de integración muy concretos, que, además, son condiciones de *sostenibilidad* de las actividades y argumento para calificar como *significativos* los impactos ambientales que puedan generar.



6.2. La localización de las actividades razonables

La integración exige localizar las actividades de acuerdo con la “lectura” del entorno (parte inferior izquierda de la Figura 15), lo que se concreta en los cuatro criterios siguientes, todos ellos directamente asociados al sistema territorial:

Respetar la vocación natural o capacidad acogida del medio físico, concepto que expresa la relación entre el medio físico y las actividades en términos de vocacionalidad, compatibilidad o incompatibilidad

Aspirar a la máxima funcionalidad del conjunto, es decir, optimizar las relaciones con las previsiones de planificación concurrentes y con las actividades existentes en el entorno y expresarlas en términos de sinergia, complementariedad, compatibilidad, disfuncionalidad, incompatibilidad o neutralidad. Sobre esta idea, la integración ambiental exige optimizar tales relaciones localizando las actividades en el territorio de tal forma que se maximicen las sinergias positivas y las relaciones de complementariedad, se minimicen las disfuncionalidades y se eviten las incompatibilidades.

Procurar al uso múltiple de los ecosistemas presentes en el entorno propiciando el aprovechamiento de las distintas formas en que puede realizarse, en la medida en que sean compatibles, complementarios o sinérgicos

Coherencia de los elementos físicos en su entorno, especialmente en términos de paisaje y del cambio climático, diseñando los citados elementos de forma energéticamente eficiente y reduciendo la huella de carbono, y en general de los gases de efecto invernadero.

6.3. El comportamiento de las actividades en términos de utilización de “influentes” o recursos del entorno

El modelo incluye recursos renovables y no renovables.

El criterio de integración para la extracción de recursos naturales renovable consiste en respetar las tasas de renovación por las actividades que los explotan.

Para los no renovables, el criterio de integración distingue entre:

- Los recursos no renovables que se consumen cuando se utilizan, como el petróleo o los minerales, cuya disponibilidad disminuye inexorablemente con el tiempo. Para las actividades que utilizan este tipo de recursos, la integración exige respetar un determinado ritmo de consumo. La interpretación del ritmo al que puede ser consumido un recurso de este tipo admite tres puntos de vista; primero, el económico: el ritmo debe ser tal que el plazo previsto para su agotamiento permita la aparición de otro recurso renovable o tecnología⁴ que lo sustituya⁵; segundo, el de la gestión: el ritmo debe ser tal que “de tiempo” a pensar sin premura en

4. La condición de recurso de un elemento, o proceso, del medio físico está ligada a la existencia de la tecnología y de las condiciones sociales capaces de convertirlo en útil. Por ejemplo, el petróleo se hace recurso cuando surge la tecnología para aprovecharlo y luego para extraerlo; en cambio la tecnología ha hecho que los animales de tiro hayan perdido la condición de recurso, pero han adquirido esta condición por otras razones: la reserva genética que contiene, por ejemplo, los burros; asimismo la escala de valores sociales y otras razones ligadas a la disponibilidad de tiempo libre, ha hecho que se considere recurso, por ejemplo, el espacio abierto o la belleza de un paisaje.

5. La aplicación de este criterio no es fácil a nivel de una actividad concreta, pero sí su espíritu; el ejemplo de la minería puede ayudar a entenderlo; una explotación minera genera riqueza en su entorno; esta riqueza solo se traducirá en desarrollo de su entorno si se convierte en motor de un proceso orientado hacia la calidad de vida de la población y el desarrollo así conseguido solo será sostenible si tal proceso contempla la generación de actividades capaces de sustituir el papel de la explotación minera cuando se agote el recurso explotable; esta condición solo se conseguirá si tal explotación se hace a un ritmo compatible con el desarrollo que seguramente entrara en conflicto con los objetivos convencionales de la actividad minera. Para ello es indispensable formular un plan de ordenación territorial del área de influencia de la explotación que afronte el conflicto.

la localización y diseño, así como a practicar un control eficaz sobre su comportamiento ambiental; tercero, el de la ecología: el ritmo debe ser tal que no supere la homeostasia del sistema, es decir, su capacidad para reaccionar y reequilibrarse adaptándose a los cambios que la explotación del recurso necesariamente introduce en la ecología y en el paisaje.

- Los recursos no renovables que no se consumen cuando se hace uso de ellos, son los de carácter cultural: PIG (puntos de interés geológico), yacimientos arqueológicos y paleontológicos, paisajes singulares o monumentos histórico artísticos, etc., así como figuras de protección: parques o reservas, bosques o paisajes protegidos, etc., con un uso fundamentalmente cultural o recreativo. La integración para las actividades que utilizan este tipo de recursos (turísticos, recreativos, culturales, etc.) se asocia al respeto a su capacidad de carga o intensidad máxima de uso: número de personas que pueden hacer uso del recurso por unidad de tiempo (y de superficie en su caso) sin que pierda la condición de recurso; ésta condición puede perderse por el *deterioro* que se produce a partir de un cierto umbral de intensidad que define la *cabida ecológica*, o por *congestión*: a partir de una cierta intensidad, *cabida perceptual*, el recurso se percibe como congestionado por un cierto número de personas para las cuales pierde interés.

6.4. El comportamiento de las actividades en relación con la función receptora de efluentes

Generalmente, toda actividad produce efluentes (emisión de gases), de vertidos líquidos y de residuos sólidos) a los vectores ambientales: aire, agua y suelo. La integración aquí *vendrá marcada por el respeto a su capacidad de asimilación*, medida en que pueden absorber efluentes sin consecuencias ambientales significativas, que depende de la capacidad dispersante de la atmósfera para el aire, de la capacidad de autodepuración para el agua y de la capacidad de procesado para el suelo. Entra así en la escena el complejo fenómeno de la contaminación, que implica, al menos, cuatro procesos: emisión, dispersión, inmisión o nivel de contaminante en el vector y repercusiones sobre el ser humano, el biotopo, la biocenosis o los bienes materiales.

El concepto de *carga crítica* se aplica a la inmisión, entendiéndose por tal el umbral de concentración de un contaminante en un vector ambiental a partir del cual se producen efectos ambientales significativos. .

6.5. Consecuencias del modelo sobre la sostenibilidad de la actividad y sobre la significación de sus impactos potenciales

En consecuencia los impactos ambientales significativos no se producen por la mera utilización del medio ambiente y sus recursos para el desarrollo, sino que surgen cuando no se respetan los criterios definidos en el modelo expuesto. Tales criterios de integración descritos pueden adoptarse como condiciones ecológicas concretas para definir conceptos tan importantes como los siguientes:

La *sostenibilidad* de las actividades; en efecto, aunque hay que considerar otros aspectos, no sería sostenible aquella actividad que utilizase los recursos naturales renovables por encima de su capacidad de renovación, los no renovables por encima de unos ritmos o intensidades de uso determinados, se localizase sin respetar la capacidad de acogida del medio físico, cuyos elementos físicos fuesen incoherentes con su entorno o emitiese contaminantes al medio por encima de la capacidad de asimilación de los vectores ambientales.

La consideración como *significativos* de los impactos ambientales derivados. En efecto, los impactos ambientales significativos no se producen por el hecho de que las actividades hagan uso de su entorno, sino porque no respeten los criterios de integración descritos, que son los de sostenibilidad como se ha señalado en el punto anterior. La importancia de este último aspecto estriba en que, la legislación y la buena práctica profesional aconseja centrarse solamente en los impactos significativos.

7. Concreción de los criterios de sostenibilidad particularmente para las infraestructuras: antesala de una batería de indicadores

Las reflexiones anteriores permiten definir, con carácter orientativo, una serie de criterios concretos, recogidos en los cinco cuadros siguientes, los cuales son fácilmente traducibles a indicadores de sostenibilidad.

Se han organizado en las cuatro dimensiones de la sostenibilidad repetidamente señaladas, y se ha añadido una relativa a la planificación y gestión colaborativa de todos los implicados. Conviene advertir sobre la dificultad de atribuir ciertos criterios a una u otra dimensión, dado su carácter indisoluble, de acuerdo con la condición “poliédrica” de los problemas ambientales.

Respecto a la planificación y gestión colaborativa conviene señalar que los implicados son principalmente las instituciones públicas que son los agentes impulsores, los agentes financiados e inversores, las empresas de consultoría y de ingeniería, los contratistas de la obra, los gestores de la infraestructura en la fase de funcionamiento, asociaciones ciudadanas, la universidad y centros de investigación, otros.

Sostenibilidad: fundamento del desarrollo sostenible (entendido en términos de calidad de vida) incluyendo todas las dimensiones y con la colaboración de todos los implicados

DIMENSIÓN AMBIENTAL

MINIMIZAR EL IMPACTO AMBIENTAL NEGATIVO (Y POR TANTO LOS RETROIMPACTOS)

General

- Atender a los objetivos ambientales y territoriales de orden superior, los principios generales y específicos de sostenibilidad y los ODS de la Agenda 2030

Influentes:

- Respetar las tasas de renovación de los recursos naturales renovables
- Utilizar materiales locales, particularmente las tierras vegetales y las excavadas
- Evitar la extracción de aguas subterráneas por encima de la capacidad media de recarga de cada acuífero
- Acompasar el ritmo de uso de los recursos naturales no renovables que se consumen de tal forma que se evite su agotamiento antes de que surja un sucedáneo funcional
- Respetar la capacidad de carga de los recursos no renovables que no se consumen cuando se utilizan: culturales, estéticos, etc.

Elementos físicos que soportan o cobijan la actividad.

- Respetar la capacidad de acogida (“lectura”) del medio físico: respetar los valores ecológicos, culturales, paisajísticos, funcionales y productivos del medio físico (Hábitat terrestres, humedales, suelos agrícolas de alta productividad, complejos fluviales, carácter del paisaje local, etc.)
- Asegurar la coherencia paisajística de los elementos físicos
- Evitar la localización de actividades que emiten gases contaminantes en zonas vulnerables por su escasa capacidad dispersante de la atmósfera.
- Evitar la localización de actividades que emiten vertidos contaminantes en zonas terrenos vulnerables a la contaminación de suelos y aguas subterráneas.
- Procurar la eficiencia energética de las construcciones

Efluentes

- Respetar la capacidad de autodepuración del agua en la emisión de vertidos
- Respetar la capacidad dispersante de la atmósfera en la emisión de gases
- Respetar la capacidad de procesamiento del suelo en la incorporación de residuos
- Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero
- Reducir el ruido, las vibraciones, la contaminación lumínica y las radiaciones electromagnéticas

INCREMENTAR LA RESILIENCIA DEL ENTORNO ANTE LOS IMPACTOS GENERADOS POR LA ACTIVIDAD

- Prever medidas de gestión de las aguas pluviales: estanques de tormentas, etc.

MAXIMIZAR EL IMPACTO AMBIENTAL POSITIVO

- Utilizar materiales reciclados
- Restauración ecológica, reemplazo o rehabilitación de espacios degradados
- Recuperar los suelos contaminados
- Controlar las especies invasoras
- Crear bancos de naturaleza o de activos naturales y gestionarlos como forma de compensar impactos negativos
- Contribuir al equilibrio del sistema territorial
- Mejorar el carácter del paisaje y adoptar medidas para favorecer su “aprovechamiento”

MAXIMIZAR LA RESILIENCIA ANTE LOS “RETROIMPACTOS” Y ANTE LAS AMENAZAS PROCEDENTES DEL ENTORNO Y DEL CAMBIO CLIMÁTICO.

- Evitar las zonas de malas condiciones constructivas: derivadas de la geotecnia, las pendientes, la humedad del suelo, etc.
- Identificar y cartografiar las amenazas asociadas a procesos naturales del entorno
- Reducir la vulnerabilidad ante esas amenazas largo plazo (adaptación)
- Adoptar medidas de respuesta ante los riesgos a corto plazo

MINIMIZAR LA EMISIÓN DE EFLUENTES AUNQUE NO PRODUZCAN IMPACTOS SIGNIFICATIVOS

- Prever su reintroducción en la cadena productiva (en el propio proceso o reutilización en otro)
- Utilizar fitosanitarios de nulo o bajo impacto
- Utilizar la “mejor tecnología disponible”
- Reducir el consumo de energía, agua y materiales en la construcción y en los procesos productivos
- Garantizar la máxima eficiencia energética; utilizar energía renovable
- Reducir las emisiones a la atmósfera
- Estimular la reutilización y el reciclado

Sostenibilidad: fundamento del desarrollo sostenible (entendido en términos de calidad de vida) incluyendo todas las dimensiones y con la colaboración de todos los implicados

DIMENSIÓN SOCIAL
MINIMIZAR EL IMPACTO SOCIAL NEGATIVO (Y POR TANTO LOS RETROIMPACTOS DE LA RESPUESTA SOCIAL)
General

- Insertar la actividad en los objetivos sociales de su ámbito de influencia
- Integrar la actividad en los planes concurrentes
- Adoptar medias encaminadas a la aceptación social de la actividad

Condiciones de vida y trabajo de la comunidad

- Evitar los riesgos de accidentes y otros efectos sobre la seguridad ciudadana
- Evitar las molestias ocasionadas por ruidos, vibraciones, emisiones electromagnéticas, luminosidad, tráfico, etc.
- Facilitar la permeabilidad y el reconocimiento sociales

INCREMENTAR LA RESILIENCIA DE LA COMUNIDAD ANTE LOS IMPACTOS GENERADOS POR LA ACTIVIDAD

- Informar a la población de los riesgos de accidente en la actividad
- Adoptar medidas de acción en caso de accidente
- Mejorar la imagen que la comunidad proyecta

MAXIMIZAR EL IMPACTO SOCIAL POSITIVO
Desarrollo

- Inducir actividades de desarrollo a partir de los recursos endógenos
- Contribuir a prestigio de la zona como factor de localización de actividades de vanguardia

Empleo

- Optar por el empleo local en la fase de construcción y en la de explotación
- Proporcionar formación y capacitación adecuada a la mano de obra local

Calidad del marco físico en el que se desarrolla la vida de la comunidad

- Evitar la afección al patrimonio histórico cultural y contribuir a su conservación y disfrute
- Evitar la afección a cualquier espacio público y mejorar su calidad física, estética y funcional
- Prever la conservación o mejora del carácter del paisaje local y fomentar su valorización
- Contribuir a proporcionar a la comunidad zonas con alto potencial de vistas

Sostenibilidad: fundamento del desarrollo sostenible (entendido en términos de calidad de vida) incluyendo todas las dimensiones y con la colaboración de todos los implicados

DIMENSIÓN ECONÓMICA

- Fomentar la sensibilidad ambiental y la incorporación de instrumentos de gestión ambiental como factor de calidad en la empresa
- Fomentar la sensibilidad ambiental y la incorporación de instrumentos de gestión ambiental como factor de eficacia productiva
- Hacer valer la sostenibilidad como un factor de calidad y por tanto de beneficio económico
- Evitar el reduccionismo que supone considerar exclusivo el objetivo económico, para entenderlo como solidario con lo ambiental y lo social
- Potenciar el círculo virtuoso: salud económica-sensibilidad ambiental-inversión en gestión ambiental-refuerzo de la salud económica
- Utilizar los instrumentos disponibles de gestión para reforzar el citado círculo virtuoso
- Favorecer el crecimiento económico en el ámbito de influencia
- Introducir en la contabilidad de la actividad los costes y beneficios intangibles que genera
- Instrumentar el prestigio que transmite el enfoque de sostenibilidad para generar beneficios económicos

Sostenibilidad: fundamento del desarrollo sostenible (entendido en términos de calidad de vida) incluyendo todas las dimensiones y con la colaboración de todos los implicados

DIMENSIÓN TERRITORIAL

- Marco de vida: mejorar la armonía, funcionalidad e imagen del sistema territorial
- Reducir la demanda de movilidad de la población, actuando sobre el modelo territorial y sobre la fiscalidad de la residencia
- Evitar la localización de actividades que emiten gases en áreas con dificultades para la dispersión atmosférica.
- Evitar las zonas vulnerables a la contaminación de las aguas subterráneas para aquellas actividades que emitan vertidos.
- Evitar las zonas con condiciones constructivas (geotécnica, de pendientes o hidrológicas) desfavorables.
- Evitar las zonas amenazadas por procesos naturales peligrosos, serán precauciones con grandes efectos en la resiliencia
- Mejorar la resiliencia ante riesgos derivados de las amenazas naturales
- Fomentar el transporte público e intermodal.
- Estimular la producción y el consumo locales
- Equilibrar el sistema territorial: corrigiendo desequilibrios e induciendo equilibrio
- Armonía del sistema, en términos de su carácter
- Funcionalidad
- Imagen, que trasmite el sistema territorial
- Manejar las aguas pluviales
- Prever la gestión de las aguas pluviales

Sostenibilidad: fundamento del desarrollo sostenible (entendido en términos de calidad de vida) incluyendo todas las dimensiones y con la colaboración de todos los implicados

PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN COLABORATIVA

- Asegurar el cumplimiento de la legislación pertinente así como de las responsabilidades civiles
- Estimular la sensibilidad y el compromiso por la sostenibilidad
- Diseñar un sistema de gestión de la sostenibilidad a largo plazo
- Concebir, planificar y proyectar la actividad con equipos interdisciplinares en los que estén representados todos los grupos de interés social
- Aplicar los criterios de corresponsabilidad, de largo plazo así como la participación, la concertación, la comunicación y la transparencia en todas las fases del proceso de toma de decisiones
- Buscar sinergias positivas entre las dimensiones de la sostenibilidad
- Prever el seguimiento (mantenimiento y control) a largo plazo
- Prologar todo lo posible la vida útil
- Prever el desmantelamiento, en su caso, y el reciclado de los materiales
- Concienciar sobre la importancia del la producción y el consumo sostenible y los criterios de la economía circular
- Prever sistemas de compra verde

8. El desarrollo sostenible

“.. la palabra ‘sostenible’ quiere ser reflejo de una política y una estrategia de desarrollo económico y social continuo que no vaya en detrimento del ambiente ni de los recursos naturales de cuya calidad dependen la continuidad de la actividad humana y el desarrollo de los seres humanos”

V Programa de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible de la UE

La sostenibilidad da fundamento al desarrollo sostenible, siendo éste la forma en que el concepto se hace operativo a todos los niveles territoriales a los que se aplica: global, nacional, regional, local y particular. Por otro lado, el sistema territorial, en cuanto “construcción humana inexorable”, es la proyección espacial del estilo de desarrollo de una sociedad; y la ordenación territorial “la construcción planificada del sistema territorial”; de ahí la utilidad del enfoque y la metodología de ordenación territorial para planificar el desarrollo sostenible, en cuanto identifica las actividades que soportarán el desarrollo en función de las características naturales, culturales y socioeconómicas del ámbito al que se aplica; las localiza en el espacio de forma coherente con la naturaleza, con la funcionalidad del sistema y con el paisaje cultural; y regula su comportamiento de acuerdo con los criterios ecológicos de sostenibilidad y el cambio climático.

8.1. Respuesta a un estilo de desarrollo insostenible

La idea del desarrollo sostenible surge a raíz de la moderna preocupación ambiental, en la década de los 70⁶ del pasado, siglo como oportuna respuesta a un estilo de desarrollo insatisfactorio que persisten en la actualidad y que se puede calificar como:

Económicamente globalista: las mercancías, la información, la energía, el dinero, ... se desplazan sin barreras aparentes y a grandes distancias

Territorialmente desequilibrado: según un patrón centro periferia caracterizado por la congestión de ciertas zonas frente a la desertización de actividad y población de otras; *deslocalizado*: separa producción y consumo y determina una altísima demanda de movilidad.

Ambientalmente depredador, de valores y de recursos naturales y culturales: altísima huella ecológica, economía lineal: extraer, producir, usar y tirar, sobrepoblación, sobreexplotación de recursos, urbanización exagerada, etc.

Energéticamente ineficiente: exige la producción concentrada de la energía, requiere desplazar cantidades ingentes de mercancías y dificulta el aprovechamiento difuso de las energías renovables que suelen disponerse de forma difusa en el territorio.

Sistémicamente reduccionista: presidido por la economía convencional; y por ello obsesionado por el crecimiento indefinido del PIB, la productividad, la competitividad y la rentabilidad; buscando el mero beneficio económico, propicia el *consumismo* de bienes materiales frecuentemente innecesarios; *insolidario en el tiempo*, con las

generaciones futuras, y *en el espacio*, con las zonas menos favorecidas; conduce a *un exceso de capacidad productiva*; contribuye al cambio climático; etc.

En suma, un modelo económica, social, territorial y ambientalmente insostenible, insensato podría decirse, por tanto indeseable, dominado por *el interés privado y del más fuerte, presidido por el pensamiento a corto plazo*, y mostrando deficiencias de equidad, justicia y cohesión social.

En este sentido, la Agenda 2030 “transformar el mundo” de Naciones Unidas plantea esta idea clave: aceptar que el estilo de desarrollo y la forma de vida actual en los países desarrollados no son los mejores de las posibles.

8.2. Frente al estilo insostenible imperante, el desarrollo sostenible opta por la sensatez

El desarrollo sostenible responde a este indeseable estilo desde la sensatez y desde la idea optimista que considera posible y deseable compatibilizar lo ambiental, lo económico y lo social, conformando conjuntamente un sistema territorial armónico, funcional y bello; y todo ello en un proceso de evolución deseable y capaz de mantenerse indefinidamente en el tiempo.

La condición de deseable se refiere a la calidad de vida de la población, al “buen vivir” en lenguaje de ciertos pueblos indígenas, entendida como una combinación adecuada de las tres dimensiones señaladas, a las que se añade la territorial para incluir el marco de vida físico, las cuales llevadas al plano de lo individual (figura 18), se traducen, respectivamente, a estas tres componentes: nivel de renta, condiciones de vida y trabajo y calidad ambiental, e incluyendo, como antes, el sistema territorial en que se inscribe la experiencia vital de la ciudadanía.

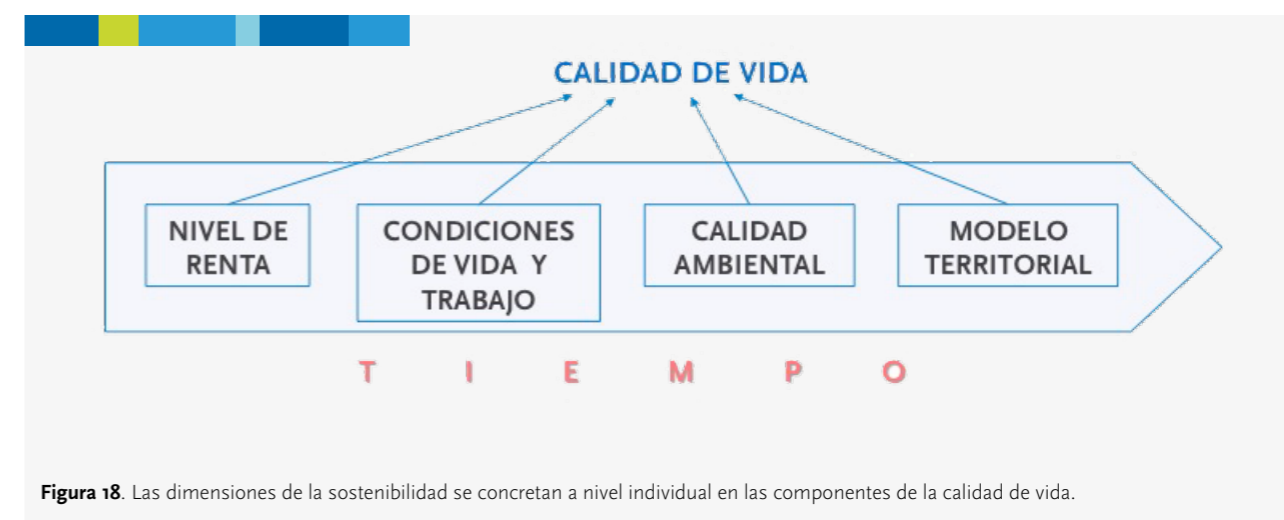


Figura 18. Las dimensiones de la sostenibilidad se concretan a nivel individual en las componentes de la calidad de vida.

En suma, la idea de sostenibilidad y sus dimensiones lleva a entender el desarrollo sostenible como la combinación equilibrada de un crecimiento económico que favorezca el progreso social y respete el medio ambiente; una política social que estimule la economía y la sensibilidad ambiental; una política ambiental que garantice un ambiente sano y que sea a la vez eficaz, económicamente eficiente y productora de beneficios económicos reconocidos; y una política territorial que conforme un marco de vida armonioso, funcional y bello.

6. El Informe del Club de Roma, “Los límites del crecimiento”, es de 1972, y este mismo año se celebra la Conferencia Mundial de Estocolmo sobre desarrollo humano.

Un desarrollo continuo, equilibrado en las tres dimensiones, presidido por *el interés público* frente al privado, por un enfoque de largo plazo y planificado y gestionado de forma *participada, concertada y transparente* y acorde con los *principios de sostenibilidad* señalados.

8.3. Objetivos concretos: la Agenda 2030 “transformar el mundo” de Naciones Unidas

En 2015 la ONU lanza la Agenda 2030 “transformar el mundo” para el Desarrollo Sostenible; se trata de un plan de acción a favor de las personas, el planeta y la prosperidad, que señala la erradicación de la pobreza como el mayor desafío del mundo actual sin cuyo logro no puede haber desarrollo sostenible.

La agenda se basa en una idea clave: aceptar que la forma de vida actual en los países desarrollados no es la mejor de las posibles.

Presenta cinco ejes, las 5P: Planeta, Personas, Prosperidad, Paz y Partenariado, y está integrada por 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS) y 69 subobjetivos; acompañados de los correspondientes indicadores de seguimiento (Figura 19).

Ninguno de los objetivos se cumple en el modelo actual de desarrollo ni en el escenario tendencial, por lo que debe ser cambiado. Sin embargo en el conjunto de ellos subyace una estrecha e indisoluble ligazón entre “crecimiento económico” y “desarrollo”, de forma que los objetivos de sostenibilidad ambiental quedan subordinados de hecho a los objetivos de crecimiento económico.

Estos objetivos muestran las inconsistencias, contradicciones y limitaciones propias de los intereses y ámbitos de poder en juego, pero suponen una evolución progresiva desde las Agendas 21 de la Conferencia de Río de 1992, seguida por los Objetivos del Milenio (ODM), del 2000 y actualizada en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de 2015.

La Agenda 2030 pone a las personas en el centro, tiene un enfoque de derechos y busca un desarrollo sostenible global dentro de los límites planetarios. Es universal ya que busca una alianza renovada donde todos los países participan por igual. Es indivisible ya que integra los tres pilares del desarrollo sostenible (económico, social y ambiental), presentando así una visión holística del desarrollo. La erradicación de la pobreza y la reducción de desigualdades son temas centrales en la nueva agenda.

Está en vigor desde enero de 2016, con la tradicional peculiaridad de que sus enunciados *no son vinculantes ni prescriptivos* para los países signatarios



Figura 19. Los objetivos del Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030

9. La ordenación del territorio como enfoque y metodología para planificar el desarrollo sostenible

Frente al indeseable modelo centro periferia, la ordenación territorial plantea modelos que cubren todo el espacio, con un enfoque de cohesión territorial; equilibrados basados en el aprovechamiento de los recursos endógenos, polinucleado y en red, con asentamientos compactos, de diverso nivel y tamaño, polifuncionales, distribuidos por todo el espacio y conectados por canales de relación que les proporcionen parecidas oportunidades de acceso a centros, ciencia, cultura, ocio, etc. Este modelo reduce la demanda de movilidad, favorece el transporte público, el desplazamiento a pie y en vehículo de dos ruedas, minimiza el consumo de agua y de energía, estimula el aprovechamiento local de recursos energéticos endógenos y difusos: solar, eólico, biomasa, hidráulico de pequeñas dimensiones, así como la autosuficiencia energética de muchos asentamientos de población.

El objetivo final de la ordenación del territorio es el desarrollo integral de las unidades territoriales a que se aplica, entendido en términos de calidad de vida y plasmado en el sistema territorial: se desarrolla el sistema territorial como un todo integrado, y no aspectos parciales de él por importantes que sean. Por ello la expresión desarrollo territorial tiene un sentido equivalente al desarrollo sostenible en la medida en que equilibrio, integración, funcionalidad, uso racional de los recursos y calidad ambiental, son conceptos que encuentran su expresión a través de la ordenación territorial.

El ST es el marco físico e institucional de la calidad de vida, de ahí su importancia para un desarrollo sostenible. La ordenación territorial es la “conformación planificada Sistema Territorial”. Se trata de un concepto muy complejo con tres facetas complementarias: el *análisis territorial*, o interpretación de la estructura y funcionamiento del sistema territorial (medio físico, asentamientos humanos e infraestructuras), la *planificación territorial*, o diseño del modelo territorial futuro y del curso de acción para conseguirlo y la *gestión territorial* o previsión de las diligencias necesarias para conducir el sistema territorial. Y se aplica de forma multi e interdisciplinar, en direcciones diversas y complementarias:

1. A la corrección de desequilibrios territoriales: la tendencia de crecimiento en el mundo reproduce el modelo centro-periferia en todos los niveles; las zonas centrales se ordenan según centros conectados por ejes de comunicación que, a su vez, se configuran como verdaderos centros lineales de desarrollo. Este modelo es ambientalmente indeseable porque la congestión de los centros destruye los recursos naturales y contamina los vectores ambientales y porque, paralelamente, la desertización determina la desaparición de paisajes, culturas, patrimonio y ecosistemas valiosos conseguidos por la acción del hombre y cuya presencia resulta indispensable para su conservación.
2. Como metodología para planificar el desarrollo sostenible, en cuanto:
 - Identifica las actividades a través de las cuales ha de producirse aquél (ver figura IV.4. Modelo Territorial).
 - Las distribuye en el espacio de acuerdo, por un lado, con la vocación natural de territorio y, por otro, con las relaciones de complementariedad, compatibilidad e incompatibilidad que se dan entre ellas.
 - Regula su funcionamiento en relación con los insumos que utilizan, el espacio que transforma y los efluentes que emiten.
 - Atiende a todas las facetas -económica, social y ambiental- de la calidad de vida.

- Permite dotar de equipamientos y servicios sociales a la población de manera eficaz y eficiente
3. Como enfoque y metodología para elaborar cualquier plan de carácter territorial, que son la mayor parte.
 4. Como instrumento preventivo de gestión ambiental en cuanto controla la localización y el funcionamiento de las actividades humanas.
 5. Y como instrumento de sostenibilidad y resiliencia en cuanto el enfoque y la metodología de ordenación territorial abogan por la adopción de medidas *no estructurales*, basadas en la “adaptación al territorio”, evitando la localización de las actividades humanas en las áreas afectadas por amenazas naturales, en una visión de largo plazo y en la colaboración de organismos públicos responsables de diferentes aspectos: conservación de la cubierta vegetal, gestión de ríos, etc., frente a las *estructurales* basadas en la construcción de obra civil para evitar que la amenaza llegue a producirse y en incrementar la resistencia ante ella.

APLICACIÓN A LAS INFRAESTRUCTURAS

Frente al modelo centro periferia, la ordenación territorial plantea modelos equilibrados basados en el aprovechamiento de los recursos endógenos y en el consumo local, en un sistema de asentamientos poblacionales polinucleado y en red, con asentamientos compactos, jerarquizado en diverso nivel y tamaño, dotados de servicios acordes con su jerarquía, polifuncionales, seguros y atractivos, distribuidos por todo el espacio y conectados por canales de relación (transportes y telecomunicaciones: telefonía móvil e internet) rápidas y de alta capacidad, que les proporcionen parecidas oportunidades de acceso a la ciencia, a la cultura, al ocio y en general a todo aquello que la sociedad moderna ofrece.

Este modelo reduce la demanda de movilidad, favorece el transporte público, el desplazamiento a pie y en vehículo de dos ruedas, minimiza el consumo de agua y de energía, estimula el aprovechamiento local de recursos energéticos endógenos y difusos: solar, eólico, biomasa, hidráulico de pequeñas dimensiones, así como la autosuficiencia energética de muchos asentamientos de población, facilita la relación entre producción y consumo local; y en síntesis proporciona un marco físico que favorece la calidad de vida de la ciudadanía.

Por tanto la ordenación territorial favorece el enfoque de demanda ya que permite reducir la demanda de infraestructuras y la oferta que debe equilibrarla, sin merma para la calidad de vida, sino todo lo contrario.

La reflexión anterior, tiene un notable alcance económico: permite liberar recursos destinados a una innecesaria apuesta por la cantidad para atender a la calidad de las infraestructuras, lo que equivale a decir, a la sostenibilidad y resiliencia de las infraestructuras. Se trata de aplicar el viejo principio ecológico que frente a la idea “más es mejor” plantea esta otra: “menos es más”.

Y también a optar por las medias *no estructurales*, basadas en la adaptación al terreno y en el respeto a la naturaleza o si se quiere a la capacidad de acogida del medio físico, frente a las *estructurales* basadas en la obra civil ante las amenazas y riesgos naturales.

10. Bibliografía

- Aguayo Gonzalez, F. (2011). Ecodiseño: Ingeniería Sostenible de la Cuna a la Cuna. RC LIBROS
- Arce Ruiz, R. (2013). La Evaluación Ambiental en la Ingeniería Civil. Mundi Prensa. Madrid.
- Bermejo, R. (2001) Economía sostenible. Principios, conceptos e instrumentos Bilbao, BAKEAZ.
- COUNCIL OF EUROPE. 2000. European Landscape Convention. Florence: European Union.
- Daly, H.E. (1991). “Criterios operativos para el desarrollo sostenible” en DEBATS nº 35-36.
- García Mira, R. y Vega, P. (2009). Sostenibilidad, valores y cultura ambiental. Pirámide.
- Gomez Orea, D. Gómez Villarino, A. y Gómez Villarino, T. (2012). El paisaje: análisis, diagnóstico y metodología para insertarlo en la formulación de planes y proyectos. Edición digital, enlace <https://kdp.amazon.com/amazon-dp-action/ES/bookshelf.marketplacelink/BooW9P522K>, 2012.action/ES/bookshelf.marketplacelink/BooW9P522K
- Gomez Orea, D. y Gómez Villarino, T., (2013). Evaluación de Impacto Ambiental. Edición corregida. Ed. Mundi Prensa. Madrid. 747 pp. ISBN 13: 9788484766438
- Gomez Orea, D. (2013). Ordenación Territorial. Edición corregida. Ed. Mundi Prensa. Madrid. 543 pp. ISBN. 978-84-8476-660-5
- Gomez Orea, D. (2014). Evaluación Ambiental Estratégica. Edición corregida y aumentada. Ed. Mundi Prensa. Madrid. 377 pp. ISBN: 978-84-8476-676-6
- Ministerio de Fomento, 2011. Informe de situación de las principales actuaciones e iniciativas en materia de sostenibilidad urbana en España. Ministerio de Fomento. Madrid.
- Wackernagel, M. Y Rees, W. 2001. Nuestra huella ecológica. Ed. Lom e IEP. Santiago de Chile
- World Bank (2001). Making Sustainable Commitments. An Environmental Strategy for the World Bank. The World Bank. Washington D.C., USA
- Proyecto europeo Urban-Net. 2011. II.

Estudio de caso 1. La planificación de las infraestructuras ante el reto del cambio climático. El caso de las ciudades de tamaño medio latinoamericanas

Autor:

Daniel Rubio Blanco. Dr. Ingeniero Agrónomo. IDOM

1. Introducción

Este capítulo pretende ilustrar la importancia de la planificación de las infraestructuras (lo invisible pero necesario), en especial, considerando la mitigación del cambio climático, es decir, acciones encaminadas a reducir las emisiones de los Gases Efecto Invernadero (GEI de aquí en lo sucesivo), y la adaptación, cuyas acciones están orientadas a atenuar los efectos del cambio del clima en las infraestructuras, apoyándose en el caso de las ciudades medianas y emergentes de Latino América y El Caribe (Latam en lo sucesivo).

Las ciudades latinoamericanas no crecen al mismo ritmo. Existe un grupo denominado “emergentes”, con poblaciones entre 100 mil y 2 millones, que lo hace a un ritmo mayor, y que generan el 30% del PIB de la región. Es en este espacio, donde existe mayor oportunidad de corregir el patrón de desarrollo, y obtener un mayor éxito en el desarrollo de infraestructuras sostenibles.

El capítulo 7 plantea un decálogo de ideas y recomendaciones, pero no pretende ser una guía completa ni holística, sino poner de manifiesto la importancia de la planificación, a través de una serie de análisis, métricas y acciones relacionadas con la mitigación y adaptación del cambio climático de las infraestructuras, para llegar a conclusiones, que, si bien son aterrizadas al caso de referencia, aplican por extensión a otras latitudes.

7. Este capítulo es fruto de la obra del autor y otros, en los estudios publicados en el Libro de Ciudades Emergentes a Ciudades Sostenibles (ISBN 978-956-9571-26-8) en América Latina y El Caribe; en esta geografía los resultados que aquí se exponen tienen enorme aplicación, pero también la tienen en cualquier otra parte del mundo.



2. El crecimiento de las ciudades en Latam: oportunidad para la infraestructura sostenible

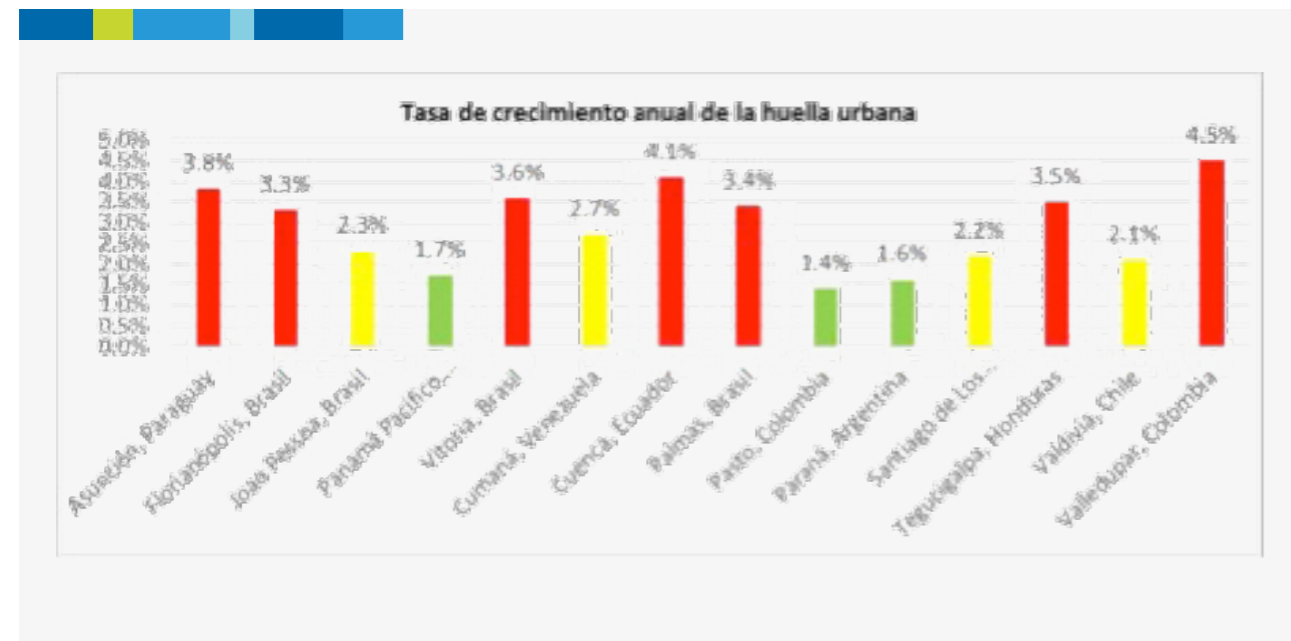
LATAM es la región más urbanizada del planeta, con más del 80% de la población residiendo en aglomeraciones “urbanas”; sin embargo en las ciudades hay dos realidades distintas, enclaves de usos mixtos con una gran calidad e infraestructura sustentable y resiliente ocupando lugares privilegiados, y grandes cinturones de pobreza sin apenas infraestructura básica: “los invisibles”.



Las ciudades de LATAM crecieron de una manera desordenada y espontánea; a partir de la mitad del siglo pasado, y en especial, la época de la explosión demográfica, se presenta un crecimiento desordenado, debido a la pobreza y a la emigración del campo a la ciudad; en unas décadas se transformaron de pueblos a ciudades con enormes desafíos.

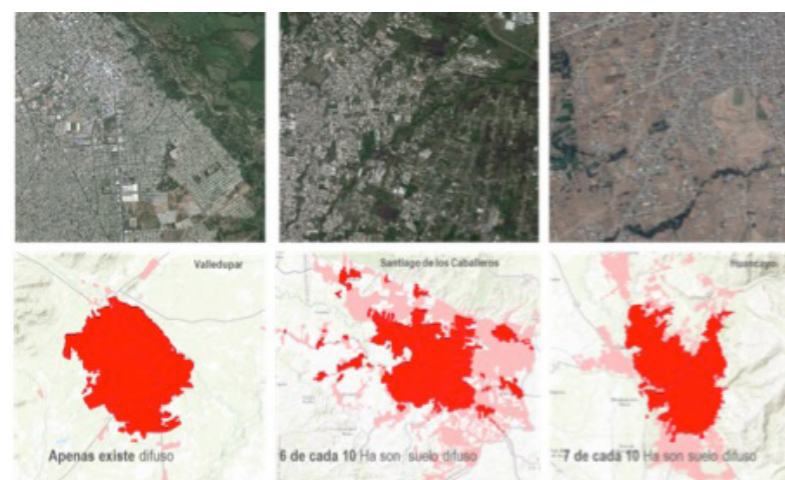
En dicho periodo, los gobiernos no encontraron una solución viable para contribuir con infraestructura sostenible; y de esta manera, una buena parte de la población invade espacios vulnerables, y otra, autoconstruye viviendas en un hábitat no cualificado, sin orden, ni infraestructura; adicionalmente se incrementa la pobreza en las urbes; y se genera una especie de espiral de declive, que en algunos casos aun nos lleva hasta hoy.

Salvo alguna excepción, en las dos últimas décadas el promedio del crecimiento anual de la huella urbana de las ciudades de LATAM es aprox. 3%, mayor que el promedio de crecimiento de la población en torno al 1%, lo que significa una expansión innecesaria de la ciudad, la invasión de áreas naturales, productivas y vulnerables, y la necesidad de implementar infraestructura en lugares remotos.



En cualquiera de los casos, en dichas ciudades existen ejemplos de delimitación urbana con una separación nítida y definida, y otros donde sucede una transición compleja, desde lo urbano hacia lo rural, hallándose un “urbano” difuso e impreciso; el difuso, se presenta en ocasiones como un suelo periurbano, y en otras en áreas exteriores con características rururbanas o suburbanas.

En las ciudades de LATAM, al menos un tercio del suelo es suburbano o rurubano, con un gran déficit de infraestructuras y servicios. En el ejemplo que figura a continuación se ilustra cómo Valledupar (Colombia) es una ciudad compacta y con un límite definido, frente a Santiago de Los Caballeros (República Dominicana) y Huancayo (Perú), con abundancia de suelo urbano disperso y difuso.

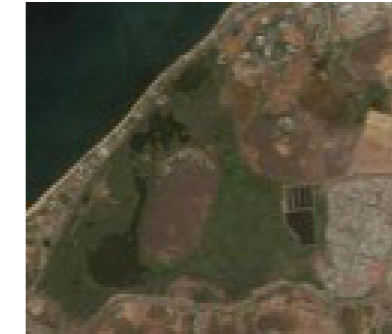


El crecimiento difuso pone de manifiesto la falta de control y gestión gubernamental, y repercute en: aumento de los costos de servicios o inacción de los mismos, y dificulta la dotación de infraestructura y servicios: agua y saneamiento, conectividad y transporte público, energía, y tratamiento de desechos sólidos, entre otros.

Por otro lado, esta situación, provoca que el crecimiento de la huella, ha absorbido a las infraestructuras estructurales, como aeropuertos, puertos, rellenos sanitarios, estaciones eléctricas, ferroviarias etc., que con el paso de los años, se han trasladado o se intentan trasladar a lugares más alejados; algunas están en proceso de degradación o abandono, ya que por el crecimiento mencionado, no sirven al uso original.



Antiguo aeropuerto de Santiago de Los Caballeros

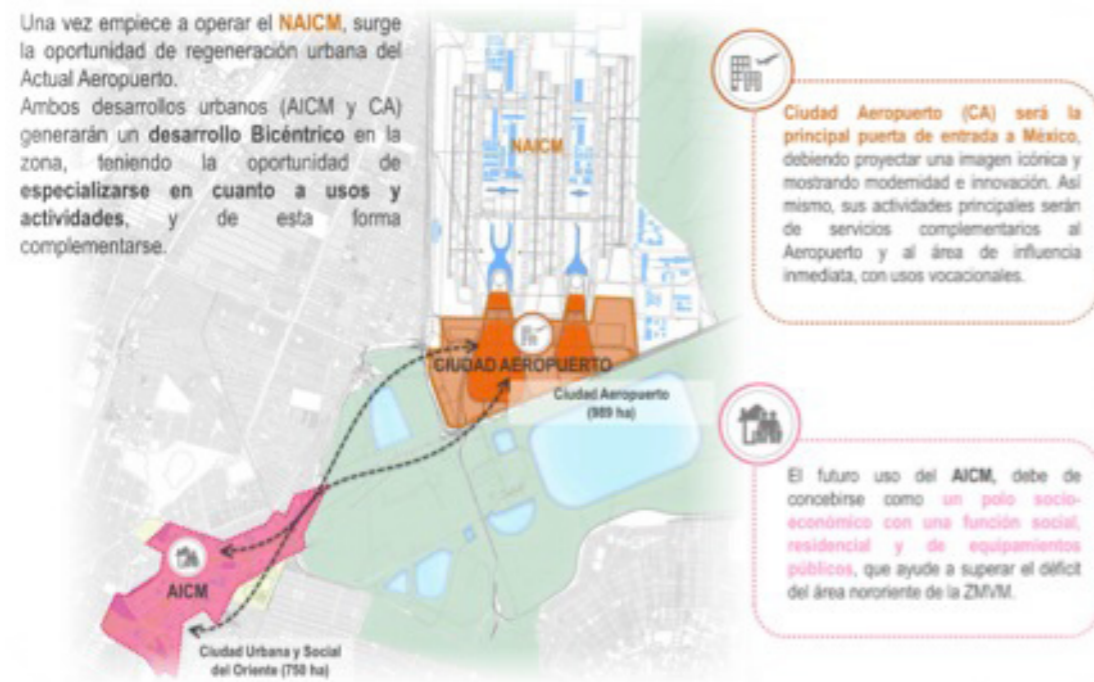


Área de oportunidad en torno a la laguna de Los Patos en Cumaná



Antiguo hipódromo de Paraná

Tal es el caso de la Ciudad de México, donde el actual Aeropuerto ha quedado rodeado de la huella urbana, y no tiene posibilidad de expandirse ante las necesidades futuras, generando la oportunidad, de la reconversión urbana de los terrenos del actual Aeropuerto, que implica el desarrollo de 750 hectáreas de superficie urbanizable, dentro del tejido urbano de la Ciudad de México, lo que puede generar proyectos de conectividad metropolitana, parques que absorban la contaminación y emisiones de GEI, así como infraestructuras sociales que suplan el rezago de la zona oriental de la metrópolis.



Las ciudades de LATAM se encuentran hoy frente a una oportunidad histórica: corregir el crecimiento insostenible, para lo que se debe actuar en las próximas décadas. ¿Por qué? Porque serán las últimas de crecimiento poblacional, que traerán consigo procesos de urbanización significativos. Luego de estos años, la región alcanzará un equilibrio estable. A partir de ese momento, el problema no será el de cómo crecer, sino de cómo regenerar y mantener la infraestructura existente. Luego dejaremos de lidiar con ciudades por construir, y tendremos que trabajar con lo que resulte de los procesos de urbanización actuales y mejorar la infraestructura existente.

En este sentido, el reto es el crecimiento “hacia dentro” reutilizando infraestructuras en desuso y espacios de oportunidad, recuperando espacios degradados y vulnerables, y una expansión racional de la huella, creando infraestructuras racionales y sustentables en los lugares adecuados.

3. La paradoja del cambio climático en la región

El crecimiento exponencial y desordenado tiene su paradoja en LATAM: las ciudades se encuentran en un paraíso feroz, donde se adaptan a una naturaleza exuberante, llena de ricos y variados recursos, tales como agua, selvas, montañas, playas, manglares, etc. pero expuesta a gran cantidad de peligros⁸ naturales como las inundaciones, terremotos, deslaves y volcanes, entre otros; en esta adaptación a las ricas pero complejas condiciones, se ha ocupado áreas vulnerables; en especial, los más pobres, que invaden espacios no aptos.

Adicionalmente, está el fenómeno del cambio climático, que esta subyacente desde hace décadas pero que se hace más visible en este siglo.

La paradoja del cambio climático en LATAM:

- La región es baja en emisiones de GEI per cápita (1-3 Tn e CO₂/ habitante y año) y aporta menos del 12% de las emisiones globales; alejada de los valores de Europa 7 Tn y EEUU 16 Tn per cápita.
- pero sufre en mayor medida, los impactos del calentamiento global en términos de inundaciones, sequías, y daños a las infraestructuras.



8. El recuerdo se inunda de imágenes catastróficas en el pasado reciente, como el mega terremoto de Valdivia en 1960 que destruyó la ciudad o el más reciente huracán Mitch, que a su paso por Tegucigalpa, dejó más de 5,000 muertos, 8000 desaparecidos y unas enormes pérdidas económicas y patrimoniales.

4. Emisiones de GEI y mitigación

Los sectores que presentan mayores emisiones suelen ser la movilidad y los cambios de uso del suelo; en la mayor parte de las ciudades el principal sector emisor es la movilidad, que suele representar entre un 20% y un 60% de las emisiones totales, de las cuales más del 90% están asociadas a transporte terrestre.

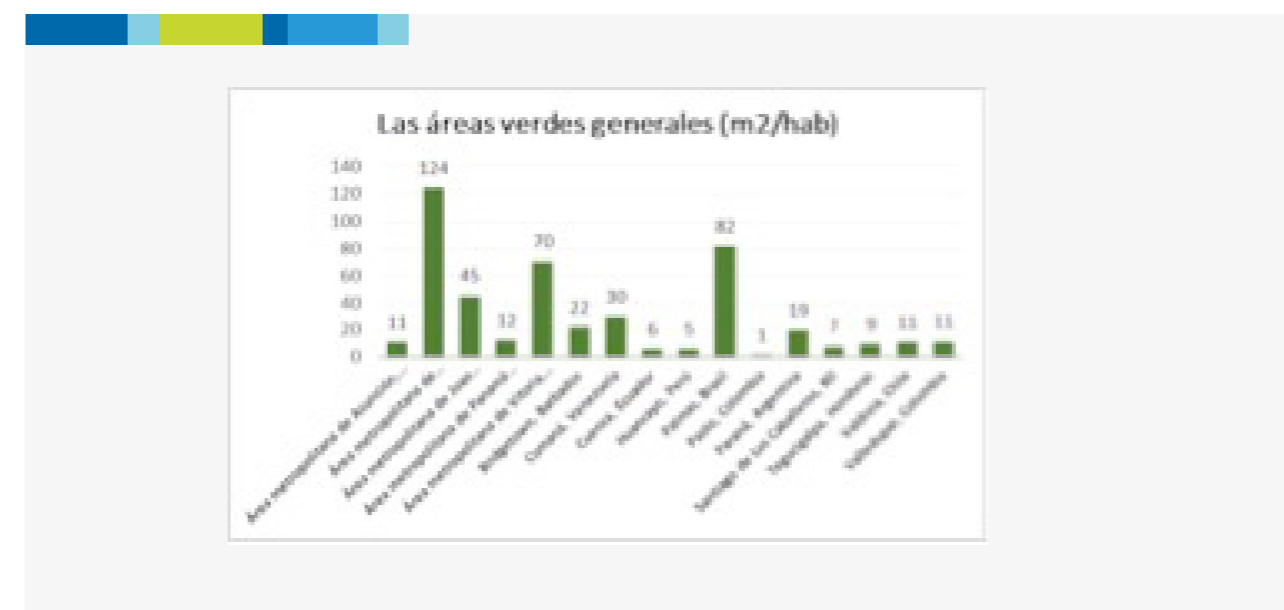
Las emisiones de transporte terrestre, que varían entre 0,6 y 1,6 t CO₂ e/hab y año, dependen principalmente de factores asociados a la morfología urbana (una ciudad compacta y diversa presentará menos emisiones de movilidad que una ciudad dispersa), al sistema vial, a la calidad del transporte público y a otros factores socioculturales, como, por ejemplo, utilizar el auto como símbolo de estatus.

Las emisiones totales son bajas, pero las proyecciones a 2050, indican que se duplicarán per cápita y triplicarán en términos absolutos. Aunque las emisiones de GEI están por debajo de la media mundial, la tendencia es a su incremento tanto en valores absolutos, debido al crecimiento demográfico, como per cápita, considerando el aumento del parque vehicular per cápita, el incipiente desarrollo industrial y la destrucción de bosques y ecosistemas que ejercen un efecto tampón, entre otros; ello supone, que pueden constituirse en importantes focos de emisiones en el futuro.

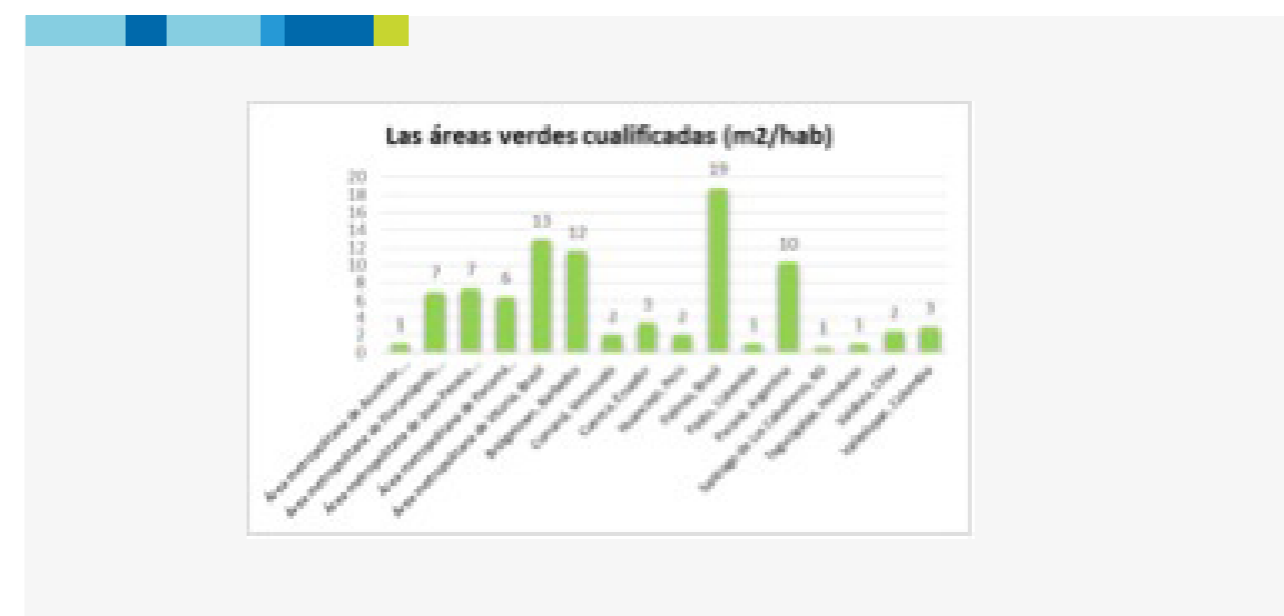
Por lo que hay que planificar y desarrollar infraestructura para la mitigación del cambio climático, considerando, ciudades densas y compactas, e incluyendo entre otras:

- Infraestructura de transporte masivo y movilidad sustentable: la creación de redes eficientes de transporte público, metros, BRTs, etc., y el fortalecimiento de bici sendas y peatonalización selectiva de calles y espacios, la interconexión intermodal entre los diferentes sistemas de transporte; promoción de ejes cívicos. Se trata de reorientar la red de tránsito incorporando al ciudadano de a pie como protagonista de los desplazamientos y favorecer las nuevas formas de movilidad, y promoción de nuevas centralidades o centros urbanos intermedios.
- Infraestructura de energías renovables, y su uso difuso como sugiere su distribución en el territorio, captación de biogás en rellenos sanitarios, y almacenamiento de carbono en el subsuelo. En el ámbito de la energía, se debe planificar un nivel mínimo de generación de energía renovable y un determinado grado de autosuficiencia energética que combine la generación y las medidas de ahorro y eficiencia. Es imprescindible vincular el desarrollo al ciclo del agua y un modelo de gestión de residuos diseñado con criterios de sostenibilidad.
- Infraestructura verde: parques, reservas naturales y corredores ecológicos. Aprovechamiento del CO₂ en cultivos, y restauración de ecosistemas y recuperación de espacios degradados.

El promedio de **áreas verdes totales en las ciudades estudiadas es de 29 m²/hab**; destacando las ciudades brasileñas como el Área metropolitana de Florianópolis (124), Área metropolitana de Joao Pessoa (45), Área metropolitana de Vitoria (70) y Palmas (82) con valores muy por encima de la media; no obstante, se trata de áreas no factibles para la urbanización como humedales, manglares y cerros, que no cuentan con infraestructura ni son aprovechadas para la recreación y uso público; cuentan con una fuerte presión antrópica.



El promedio de **áreas verdes cualificadas**, es decir, aptas para el esparcimiento y recreación **es de apenas 5 m²/hab**; destacan Vitoria (13), Bridgetown (12), Palmas (19) y Paraná (10); teniendo una dotación muy baja las siguientes: Área metropolitana de Asunción (1), Cumaná (2), Cuenca (3), Huancayo (2), Pasto (1), Santiago de Los Caballeros (1), Tegucigalpa (1) Valdivia (2), y Valledupar (3).



5. Adaptación y resiliencia

Por otro lado, la región se enfrenta a una gran cantidad de amenazas, algunas de ellas incrementadas por los efectos cambio climático; el 10 % de la población de las ciudades habita en zonas altamente vulnerables; en especial, los más pobres y necesitados, que se ubican en áreas de riesgo y/o terrenos no aptos para la urbanización, y que sufren los efectos del cambio climático; entre las causas destaca:

- La pobreza, bajo nivel socio cultural y la tenencia de la tierra
- La falta de una infraestructura resiliente y adaptada al cambio climático
- La falta de una adecuada planificación agrava más el riesgo ante desastres naturales



El riesgo es una condición latente, un proceso social e histórico que se va gestando gradualmente a través de acciones y decisiones cotidianas. El desastre es eventual y es donde el riesgo se hace visible, haciendo evidente la convivencia vulnerable y no armónica entre la sociedad y el medio natural.

El riesgo se construye al ignorarse las amenazas, por desconocimiento o por intereses. Es la toma de decisiones tomadas de espaldas a los procesos naturales, el que conlleva a la construcción del riesgo. Según el vulcanólogo Ramón Ortiz, “no existen los desastres naturales, sino la mala gestión de los fenómenos naturales”.

En muchos casos es el desconocimiento o la falta de recursos la que lleva a una situación de riesgo, como es el caso de João Pessoa en Brasil, donde las comunidades con menores recursos se sitúan en las zonas que quedan disponibles, siendo éstas los cauces de los ríos (izquierda) o las zonas de mayor pendiente propensas a sufrir deslizamientos de ladera. En otros casos, es el interés económico lo que conlleva a ignorar el riesgo, urbanizando en zonas de alto valor ecológico, y necesarios para el desarrollo de los procesos naturales, como el caso de Florianópolis (derecha), donde la población, de cualquier nivel socioeconómico, se ha situado en zonas de inundaciones recurrentes, tanto marinas como fluviales.

Se señala como otro ejemplo, el reciente terremoto de México (19 de septiembre de 2017); la infraestructura que fue más dañada no fue solamente aquella más obsoleta y anterior a las normas sismo resistente después de 1985, el otro gran terremoto, sino que afectó a la franja de transición, entre el ex lago de Texcoco y los terrenos volcánicos, afectando a suelos más blandos que transmiten las ondas como si fueran una gelatina. Una buena zonificación sísmica debe guiar el proceso de crecimiento urbano y desarrollo de infraestructuras.

A continuación se muestran algunos ejemplos de afección de los riesgos naturales a las infraestructuras:

Deslizamientos

La construcción del Anillo Periférico sin dimensionar adecuadamente el paso del agua subterránea provoca el deslizamiento de la ladera y el derrumbe de la urbanización Ciudad del Ángel.



Inundaciones

El 70% de la ciudad de Belice en riesgo de inundación, aumenta la necesidad de inversión en infraestructura resiliente



Desabastecimiento

Carencia de agua potable en Villavicencio coincidente con periodos de fuertes lluvias.

El arrastre de materiales hacia los colectores de agua provoca un aumento de sólidos en suspensión e impide la potabilización. La falta de infraestructura de regulación hace que el sistema sea vulnerable a las crecidas.



Como se ha mencionado, el riesgo se construye a base de decisiones cotidianas; es un proceso social y no es hasta el desastre cuando el riesgo se hace visible. Se debe buscar una relación armónica entre la sociedad y el medio natural.

La planificación es una de las principales medidas preventivas, no estructurales o de gestión. Luego cuando se llega demasiado tarde, cuando el riesgo ya se ha construido, se deben buscar alternativas que lo reduzcan, de forma que los procesos más frecuentes provoquen menor impacto en la sociedad. Para ello se debe recurrir a la obra civil, a la mitigación inmediata del riesgo, es lo que se denominan medidas estructurales.

Medidas No Estructurales: Son aquellas que requieren de planificación, de una visión de largo plazo y de la coordinación de diferentes organismos públicos para que estas sean factibles, dentro de esta clasificación se encuentran:

- Zonificación y regulaciones legales; legislación acorde con la zonificación planteada
- Creación de un organismo sancionador e implantación de un sistema de vigilancia y control
- Conservación de suelos y reforestación

Medidas Estructurales: Son todas aquellas que conllevan la ejecución de una obra civil con el objeto de eliminar un problema ya producido con un efecto inmediato; éstas se dividen en dos principalmente:

1. Búsqueda de la situación anterior a la construcción del riesgo.

Esto conlleva mover a la población a otras zonas, el derribo de viviendas y la construcción de otras, así como de toda la infraestructura asociada necesaria.

Ventajas: Combina la disminución del riesgo con el respeto por el medio ambiente, permitiendo que los procesos naturales tengan lugar. Por lo general, las zonas de mayor riesgo son zonas donde los eventos naturales se dan con mayor frecuencia, siendo estas zonas de alto valor ecológico, como las riberas de los cauces o las zonas alcanzadas por las aguas marinas.

Inconvenientes: El alto costo económico, difícil de implementar, por lo general, rentables, al no recuperarse, en muchos casos, la inversión inicial con las pérdidas ahorradas cada año. Otro inconveniente es el rechazo que produce en las comunidades desplazadas: los proyectos realizados suelen fracasar al no tener en cuenta factores, como la jerarquía social, actividad económica, costes de desplazamiento de la nueva ubicación, estilo de vida, sentimiento de arraigo, etc.

2. Obra civil para disminuir el impacto de la amenaza

Son medidas estructurales que pretenden hacer compatible los procesos naturales con los usos establecidos en esas zonas: son del tipo encauzamientos, diques, muros de contención, etc. Estas medidas realizadas en las zonas con mayor aporte a la Pérdida Anual Esperada se justifican por sí solas al recuperarse la inversión en pocos años con las pérdidas económicas ahorradas. En muchos casos se requiere de una medida mixta de reubicación de población y obra civil.

Ventajas: Son rentables y socialmente aceptadas al situarse en zonas de impactos recurrentes, donde normalmente el histórico de pérdidas justifica la obra y existe conciencia social acerca del riesgo.

Inconvenientes: No restablecen la situación natural, las ventajas son sociales y económicas, pero no siempre medio ambientales.

6. Barreras en el desarrollo de infraestructura ante el reto del cambio climático

Existen varias barreras que deben ser identificadas y solucionadas a la hora de planificar, diseñar e implementar las infraestructuras de reducción de emisiones y adaptación al cambio climático: barreras económicas, políticas y sociales. Cada barrera requiere una solución diferente, ad hoc. Las soluciones deben desarrollarse en estrecha colaboración con todos los agentes interesados.

Las barreras económicas son uno de los principales retos para la implantación efectiva de las medidas, requiriéndose esquemas de financiación innovadores como la colaboración público-privada, la implantación de las medidas en el marco de iniciativas de financiación de carbono, como mercados de carbono o Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación (NAMAs, por sus siglas en inglés); actualmente existe un gran interés de organismos multilaterales (BID, WB, CAF, y BCIE, por citar algunos ejemplos) y existencia de fondos verdes (Global Environment Facility o GEF, Green Climate Fund GCF, etc.) en la financiación de estos planes y proyectos, así como cantidad de iniciativas regionales, nacionales y locales.

Otra importante barrera a superar es la barrera política, generada por la diferencia entre los plazos políticos y el tiempo necesario para que algunas medidas generen beneficios, como puede ser el caso de la generación de normativas de edificación o la inclusión de criterios de sostenibilidad en la planificación.

Finalmente, en el ámbito social existen dos barreras principales: el SPAN y las convenciones sociales.

El SPAN, que significa Sí, Pero Aquí No (traducción del concepto inglés Not In My Backyard) es la reacción que se produce entre determinados ciudadanos que se organizan para enfrentarse a los riesgos que supone la instalación en su entorno inmediato de ciertas actividades o instalaciones que son percibidas como peligrosas o debido a sus externalidades, pero sin oponerse a las actividades en sí mismas. Es habitual en las medidas de residuos como implantación de contenedores de residuos, reciclaje de basuras, o la implantación de infraestructuras de gestión de aguas residuales.

Por otra parte, las convenciones sociales asociadas a la idiosincrasia pueden suponer una barrera. Un ejemplo puede ser el uso del coche como símbolo de estatus social. Esta creencia puede generar problemas para la implantación de infraestructuras de transporte público o prevenir un cambio modal a desplazamientos no motorizados aunque se planteen las condiciones adecuadas para ellos.

7. Incorporación de costes y externalidades ambientales y sociales

Como se ha mencionado, la cuestión económica es un desafío para la implementación de proyectos de infraestructura sustentable frente al cambio climático; por lo que en ocasiones es necesario incorporar en el análisis y toma de decisiones en la planificación y diseño de infraestructura para la mitigación y adaptación al cambio climático, otras dimensiones o externalidades: urbana, ambiental y social.

Las externalidades ambientales y sociales son sólo una clase particular de efectos externos, que son importantes para justificar la implementación de algunas acciones. Si se desea adoptar decisiones más complejas y, por lo tanto, mejores, estas externalidades deberían ser debidamente cuantificadas e incorporadas en el marco de un análisis coste-beneficio de las decisiones públicas o privadas de la sociedad.

Por lo tanto, se justifica la planificación considerando el cambio climático como un instrumento preventivo, que generará desarrollo económico, contemplando beneficios sociales y ambientales, en la toma de decisiones de las acciones a implementar. De esta manera, las infraestructuras, generan co-beneficios de carácter ambiental, reducción de GEIs, menor consumo de recursos naturales, de carácter social, como reducción de las desigualdades sociales o generación de empleos verdes, y de carácter económico, como mejora de la competitividad o seguridad energética.

Por la naturaleza de este documento, sin ánimo de ser exhaustivo, a continuación se exponen algunos casos de la incorporación de externalidades urbanas, sociales y ambientales en los proyectos de infraestructura.

Costes de urbanización. Evaluación de costes de urbanización de desarrollo según modelos de crecimiento. Las ciudades que tienden al crecimiento espontáneo y desordenado presentarán un alto consumo de suelo, lo que provoca una fuerte necesidad de inversión en infraestructuras, equipamientos y servicios para atender a la población.

Este paradigma lógico, cuanto más suelo de expansión, y cuantas más viviendas alejadas del centro, los costes son mayores, no es tenido en cuenta por los gobiernos.

Se determina que el escenario tendencial es claramente más costoso que un modelo planificado. Nuestros cálculos indican, que una ciudad en LATAM sin planificación alguna, puede incrementar sus gastos de inversión en infraestructura y servicios más del +50-100% respecto a una ciudad planificada poli céntrica con criterios

de densidad y diversidad de usos.

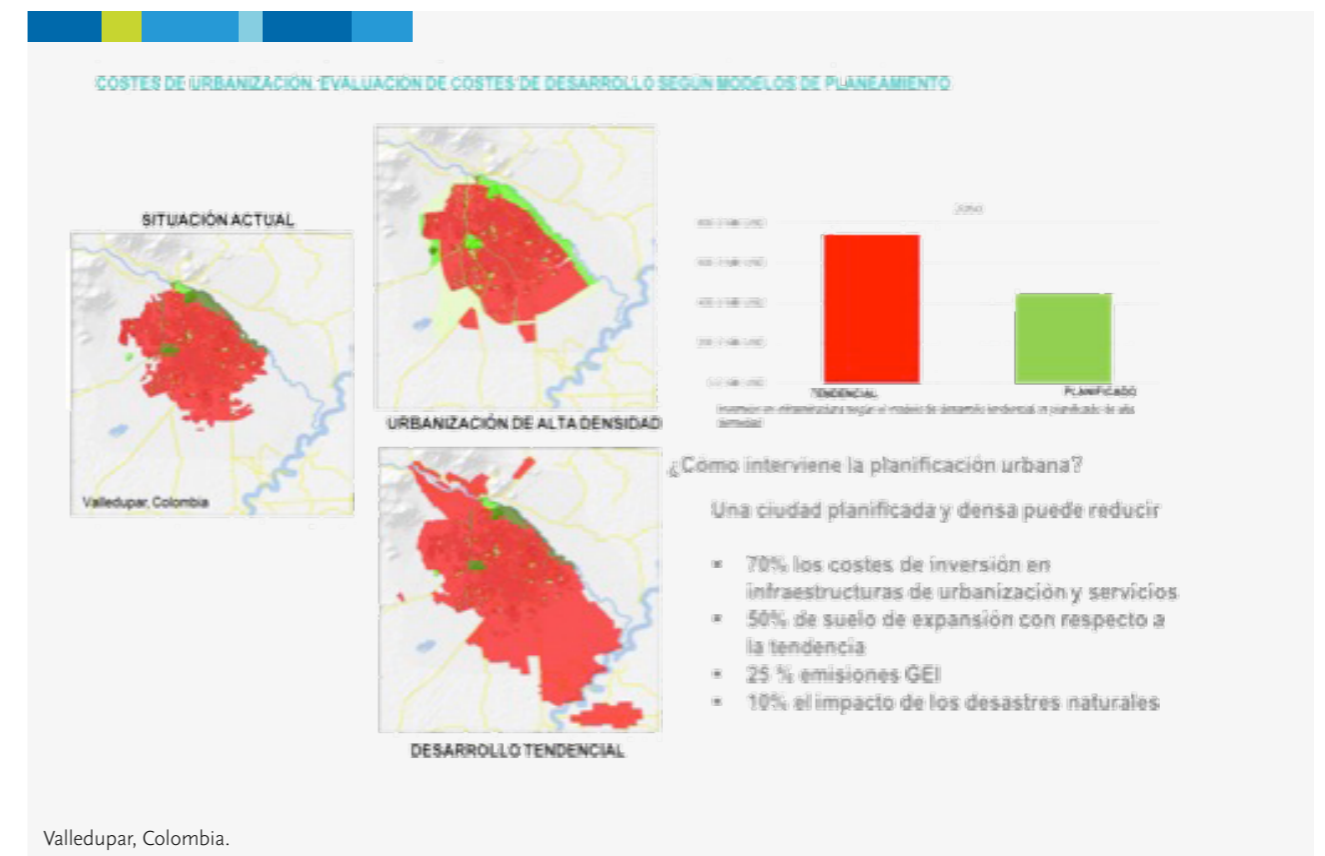
¿Cómo interviene la planificación urbana? Una ciudad planificada y densa puede reducir:

+ 50-100% los costes de inversión en infraestructuras de urbanización y servicios

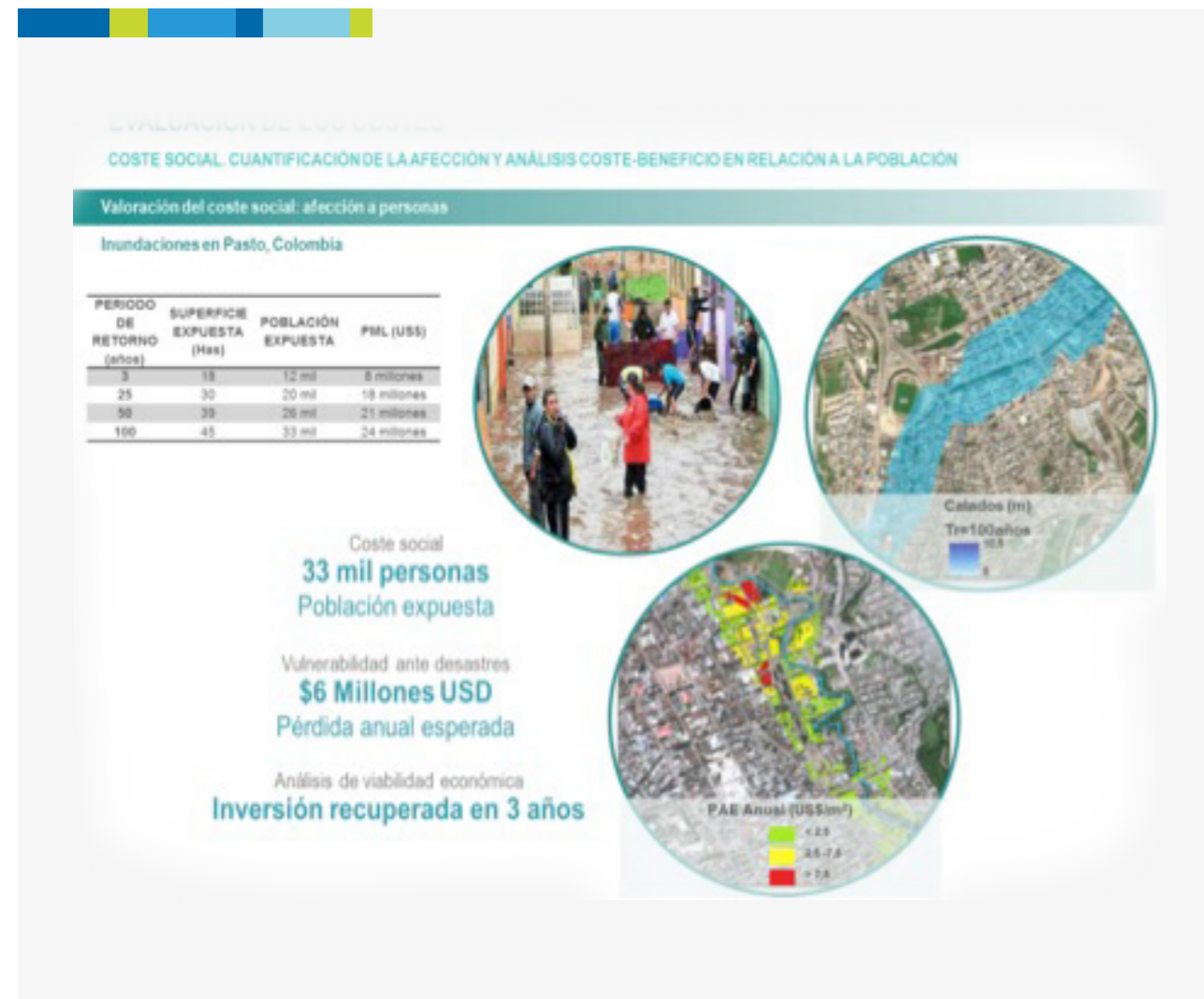
+ 50% de suelo de expansión con respecto a la tendencia

+ 25 % emisiones GEI

+ 10% el impacto de los desastres naturales



Externalidades y costes sociales. Cuantificación de la afección y análisis coste-beneficio en relación a la población en Pasto, Colombia. El coste social de las inundaciones del río Pasto en Colombia tienen afectadas a 33 mil personas en áreas inundables, con una Pérdida Anual Esperada de 6 millones de US \$; la inversión a realizar de las obras de mitigación es de unos 18 millones de US \$, por lo que se podría recuperar en apenas 3 años.



Análisis Costo-beneficio, con resultado positivo para la operación suponiendo una disponibilidad a pagar de 1,10 USD/usuario. Para que la intervención salga bien, se debe coordinar a todos los agentes involucrados y responsables, incluyendo actores públicos locales, actores públicos nacionales y actores privados.

Externalidades y costes ambientales. Pérdida de activos ambientales en Panamá

La ciudad se desarrolla de espaldas al mar y utiliza el espacio para el desarrollo de infraestructura, donde se han perdido una gran cantidad de superficie de manglar en los últimos 30 años; posteriormente se han tenido que construir parques con rellenos y carreteras sobre el mar que han amenazado hasta la Declaratoria de Patrimonio de la Humanidad del centro histórico. Se debe valorar económicamente, la importancia de los manglares, y el papel en la absorción de CO₂, paisaje, biodiversidad, y protección frente a amenazas marinas (Tsunamis, tormentas, aumento del nivel del mar...), entre otros, e incorporar en los análisis económico-financieros.



8. La planificación de infraestructuras, no es opción es obligación.

Se considera la planificación y diseño de infraestructura sostenible y resiliente como la solución rentable para aumentar la calidad de los proyectos, ganar aceptación y crear valor para la sociedad, el sector público y privado, y obtener acceso a recursos económicos-financieros.



En este contexto, se hace necesario impulsar la planificación de infraestructuras con un enfoque prospectivo de largo plazo, que considere el cambio climático e incorpore las nuevas tecnologías; en la región ha existido algunos procesos planificación, pero en la actualidad, se ha aminorado en pos de obras cortoplacistas de alto impacto.

Además, se cuenta con el enorme desafío de romper el paradigma que la planificación es menos útil; en Latam han existido esfuerzos; se cuenta con gran cantidad de planes regionales, urbanos, y de infraestructuras integrados y sectoriales; no obstante, el grado de aplicación es bajo; aun considerando que la planificación es

siempre mejor que la improvisación, en ocasiones se escucha por parte de los gobiernos locales y ciudadanía, la ineficacia de los procesos de planificación, frente a la necesidad de obras concretas.

Sirva como reflexión, que la suma de una gran cantidad de obras puntuales sin planificación, en diferentes periodos de gobierno, no darán como resultado una ciudad y su infraestructura sostenible, que genere mayor calidad de vida para sus ciudadanos, sino una urbe construida a jirones y parches, que no disimulará la ineficacia, la improvisación, ni las intermitencias gubernamentales, donde entre las costuras se perderá la justicia social, construirá el riesgo y creará la inseguridad.

La nueva forma de pensar y planificar las infraestructuras debe velar por la credibilidad y confianza ante los gobiernos y ciudadanos; una tarea que no es sencilla; promoviendo la planificación, como el marco conceptual de las políticas ciudadanas, donde los proyectos de infraestructuras se integran en dicha política para la consecución de una imagen objetivo.

La planificación de las infraestructuras debe ser a largo plazo, con un enfoque prospectivo, que considere el crecimiento demográfico, la proyección de los usuarios y su demanda; en la región, en ocasiones se planifican y posteriormente se diseñan, algunas infraestructuras que en el corto plazo se colapsan y quedan insuficientes, y otras sobredimensionadas, y que se vuelven una carga para las administraciones públicas.

Entre los estudios, se destacan, algunos planes transversales de ordenamiento territorial y desarrollo urbano, en la escala regional, nacional y/o local respectivamente, y otros sectoriales, vinculados directamente con las infraestructuras: agua, transporte, desechos sólidos y energía, entre otros.

También se señala el papel de la Evaluación Ambiental Estratégica de políticas, planes y programas, como instrumento preventivo e integrador de la planificación de infraestructuras en el ambiente y la sociedad, frente a la Evaluación de Impacto Ambiental, un instrumento corrector en la escala del proyecto.

9. Recomendaciones

Para la nueva forma planificar las infraestructuras, se consideran las siguientes recomendaciones:

- **Análisis multiescalar.** Considera la gran escala, las relaciones territorio- ciudad, superando la rigidez de los límites administrativos; desde lo complejo y necesario hasta lo concreto y cotidiano, un planeamiento de las infraestructuras en cascada y por niveles de decisión.
- **El uso de la tecnología en el diseño/planificación de infraestructuras.** En la planificación del siglo XXI se considera el uso de las nuevas tecnologías: Satélites, Teledetección, Drones, Lidar, Sonar, Sensores, CAD, GIS, BIN (3D), y Software específico para la movilidad, inundaciones, riesgos naturales, etc.
- **Conocimiento multidisciplinar.** Promueven una visión multidisciplinar, relacionando aspectos clave: economía, sociedad y ambiente.
- **Lectura socio-espacial:** una mirada hacia los más necesitados; atendiendo a los espacios críticos, y la población más vulnerable, la "ciudad" de la población vulnerable, crece exponencialmente en un espacio no adecuado y sin acceso al mercado formal; en estos barrios vulnerables y marginales, se debe hacer un gran esfuerzo, en entender la dinámica y proponer infraestructuras creativas y disruptivas.

- Visión global a largo plazo, y acción puntual en el corto; se plantea un diagnóstico holístico y una visión a largo plazo, que va más allá de las intermitencias de periodos políticos; no obstante, se identifica el diseño de infraestructuras específicas en el corto.
- Prospectiva: pasado, presente y futuro. Reflexionan y aprenden del pasado, crecimiento histórico, eventos extremos ocurridos etc., mirando al presente con realismo, y planteando el futuro con alternativas pragmáticas que mejoren la tendencia.
- Desafío ante los efectos del cambio climático; como se ha reiterado, las ciudades de Latam se enfrentan a los efectos del cambio climático, donde algunas sufren sequía y escasez de agua, y otras paradójicamente, sufren fenómenos extremos: inundaciones, huracanes y/o el aumento del nivel del mar; la planificación debe ser el primer paso para aumentar su resiliencia.
- Utilidad y pragmatismo. Se orientan a la toma de decisiones e identificación de acciones específicas, sencillas y útiles, vinculada muy especialmente con la necesidad de un planteamiento que permita el desarrollo eco-sostenible de las infraestructuras.
- Democracia participativa; Los planes por si solos no son nada; requieren de su puesta en marcha; en la medida que la ciudadanía se empodera de los mismos, se transforman en instrumentos poderosos para implementar cambios duraderos y sostenibles.

10. Colofón

La ingeniería y/o construcción no debe ser la correctora de la falta o mal enfoque en la planificación, como se ha demostrado en muchos casos, considerando la construcción de infraestructura en lugares no necesarios, en otros, sobre o sub-dimensionada; o los efectos que provocan los desastres naturales sobre las mismas, ya todos ellos mencionados.

Se considera la planificación de las infraestructuras en cuanto al papel que tiene en la mitigación y la adaptación del cambio climático, con enfoque: multiescalar, tecnológico, prospectivo, útil, pragmático y participativo; donde se valora la dimensión social y ambiental en la toma de las decisiones, ya que la calidad y sustentabilidad de las infraestructuras es el futuro.

Como colofón, se debe impulsar la planificación –elemento usualmente invisible o poco visible–, como el instrumento básico y preventivo de sostenibilidad, para la construcción y puesta en marcha de lo visible: las infraestructuras. Todo ello con el foco en quienes a menudo son “los invisibles”: la población más vulnerable. El desafío es enorme, la población se ha aglomerado en torno a las ciudades y el contexto económico es complejo; ahora toca que la infraestructura esté al nivel de sus gentes.



02



Métodos y herramientas
para la medida de la
sostenibilidad
de una infraestructura

Cristina Contreras.
Investigadora Universidad de Harvard

1. Del desarrollo sostenible a la infraestructura sostenible

Desde el año 1987 cuando el desarrollo sostenible se definió como la capacidad de “satisfacer las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (WCED, 1987), en los últimos años han surgido cambios relevantes en aspectos tecnológicos e innovadores. Estas nuevas tendencias y el creciente interés por integrar la sostenibilidad en diferentes sectores productivos han creado nuevas definiciones de esta llamada “sostenibilidad” en los últimos años. Algunas de las definiciones más comunes en el ámbito de la ingeniería civil y el diseño urbano son: infraestructura de calidad, infraestructura verde, infraestructura urbana sostenible o simplemente infraestructura sostenible. A pesar de la diversidad de definiciones todas ellas integran los tres principios básicos de la *Triple Bottom Line* aspectos sociales, ambientales y económicos.

Para desarrollar una estrategia que permita crear una infraestructura más sostenible y resiliente, en primer lugar es necesario definir que es infraestructura sostenible. Una vez que esta definición es aceptada por todos los actores implicados, el segundo paso será definir los indicadores necesarios para medir y controlar el progreso para alcanzar los objetivos específicos. Con esta finalidad, se han desarrollado diferentes herramientas en los últimos años, tratando de responder la pregunta: ¿Cómo sé si el proyecto que estoy dispuesto a financiar / construir / operar o invertir es sostenible?

2. Sostenibilidad de la infraestructura según las partes interesadas

2.1. Bancos de Desarrollo Multilaterales

Las herramientas más conocidas para la evaluación de proyectos de infraestructura son las publicadas por los Bancos de Desarrollo Multilateral. Algunas de estas herramientas incluyen las Normas de desempeño de IFC o las Políticas de salvaguardia de los Bancos de Desarrollo Multilaterales, tales como el Banco Mundial, o el Banco Interamericano de Desarrollo entre otros. Estas herramientas tradicionalmente se han enfocado en la idea de evitar los impactos negativos del proyecto, sin embargo hoy en día, el punto de vista ha cambiado significativamente de tal manera que no solo se espera minimizar los efectos negativos, sino que se fomenta la generación de efectos positivos en el área de influencia. Estas políticas, a pesar de haber sido ampliamente utilizadas en proyectos de infraestructura, no están directamente diseñadas para la evaluación de infraestructura, sino para la aplicación a los distintos proyectos que forman parte de las operaciones de financiación del banco. Estas políticas de salvaguarda ayudan a asesorar a los clientes de las instituciones multilaterales a identificar los riesgos e impactos de sus proyectos, estableciendo de esta manera la línea de base para los procesos internos de due diligence. Tradicionalmente, los bancos de desarrollo han hecho mayor hincapié en el desempeño social y ambiental, poniendo menos énfasis en otros aspectos, como el uso de recursos o los posibles efectos climáticos en el proyecto. Al aplicar algunas de estas herramientas también es importante reconocer que su aplicación se realiza principalmente durante la fase de financiación de los proyectos. Como resultado, los desafíos futuros que pueden surgir durante el ciclo de vida del proyecto -construcción, operación o desmantelamiento- no son necesariamente contemplados. Para garantizar un rendimiento óptimo de estos proyectos durante el ciclo de vida del proyecto, se deberán poner en marcha estrategias a largo plazo que haga referencia específica no solo a impactos aislados, sino a un enfoque más integral en el cual la sostenibilidad se una parte central en la toma de decisiones. Una herramienta diferente, comúnmente utilizada por instituciones financieras, es la conocida como “los Principios de Ecuador”. Esta herramienta se utiliza para gestionar los riesgos ambientales y sociales de los proyectos, y se lanzó por primera vez en 2003, siendo actualmente utilizada por 90 instituciones internacionales en 37 países.

2.2. Base de datos de inversores:

Teniendo en cuenta el gran interés en la inversión en infraestructura generado durante los últimos años, recientemente han surgido otras iniciativas que proporcionan bases de datos y puntos de referencia para los inversores. Algunos ejemplos son la EDHECinfra, una base de datos de inversión publicada por el Instituto de Infraestructura de Singapur. Otros ejemplos incluyen Clarity AI o GRESB. Clarity es una herramienta para los administradores de activos, que visualiza y optimiza el impacto social en sus carteras de inversión. Esta herramienta se centra en los datos de impacto social y tiene como objetivo lograr una calificación de impacto social global (es decir, AAA, AA, etc.) que analiza la eficacia, la eficiencia y el cumplimiento. Clarity busca resolver problemas de ineficiencia y asignación desigual de capital. Del mismo modo, GRESB provee referencia ambiental, social y de gobierno (ESG) para activos inmobiliarios, de deuda y de infraestructura. GRESB proporciona datos sobre el rendimiento de ESG de activos y carteras, proporcionando información a los inversores y participantes sobre el rendimiento de sostenibilidad de su cartera de inversión. Estas son solo algunas de las numerosas iniciativas existentes con el objetivo de recopilar datos más fiables, ayudando así a los inversores a una mejor toma de mejores.

2.3. Administración Pública:

La administración pública, como uno de los principales actores en inversión, diseño, construcción y operación de infraestructura, también ha liderado el desarrollo de herramientas específicas para ayudar a incorporar prácticas más sostenibles en sus proyectos. Un ejemplo es la “Herramienta de Sostenibilidad de la Evaluación Voluntaria de Infraestructura” comúnmente mencionada como INVEST. Esta herramienta fue lanzada por el la Administración Federal de Carreteras de los Estados Unidos en 2010. INVEST es una colección de buenas prácticas diseñadas para ayudar a las agencias de transportes a integrar soluciones más sostenibles en sus programas y proyectos. Existen distintos criterios dependiendo de su aplicación en distintos estados, regiones o su uso en la operación y mantenimiento de proyectos.

2.4. Preparación de Informes:

Para poder comunicar las prácticas de sostenibilidad de las empresas en un lenguaje cotidiano, en los últimos años se han desarrollado varios marcos para la elaboración de informes de sostenibilidad. Global Reporting Initiative o *Dow Jones Sustainability Index* son dos iniciativas con larga historia que tienen como objetivo facilitar y hacer más transparente la forma en que los diferentes actores comunican el desempeño de sostenibilidad.

2.5. Proveedores de herramientas de sostenibilidad de infraestructura

Frente a algunas de las herramientas presentadas anteriormente -que evalúan la sostenibilidad de una manera más conceptual o cubren parcialmente el alcance completo de la sostenibilidad de la infraestructura- hay otros conjuntos de esquemas de calificación que abordan la sostenibilidad de una manera integral. La aplicación de soluciones sostenibles a nivel de proyecto requiere la definición de un conjunto bien definido de indicadores, cuyo cumplimiento pueda ser durante las subsecuentes fases del proyecto. Como resultado, herramientas tales como el sistema de calificación Envision®, CEEQUAL, SuRe® e IS-Scheme, proporcionan soluciones más sostenibles durante la vida útil del proyecto. Más detalles sobre el desarrollo y la aplicación de los diferentes esquemas de calificación se proporcionan en la siguiente sección.

3. Cuantificación de sostenibilidad en infraestructura

En la última década se han creado distintas herramientas de cuantificación de sostenibilidad en infraestructuras con el objetivo de proporcionar indicadores de sostenibilidad durante las fases de diseño, construcción y operación. La primera herramienta en aparecer fue el *Civil Engineering and Environmental Quality Assessment and Award Scheme* (CEEQUAL) publicado en el Reino Unido en 2003. Años después (en 2012) se anunció el sistema de calificación Envision® en EE. UU., Seguido por IS-Scheme desarrollado en Australia. El recién llegado al ámbito de las infraestructuras sostenibles es el Estándar para Infraestructura Sostenible y Resiliente, también llamado SuRe®, creado en Suiza y publicado en 2015.

Teniendo en cuenta que la sostenibilidad es un campo multidisciplinar, todas estas herramientas están dirigidas al público en general abarcando promotores, entidades financieras y la administración pública entre otras. Estos esquemas de calificación se aplican a todos los sectores de infraestructura incluyendo transporte, agua, saneamiento o producción de energía, entre otros. En general se recomienda la utilización de estas herramientas

en una fase temprana del proyecto, permitiendo de esta manera que las recomendaciones se integren en el proceso de toma de decisiones. Por el contrario, la aplicación de estas herramientas en una fase posterior del proyecto -construcción, operación o mantenimiento- también permite la evaluación y supervisión del avance del proyecto y cumplimiento de los distintos indicadores

3.1. El sistema de calificación ENVISION

Desarrollo:

El sistema de calificación Envision (Envision®), se lanzó por primera vez en los EE. UU en el año 2012 con el objetivo de proporcionar una evaluación exhaustiva de las infraestructuras sostenibles durante el ciclo de vida del proyecto. Esta herramienta fue desarrollada de forma común entre la academia- representada por el Programa Zofnass para Infraestructura Sostenible en la Universidad de Harvard- y las principales asociaciones profesionales de ingeniería civil en EE.UU - representadas por el Instituto de Infraestructura Sostenible (ISI) por sus siglas en inglés. ISI es una organización sin ánimo de lucro ubicada en Washington DC, constituida por tres de las asociaciones profesionales: la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE), el Consejo Estadounidense de Empresas de Ingeniería (ACEC) y la Asociación Estadounidense de Obras Públicas (APWA). Hasta la fecha más de 6.500 profesionales a nivel mundial, con perfiles que van desde funcionarios públicos, ingenieros, arquitectos o representantes de una amplia variedad de disciplinas, han sido certificados como *Envision Sustainability Professionals* (ENV-SP). Desde que Envision® se lanzó por primera vez en 2012, se han realizado varias actualizaciones, teniendo prevista la próxima versión (V-3) para los próximos meses. Esta versión se centra principalmente en las fases de diseño y construcción, integrando también referencias específicas para las fases de operación y el mantenimiento.

Contenido:

El sistema de calificación Envision® está dividido en cinco categorías principales: (i) Calidad de vida, (ii) Liderazgo, (iii) Distribución de recursos, (iv) Mundo natural y (v) Clima y resiliencia (Figura 1).

- *Calidad de vida*: esta categoría aborda el impacto de un proyecto sobre las comunidades afectadas, la salud y el bienestar de los individuos al igual que para todo el conjunto de la comunidad. Estos impactos pueden ser tanto físicos, como económicos o sociales. La categoría Calidad de vida se centra en evaluar si los proyectos de infraestructura se alinean con metas de la comunidad, y del impacto positivo y negativo del proyecto a largo plazo.
- *Liderazgo*: para tener proyectos sostenibles se requiere una nueva forma de pensar en la forma de desarrollar los distintos proyectos. Una comunicación temprana entre todos los miembros que forman parte del proceso de diseño, construcción, operación y mantenimiento (en función de la tipología de proyecto que se esté analizando), desde un punto de vista holístico además de todo su ciclo de vida, son garantías de éxito a la hora de entregar un proyectos. En esta sección se alientan y premian estas acciones en el marco de la opinión de que un proyecto sostenible requiere líderes que verdaderamente crean en las posibilidades que el proyecto puede ofrecer más allá de las prácticas convencionales Esta categoría hace referencia específica a la viabilidad económica del proyecto y el desarrollo generado en la zona de influencia.
- *Distribución de recursos*: Esta categoría evalúa los aspectos relacionados con la cantidad, el origen y las características de los recursos utilizados en el proyecto al igual que su impacto en la sostenibilidad a largo

plazo. Los recursos evaluados incluyen el uso de materiales, energía y agua, incentivando la integración de estrategias que promueva un uso más eficiente de los mismos.

- *Mundo natural*: Los proyectos de infraestructuras pueden generar un impacto significativo en la flora y fauna de la zona, o alterar las áreas de alto valor ecológico localizadas en las inmediaciones del proyecto. Esta sección aborda cómo entender y minimizar repercusiones negativas el proyecto además de explorar las sinergias entre los elementos naturales existentes y el nuevo proyecto.
- La afección al *cambio climático* se evalúa desde dos ámbitos principales, emisiones y resiliencia. La subcategoría “Emisiones” pretende reducir tanto la generación de gases de efecto invernadero como de otras sustancias tóxica, que puedan contribuir al aumento en los riesgos a corto y largo plazo. La subcategoría “Resiliencia” tiene como objetivo garantizar que los proyectos de infraestructura tengan planes específicos para la mitigación y adaptación de los proyectos a largo plazo. La nueva versión (V3) proporciona un alto nivel de detalle respecto a la incorporación de una estrategia sólida frente al cambio climático.

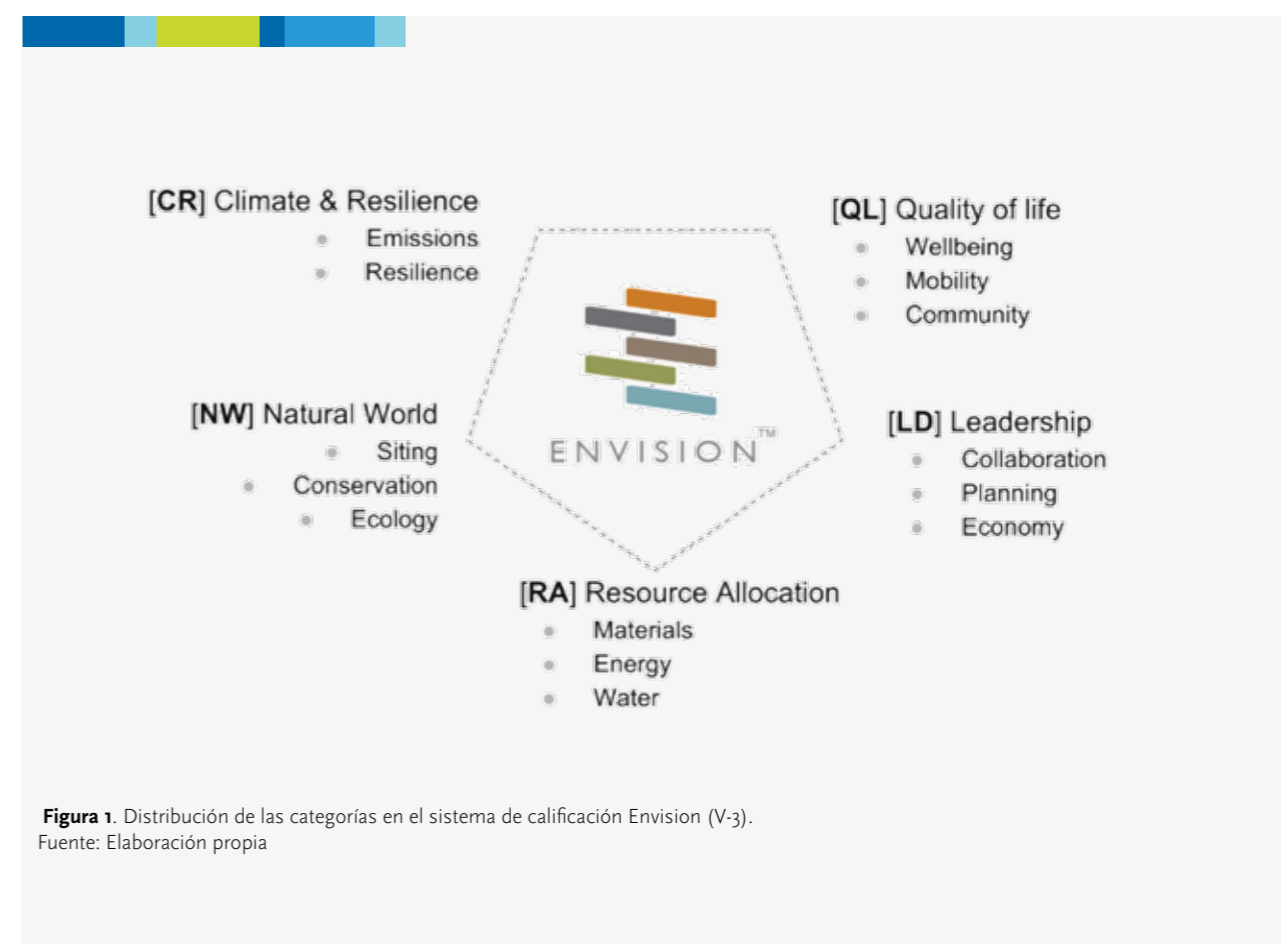


Figura 1. Distribución de las categorías en el sistema de calificación Envision (V-3).
Fuente: Elaboración propia

Aplicación de la herramienta :

La aplicación de Envision® ha crecido exponencialmente desde su lanzamiento en 2012, lo que representa un valor acumulado de los proyectos verificados de Envision de 10.000 millones de dólares (Figura 2). Los proyectos evaluados hasta la fecha se encuentran principalmente en los Estados Unidos y Canadá. El perfil de los profesionales que actualmente utilizan Envision® incluye empresas de construcción e ingeniería con proyectos ubicados en todo el mundo, así como alrededor de 500 municipios de los EE. UU. De esos 500 municipios, 50 han respaldado públicamente la herramienta Envision® como estrategia para integrar prácticas más sostenibles durante el proceso de toma de decisiones. Algunas de las administraciones públicas más importantes incluyen MTA New York City Transit, el Departamento de Diseño y Construcción de la Ciudad de Nueva York, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE. UU., la Ciudad de Los Ángeles o la Ciudad de Houston, entre otros. La Universidad de Harvard, a través de su Programa de investigación Zofnass- ha participado en la evaluación de más de 40 proyectos de infraestructura en 12 países diferentes de América Latina, en colaboración con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

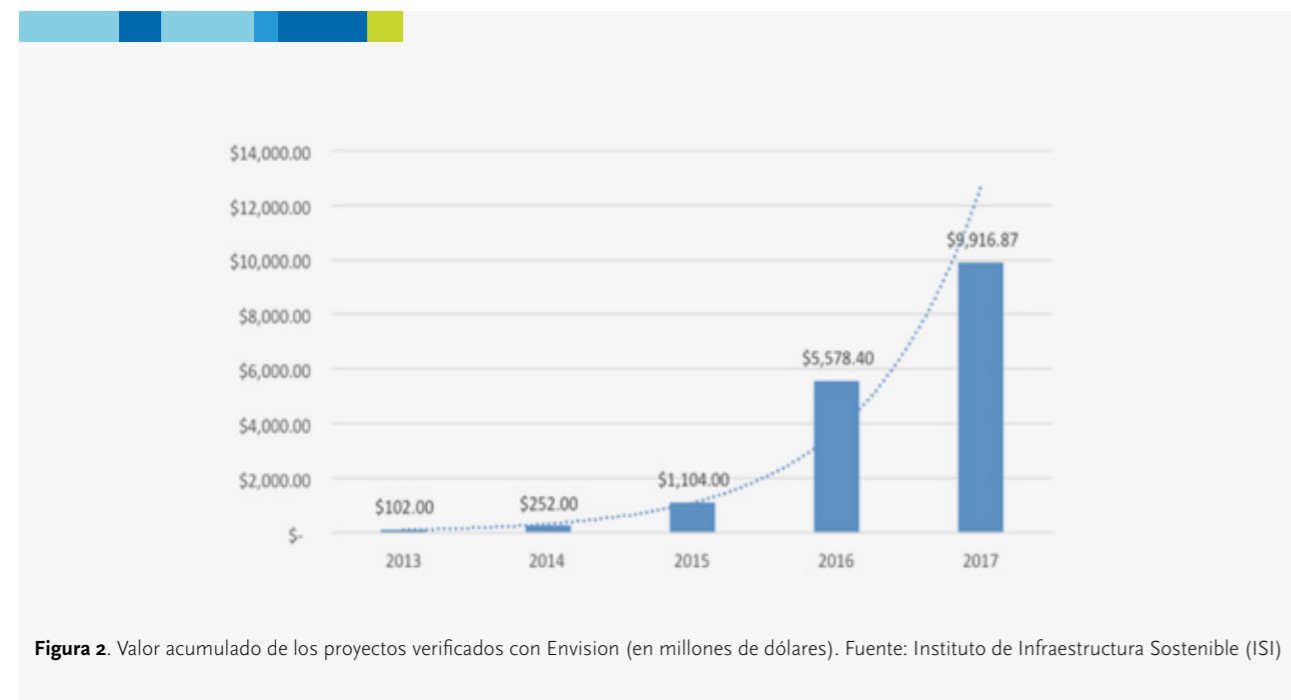


Figura 2. Valor acumulado de los proyectos verificados con Envision (en millones de dólares). Fuente: Instituto de Infraestructura Sostenible (ISI)

3.2. CEEQUAL

Desarrollo:

CEEQUAL es un Esquema de Evaluación de Sostenibilidad para Ingeniería Civil, Infraestructura, Paisajismo y Obras de Bienes Públicos. Originalmente lanzado en 2003 por la Institución de Ingenieros Civiles (ICE) en el Reino Unido, ha sufrido varias actualizaciones durante los últimos años hasta llegar a la versión

actual. En estos momentos existen dos manuales principales *CEEQUAL for Projects* y *CEEQUAL for Term Contracts* los cuales se aplican según el tipo de proyecto evaluado y la fase. *CEEQUAL for Projects* se utiliza para todo tipo de obras de ingeniería civil, infraestructura, paisajismo y obras públicas y está disponible en dos versiones diferentes en función de la ubicación del proyecto, uno de ellos para Proyectos de Reino Unido e Irlanda y otro para proyectos internacionales. *CEEQUAL for Term Contracts* se aplica a proyectos de ingeniería civil y de dominio público que se llevan a cabo a través de contratos definidos por su duración y región geográfica u operativa (CEEQUAL, 2015). En 2015, CEEQUAL fue adquirida por BRE Global, el centro de ciencias de la construcción del Reino Unido con el objetivo de difundir el conocimiento en todos los aspectos referentes a construcción. Como resultado de esta adquisición, la versión actual de CEEQUAL Versión 5.2 y BREEAM Infrastructure (piloto) se fusionarán en un nuevo esquema de calificación que se prevé publicar a finales de 2018. Con el fin de promover un desempeño sostenible de la infraestructura durante todo el ciclo de vida del proyecto, además de los manuales técnicos previamente mencionados, en el año 2011 CEEQUAL lanzó una herramienta enfocada a la fase de mantenimiento.

Contenido:

CEEQUAL proporciona un análisis exhaustivo de los principales aspectos relacionados con las infraestructuras sostenibles, proporcionando una guía detallada sobre los diferentes pasos del proceso (e.i: identificación, gestión, remediación y prevención futura). Este esquema de calificación se divide en nueve áreas temáticas de la siguiente manera: (i) estrategia del proyecto; (ii) gestión del proyecto; (iii) personas y comunidades; (iv) utilización del suelo y su entorno; (v) El entorno histórico; (vi) ecología y biodiversidad; (vii) el medio hídrico; (viii) recursos materiales; y (ix) transporte.

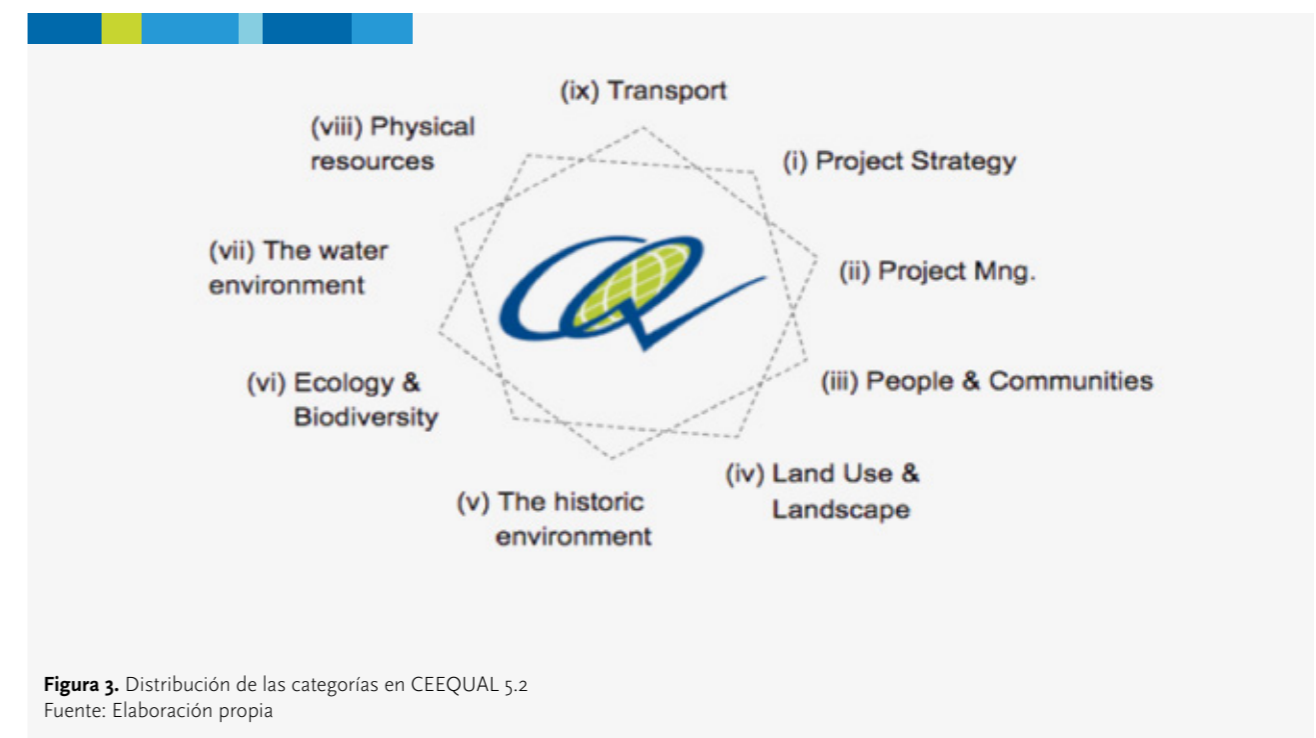


Figura 3. Distribución de las categorías en CEEQUAL 5.2
Fuente: Elaboración propia

- *Estrategia del proyecto*: CEEQUAL tiene como objetivo principal lograr impactos social más allá de la práctica habitual, cambiando el enfoque tradicional centrado en maximizar los beneficios económicos, a un enfoque centrado en proveer beneficios sociales. Esta sección se considera voluntaria en este momento.
- *Gestión de proyectos*: una buena gestión de proyectos determina el proceso para garantizar que las prácticas de sostenibilidad se apliquen no solo durante la fase inicial de los proyectos, sino durante todo el ciclo de vida. Esto incluye acuerdos contractuales, identificación de mecanismos de gestión, capacitación, o la identificación de objetivos específicos durante las diferentes fases del proyecto de infraestructura, así como la comunicación de las buenas prácticas.
- *Personas y comunidades*: los proyectos de infraestructura pueden tener un impacto social importante si no se gestionan de forma adecuada, por este motivo esta sección se centra en identificar los principales impactos potenciales para las personas o comunidades ubicadas en el área de influencia del proyecto. Algunos de los principales aspectos que se abordan son la consulta con las partes interesadas así como la identificación de las medidas mitigación y control sobre las personas afectadas. Esto incluye ruido, vibraciones, y contaminación lumínica además de otros impactos en las salud.
- *Utilización del suelo y su entorno*: la identificación de la ubicación adecuada del proyecto es una de los aspectos más importantes a tener en cuenta, la cual tiene importantes efectos durante la vida del proyecto. Además de asegurar la idoneidad de la ubicación del proyecto desde el punto de vista de la sostenibilidad, CEEQUAL también evalúa los riesgos potenciales de contaminación, riesgo de inundación y resiliencia además de otros impactos menos obvios como los efectos en el paisaje, o en la cultura propia de la zona. La creación de un plan de gestión del paisaje y la consideración de requisitos legales que podrían afectar el área también son tenidos en consideración.
- *El entorno histórico*: CEEQUAL proporciona una serie de principios para proteger, conservar y mejorar el patrimonio cultural, minimizando el riesgo de tener un impacto negativo en un área con valor histórico. Como resultado, esta herramienta pone de manifiesto la importancia de realizar estudios y encuestas para obtener el consentimiento de los grupos afectados y realizar las campañas informativas pertinentes. La realización de un registro adecuado de los restos arqueológicos existentes es también necesario para garantizar su conservación y mejora.
- *Ecología y biodiversidad*: la identificación de áreas con alto valor ecológico o especies de interés es una consideración clave a tener en consideración. Por esta razón, CEEQUAL incluye procedimientos para identificar estas especies y los requisitos legales a aplicar en determinadas áreas, así como las medidas de supervisión necesarias para asegurar la conservación de las características ecológicas de la zona. CEEQUAL también considera la posibilidad de crear nuevos hábitats o incrementar las áreas consideradas como de alto valor ecológico.
- *Entorno hídrico*: esta sección capta la importancia del agua y las importantes consecuencias que su mala gestión puede tener a largo plazo. La identificación de los riesgos potenciales es el primer paso a tener en cuenta, seguido de las medidas adecuadas de protección tales como la prevención de la contaminación o los controles periódicos a lo largo de la vida útil del proyecto. Los niveles de cumplimiento más altos de esta categoría no solo incluyen evitar efectos negativos en el entorno hídrico, sino también mejorar la calidad del agua mientras se promueve el uso eficiente de este limitado recurso.

- *Recursos materiales*: la industria de la construcción es uno de los mayores consumidores de recursos, por tanto es necesario integrar estrategias para optimizar la eficiencia de recursos en una fase temprana del proyecto, y a ser posible en la fase de diseño del mismo. CEEQUAL hace especial referencia a la necesidad de realizar una evaluación del ciclo de vida del proyecto, identificando de esta manera, cuales son los objetivos con un mayor impacto a largo plazo. Referencias específicas e indicadores para minimizar el uso del agua, la energía, o la gestión adecuada de los residuos son también tenidos en consideración en esta sección.
- *Transporte*: CEEQUAL aborda principios básicos como el efecto que los proyectos de infraestructura tendrán en el tránsito en la zona de influencia. Esto incluye el efecto durante la fase de construcción, tratando de anticipar una posible interrupción en el servicio, así como durante la fase de operación identificando posibles afecciones en la red de transporte.

Aplicación de la herramienta:

CEEQUAL se lanzó por primera vez en 2003, en el Reino Unido, siendo esta la zona geográfica donde esta herramienta está más extendida junto con Suecia. Otros proyectos ubicados en Hong Kong, Noruega o Malasia también han aplicado CEEQUAL de manera puntual, sin haber mostrado una penetración significativa en esos mercados. CEEQUAL cuenta con 693 proyectos registrado hasta la fecha, de los cuales 270 ya han sido oficialmente evaluados, representando un presupuesto total de 28.000 millones de Libras.

La herramienta creada para la fase de mantenimiento, ha tenido una aplicación limitada con actualmente 5 proyectos en proceso de evaluación y alrededor de 8 proyectos ya evaluados.

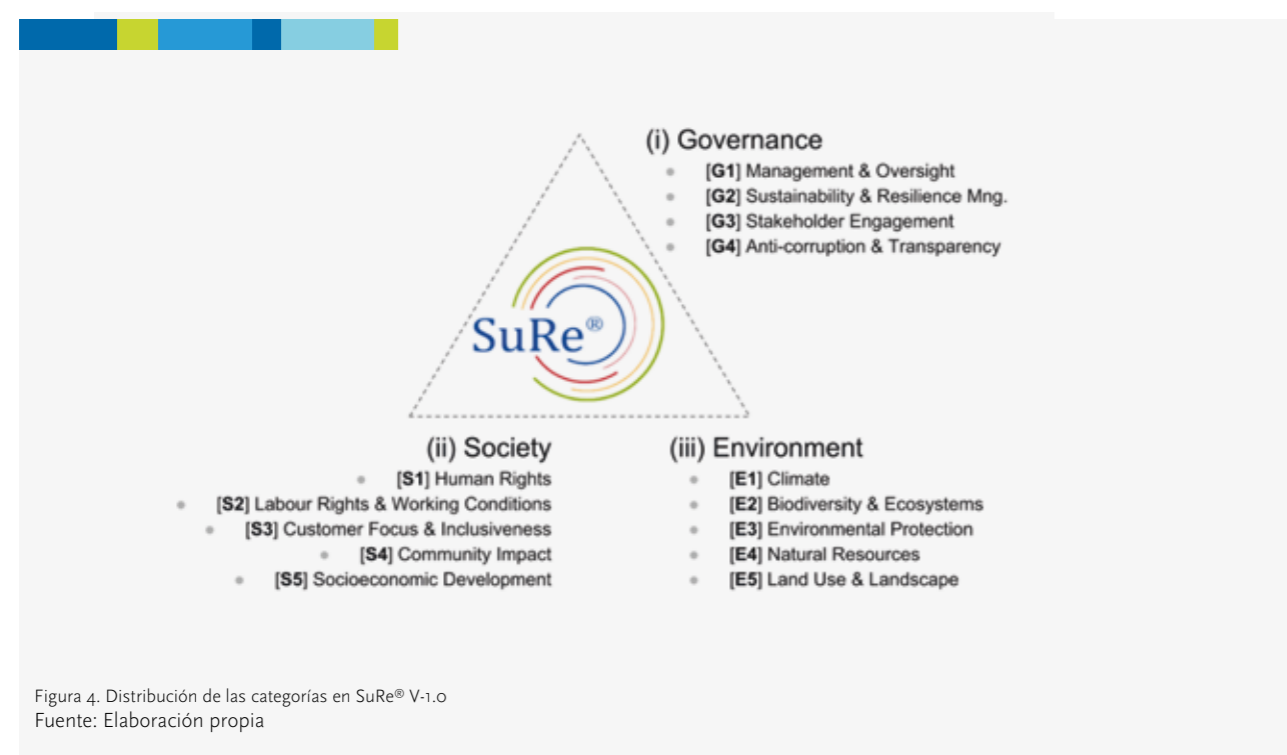
3.3. SuRe® – Estándar para Infraestructura Sostenible y Resiliente

Desarrollo:

Este esquema de calificación ha sido desarrollado por una fundación Suiza, *Global Infrastructure Basel (GIB)* en colaboración con el Banco Francés *Natixis*. GIB, activo desde 2012, tiene como mandato promover la sostenibilidad y la infraestructura resiliente. El Estándar para Infraestructura Sostenible y Resiliente también llamado SuRe® se lanzó en diciembre de 2015 en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (COP21), basándose en las lecciones aprendidas de *GIB's Grading for Sustainable Infrastructure* un cuestionario de auto-evaluación, utilizado por GIB desde 2012. La última actualización de sistema SuRe®, es la versión (V 1.0) publicada en noviembre de 2017. Actualmente no existe un sistema oficial de certificación de profesionales en la aplicación de esta herramienta, como es el caso en los otros sistemas, sin embargo, promotores, entidades financieras, o representantes de la administración pública entre otros, pueden solicitar talleres informativos para familiarizarse con su uso.

Contenido:

El Estándar para Infraestructura Sostenible y Resiliente se divide en tres categorías principales: (i) Gobernanza, (ii) Sociedad y (iii) Medio Ambiente. Estas categorías contienen las subcategorías que se muestran en la Figura 4



- **Gobernanza:** Esta categoría reconoce la importancia de incorporar sistemas de gestión robustos que garanticen el cumplimiento de las leyes nacionales e internacionales y el cumplimiento de las obligaciones contractuales. La identificación y el compromiso con los objetivos de sostenibilidad determina la estrategia a seguir a largo plazo para alcanzar los objetivos del proyecto. SuRe® destaca la importancia del proceso de participación de las partes interesadas y un proceso de integración adecuado durante todo el ciclo de vida del proyecto. Considerando que la aplicación de esta herramienta presta especial atención a países en vías de desarrollo, o en regiones con capacidad institucional débil, SuRe® presta especial atención a la integración de políticas de anticorrupción, de tal manera que se garantice la transparencia del proceso de elaboración y adjudicación del proceso.
- **Sociedad:** El proyecto de infraestructura puede generar impactos sociales importantes si no se realiza una evaluación adecuada, y se integran las medidas de mitigación correspondientes. Según SuRe®, algunos de los aspectos a tener en cuenta incluyen derechos humanos, derechos laborales e impacto en grupos minoritarios. Con respecto a los derechos humanos, SuRe® destaca la importancia de establecer compromisos adecuados

por parte del equipo del proyecto y procedimientos para identificar posibles violaciones o incumplimientos. Los derechos laborales y las condiciones de trabajo se abordan de manera integral al incluir indicadores que promueven políticas de no discriminación, evitar el trabajo infantil, jornadas laborales justas y salarios entre otros. Otros indicadores en esta misma categoría analizan aspectos relacionados con la inclusión social, la identificación de grupos minoritarios, la protección del patrimonio cultural o los riesgos para la salud. Por último, se estima que el desarrollo socioeconómico promueve el empleo, el desarrollo económico y la igualdad de género. En general, SuRe® ofrece una visión muy detallada de los impactos potenciales que los proyectos de infraestructura pueden generar en la sociedad, destacando las necesidades especiales de las economías menos desarrolladas, donde aspectos como el cumplimiento de los derechos humanos no pueden darse por sentados.

- **Medio Ambiente:** SuRe® identifica los principales impactos ambientales que la infraestructura puede crear cuando los proyectos no se gestionan de forma adecuada. Las consideraciones clave incluyen la mitigación y la adaptación al cambio climático, la gestión y la conservación de la biodiversidad y los ecosistemas. La necesidad de protección ambiental y el uso eficiente de los recursos también se enfatiza incentivando el abastecimiento responsable de agua y los materiales o la gestión adecuada de los desechos. SuRe® hace referencia a la importancia del control de la contaminación y la aplicación de la Jerarquía de Mitigación con el fin de evitar, prevenir, minimizar, reducir o compensar los impactos adversos. Por último, los proyectos de infraestructura deben minimizar los impactos negativos en el área de influencia, especialmente en zonas de alto valor ecológico, asegurando el uso responsable del suelo y la restitución a las condiciones originales cuando sea posible.

Aplicación de la herramienta:

Como se destacó anteriormente, SuRe® está dirigido a un público amplio, que abarca desde funcionarios públicos hasta promotores, durante todo el ciclo de vida del proyecto. La versión inicial de esta herramienta -GIBs Grading for Sustainable Infrastructure- se aplicó como una autoevaluación a alrededor de 150 proyectos, lo que ayudó a avanzar en el desarrollo del actual esquema de calificación. No hay datos totales disponibles sobre la aplicación del esquema SuRe®, sin embargo, las últimas estimaciones según una entrevista realizada por el autor a representantes del equipo GIB indican que en octubre de 2017, se evaluaron alrededor de 10 proyectos piloto hasta la fecha.

3.4. IS-Scheme

Desarrollo:

Publicado en 2012, IS-Scheme ha sido desarrollado por el Consejo de Infraestructuras Sostenibles de Australia (ISCA), institución sin ánimo de lucro cuyo objetivo principal es avanzar el área del conocimiento en la integración de sostenibilidad en infraestructura en Australia, objetivo que en la actualidad se ha extendido a nivel internacional. ISCA actualmente cuenta con tres metodologías principales para la evaluación de proyectos: IS V1.2, IS Operación y IS Internacional V1.0.

La herramienta V1.2 aplica a proyectos en fase diseño y *As-built*, y ha sido tradicionalmente utilizada en Australia y Nueva Zelanda. En los próximos meses será reemplazada por la nueva versión IS v2.0 la cual incluirá el ciclo de vida completo del proyecto, desde la planificación estratégica hasta la deconstrucción. Esta nueva versión unificará IS V1.2 y IS Operación. Esta última fue lanzada en febrero de 2017, y actualmente es un sistema de

evaluación independiente que evalúa la integración de soluciones más sostenibles durante la fase de operación del proyecto.

Utilizando la experiencia obtenida a través de la aplicación de IS v1.2, y reconociendo la creciente demanda de infraestructura en los países en vías de desarrollo, ISCA publicó el esquema de calificación IS International V1.0 en septiembre de 2017 (Figura 4). Esta herramienta, aún en fase de prueba, espera captar algunos de los desafíos que los países en desarrollo enfrentan en la integración de las prácticas de sostenibilidad.

Contenido:

Esta herramienta se divide en seis categorías principales: (i) Gestión y gobernanza; (ii) Uso de recursos, (iii) Emisiones, Contaminación y Residuos, (iv) Ecología; (v) personas y espacios, y (vi) Innovación (Figura 5).



Figura 5. Distribución de categorías en IS International V1.0
Fuente: Elaboración propia

- **Gestión y gobernanza:** un compromiso sólido con la sostenibilidad requiere contar con un plan estratégico que permita incorporar prácticas sostenibles en el proceso de toma de decisiones, tanto a nivel corporativo como a nivel de proyecto. Especificaciones técnicas en temas referentes a la adjudicación de subcontratistas, la identificación de los protocolos de gestión adecuados para la minimización de riesgos y el seguimiento documental son consideraciones clave a tener en cuenta en esta categoría.
- **Uso de recursos:** Como en algunas de las otras herramientas, IS-Scheme aborda el uso de recursos desde tres puntos de vista “energía y carbón”, “agua” y “materiales”. En estos tres casos, la evaluación de dichos recursos y el uso eficiente de los mismos se destacan como una de las prioridades de esta categoría. La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y el uso de energía renovable también son aspectos que se deben tener en consideración a la hora de diseñar una estrategia adecuada de optimización de recursos.
- **Emisiones, contaminación y desechos:** Esta categoría integra una amplia variedad de efectos en agentes bióticos y abióticos. Algunos de los impactos incluyen, el ruido y las vibraciones, la contaminación lumínica, y la

contaminación del terreno entre otras. Se especifica la necesidad de minimizar las descargas de aguas, y residuos además de establecer protocolos de conservación y remediación de contaminación cuando sea necesario. Sistemas integrados de gestión de basuras deben ser tenidos en consideración evitando de esta manera riesgos en la contaminación de aguas superficiales y subterráneas.

- **Ecología:** IS-Scheme destaca la importancia de proteger ambientes de alto valor ecológico evitando alteraciones futuras. Por este motivo, se debe evitar la alteración de cualquier hábitat ecológicamente sensible, como terrenos productivos, bosques o áreas que contienen especies protegidas. Esta herramienta provee referencias específicas para la protección de corredores naturales.
- **Personas y espacios:** los proyectos de infraestructura tienen la capacidad de influir positivamente en las comunidades ubicadas cerca del área de influencia cuando se realizan correctamente. Como resultado, IS-Scheme hace especial hincapié en la mejora de la salud y el bienestar de las personas, la conservación del patrimonio y la participación de las partes interesadas. Varios créditos en esta herramienta hacen hincapié en la necesidad de una comunicación activa con todas las partes afectadas por el proyecto.
- **Innovación:** Esta última categoría analiza diferentes formas de crear productos, procesos, servicios, tecnologías u otro tipo de ideas que mejoren el nivel de cumplimiento del proyecto. Las soluciones innovadoras pueden permitir el desarrollo de nuevas tecnologías, influir en el mercado o relacionar ambos aspectos simultáneamente.

Aplicación de la herramienta:

El IS-Scheme v1.2 se ha aplicado principalmente en Australia y Nueva Zelanda, con una adopción limitada en otros países como Indonesia o Sudáfrica y posibles pilotos en Hong Kong. De acuerdo con la información públicamente disponible, 30 proyectos han sido evaluados en este momento, con un valor total de capital de 6.300 millones de dólares (dólares australianos). Otros 60 proyectos están actualmente siendo evaluados, representando una inversión total de 83.000 millones de dólares. La herramienta IS internacional V1.0 se encuentra en estos momentos en etapa de prueba y por tanto no existe información pública de su aplicación hasta la fecha.

4. Lecciones aprendidas

El concepto de sostenibilidad tradicionalmente se refiere a la capacidad de garantizar la integración social, ambiental y económica. Sin embargo, el punto de vista de las distintas herramientas puede variar de forma significativa en función de la institución que ha desarrollado la herramienta, cuánto tiempo ha estado en el mercado o la aplicación geográfica de la misma.

La integración de aspectos sociales muestra un resultado heterogéneo, en cuanto a los temas tratados en cada una de las herramientas. La participación de las partes interesadas, la gestión de las quejas o la identificación del impacto en la salud del proyecto se han abordado en las cuatro herramientas principales analizadas; Envision®, CEEQUAL, SuRe® y IS-Scheme. Por el contrario, la consideración de equidad, reasentamiento, desplazamiento o derechos humanos y laborales difiere significativamente entre los esquemas de calificación. CEEQUAL, Envision® y las primeras versiones de IS-Scheme se han creado y aplicado principalmente en países desarrollados. Como resultado, la consideración de asuntos tales como los derechos humanos y laborales, no han sido tradicionalmente parte de los criterios de evaluación, considerando estos asuntos como parte del marco regulatorio del país donde se ubica el proyecto. Por el contrario, SuRe® y el recientemente lanzado IS International V1.0 incluyen

consideraciones adicionales dirigidas a países en vías de desarrollo. Algunas de estas consideraciones incluyen grupos indígenas, identificación de minorías o la necesidad de integrar políticas de anticorrupción.

La integración de aspectos medioambientales muestra un punto de vista más homogéneo entre las distintas herramientas evaluadas. Todas ellas incluyen referencias específicas a la protección de áreas de alto valor ecológico, la reducción en el uso de recursos limitados -como el agua o las materias primas- y la eliminación y el control de contaminantes tóxicos. En todos los casos existen protocolos de gestión y supervisión de impactos medioambientales de tal manera que se pueda no solo evaluar los posibles riesgos en las fases tempranas del proyecto, sino que se le pueda también dar seguimiento durante fases posteriores. A pesar de que todas las herramientas hacen referencia específica a la importancia de contar con un sistema de gestión, no todas ellas hacen igual hincapié en la necesidad de un adecuado seguimiento durante el ciclo de vida completa del proyecto. En las versiones recientemente publicadas de los esquemas de calificación, se pone especial énfasis a la mitigación y adaptación al cambio climático, así como a la reducción y supervisión de las emisiones de gases de efecto invernadero y resiliencia.

A pesar de que la consideración de aspectos económicos es uno de los de los tres pilares principales de la sostenibilidad, en la actualidad no existe una integración adecuada con el resto de los indicadores. La consideración económica de la sostenibilidad identificada en las herramientas evaluadas se centra principalmente en la cuantificación económica de los beneficios sociales y medioambientales. Estos incluyen la creación de empleo en la zona de influencia del proyecto, un aumento de la productividad debido a el uso más eficiente de los recursos o a la aplicación de soluciones más innovadoras entre otros. Las últimas versiones de algunas de las herramientas como Envision® han destacado la importancia de integrar indicadores económicos dentro de la metodología de evaluación. Estos indicadores pretenden integrar análisis coste-beneficio para informar la toma de decisiones a largo plazo. Según se ha identificado previamente, debido al creciente interés en sostenibilidad de grupos interesados (incluido inversores e instituciones financieras), se estima que indicadores económicos y financieros cobrarán mayor protagonismo en el futuro.

5. Oportunidades futuras

Podemos considerar comúnmente aceptado que la sostenibilidad de la infraestructura desempeña un papel importante en el crecimiento económico y la creación de oportunidades, sin embargo ¿es cualquier inversión en infraestructura positiva?. En nuestro planteamiento apostamos por avanzar hacia la excelencia en la calidad de los proyectos y para ello es clave la integración en ellos de prácticas más sostenibles. Esto genera no solo una forma más innovadora de enfrentar los retos existentes, sino nuevas oportunidades. Entre estas oportunidades queremos destacar:

- *Un enfoque integrado de la sostenibilidad:* los proyectos de infraestructuras han venido incorporando desde hace varias décadas procesos como la evaluación de impacto ambiental o los estudios de evaluación de impacto social, por citar dos ejemplos. Sin embargo, estas evaluaciones no necesariamente proporcionan un enfoque global para lograr una infraestructura sostenible y resiliente. La adopción de un marco integral puede ayudar no solamente a la identificación de oportunidades de mejora a nivel de proyecto, sino también para verificar la adecuación de las prácticas corporativas existentes.

- *Compromiso público con la sostenibilidad:* debido al creciente interés en la sostenibilidad, la aplicación voluntaria de una herramienta de reconocido prestigio puede tener un efecto positivo en la reputación del proyecto al igual que en el de la empresa generando valor a largo plazo.
- *Desarrollo de capacidades:* el desarrollo de nuevas capacidades es clave para ayudar a los profesionales a abordar la creciente demanda de infraestructura sostenible y resiliente. Esto permitirá una colaboración más estrecha entre las disciplinas y la integración de herramientas más innovadoras para los procesos de toma de decisiones.
- *Desempeño económico y financiero de los proyectos de infraestructura:* La viabilidad económica del proyecto a largo plazo, es considerada uno de los principios básicos de la *Triple bottom line*. Por este motivo es importante asegurar la viabilidad económica no solo en sus etapas iniciales, sino también durante la operación y el desmantelamiento del proyecto. Actualmente se presta limitada atención al desempeño económico del proyecto cuando se evalúa la sostenibilidad del mismo, por este motivo mayor investigación y desarrollo es necesario en este campo. Esto requerirá no solo mayor claridad y transparencia en la estrategia de financiación y operación del proyecto sino también la participación temprana de todos los agentes involucrados en una primera fase.

6. Bibliografía

- CEEQUAL. (2015). *CEEQUAL: Scheme Description for Projects and Term Contract*. Retrieved from <http://www.ceequal.com/scheme-descriptions/>
- CEEQUAL. (2015). *Scheme Description. CEEQUAL for Projects and for Terms Contracts (matching Version 5.2 of the Assessment Manuals)*. Revision 4.
- GIB. (2017). *SuRe® - the Standard for Sustainable and Resilient Infrastructure v 1.0*
- *Infrastructure Sustainability Council of Australia. (2017a). IS International Technical Manual. IS International V1.0 Design and As Built (Pilot)*.
- *Infrastructure Sustainability Council of Australia. (2017b). IS International rating tool: Briefing Report*.
- Institute for Sustainable Infrastructure, and Zofnass Program for Sustainable Infrastructure of the Graduate School of Design Harvard University. (2012). *ENVISION Version 2.0 A rating system for sustainable infrastructure*. Washington, DC: Institute for Sustainable Infrastructure.
- Institute for Sustainable Infrastructure, (2017). *ENVISION Version 3.0 (draft). A rating system for sustainable infrastructure*. Washington, DC: Institute for Sustainable Infrastructure.
- International Finance Corporation. (2012). *Performance Standards on Environmental and Social Sustainability*. Washington, DC: International Finance Corporation.
- Principles, E. (2013). *The Equator Principles: A financial industry benchmark for determining, assessing and managing social & environmental risk in project financing*. Washington DC: Equator Principles Financial Institutions. Retrieved from http://www.equator-principles.com/resources/equator_principles_III.pdf
- WCED. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. United Nations.



03



La rentabilidad económica
de una infraestructura
sostenible

Spiro Pollalis (IP),
Cristina Contreras,
Evgenia Hagistavrou,
Dimos Lappas,

Judith Rodriguez.

The Zofnass Program for Sustainable Infrastructure
at Harvard University

1. Antecedentes

La inversión en infraestructura ha sido tradicionalmente identificada como un motor de crecimiento y desarrollo. Como pieza central de la nueva agenda global 2030, la infraestructura sostenible ayuda a cumplir los objetivos definidos en el Acuerdo de París, así como a la provisión de servicios básicos identificados en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Sin embargo, (i) el capital asignado a la inversión en infraestructura no es suficiente para satisfacer la demanda y (ii) la calidad de los proyectos que se desarrollan actualmente (en la mayoría de los casos) no sigue protocolos o procedimientos especiales para garantizar que sean sostenibles. Según el informe de New Climate Economy publicado en 2014, se estima necesaria una inversión de 90 trillones de dólares en infraestructura hasta 2030 para ser capaz de satisfacer los servicios de la próxima década. Una cifra similar fue publicada por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) en su nota técnica sobre la estimación de las necesidades de inversión en infraestructura en julio de 2017. Para poner este volumen de inversión en perspectiva, esto equivale a “*más del doble del stock actual de capital público mundial*” (Brookings, 2015).

Muchos atribuyen esta brecha en la inversión en infraestructura sostenible como resultado de años de políticas insuficientes, fallas institucionales y falta de familiaridad de los inversores con tecnologías y proyectos más ecológicos (McKinsey, 2016). La participación del sector privado en el suministro de capital adicional y la experiencia para llenar el vacío serán fundamentales para alcanzar los objetivos establecidos. La literatura muestra que en las últimas décadas los propietarios de infraestructura eligieron dónde invertir basándose en capacidad de endeudamiento, sus prioridades y posibles beneficios fiscales, esperando que el sector privado y especialmente los llamados inversores de impacto intervendrían para reducir la brecha de inversión en infraestructura sostenible (Janowitz, 2014). Sin embargo, en los últimos años, a medida que la necesidad de infraestructura ha aumentado, especialmente en las economías en desarrollo, la brecha de infraestructura también se ha incrementado.

Con respecto a la segunda consideración, “los proyectos que se están construyendo actualmente no se alinean con los principios de sostenibilidad”, es importante reflexionar sobre la suposición de que los proyectos de infraestructura sostenibles “siempre cuestan más”. Para ilustrar este punto se presenta a continuación la reflexión de John Mogge.

Dadas las dos limitaciones principales: (i) falta de inversión y (ii) falta de infraestructura de calidad suficiente, se requiere un esfuerzo importante por parte de los numerosos agentes que trabajan en desarrollar, financiar y asesorar la creación de proyectos de infraestructura más sostenibles y resilientes. Estos agentes incluyen, gobiernos, promotores privados, fondos de inversión, ingenieros/diseñadores, consultores, contratistas, bancos multilaterales de desarrollo, bancos comerciales, aseguradoras, operadores de infraestructura, organizaciones sin fines de lucro y el mundo académico entre otros.

2. Cómo los promotores y los financieros se benefician de la infraestructura sostenible

Para comprender la justificación económica en el desarrollo de proyectos más sostenibles y resilientes, es importante cuantificar el costo y los beneficios además de comunicarlos al promotor y a los inversores de forma clara y transparente. Los costos y beneficios deben medirse de dos maneras: (a) Costo inicial y (b) durante el ciclo de vida del proyecto. Esta cuantificación determinará la viabilidad financiera de las opciones disponibles para el promotor que, como responsable de la toma de decisiones, seleccionará el modelo óptimo de acuerdo con sus criterios. Si bien los proyectos de infraestructura sostenible pueden ser más eficientes y más efectivos, y por lo tanto conducen a mayores ganancias financieras, hoy en día el rendimiento financiero de las inversiones en infraestructura sostenible es todavía impreciso. Los proyectos sostenibles evitan los impactos, minimizan las externalidades negativas y otros costos asociados, pero tales ventajas rara vez se cuantifican de forma económica y con frecuencia no se trasladan a los funcionarios públicos y los contribuyentes. La planificación de una infraestructura sostenible no debe ser solo una imposición en el valor del proyecto, sino lo contrario, una estrategia para generar valor en el proyecto. Por este motivo es necesario establecer metodologías fiables, basada en información sólida que permita identificar las condiciones óptimas para generar mayores rendimientos, incluyendo también los costos y los riesgos evitados asociados a la integración de prácticas más sostenibles.

Dentro de la investigación actualmente llevada a cabo por el Programa Zofnass por decodificar los principios del *Business Case for Sustainable Infrastructure* dos consideraciones principales se destacan como necesarias para impulsar el cambio: (i) Identificar los desafíos y barreras existentes para crear proyecto de infraestructura más sostenible y (ii) identificar las razones por las cuales la planificación de la infraestructura sostenible “tiene sentido” desde un punto de vista es económico de acuerdo con la literatura existente.

John Mogge, director ejecutivo de Mercado Ambiental Global, CH2M, y miembro de la junta de consejeros del grupo de investigación *The Zofnass Program for Sustainable Infrastructure*

“[...] específicamente en el área de desembolsos de capital, uno inmediatamente asume que la sostenibilidad cuesta más; esto generalmente se debe a la falta de comprensión de los medios y métodos utilizados para crear soluciones sostenibles y porque los requisitos del proyecto se ha definido puramente en términos normativos sin tener en consideración el beneficio de otros medios o métodos más sostenibles e innovadores”. Agregó: “Una vez se atraviesan las primeras barreras correspondientes a de costes de planificación, los requisitos de las siguientes fases de diseño y la construcción sostenibles se deben definir en términos de rendimiento. Las exigencias típicas de infraestructura e ingeniería en general se definen en términos de “lo que se requiere”, no del rendimiento que se necesita. Crear una especificación de rendimiento permite a los planificadores y diseñadores verdaderamente creativos a innovar para resolver problemas. Esto es lo que da rienda suelta a soluciones verdaderamente sostenibles”

Fuente: Seminario del Programa Zofnass en Brooklyn, NY, 1 de noviembre de 2017

3. Desafíos y principales barreras para la inversión en sostenibilidad

Los desafíos surgen en el proceso de vincular y pronosticar de manera creíble la relación entre inversiones concretas en infraestructura y los resultados de desempeño obtenidos. Para llevar a cabo inversión en infraestructura sostenible, como en cualquier inversión, los recursos deben estar disponibles y se esperan rentabilidad positiva. Varios retos que se ponen de manifiesto de forma común en la literatura existente, es en primer lugar el desarrollo de metodologías adecuadas para evaluar los retornos de la inversión resultantes de la integración de prácticas sostenibles, en segundo lugar, la identificación de indicadores clave para medir dicho rendimiento.

El interés por cuantificar los beneficios comerciales de la sostenibilidad y por tanto demostrar un aumento en los ingresos y las ganancias, han llevado a varias empresas a desarrollar marcos y modelos específicos para sus operaciones. Sin embargo, los enfoques y resultados no son consistentes. En el caso del estudio de Ballow's et al. (2004), el marco propuesto identifica y enumera los activos tangibles e intangibles, pero se limita a cuantificar en forma simple los activos contables tradicionales. Según Stapledon (2012), *“los activos de contabilidad tradicionales solo justifican alrededor de una cuarta parte del valor de mercado”* y algunos activos intangibles que normalmente son pasados por alto por los gerentes, en realidad son valorados por el mercado. Un problema importante es que las iniciativas de sostenibilidad tienen beneficios intangibles adicionales que pueden ofrecer valor adicional (y ganancias) a una empresa, que a menudo no se incluyen en las evaluaciones de casos de negocio. De acuerdo con Lubin et al. (2010), *“reconociendo que los aspectos que no se cuantifican, no pueden ser gestionado, las empresas están desarrollando mejores medios para medir los costos y beneficios relacionados con la sostenibilidad empresarial y la creación de puntos de referencia”*. Se estima por tanto, que una vez que las empresas tengan una base de datos sólida, estarán posicionadas para desarrollar estrategias de sostenibilidad más innovadoras.

Otro desafío a considerar es la búsqueda de un modelo que integre de forma adecuada la sostenibilidad del proyecto con el perfil de riesgo del inversor, así como el énfasis excesivo que se le da a la cuenta de resultados a corto plazo (ganancias y pérdidas) en vez de los costos del ciclo de vida.

El Centro McKinsey para negocios y Medio Ambiente (2014) también señala cinco barreras principales para la inversión del sector privado en infraestructura sostenible:

- la falta de carteras de proyectos sostenibles “financiables”,
- alto desarrollo y costos de transacción,
- la falta de modelos de financiamiento viables,
- rendimientos no adecuados al riesgo y
- regulaciones y políticas desfavorables y poco seguras.

Los altos costos de inversión iniciales, junto con los rendimientos generados mucho más tarde en la fase del proyecto, al igual que las restricciones sobre el financiamiento a largo plazo hacen que el financiamiento de la infraestructura sea particularmente desafiante

(Brookings Institute, 2016)

Brookings Institution reafirma la **política pública como una barrera para la inversión**, ya que establece el marco regulatorio e institucional que marca las acciones de los inversores privados y los consumidores. El gobierno tiene la responsabilidad de crear y mantener un marco regulatorio que pueda ofrecer la máxima estabilidad y crear los incentivos adecuados. Las regulaciones pueden restringir el funcionamiento de los proyectos de infraestructura y pueden tener un efecto negativo en la rentabilidad. Por otro lado, la estabilidad normativa y una combinación adecuada de herramientas políticas pueden desempeñar un papel clave en incentivar las inversiones en infraestructura más sostenibles.

Otros desafíos identificados en la literatura existente también hacen referencia a la **falta de un lenguaje común para la sostenibilidad dentro de los sectores de la industria y la ingeniería**, así como los posibles intereses contrapuestos de las distintas partes interesadas a corto-plazo incluyendo financieros, desarrolladores, consultores, contratistas, propietarios y operadores (Stapledon, 2012).

4. ¿Por qué planificar una infraestructura sostenible hace que sea una decisión comercial financieramente sólida?

Los estudios confirman que la inversión en proyectos de infraestructura sostenible es un campo con un potencial extremadamente alto, sin embargo los incentivos de las distintas partes interesadas pueden variar en función de sus intereses particulares. Tras realizar un estudio de la literatura existente, los beneficios que se muestran a continuación son algunos de los más importantes.

4.1. Desempeño corporativo

El desempeño corporativo muchas veces está vinculado con la competitividad, la eficiencia operativa, el buen liderazgo o la percepción del riesgo, entre otros. Una observación común es que aunque la investigación teórica y empírica a menudo apunta a una relación positiva entre la sostenibilidad corporativa y la competitividad de la empresa, en la literatura actual no cuenta con un punto de vista uniforme para documentar este vínculo (Weber, 2008). Como resultado de la investigación llevada a cabo, se enumeran a continuación algunos de los beneficios más comúnmente identificados:

Competitividad

Boston Consulting Group (BCG) en colaboración con Sloan School of Management del MIT publicó en 2016 el informe *"Invertir en un futuro sostenible: los inversores se preocupan más por la sostenibilidad de lo que muchos ejecutivos creen"*. Este informe describe los hallazgos de una investigación que ha durado 7 años hasta la fecha, y donde las encuestas preguntan a 3057 gerentes (entre otros profesionales del perfil) asuntos relacionados con la sostenibilidad corporativa. Merece la pena señalar que aunque la mayoría de los participantes creen que la sostenibilidad es importante (90%), poco más de la mitad (60%) ha creado una estrategia de sostenibilidad y solo un 25% ha llevado a cabo un estudio detallado de las implicaciones económicas de la sostenibilidad en sus operaciones. Otro hallazgo interesante es la falta de un entendimiento común respecto a cuáles son las prácticas que se están llevando a cabo a nivel interno. Mientras que el 80% de los representantes de juntas directivas que participaron en este estudio cree que su empresa participa en inversiones sostenibles, sólo el 73% de los gerentes de los puestos intermedios de esas mismas empresas y el 62% de los empleados de rangos inferiores piensan lo mismo.

Un comentario común identificado es la falta de métodos integrales para verificar los impactos de sustentabilidad del proyecto, considerando que los existentes en la actualidad son incompletos y no pueden respaldar el proceso de toma de decisiones de las empresas.

Otros autores como Lubin et al. (2010) proporciona numerosos ejemplos de empresas que han surgido como líderes dentro del panorama de sostenibilidad desarrollando y ejecutando estrategias de sostenibilidad. Esto permite a las empresas obtener una ventaja competitiva al proporcionar servicios verdes más innovadores y capitalizar modelos comerciales nuevos y diferentes desde el punto de vista estratégico. En este sentido, el autor afirma que *"las empresas pioneras en sostenibilidad a menudo comienzan centrándose en la reducción de riesgos y costos y con el tiempo estas estrategias se centran en la creación de valor, que en última instancia incluyen elementos intangibles como la marca y la cultura"*.

Liderazgo sólido

La sostenibilidad requiere un enfoque integrado y multidisciplinar que incluya la coordinación entre profesionales de diferentes disciplinas o departamentos para lograr un objetivo común. El liderazgo y la gestión estratégica permiten a las empresas hacer la transición de enfoques aislados a otros más integrados. Como resultado, la sostenibilidad es sinónimo de un liderazgo comprometido con valores sociales y medioambientales, dentro de desempeño económico adecuado. Esto no sólo integrará los esfuerzos a nivel corporativo, sino que también reunirá a otras partes interesadas, como comunidades, proveedores y clientes. *"La transformación corporativa para la sostenibilidad es una tarea de liderazgo. [...] El pensamiento nuevo e integral es crucial. [...] El pensamiento de sostenibilidad debe penetrar toda la cadena de valor de la empresa"* (Leisinger, 2015).

Falta de familiaridad con los indicadores de sostenibilidad

La literatura existente destaca la "falta de comprensión" o "naturaleza desconocida" de el significado concreto de la sostenibilidad en la fase de toma de decisiones, para determinados representantes de puestos directivos. Como resultado, la integración de prácticas sostenibles en un proyecto podría percibirse como un "riesgo", una "imposición", que podría generar costos, demoras y daños en un proyecto. Esto es contradictorio con la *"abundante evidencia de que la responsabilidad social corporativa y la sostenibilidad son valiosas para las empresas y los impulsores del valor de mercado"* (Stapledon, 2012). Sin embargo, las empresas u otras instituciones con un mayor conocimiento de aspectos de sostenibilidad -o los diferentes procedimientos para integrar dichas prácticas a nivel corporativo- se benefician de una adopción temprana. En estos casos, la sostenibilidad se entiende como una herramienta para reducir el riesgo y abrir posibilidades para explorar nichos de mercado diferentes.

Una ventaja competitiva clave proporcionada por la sostenibilidad es que extiende la gestión de riesgos más allá de las consideraciones típicas de infraestructura tales como el tiempo, costo y calidad. Esto realizado de forma sistemática, permite una identificación temprana de cómo afrontar los riesgos en el entorno operativo
(IFC, SustainAbility, Ethos Institute, 2002)





Los gerentes ya no pueden darse el lujo de ignorar la sostenibilidad como un factor central en la competitividad a largo plazo de sus empresas operativo

(Lubin et al., 2010)



En cinco años no habrá acceso a los mercados internacionales para las empresas que no muestren respeto por el medio ambiente. Se está volviendo fundamental para el comercio internacional

(Rafael Wong, VP ejecutivo residente de Reybancorp en Ecuador)



Hay una serie de políticas, institucionales y fallas del mercado que socavan la adecuación, la eficiencia, la rentabilidad y la sostenibilidad de la infraestructura. Estas fallas aumentan los costos y reducen los rendimientos, aumentan los riesgos, limitan las capacidades institucionales y abren una brecha entre los costos y los rendimientos sociales y privados

(Brookings Institution, 2016)

Leisinger (2015) se refiere a la integridad que las prácticas sostenibles le otorgan a una empresa como “gestión inteligente de riesgos”, y explica que “actuar en contra de los intereses globales de la sociedad resulta dañino para la reputación, casos legales, sanciones y más regulación”.

Ahorro de costos relacionados con la eficiencia a nivel corporativo

La sostenibilidad proporciona el marco para lograr la eficiencia a nivel corporativo. Se ha demostrado que aumentar la eficiencia operativa puede minimizar el costo del proyecto, reduciendo el costo de los recursos necesarios para la ejecución del mismo (Eccles et al., 2012), esto requiere no solo la aplicación puntual, sino la integración sistemática de estrategias tales como la reducción de energía y agua en toda su cartera de negocio.

Weber (2008) hace referencia al desarrollo de estrategias tales como colaboración con ONG o autoridades públicas motivadas por la aplicación de políticas de responsabilidad social corporativa (RSC), que pueden reducir los costes de operación. RSC también tienen la capacidad de alcanzar reducciones fiscales, a través de la integración de tecnología más innovadoras y sostenibles, dentro de las prácticas de la empresa.

4.2. Fuerzas del mercado internacional

Varios factores como mayor sensibilidad de los inversores a temas relacionados con la sostenibilidad, presión por parte del mercado internacional y otros aspectos de interés para las administraciones públicas como el cambio climático etc., pueden facilitar el acceso al capital. Un informe realizado por la Corporación Financiera Internacional y el Instituto Ethos da un punto de vista distinto “sostenibilidad no es un fin en sí mismo, sino que es importante porque mejora la capacidad de atraer capital –tanto humano como financiero– para mitigar el riesgo y ayuda a obtener la licencia para operar de la empresa”. No hay duda de que la **sostenibilidad ha surgido como una megatendencia** y, como tal, presenta imperativos estratégicos ineludibles para los líderes corporativos.

Generación de valor y aumento de reputación

Es relevante identificar que la mayor parte de la información disponible sobre el *Business Case for Sustainable Infrastructure* (La Rentabilidad de las Infraestructuras Sostenibles) resalta la creación de valor para clientes,

accionistas y otras partes interesadas como uno de los principales beneficios de la sostenibilidad a nivel empresarial. Esta generación de valor puede abarcar desde ventajas competitivas o reputacionales hasta un mayor nivel de compromiso de los trabajadores con la empresa. La generación de valor desde el punto de vista de los accionistas conlleva un enfoque más integrado en el que se incluyan no solo las prácticas operativas de la empresa, sino también la capacidad de atraer inversión así como la nuevas posibilidades de inversión (Stapledon, 2012).

En una encuesta realizada por McKinsey a 1560 ejecutivos financieros encontraron que estaban de acuerdo, por un amplio margen, en que la reputación corporativa y la imagen es la forma más importante en que los programas de sostenibilidad crean valor (Jenkinson, 2010).

4.3. Regulaciones: Política como dinamizadora del cambio

Las políticas públicas desempeñan funciones importantes proporcionando los incentivos adecuados y el entorno empresarial para la movilización de capital. Tener los marcos regulatorios adecuados en la fase inicial del proyecto es fundamental para asegurar un resultado sostenible a largo plazo. Los proyectos de infraestructura requieren una cuidada planificación, una gobernanza sólida además de estructuras y procesos bien articulados que ayuden a priorizar y selección de los proyectos y sus modelos de financiación (Bhattacharya, 2018). Según un estudio publicado por McKinsey en 2016, un entorno empresarial, definido por subsidios que distorsionen el mercado, contrapartes poco fiables y procesos de licitación inadecuados “*puede elevar el costo de la financiación privada hasta el punto en que los proyectos de infraestructura no sean económicamente viables*”, por lo contrario, se deben fomentar políticas públicas que generen un comportamiento adecuado. Brookings Institution (2016) afirma que la política pública, tanto a nivel nacional como internacional, tiene un papel crucial que desempeñar en la ampliación del desarrollo de infraestructura sostenible.

En ciertos casos regulaciones obsoletas pueden aumentar los costos del diseño, y generar retrasos que afecten a las fases posteriores, y a las distintas partes interesadas tales como el constructor, o subcontratistas. La posible obligatoriedad del cumplimiento de este tipo de regulaciones debe ser puesto de manifiesto, para incrementar la eficiencia del proceso. Eso puede requerir cambios normativos a nivel local o nacional.

4.4. Financiación de sistema vs. financiación de proyectos

Enfoque sistémico

La literatura existente cita los beneficios del enfoque sistémico en el financiamiento de infraestructura como opuesto al enfoque tradicional de proyectos independientes. La noción convencional de valor de la infraestructura consiste en ofrecer un servicio específico al menor costo de capital inicial. Esto ha resultado en el “aislamiento” de los proyectos evitando una visión más incluyente donde se consideren sus impactos dentro de un contexto más amplio. Un punto de vista más integral está cada vez más presente en la literaturas *“existe un valor social añadido en elevar el nivel de los estándares de diseño para integrar un sistema de planificación más sistémico”* (Janowitz, 2014). Esto podría aplicarse tanto a una serie de proyectos de la misma tipología, o a inversiones complementarias de diferentes tipos realizadas en un área geográfica concreta.

Enfoque de enfoque sistémico:

Proyecto: elaboración de un plan maestro para la ejecución de una expansión urbanas a gran escala.

“Un nuevo asentamiento requiere múltiples tipos de infraestructura: carreteras, redes de transporte público, telecomunicaciones, suministro de electricidad, suministro de agua, alcantarillado, escuelas, servicios de salud, instalaciones comunitarias, etc. Si falta alguna de estas infraestructuras, todo el proyecto puede volverse inviable o perder un valor significativo, pero cada proyecto de inversión solo puede evaluarse en el contexto de todos los demás que también tienen lugar” (Grimes, 2010)

Beneficios de un informe sistémico: Un enfoque coordinado para la inversión en infraestructura, es una fuente potencial de rendimientos crecientes a escala según Grimes.

- Un conjunto de inversiones complementarias puede producir mayores rendimientos que la suma de los rendimientos de cada inversión individual
- El autor subraya el la ventaja competitiva que se encuentra en una secuencia de proyectos interrelacionados. La información correspondiente a las fases iniciales tiene un valor significativo sobre los beneficios de etapas de desarrollo posteriores.



4.5. Generación de beneficios sociales y comunitarios

La tierra tiene recursos limitados y debemos protegerlos tanto como sea posible a medida que mejoramos la calidad de vida y la prosperidad económica. La infraestructura se encuentra entre las actividades humanas que más influyen en el uso de recursos, por tanto una planificación adecuada puede aumentar el ratio entre producción/uso de recursos, y además de promover la utilización de recursos renovables minimizando el impacto climático en la medida de lo posible. Por lo tanto, al planificar una infraestructura sostenible protegemos el medio ambiente y limitamos el cambio climático. La infraestructura sostenible es intrínsecamente resiliente, de lo contrario no es sostenible. Siendo resiliente reduce el riesgo de futuros interrupciones en el sistema con los beneficios de (a) garantizar un uso continuo y (b) no requiere nuevos recursos de reemplazo.

Los beneficios monetarios a largo plazo vinculados a la planificación sostenible como se describió anteriormente, benefician directamente a la sociedad de múltiples maneras, teniendo siempre en cuenta la minimización de la sobreexplotación del planeta. El público lo sabe, especialmente los más jóvenes, y han comenzado a exigir activamente la un compromiso más importante con la sostenibilidad. En los países desarrollados, esta demanda es tan explícita que las comunidades pueden alterar o incluso detener proyectos de infraestructura que no son lo suficientemente sostenibles.

5. Medición de costo-beneficio

Investigación en infraestructura ha permitido contribuciones significativas en el desarrollo de herramientas y buenas prácticas que permitan la integración de procesos más sostenibles en todas las operaciones comerciales. *“Para que las empresas adopten sostenibilidad en infraestructura, las iniciativas que a adoptar deben aportar valor dentro del contexto de la práctica habitual de la industria”* (Stapledon, 2012). Una tendencia común de las prácticas contables existentes es que lo que no se puede medir empíricamente se considera poco importante o incluso inexistente para el rendimiento empresarial. *“Para superar esta tendencia, las empresas deberán comenzar a utilizar métodos de contabilidad no tradicionales”* (Stapledon, 2012).

El análisis realizado por este equipo de investigación incluye la identificación de herramientas analíticas y métodos para medir el **costo de integración de la sostenibilidad**. La literatura existente proporciona una idea de las herramientas disponibles y los indicadores considerados en cada una de ellas. Además, se ha prestado especial atención a la evaluación de la efectividad de estas herramientas considerando que la mayor parte se desarrollaron para llevar a cabo un análisis económico sin incluir y no necesariamente los costos y beneficios de la sostenibilidad, o los impactos a largo plazo.

Una herramienta clave en la evaluación del proyecto es el **Análisis de Costo-Beneficio (CBA, por sus siglas en inglés)**. *“La revisión de la literatura revela las limitaciones de aplicar CBA como única herramienta de evaluación para evaluar de manera efectiva las externalidades o impactos económicos, medioambientales y sociales que se aplican durante un largo período de tiempo, y que en última instancia son irreversibles”* (Reidy et al., 2014). De acuerdo con el análisis de Grimes (2010), CBA es especialmente útil para hacer comparaciones entre las distintas alternativas que esperan producir beneficios similares. Grimes indica que hay circunstancias específicas que pueden hacer que un CBA estándar sea inapropiado, resaltando de esta manera la importancia de las suposiciones y rangos tenidos en consideración. Algunos ejemplos concretos incluyen la tasa de descuento apropiado, valores de opción entre otros, los cuales tienen la capacidad de modificar el ranking de proyectos alternativos a considerar.

El **Análisis del Costo del Ciclo de Vida**, es una herramienta basada en economía de la ingeniería (o *engineering economics* en inglés), adecuada para propietarios de infraestructura que también son operadores. *“En los métodos de extracción tradicionales donde el funcionamiento no está incluido, los principios de coste del ciclo de vida no son relevantes”* (Stapledon, 2012).

Otra herramienta más sofisticada, el **Análisis de Determinación Objetiva Múltiple (MODA, por sus siglas en inglés)**, o Análisis de Criterios Múltiples (MCA), por sus siglas en inglés, nos lleva a recordar cuáles son los objetivos de la inversión y cómo se medirá cada uno de ellos. Los MODA usan tableros con fórmulas algorítmicas que ponderan y vinculan los objetivos para permitir la comprensión holística. Es el enfoque preferido para problemas con objetivos conflictivos. Este método utiliza parámetros cualitativos y cuantitativos y permite la evaluación de valores no monetarios (Tudela et al., 2006).

Las comparaciones cruzadas de las herramientas disponibles señalan los inconvenientes de las herramientas individuales y sugieren que una combinación de las mismas, por ejemplo, del Análisis de Costo-Beneficio y el Análisis Multicriterio podría conducir a mejores pautas para el desarrollo de casos de negocio (Reidy et al., 2014). En general, existe una tendencia emergente entre los investigadores de proponer y promover metodologías híbridas para la evaluación de proyectos en lugar de un método específico para responder a las posibles deficiencias. La valoración uniforme de los beneficios es imprescindible para evitar la subestimación o la sobreestimación de estos. Un ejemplo de herramientas de evaluación híbrida es la denominada Evaluación de Triple Resultado o TBL-CBA, un estudio que representa el valor total de un proyecto sostenible y no solo la viabilidad financiera en el momento de la adquisición. Autocase®, creado en 2012 por Impact Infrastructure, es un ejemplo de dicha herramienta con el valor adicional de agilizar el complejo proceso de análisis de un TBL-CBA. Según su sitio web, Autocase®, a través de una tecnología automatizada basada en la nube, “*sintetiza cientos de estudios de investigación reconocidos a nivel industrial y gubernamental para proporcionar por defecto valores inteligentes*” tras la combinación de estos valores con información básica específica del proyecto, Autocase® calcula e informa de los costos y beneficios totales del proyecto.

Otro ejemplo es la Herramienta de Valoración Sostenible de Activos (SAVi, por sus siglas en inglés) del Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible (IISD). Es una herramienta de simulación, personalizada para cuatro sectores/categorías de activos: (a) energía, (b) edificios, (c) carreteras e (d) infraestructura de agua, con objetivo de ayudar a gobiernos e inversores en su toma de decisiones. SAVi, a través de una metodología dinámica de sistemas, integra y procesa los datos de forma no lineal y genera un análisis convencional de costo-beneficio con el valor agregado de la cuantificación de beneficios más amplios, costos evitados y riesgos del proyecto. Según IISD, SAVi es una herramienta capaz de “*demostrar el argumento de negocio para la infraestructura sostenible y cómo el rendimiento generado por la sostenibilidad puede afectar los flujos de efectivo futuros y contribuir a retornos financieros más atractivos*”. El resultado de la herramienta es un modelo de financiamiento de proyectos sostenible presentado a través de informes e ilustración de resultados bajo varios escenarios personalizados.

Finalmente, vale la pena mencionar que el uso de herramientas de evaluación no es solo importante al comparar las opciones convencionales frente a sostenibles, sino también para elegir el grado de desempeño más sostenible: “*Existe evidencia de rendimientos decrecientes para un rendimiento superior más allá de cierto punto*” (Stapledon, 2012).

6. Estrategias para reducir costos directos

Con base en la literatura existente, se destacan varios factores que tienen un impacto significativo en el costo directo del proyecto. Los factores que afectan el costo directo pueden ser externos a un proyecto de infraestructura, por ejemplo, reglamentos, así como internos a su proceso de desarrollo, y se dividen en los siguientes:

- *Un enfoque sólido de gestión de proyectos* implica el desarrollo de un estudio de caso para guiar la toma de decisiones de inversión y la selección de la opción de proyecto más rentable.
- *Integración temprana de la financiación*: el diseño y la financiación son fundamentalmente actividades paralelas y complementarias. “*Comenzar con las decisiones de diseño que crean resultados puede ayudar a alinear los incentivos para maximizar los beneficios de la resiliencia a lo largo del tiempo y abrir vías para su implementación*” (Re.invest, 2015). Por lo tanto, la integración temprana del financiamiento en el proceso de desarrollo del proyecto determinará el costo final.

- *Financiamiento de los costos específicos de la estructura*: la creación de estructuras de financiación únicas para cada proyecto y jurisdicción aumenta el tiempo y los costos de transacción. Para los proyectos de infraestructura sostenible, los costos de transacción y desarrollo pueden ser aún mayores debido, a la limitada información disponible hasta la fecha en temas de desempeño financiero y de riesgo dificultan la evaluación de los negocios (McKinsey, 2016).
- *Los procesos de adjudicación* son clave para permitir a las empresas la integración de soluciones más sostenibles dentro de sus ofertas. La parte más importante de este proceso es la definición de los criterios de selección del equipo del proyecto que determinarán las propuestas seleccionadas.
- *Mecanismos de entrega de proyectos*: Satisfacer la demanda de infraestructura utilizando soluciones sostenibles y resistentes requiere nuevos enfoques para realinear incentivos y diseñar nuevos mecanismos de entrega en las escalas correctas. Estos nuevos mecanismos deben incluir el análisis sistemático de co-beneficios que generalmente se dejan fuera de los balances del proyecto. (Re.invest, 2015).
- *Objetivos del proyecto y establecimiento de criterios basados en el rendimiento*: Generalmente los requisitos del proyecto se marcan en función a una solución ya tomada, y no necesariamente del rendimiento del objetivo a alcanzar. Crear especificaciones referentes al problema a resolver, y no necesariamente a una solución concreta permite a los planificadores y diseñadores innovar para resolver problemas complejos. Esto es lo que desata las verdaderas soluciones sostenibles.
- *Costos específicos de tecnología innovadora*: la incorporación de nuevas tecnologías puede introducir retrasos y aumentar los costos relacionados con la búsqueda de los productos adecuados, convenciendo a los inversores, etc.; sin embargo, puede reducir los costos operativos.
- *Tiempo requerido para la entrega de resultados financieros*: la evaluación de costo-beneficio de un proyecto depende del marco temporal, costos del ciclo de vida vs. costos iniciales, enfoque a largo plazo vs. corto plazo, etc.

Los estudios reafirman que la tendencia actual, o más bien la presión, se centra en la entrega de resultados financieros a corto plazo en lugar de a largo plazo, lo que resulta en un desalineamiento de los plazos del presupuesto y el proyecto.

Las citas anteriores, además de comentar sobre el horizonte temporal de una inversión, también hace referencia a un aspecto mencionado anteriormente, el punto de vista sistémico vs. intervención a nivel de proyecto. La gestión del sistema completo puede resultar más rentable que la gestión de proyectos individuales.

Buscar respetar los principios de sostenibilidad proporciona un incentivo para diseñar considerando el ciclo de vida total del proyecto. Un énfasis excesivo en el costo inicial no incentiva la eficiencia operacional, la durabilidad o la resiliencia, todo lo cual contribuye a una mayor eficiencia global de recursos, energía y costos

(Janowitz, 2014)

7. Nuevas oportunidades

El sector de infraestructura es dinámico y evoluciona rápidamente generando nuevos riesgos y oportunidades. El informe de infraestructura 2017 de la Asociación Americana de Ingenieros Civiles (ASCE) presenta la inversión en infraestructura como un campo de oportunidad. Más específicamente, propone varias ciertas directrices que se enumeran a continuación:

- la planificación del ciclo de vida y el análisis de costes para proyectos que requieren una elevada inversión procedente de fondos públicos.
- la creación de incentivos para invertir en mantenimiento,
- la simplificación del proceso de obtención de licencias de forma transversal entre varios sectores, y
- la identificación de proyectos de infraestructura atractivos para permitir la inversión del sector privado y las alianzas público-privadas.

Estas pautas se pueden mejorar, para en primer lugar incluir infraestructura sostenible y, posteriormente, para referirse a la infraestructura sostenible como la opción más adecuada. *Brookings Institute* especifica de forma clara que “las regulaciones y los mecanismos de financiación para las asociaciones público-privadas (PPP) deben mejorar para aumentar la inversión en infraestructura sostenible. Se considera que las PPP son cada vez una modalidad de inversión más importante”.

El próximo paso para la investigación del Programa Zofnass es realizar investigación de campo para recopilar datos sobre los costos y beneficios en proyectos sostenibles, centrándose en las características de sostenibilidad de los proyectos y la financiación de dichos proyectos. Un modelo de financiación innovador, hace que la infraestructura sostenible se pague a sí misma. La movilización de recursos concesionales, catalizar las inversiones del sector privado y maximizar el uso de mecanismos actualmente existentes como mercados de carbono puede crear el acceso adecuado y los incentivos necesarios para la financiación e inversión en infraestructura sostenible.

La sostenibilidad de la infraestructura invariablemente implicará concesiones que pueden incluir costos operacionales versus costos de capital, planificación a corto plazo versus planificación a largo plazo, y la necesidad frecuente de piezas individuales de infraestructura para funcionar como una parte integrada de un sistema. El reto para las empresas es mantener la rentabilidad y generar valor de forma continua para los accionistas a mientras se busca el equilibrio óptimo entre las necesidades económicas, ambientales y sociales, y los impactos en las otras partes interesadas.

(Stapledon, 2012)



8. Bibliografía

- Bhattacharya, A., Meltzer, J., Oppenheim, J., Qureshi, Z., & Stern, N. (2016). *Delivering Sustainable Infrastructure for Better Development and Better Climate*. Washington DC: Brookings Institution.
- Bhattacharya, A., Oppenheim, J., & Stern, N. (2015). *Driving sustainable development through better infrastructure: Key elements of a transformation program*. Brookings Global Working Paper Series.
- Ballow, J. J., Burgman, R., & Molnar, M. J. (2004). Managing for shareholder value: intangibles, future value and investment decisions. *Journal of Business Strategy*, 25(3), 26-34. Emerald Group Publishing Limited.
- Eccles, R.G., Ioannou, I., Serafeim, G. (2014). The impact of corporate sustainability on organizational processes and performance. *Management Science*, 60(11), 2835-2857.
- Grimes, A. (2010). The economics of infrastructure investment beyond simple cost benefit analysis. *Motu Working Paper 10-05*. New Zealand: Motu Economic and Public Policy Research.
- Henderson, R., & Harvard Business School. (2015). Making the Business Case for Environmental Sustainability, *Leading sustainable change: an organizational perspective*, 22-50. Oxford University Press.
- International Finance Corporation (IFC), SustainAbility Limited, & Ethos Institute. (2002). *Developing value: The business case for sustainability in emerging markets* (1st ed.). London: SustainAbility.
- International Finance Corporation (IFC), World Bank Group. (2012). *The business case for sustainability*.
- Leisinger, K. (2015). Business needs to embrace sustainability targets. *Nature*, 528(7581), 165.
- Lubin, D.A., Esty, D.C. (2010). The Sustainability Imperative. *Harvard Business Review*, May 2010 Issue.
- Janowitz, M. (2014). Sustainable infrastructure - from business case to investment, *ICSI 2014: Creating Infrastructure for a Sustainable World*, 786-794.
- McKinsey Center for Business and Environment (2016). *Financing change: How to mobilize private-sector financing for sustainable infrastructure*.
- New Climate Economy. (2016). *The Sustainable Infrastructure Imperative: Financing for better growth and development*. London.
- Qureshi, Z. (2016). *Meeting the challenge of sustainable infrastructure: the role of public policy*. Brookings Institute.
- Re:focus partners, Rockefeller Foundation. (2015). *RE.invest: A roadmap for resiliency. Investing in resilience, reinvesting in communities*.
- Stapledon, T. (2012). *Why Infrastructure Sustainability is Good for your Business*. Cooperative Research Centre for Infrastructure and Engineering Asset Management (CIEAM). Endorsed by the Australian Green Infrastructure Council (AGIC).
- Stapledon, T., Shaw, G., Kumar, A., & Hood, D. (2015). *Understanding the business case for infrastructure sustainability*. In *Proceedings of the 7th World Congress on Engineering Asset Management (WCEAM 2012)* (pp. 535-543). Springer, Cham.
- Weber, M. (2008). The business case for corporate social responsibility: A company-level measurement approach for CSR. *European Management Journal*, 26(4), 247-261.
- Willard, B. (2012). *The new sustainability advantage: Seven business case benefits of a triple bottom line*. New Society Publishers.



04



El papel de las entidades financieras,
de los organismos multilaterales
y de los de infraestructuras
sostenibles y resilientes

Mariana Silva.
MSc International Banking & Finance,
Economics. Nathan Associates

1. Introducción

El mundo está trabajando a contrarreloj para alcanzar los objetivos de desarrollo establecidos en el Acuerdo de París y los Objetivos de Desarrollo Sostenible marcados por la ONU para 2030 (*SDGs*, por sus siglas en inglés). La comunidad mundial sufrirá grandes presiones para alcanzar estas ambiciosas metas si no se produce un aumento de la financiación para proyectos de infraestructura sostenible. El cincuenta por ciento de los gases de efecto invernadero provienen de las infraestructuras, el hecho de no construir infraestructuras sostenibles a futuro puede dificultar que los países consigan alcanzar el segundo nivel de objetivos climáticos marcado por el Acuerdo de París. Priorizar proyectos de infraestructura sostenible permite alcanzar múltiples objetivos de desarrollo; Por ejemplo, una mejora de las redes de transporte público reduce las desigualdades socioculturales, facilitando el acceso a oportunidades laborales a los más desfavorecidos, a la vez que reduce la congestión y mejora la calidad del aire de la zona.

Para alcanzar estos resultados, los países necesitan construir aproximadamente el equivalente a 89 billones de dólares americanos en nuevas infraestructuras en los próximos 15 años. Esto es el doble del capital disponible en sectores como agua, energía y transporte. Además, el gasto inicial derivado de la construcción de infraestructura sostenible es de unos 4,1 billones de dólares americanos, lo que supone un déficit total en infraestructura de 93 billones de dólares. Si se debe alcanzar este objetivo, los analistas estiman que el sector privado necesitará invertir alrededor de 1,5 billones anuales en fondos adicionales en infraestructura sostenible durante los próximos 15 años, el doble de lo que se invierte actualmente.

Para desbloquear esta parte de capital adicional del sector privado serán necesarias nuevas soluciones e instrumentos financieros innovadores. En este capítulo, tratamos los actores tradicionales, los instrumentos utilizados en la financiación de infraestructura y examinamos distintas formas de acabar con la brecha de financiación en infraestructuras sostenibles. Los bancos multilaterales de desarrollo (*MDBs*, por sus siglas en inglés), con su experiencia en financiación y sus conocimientos, serán uno de los actores principales en la activación de la inversión adicional del sector privado, impulsándole a comprometerse con la infraestructura sostenible.

2. Fuentes, instrumentos y etapas en la financiación de infraestructuras

Para cerrar la brecha existente en financiación es necesario promover proyectos de infraestructura sostenible de forma adecuada, lo que requerirá soluciones innovadoras. Sin embargo, antes de evaluar estas posibles soluciones es importante tratar como se han financiado históricamente los proyectos de infraestructura.

La financiación de infraestructuras procede de diferentes fuentes, y puede llevarse a cabo a través diferentes instrumentos y formas. La financiación se puede obtener de diferentes fuentes tanto privadas como públicas, como se muestra a continuación.

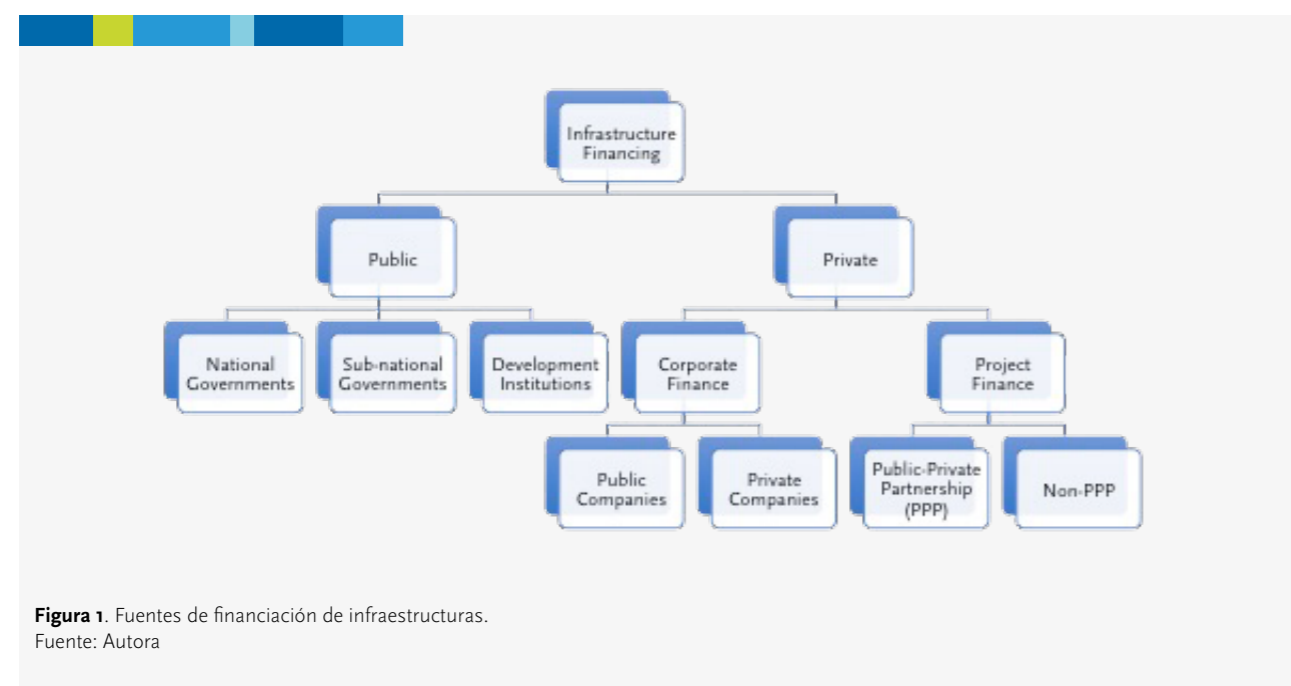


Figura 1. Fuentes de financiación de infraestructuras. Fuente: Autora

Los inversores públicos y privados tradicionalmente se han implicado en proyectos de infraestructura sostenible en diferentes fases durante el desarrollo del proyecto. Por ejemplo, los gobiernos, los fondos de desarrollo y fondos de capital-riesgo tradicionalmente se han implicado en un proyecto en las fases iniciales. Entidades como bancos, compañías de inversión, aseguradoras, fondos soberanos y fondos de pensiones tradicionalmente se han implicado en etapas más tardías del proceso de desarrollo de la infraestructura y, por tanto, históricamente han tenido menos peso en la estructuración de proyectos sostenibles. (McKinsey 2016, 15).

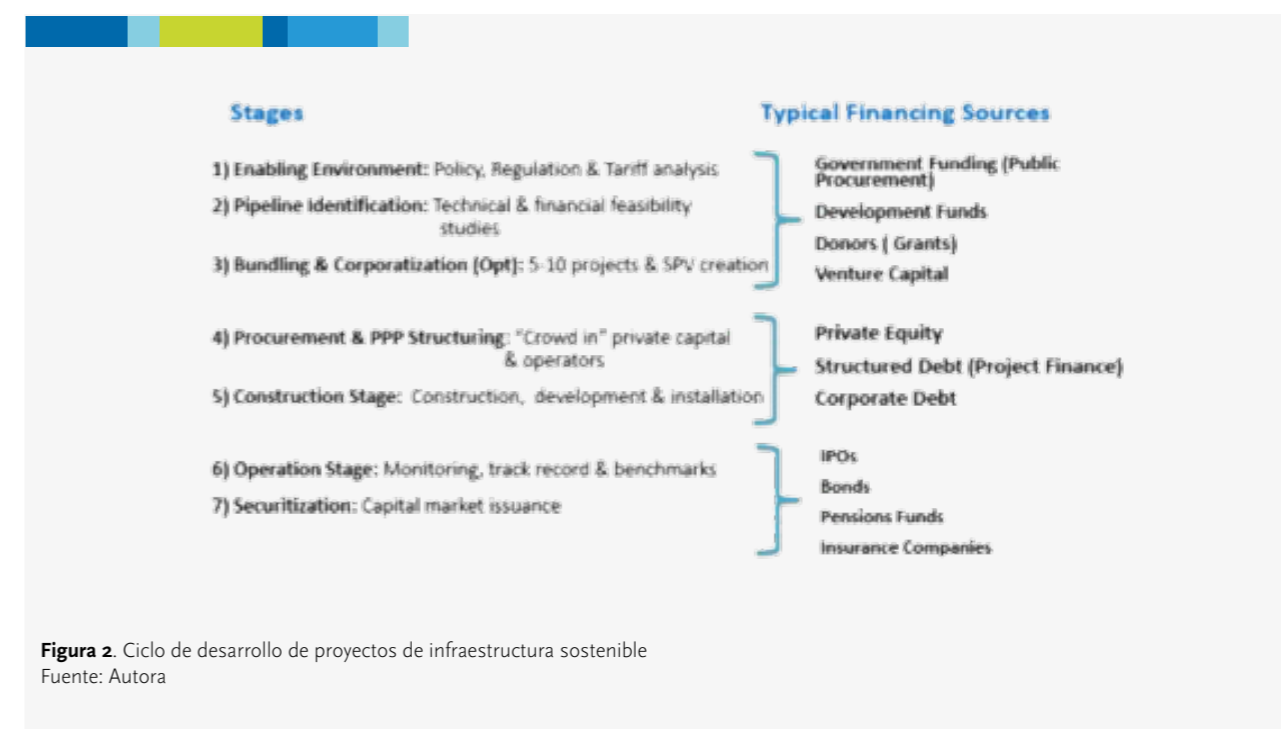


Figura 2. Ciclo de desarrollo de proyectos de infraestructura sostenible Fuente: Autora

2.1. Financiación pública

Los recursos públicos, procedentes de presupuestos estatales, históricamente han supuesto la mayor fuente de financiación de infraestructuras, especialmente en países en vías de desarrollo. En los últimos tiempos, los gobiernos regionales y locales también han aumentado su peso ya que han podido aumentar la recaudación de sus propios fondos, y en algunos casos han llevado a cabo la emisión de bonos en infraestructura de forma exitosa (32).

Las instituciones de desarrollo- incluidos bancos multilaterales de desarrollo (MBDs, por sus siglas en inglés) y los bancos de desarrollo nacionales (NDBs, por sus siglas en inglés)- son otra importante fuente de financiación, especialmente en países en vías de desarrollo que encuentran dificultades para acceder a otras fuentes de capital. Muy pocos países en vías de desarrollo tienen acceso a mercados privados de capital; el Banco Mundial (2013) estimó que solo 20 países de renta media tienen acceso a ellos, siendo los otros 84 países de renta media y los 31 de renta baja, incapaces de acceder a este modo de financiación. Además, los MBDs tienen "una capacidad sin precedentes para transmitir las mejores prácticas a través de asistencia técnica y preparación de proyectos para conseguir estas ganancias en proyectos de infraestructura sostenible en países en vías de desarrollo". La eficiencia obtenida del uso de las mejores prácticas en el diseño de infraestructuras y su puesta en marcha puede suponer un 30 ó 40% de los costes del proyecto. (McKinsey Global Institute 2013).

La financiación de infraestructuras por parte de los MDBs casi se ha duplicado entre 2004 y 2013. Aunque los estudios señalan que esto se debe más al crecimiento total de la cartera de financiación de los MDBs que a un aumento en la importancia otorgada a la financiación de proyectos (Bhattacharya, Meltzer, et al. 2016, 45).

La financiación de inversiones en infraestructuras por parte de los MDBs, siendo un importante catalizador, sigue considerándose una pequeña parte del total de la financiación en infraestructuras en países en vías de desarrollo de casi 2,4 billones de dólares americanos al año (45). Una evaluación independiente realizada por Humphrey (2015) estimó que la financiación anual media de los *MDBs* fue de más de 100 millardos de dólares americanos al año entre 2004 y 2013, mientras que su media anual en financiación de infraestructuras fue de alrededor de 38 millardos de dólares americanos al año durante el mismo periodo.

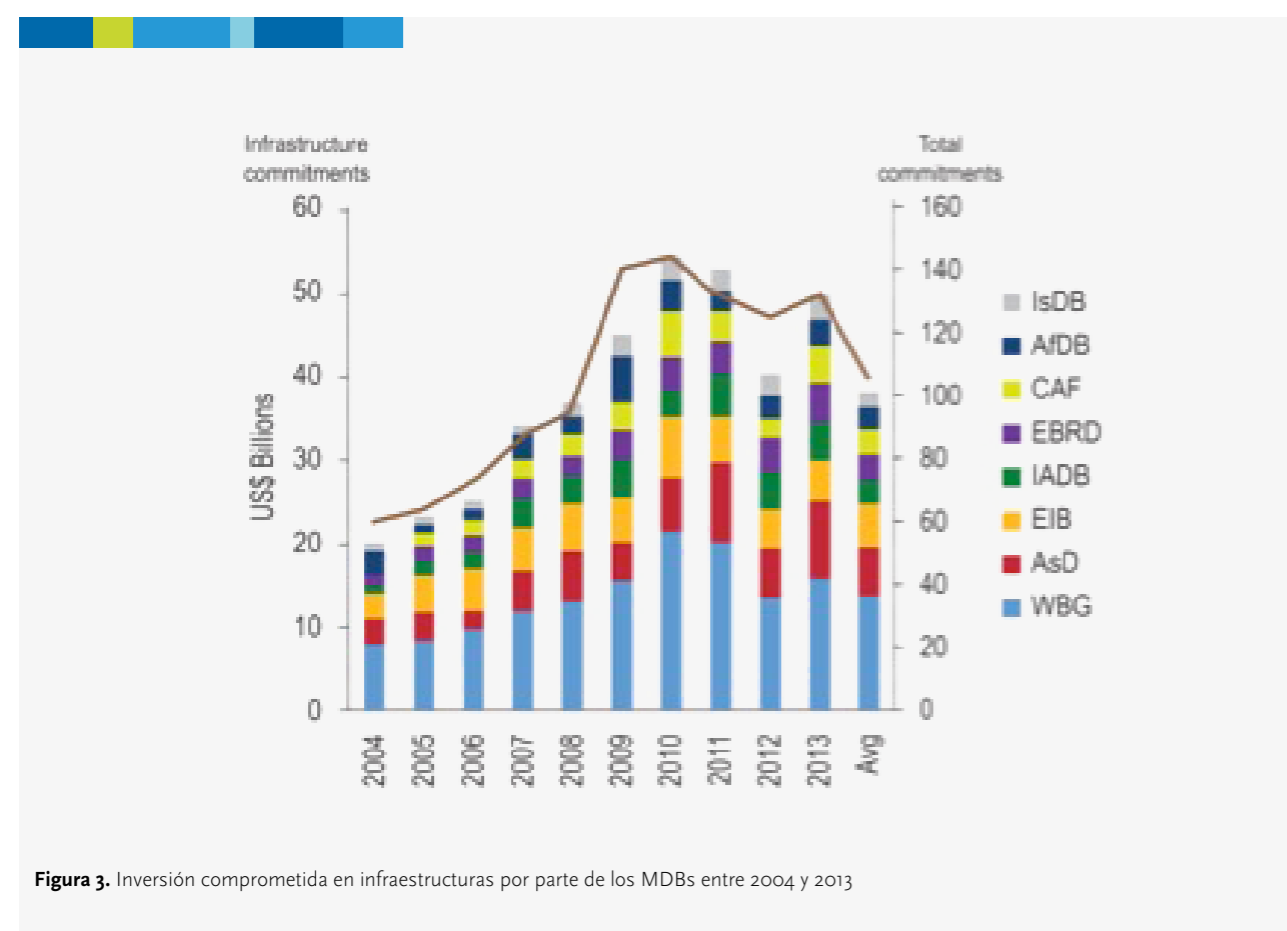


Figura 3. Inversión comprometida en infraestructuras por parte de los MDBs entre 2004 y 2013

Los *NDBs*, por sus siglas en inglés, son intermediarios financieros establecidos con apoyo gubernamental (y más frecuentemente gracias a alguna forma de financiación gubernamental) que ofrecen financiación de capital a largo plazo, y tradicionalmente cumplen con las exigencias específicas fijadas por sus respectivos gobiernos. Juegan un papel fundamental en el apoyo a la financiación, al desarrollo y a la planificación de infraestructura, pero solo en determinados países (p.e Brasil, Australia y Sudáfrica).

2.2. Financiación privada

Actores

Existen dos categorías principales en la financiación del sector privado; inversores institucionales y empresas.

Los inversores institucionales representan entre 350 y 400 millardos de dólares americanos del gasto anual en infraestructura, y normalmente lo invierten como parte de una cartera más amplia (McKinsey 2016, 14). También hay empresas que invierten en infraestructuras como parte de sus iniciativas estratégicas. A menudo, sin embargo, no se ha establecido una división clara entre las inversiones institucionales y corporativas. Por ejemplo, una parte significativa de la deuda de las empresas y el capital en los sectores de la energía y las telecomunicaciones dependen de inversores institucionales que están en contacto con las infraestructuras a través de inversiones corporativas (14).

Aunque las empresas pueden aumentar el gasto en sectores importantes como el energético, y también juegan un papel importante como constructores y operadores, la financiación de las infraestructuras se centra principalmente en inversores institucionales, que según los datos aportados por McKinsey (2016), incluyen:

1. Bancos (40,2 billones de dólares americanos en activos bajo gestión, AUM por sus siglas en inglés.)
2. Compañías de inversión (29.0 billones de dólares americanos en AUM)
3. Aseguradoras y fondos de pensiones privados (26.5 billones de dólares americanos en AUM)
4. Fondos de pensiones pública y planes de jubilación (10.9 billones de dólares americanos en AUM)
5. Fondos soberanos (6,3 billones de dólares americanos en AUM)
6. Operadores de infraestructuras y promotores (3,4 billones de dólares americanos en AUM)
7. Fondos de capital-riesgo y de infraestructuras (2.7 billones de dólares americanos en AUM)
8. Dotaciones y Fundaciones (1 billón de dólares americanos en AUM)

Bancos

Los bancos representan la fuente más importante de deuda para los proyectos de infraestructura (OECD 2013). Pueden actuar como líder organizador, o pueden participar mediante el mercado de préstamos sindicados. El sector de bancos privados nacionales desempeña un papel especialmente importante, dada su capacidad para evaluar proyectos locales y riesgos soberanos y para dar crédito en la moneda local (McKinsey 2016, 15). Sin embargo, tanto los bancos nacionales como los internacionales pueden esforzarse para ofrecer recursos a largo plazo para proyectos de infraestructura sostenible (15).

Inversores institucionales

Las compañías de inversión, las aseguradoras y los fondos de pensiones tienen estrategias y prioridades similares, y están sujetos a niveles de regulación parecidos. En conjunto, representan más del 31 por ciento de los activos bajo gestión mundiales (Preqin Infrastructure Online 2015). Estos inversores tienen modelos de negocio que requieren liquidez para cubrir las obligaciones vigentes del cliente, y tienden a invertir solo cuando los activos están ya operativos y los flujos de caja son previsible.

Los fondos soberanos (*SWFs*, por sus siglas en inglés), con 6.3 billones de dólares americanos en activos

mundiales, están más predispuestos hacia la asunción de riesgos a más largo plazo (McKinsey 2016, 15). Muchos de ellos están sujetos a las legislaturas de los gobiernos que requieren diversificación desde activos nacionales o determinadas clases de activos, y otros están orientados hacia un fin o hacia misiones éticas (15). El fondo soberano de Noruega, por ejemplo, invierte en bonos verdes y otros medios para apoyar la infraestructura sostenible (*Climate Bond Initiative & HSBC Climate 2015*). Las dotaciones y fundaciones (1 billón de dólares americanos en activos mundiales) a menudo comparten las áreas de inversión con las SWFs (*Preqin Infrastructure Online 2015*).

Capital privado y fondos de infraestructuras

El capital privado y los fondos en infraestructura tienen más probabilidades de invertir en capital que en deuda, y buscan los mayores rendimientos (McKinsey 2016, 16). Muchas compañías de inversión, fondos de pensiones, aseguradoras y fondos soberanos son socios limitados del capital privado y fondos de infraestructuras (16). Representando poco más del 2 por ciento de los AUM mundiales, el capital privado y los fondos de infraestructuras invierten fuertemente en activos no cotizados (*Preqin Infrastructure Online 2015*), y algunos fondos de capital privado han conseguido rentabilidades significativas en infraestructura sostenible (McKinsey 2016, 16).

Operadores de infraestructuras y promotores

Con 3.4 billones de dólares americanos en AUM, por sus siglas en inglés, los operadores de infraestructuras y promotores juegan un papel importante en la financiación de infraestructura sostenible (McKinsey 2016, 17). Son actores importantes en la economía para proyectos a largo plazo, mientras se benefician de menores costes operativos (17).

Muchos de estos operadores y promotores son grandes corporaciones y pueden lograr un nivel de actividad nacional o regional mediante el desarrollo de infraestructuras que apoyen otras líneas de negocio (McKinsey 2016, 17). Por ejemplo, las empresas mineras tradicionalmente han financiado y construido líneas férreas, carreteras y puertos para conseguir que sus materiales lleguen al mercado (17). Los promotores pueden así controlar la cantidad de gasto de capital y los plazos, y asumir el gasto de construcción, considerados elementos críticos en los proyectos de infraestructura sostenible, dado el alto coste inicial de inversión requerida, la larga duración de los proyectos y su mayor complejidad (17). Muchos operadores y promotores con éxito se involucran en el ciclo de vida desde un primer momento, y a menudo desde su origen (17).

3. Demanda de sostenibilidad y compromiso de incremento por parte del sector privado

3.1. Demanda de sostenibilidad por parte del mercado

La demanda del mercado para proyectos de infraestructura sostenible ha estado históricamente limitada por el incremento de los costes iniciales de inversión y el incremento de tiempo de los retornos de inversión asociados con la fase de preparación en este tipo de proyectos. Con respecto al ciclo de vida del proyecto, sin embargo, la infraestructura sostenible ha demostrado menores gastos operativos. La infraestructura sostenible ahorra dinero y genera rendimientos económicos sólidos, mientras reduce los riesgos y efectos externos negativos a nivel local

y global. De hecho, un estudio realizado por la Comisión Mundial sobre la Economía y el Clima muestra que, a largo plazo, las inversiones en infraestructura sostenible podría llegar a costar un billón de dólares americanos menos que los negocios tradicionales como se muestra a continuación (2014).

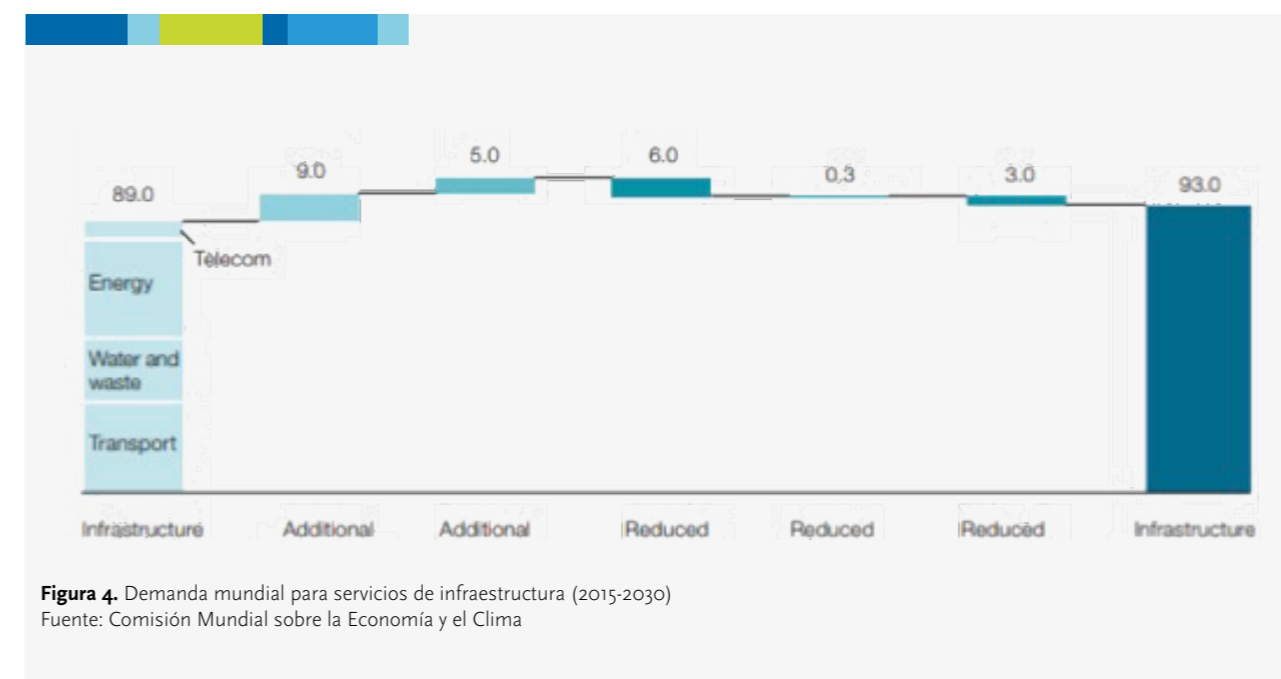


Figura 4. Demanda mundial para servicios de infraestructura (2015-2030)
Fuente: Comisión Mundial sobre la Economía y el Clima

Mientras que puede no resultar suficiente conocer el déficit actual en la financiación de infraestructuras, existen numerosas señales alentadoras de que el mercado se está moviendo positivamente hacia la sostenibilidad en general. Entre 2012 y 2014, los activos invertidos de forma sostenible en los Estados Unidos – incluyendo fondos de inversión, cuentas independientes e inversiones institucionales con objetivo sostenible – se incrementaron un 76 %, hasta cerca de 6.6 billones de dólares americanos, o lo que es lo mismo, uno de cada seis dólares bajo gestión profesional en los Estados Unidos (Norton and Kim 2016). Se estima que 21.4 billones de dólares americanos en el mundo se invertirán de forma sostenible (Norton and Kim).

El número de fondos de inversión y carteras de inversiones en renta fija y/o variable que han integrado en su proceso de inversión criterios medioambientales, sociales y de gobernanza empresarial (ESG, por sus siglas en inglés) se han incrementado de 164 a 235 en 2014 (Wagooner 2017). Más de 1800 inversores de 50 países, que suponen 70 billones de dólares americanos, han firmado los Principios para Inversión Responsable de la ONU. Un conjunto de principios de inversión que ofrece una variedad de posibles acciones para incorporar cuestiones medioambientales, sociales y de gobernanza en materia de inversiones (Naciones Unidas). De acuerdo con *Cambridge Associate*, una consultora de inversión, las rentabilidades en impacto de inversión son ampliamente comparables, o incluso mayores, que aquellas de los fondos convencionales (Matthews, et al, 2015).

Además, se prevé que la emisión de bonos verdes, bonos utilizados para financiar proyectos que tienen un impacto positivo en el medio ambiente y/o en el clima, aumente en un 30 por ciento en 2018 según un informe

de *S&P Global Ratings* (Shiao 2018). Este hecho, impulsaría la emisión de aproximadamente 200 millardos de dólares americanos en 2018, comparados con los 155 millardos de dólares americanos en 2017, y los 13 millardos de dólares americanos de 2013, según la *Climate Bonds Initiative* (Shiao).

Estudio de Caso 1: Bonos verdes y el aeropuerto de Ciudad de México (2016-presente)



En Septiembre de 2016, México vendió 2 millardos de dólares americanos en bonos verdes para financiar parcialmente la ampliación del nuevo aeropuerto de Ciudad de México, lo que supuso la mayor emisión de bonos de este tipo en Latino América en esa fecha. El país emitió un millardo de dólares americanos en bonos a 10 años y un millardo de dólares americanos en bonos a 30 años, respaldados por las tasas por pasajero del aeropuerto existente y del nuevo aeropuerto cuando comience a operar, lo que se espera para finales de 2020. Los bonos a 10 años pagan intereses anuales del 4.25 % y los bonos a 30 años del 5.5 %.

La emisión de bonos verdes fue la primera de un mercado emergente en recibir la calificación de Bonos Verdes en la evaluación de la agencia de inversiones *Moody's*. Ésta le asignó su mayor calificación a los bonos. El nuevo aeropuerto pretende operar con emisiones de carbono neutras, utilizar un 100% de energías limpias (incluyendo energía solar) y ser eficiente en el uso del agua. La demanda procede de los gestores de fondos, de los bancos y fondos de pensiones y de alto riesgo de América del Norte, Latino América, Asia, Europa y Oriente Medio.

Un año después, México aumentó en 4 millardos de dólares americanos más los bonos verdes para financiar el aeropuerto, con una oferta de 3 millardos de dólares americanos en bonos a 30 años y 1 millardo de dólares americanos en bonos a 10 años.

3.2. Aumento de las oportunidades de activismo por parte del sector privado

Aunque las compañías de inversión, las aseguradoras, los fondos soberanos y los fondos de pensiones tradicionalmente se incorporaban en las últimas fases del proceso de desarrollo de infraestructuras, existen signos de que estos actores pueden estar desarrollando un papel más pro activo en el diseño de proyectos sostenibles. Por ejemplo, estos inversores – especialmente algunos fondos de pensiones – están invirtiendo cada vez más directamente en proyectos de infraestructura, en vez de hacerlo como sociedades limitadas en fondos de infraestructura. Por ello, se están comenzando a involucrar más tempranamente como socios de capital privado dentro de un consorcio de proyectos. Además, muchas de ellas están estableciendo objetivos de carteras más agresivas, tanto para las infraestructuras como para la sostenibilidad, lo que puede generar consorcios, fondos de inversión privados, gobiernos, promotores y operadores que tomen parte en más proyectos sostenibles desde un principio (16).

Un número creciente de gobiernos están, asimismo, aceptando ofertas de colaboración público – privadas no solicitadas, aumentando las oportunidades para promotores pro activos. Un promotor entrevistado por McKinsey, declaró que los rendimientos suponen hasta 600 puntos básicos más cuando los promotores y operadores son más que simples “receptores de órdenes” (McKinsey 2016, 17). Según McKinsey, aquellos que llevan a cabo proyectos de infraestructura sostenible para los gobiernos, a través de ofertas no solicitadas, pueden diferenciar sus propuestas y ayudar a los gobiernos a cumplir objetivos en dos vertientes – creando la energía, el transporte, el agua y otras infraestructuras necesarias, a la vez que mitigan los efectos medioambientales negativos y promueven la resiliencia (17).

4. Movilización de fondos adicionales para infraestructura sostenible

4.1. Principales obstáculos

A pesar de su importancia crítica, la inversión en infraestructura sostenible, especialmente en países en vías de desarrollo, se está retrasando y aquellas que se han realizado no alcanzan un nivel óptimo de sostenibilidad. Estos proyectos se enfrentan a tres tipos de retos relativos a : (i) proyectos de infraestructura en general; (ii) limitaciones encontradas en los países en vías de desarrollo; (iii) barreras asociadas a la planificación de contratación sostenible.

Retos relativos a proyectos de infraestructura en general

Los retrasos y las dificultades asociados a las inversiones en infraestructura sostenible derivan, en parte, de temas relacionados con la inversión en infraestructuras en general. Ver la figura siguiente.



Figura 5. Riesgos generales asociados con proyectos de infraestructura. Fuente: autora

Además, aunque los efectos externos indirectos y los beneficios sociales de los proyectos de infraestructura pueden ser amplios, pueden resultar difíciles de evaluar. Como resultado, los mercados por sí solos, a menudo, no pueden proporcionar servicios de infraestructura efectivos y las inversiones privadas no pueden llevarse a cabo sin alguna forma de respaldo público y de mecanismos de reducción de riesgos.

Obstáculos añadidos a los proyectos de infraestructura en países en vías de desarrollo

Los proyectos de infraestructuras en países en vías de desarrollo se enfrentan a limitaciones adicionales. Por ejemplo, la brecha institucional y política es mayor. Muchos países no poseen marcos institucionales y legales fiables. Los riesgos políticos y regulatorios, como la fijación de precios y la amenaza de acciones arbitrarias y unilaterales, tienden a ser mayores. La función institucional está menos desarrollada. (Bhattacharya, Meltzer, et al. 2016, 55).

Además, la mayoría de los países en vías de desarrollo no tienen una cartera de proyectos bien estructurada, las propuestas que salen adelante están a menudo sujetas a costes más altos, la puesta en marcha es más propensa a mayores retrasos y a costes superiores. (Bhattacharya, Meltzer, et al. 2016, 55). Los países en vías de desarrollo también se enfrentan a mayores retos en términos de financiación a largo plazo y los costes de financiación son mucho más altos que los que están disponibles en los países desarrollados (55).

Retos adicionales para los Proyectos de Infraestructura sostenibles

Las inversiones mundiales en infraestructuras se enfrentan a obstáculos para conseguir ser sostenibles. Las decisiones de inversión, por ejemplo, se ven afectadas por mayores distorsiones de precios, debido a que siguen prevaleciendo en mayor medida las subvenciones a los combustibles fósiles, y por la ausencia de una tarificación del carbono. Estas distorsiones de los precios afectan principalmente a los incentivos de inversión en tecnologías de bajas emisiones de carbono, dados los bajos precios vigentes de los combustibles fósiles.

Los proyectos de infraestructura sostenible también pueden conllevar unos costes de transacción y desarrollo relativamente altos. El treinta por ciento de la inversión en una nueva planta de producción de energías limpias, por ejemplo, va a proyectos de pequeña escala como paneles solares en los tejados. Estos proyectos no generan de forma natural la economía de escala que pueda mantener los costes bajos (McKinsey 2016, 3).

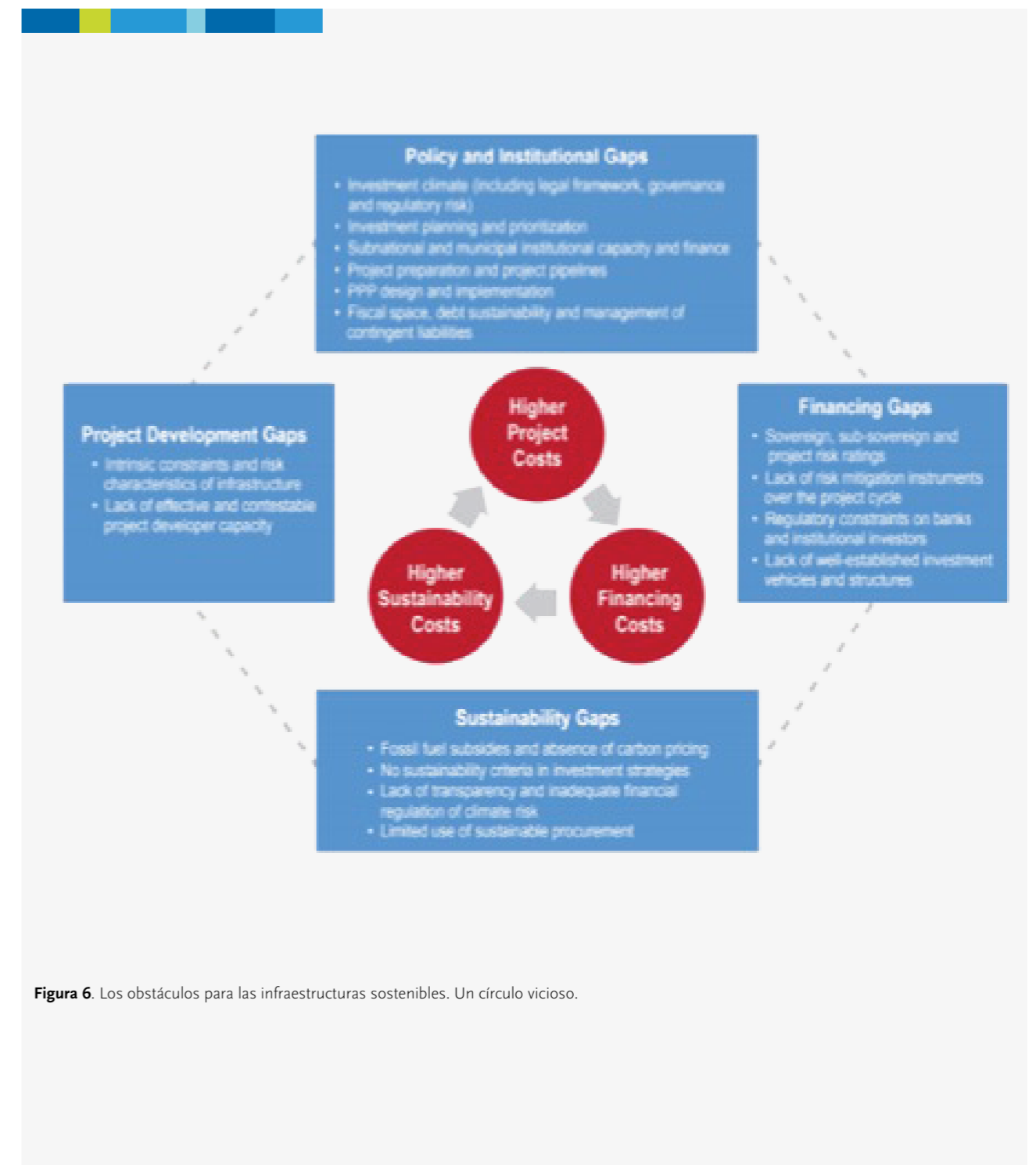


Figura 6. Los obstáculos para las infraestructuras sostenibles. Un círculo vicioso.

4.2. El papel de los bancos multilaterales de desarrollo en la agenda/programa de infraestructura sostenible

Los bancos multilaterales de desarrollo (MDBs, por sus siglas en inglés), pueden jugar un papel fundamental para cubrir la potencial brecha de financiación en infraestructuras a la que se enfrentan los países en vías de desarrollo. Los mercados emergentes y en desarrollo necesitarán más de 3 billones de dólares americanos al año en nuevas inversiones en infraestructuras para cumplir sus objetivos de desarrollo sostenible. Mientras el sector público continuará aportando una parte significativa de la financiación, gran parte del incremento de la financiación tendrá que venir del sector privado dadas las limitaciones presupuestarias del sector público y un incremento en la eficiencia que puede provenir de una mayor implicación del sector privado. Los MDBs pueden ayudar a catalizar esta necesidad creciente de inversión privada de las siguientes formas:

1) Aumentar el uso de instrumentos bien diseñados para la reducción de riesgos y mejoras crediticias.

Una distribución apropiada de riesgos es clave para tener éxito en la financiación de proyectos de infraestructuras. Los instrumentos bien diseñados para la reducción de riesgos pueden ayudar a hacer frente a los riesgos que el sector privado no puede asumir (por ejemplo, regulatorios o de ingresos) mientras que aseguran que el sector privado sigue siendo responsable de los riesgos que están bajo su control. Varios *MDBs* están experimentando nuevos enfoques que pueden ser desarrollados para crear modelos mejores y más reproducibles que pueden utilizarse para ampliar en mayor medida la utilización de instrumentos de mitigación de riesgos.

A pesar de la frecuente utilización de garantías por parte de los diferentes tipos de bancos para el desarrollo, cuentan con una pequeña proporción de carteras de *MDBs* y están particularmente infrutilizadas para la financiación medioambiental. En 2014, sólo el 5 por ciento de la financiación medioambiental de los *MDBs* fueron destinados a garantías (AfDB, et al, 2015). Las garantías son apropiadas para la infraestructura sostenible, dado que se pueden dirigir específicamente y adaptarse a los riesgos regulatorios. Las garantías tienen un ratio medio de apalancamiento en el sector privado de 5, lo que significa que cada dólar invertido en garantías moviliza 5 dólares de capital privado (Bhattacharya, Meltzer, et al. 2016, 109).

Las garantías también tienen multitud de efectos dominó positivos, especialmente en países en vías de desarrollo. Por ejemplo, estas garantías indican la importancia de la sostenibilidad para otros inversores, proporcionando un incentivo para proyectos tradicionales a la hora de incorporar principios de sostenibilidad (Bhattacharya, Meltzer, et al. 2016, 109). Otro beneficio es que los proyectos relevantes se terminan, ya que de otro modo podrían ser considerados de demasiado alto riesgo (109). Para terminar, cuando los proyectos de infraestructura sostenible prosperan en países en vías de desarrollo, se mejora la percepción del riesgos, se producen datos y se mejora la capacidad para esfuerzos futuros (109).

Estudio de Caso 2: Proyectos de garantías del sector energético en Nigeria (2014)



Antecedentes: Aunque Nigeria experimentó una rápida expansión económica durante muchos años, mantuvo un déficit en infraestructura. A pesar de los amplios recursos petrolíferos, el acceso a la electricidad era limitado y suponía el mayor obstáculo para el desarrollo de negocios en Nigeria. Debido a los recursos fiscales limitados, era necesario captar capital del sector privado así como inversión pública.

Programa de subvenciones: El proyecto de garantías del sector energético (*PSGP*, por sus siglas en inglés), puesto en marcha en Nigeria por el Banco Mundial, la Corporación Financiera Internacional (CFI o *IFC* por sus siglas en inglés) y el Organismo Multilateral de Garantía de Inversiones (OMGI o *MIGA*, por sus siglas en inglés) intenta solucionar el problema de las deficiencias del sector energético en Nigeria. El proyecto consiste en un paquete de préstamos y garantías para apoyar una serie de proyectos energéticos. Las garantías del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (*IBRD*, por sus siglas en inglés) incluyen una mitigación a futuro y acuerdos de distribución de riesgos, diseñados para aumentar las reformas del sector energético mientras generan confianza en el mercado y fijan niveles de referencia industrial. El paquete incluye garantías de riesgo parcial del Banco Mundial y seguros de riesgos político del Organismo Multilateral de Garantía de Inversiones.

La importancia: El proyecto de garantías del sector energético (*PSGP*, por sus siglas en inglés) es innovador porque se ha implantado a gran escala y combina diferentes instrumentos, incluidas garantías. El paquete incluye dos proyectos energéticos de nueva planta que reciben mejoras crediticias y garantías de participación en la deuda comercial, que pretenden incorporar proyectos de energías limpias en el crecimiento económico de Nigeria. El segundo instrumento principal es una garantía de riesgo parcial que solo cubre aquellos riesgos claramente identificados relativos a las subvenciones y tasas. La tasación de los proyectos ha conducido a las siguientes conclusiones relativas a la viabilidad y al impacto, que pueden haber sido factores decisivos:

- La influencia del *PSGP*, por sus siglas en inglés, en el desarrollo del sector energético podría tener ramificaciones en el desarrollo integral de Nigeria.
- Dada la escala de financiación requerida, las garantías de mejora crediticia promueven la inversión del sector privado en vez de promover un préstamo directo.
- La garantía de riesgo parcial (*PRG*, por sus siglas en inglés) ofrecida por el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (*IBRD*, por sus siglas en inglés) a los prestamistas comerciales sirve para dos objetivos principales; invita a aumentar la inversión privada y reduce la exposición del *IBRD* (debido a que el gobierno proporciona una indemnización al *IBRD* que queda amortiguada por la venta de proyectos energéticos gubernamentales).
- La presencia del Banco Mundial genera confianza en las instituciones inversoras internacionales

Fuente: Aravamuthan, Ruete y Domínguez, 2015, 17-18

La mejora crediticia puede emplearse para bajar los costes de financiación privados y también puede utilizarse para compensar las primas de riesgo asociadas con gobiernos nacionales o regionales, así como con las entidades del proyecto. Asimismo, debe ir de la mano con las medidas tomadas por los *MDBs* para gestionar estos riesgos (Bhattacharya, Meltzer, et al. 2016, 108). El valor de estas mejoras crediticias también debe evaluarse en comparación con la alternativa ofrecida por el *MDB* (108).

2) Ayudar a cerrar la brecha de viabilidad en la financiación de infraestructura sostenible

Reduciendo los costes totales de financiación a través de la unión entre financiación privada y concesiones, los *MDB* y otras instituciones financieras oficiales pueden ayudar a crear paquetes financieros viables. Especialmente, los *MDBs* tienen una ventaja comparativa (i) por su trabajo con los gobiernos para crear paquetes financieros viables que ayuden a transformar una posible financiación en infraestructura sostenible en demandas de inversión, sin distorsionar los incentivos fundamentales; y (ii) movilizar el capital de desarrollo para financiar la prima por anticipado, lo que podría ser necesario para proyectos de infraestructura sostenible mediante un paquete de recursos financieros combinados.

El capital de desarrollo podría utilizarse para aumentar el porcentaje de proyectos de infraestructura que son sostenibles. Si los bancos de desarrollo, las organizaciones de ayuda, y los organismos de financiación climática dedicaran de 10 a 15 millardos de dólares americanos anuales para financiar primas sostenibles para la eficiencia energética, esto podría incrementar el valor de la infraestructura energéticamente eficiente en hasta 176 millardos de dólares americanos al año (Bhattacharya, Meltzer, et al. 2016, 19).

3) Ampliar el rango de instrumentos financieros.

Aumentar el flujo de capital privado en infraestructura sostenible requiere el desarrollo de instrumentos financieros innovadores que puedan responder a las necesidades y aptitudes de diferentes tipos de inversores. La innovación en instrumentos financieros puede aumentar el rango de opciones de inversión, mejorar el perfil de riesgo-rentabilidad, ayudar a alcanzar una mayor base inversora y canalizar más recursos en infraestructuras sostenibles.

Instrumentos como los bonos verdes y los *YieldCos* aumentan los flujos de capital hacia la infraestructura sostenible. Estos ya han demostrado una aceptación prometedora. Los bonos verdes han crecido rápidamente en los últimos años, con estimaciones de más de 65 millardos de dólares americanos a mediados de 2015 (*Climate Bond Initiative & HSBC Climate 2015*). En el año 2014 se produjo la primera emisión de bonos verdes por parte de una economía emergente a nivel municipal, en la ciudad de Johannesburgo (Bhattacharya, Meltzer, et al. 2016, 96). Los *YieldCos* son sociedades de cotización oficial creadas por una empresa matriz que unen activos de infraestructuras operativas para generar flujos de caja predecibles que se pagan en dividendos a los accionistas. En los Estados Unidos y en Gran Bretaña los *YieldCos* aumentaron en 4,5 millardos de dólares americanos en 2014 (96).

Otro reto es la creación de instrumentos financieros que respondan a la necesidad de crecimiento para infraestructura a pequeña escala. Esto se da especialmente en el caso de países emergentes y en vías de desarrollo donde la infraestructura a pequeña escala es un elemento crítico del desarrollo económico. Una posible solución pasa por incluir la agrupación de múltiples proyectos para alcanzar un nivel de escala y reducir

costes. La innovación será también necesaria para financiar diferentes tipos de inversores en infraestructura sostenible, comparado con la infraestructura tradicional, incluyendo muchos inversores más pequeños, y a menudo menos solventes, como los involucrados en la energía solar.

4) Estandarizar el método de evaluación de la sostenibilidad

Mientras no exista una definición común de infraestructura sostenible, los actores de la industria tradicionalmente reconocen que la infraestructura sostenible tiene componentes medioambientales, económicos y sociales, y a menudo se concibe en el contexto de Objetivos de Desarrollo Sostenible (SDG por sus siglas en inglés).



Figura 7. Infraestructura sostenible y Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Sin embargo, debido a que la comunidad de desarrollo no cuenta con una definición estandarizada, tampoco existen parámetros estandarizados para evaluar la sostenibilidad en los proyectos de infraestructura. Algunos de los sistemas de calificación de sostenibilidad emergentes en el sector de infraestructura incluyen *BE2ST-in-Highways™*, *Envision™*, *GreenLITES™*, *Greenroads™*, *I-LAST™*, e *INVEST™*, pero cada uno se aplica en diferentes áreas.

Como resultado, los proyectos de infraestructura sostenible podrían necesitar contratar consultores externos que evalúen el impacto de su proyecto, en vez de llevar a cabo un análisis estandarizado interno. Los costes adicionales, que podrían ser eliminados en muchos casos si existieran parámetros estandarizados de sostenibilidad, pueden ser un factor que disuada a los inversores privados de invertir sus recursos en estos proyectos.

4.3. La necesidad de una cartera de proyectos de infraestructura sostenible financiable

Los bancos de desarrollo pueden orientar la inversión en ayudar a países en vías de desarrollo durante el proceso de planificación de infraestructuras sostenibles. Tanto en la fase de preparación como en la de identificación.

Por ejemplo, el Banco Interamericano de Desarrollo (*IDB*, por sus siglas en inglés) y la Corporación Interamericana de Inversiones (*IIC*, por sus siglas en inglés) han creado *NDC Invest* cuyo propósito es ayudar a los países a acceder a los recursos necesarios para convertir los compromisos climáticos nacionales en planes de inversión y proyectos financiables. Uno de los cuatro pilares básicos de la iniciativa es el Programador *NDC*, que reúne a un grupo de consultores capaces de dar apoyo en áreas que van desde el análisis de las barreras de entrada a nivel sectorial, los análisis legales y normativos, la evaluación de las necesidades de financiación y las oportunidades al asesoramiento relativo a la medición, información y validación. Estos consultores también serán capaces de apoyar el análisis de las necesidades y oportunidades en diferentes sectores, tales como: energía, transporte, forestación, residuos, etc. para identificar las inversiones prioritarias en estos ámbitos (Tennant).

Los bancos de desarrollo también pueden colaborar con el desarrollo de servicios para la preparación de proyectos y facilitar la asistencia técnica para aumentar las carteras de proyectos financiables. Esta es la fase de mayor riesgo en el ciclo de vida del proyecto, y está sujeta a una captación de rentas significativa. Dada la escasez crónica en muchos países en vías de desarrollo respecto del mejor promotor en términos de capital/experiencia, esta es un área en la que las facilidades de financiación más adecuadas pueden tener rendimientos desproporcionados (4-5). *NDC Invest* está desarrollando un plan llamado *NDC Pipeline Accelerator* para facilitar la unificación de recursos en proyectos en los que se pueda invertir, pero que requieren un trabajo previo significativo para ofrecérselos al mercado (Tennant 2016). La división principal de cambio climático del *IDB* espera que el programa *NDC Pipeline Accelerator* se centre en proyectos de infraestructura sostenible, donde puede existir una importante preparación de trabajo de base en términos de planificación y de diseño de asociaciones público-privadas, así como estudios y evaluaciones necesarias para integrar la sostenibilidad en la fase de preparación del proyecto.

5. Referencias

- AfDB, AsDB, EBRD, EIB, IDB, IFAD, IsDB, and WBG. 2015. *Joint Report on Multilateral Development Banks' Climate Finance, 2014*. African Development Bank, Asian Development Bank, European Bank for Reconstruction and Development, European Investment Bank, Inter-American Development Bank Group, & World Bank Group.
- Aravamuthan, Madhu, Marina Ruete, and Carlos Dominguez. 2015. *Credit Enhancement for Green Projects: Promoting credit-enhanced financing from multilateral development banks for green infrastructure financing*. Winnipeg: International Institute for Sustainable Development.
- Bhattacharya, Amar, Joshua P Meltzer, Jeremy Oppenheim, Zia Qureshi, and Nicholas Stern. 2016. *Delivering on Sustainable Infrastructure for Better Development and Better Climate*. December. Accessed February 14, 2018. https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2016/12/global_122316_delivering-on-sustainable-infrastructure.pdf.
- Bhattacharya, Amar, Soumya Chattopadhyay, and Aatika Nagrah. Forthcoming. *Framework for Assessing the Role of Sustainable Infrastructure*. Washington: Brookings Institution.
- Clevenger, Caroline M., Mehmet E. Ozbek, and Sherona Simpson. 2013. "Review of Sustainability Rating Systems used for Infrastructure Projects." *49th ASC Annual International Conference Proceedings*. Associated Schools of Construction. <http://ascpro.ascweb.org/chair/paper/CPRT88002013.pdf>.
- Climate Bond Initiative & HSBC Climate. 2015. *Bonds and Climate Change: The State of the Market in 2015*. July. climatebonds.net.
- Climate Policy Initiative. 2013. *Risk Gaps*. <https://climatepolicyinitiative.org/publication/risk-gaps/>.
- Cortina, Juan Jose, Tatiana Didier, and Sergio L. Schmukler. 2015. *How Long Do Corporates Borrow? Evidence from Capital Raising Activity*. Mimeo.
- Crabb, John. 2017. *DEAL: Mexico City Airport - the world's largest green bond*. September 27. Accessed February 23, 2018. <http://www.iflr.com/Article/3754635/DEAL-Mexico-City-Airport-the-worlds-largest-green-bond.html>.
- Ehlers, Torsten. 2014. *BIS Working Papers: Understanding the challenges for infrastructure finance*. August. Accessed February 14, 2018. <https://www.bis.org/publ/work454.pdf>.
- Engel, E, R Fischer, and A Galetovic. 2010. "The economics of infrastructure finance: Public-Private Partnership versus public provision." *EIB papers*, 41-69.
- Harrup, Anthony. 2016. *Mexico Sells \$2 Billion in Green Bonds to Help Finance Airport*. September 23. Accessed February 23, 2018. <https://www.wsj.com/articles/mexico-sells-2-billion-in-green-bonds-to-help-finance-airport-1474650693>.
- Humphrey, Chris. 2015. *Challenges and Opportunities for Multilateral Development Banks in 21st Century*. Working Paper, Washington: Intergovernmental Group of Twenty-Four on Monetary Affairs Development, and Global Green Growth Institute.
- Inderst, Georg. 2016. *Infrastructure Investment, Private Finance, and Institutional Investors: Asia from a Global Perspective*. ADBI Working Paper Series, Manila: Asian Development Bank Institute.

- Matthews, Jessica, David Sternlicht, Amit Bouri, Abhilash Mudaliar, and Hannah Schiff. 2015. *Introducing the Impact Investing Benchmark*. Cambridge Associates.
- McKinsey. 2016. *Financing change: How to mobilize private-sector financing for sustainable infrastructure*. January. Accessed February 14, 2018. https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/capital%20projects%20and%20infrastructure/our%20insights/the%20next%20generation%20of%20infrastructure/financing_change_how_to_mobilize_private-sector_financing_for_sustainable_infrastructure.ashx.
- McKinsey Global Institute. 2013. *Infrastructure Productivity: How to Save \$1 Trillion a Year*. McKinsey & Company.
- Norton, Leslie P., and Crystal Kim. 2016. *The Top 200 Sustainable Mutual Funds*. October 8. Accessed February 23, 2018. <https://www.barrons.com/articles/the-top-200-sustainable-mutual-funds-1475903728>.
- OECD. 2013. *Long-term investors and green infrastructure*. Working Paper, OECD.
- OECD. 2015. *Mapping of Instruments and Incentives for Infrastructure Financing: A Taxonomy*. OECD Report to G20 Finance Ministers and Central Bank Governors, Paris: OECD.
- Perera, Oshani, David Uzsoki, and Mariana Silva. 2015. *Ideas and Solutions to Address the USD 50 Trillion Infrastructure Deficit*. International Institute for Sustainable Development.
- Preqin Infrastructure Online. 2015. *Funds and Limited Partnership Investors*. June.
- Reed, Stanley. 2014. *Norway wealth fund targets \$3 billion in green technology stakes*. December 1. bloomberg.com.
- Roumeliotis, Greg. 2010. *Analysis: Basel III rules could spell potholes, literally*. April 10. reuters.com.
- Shiao, Vivien. 2018. *Global green bond issuance expected to spike by 30% in 2018: S&P Global Ratings*. January 30. Accessed February 23, 2018. <http://www.straitstimes.com/business/companies-markets/global-green-bond-issuance-expected-to-spike-by-30-in-2018-sp-global>.
- Tennant, Tessa. 2016. *IDB ANNOUNCES "ONE-STOP SHOP" FOR NDC FINANCE IN LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN*. July 11. Accessed February 20, 2018. <http://ndci.global/idb-announces-integrated-platform-to-fast-track-ndc-finance-in-latin-america-and-the-caribbean/>.
- The Global Commission on the Economy and Climate. 2014. *Better Growth, Better Climate*. newclimateeconomy.net.
- United Nations. n.d. *About the PRI*. Accessed February 23, 2018. <https://www.unpri.org/about>.
- Waggoner, John. 2017. *ESG funds boosted by women and millennial investors*. December 2. Accessed February 23, 2018. <http://www.investmentnews.com/article/20171202/FREE/171209991/esg-funds-boosted-by-women-and-millennial-investors>.
- World Bank. 2013. *Financing for Development Post-2015*. Washington: The World Bank Group. <https://www.worldbank.org/content/dam/Worldbank/document/Poverty%20documents/WB-PREM%20financing-for-development-pub-10-11-13web.pdf>.



05



La perspectiva de los gestores,
operadores y mantenedores
de infraestructuras

Antonio Burgueño Muñoz.
Ingeniero de Caminos Canales y Puertos. FCC

1. Infraestructuras sostenibles.

Decimos que las infraestructuras que construimos y utilizamos deben ser sostenibles porque, aunque en realidad siempre lo hemos sabido de manera intuitiva, ahora somos conscientes de que ninguna de las componentes de la sostenibilidad, por sí sola, es suficiente. No basta con que la carretera, pongamos por caso, sea rentable, ni económicamente productiva para cualquiera de los agentes que intervienen o la disfrutan (la Administración, el concesionario, el conductor, las aseguradoras...). No basta con que se preserve el medio natural por el que discurre un ferrocarril o en el que se enclava una presa, ni es suficiente que las personas y la sociedad hayan sido tenidas en cuenta, consultadas, respetadas, que se hayan buscado la equidad y la justicia y se haya compensado a quienes lo requieren o beneficiado al mayor volumen de gente posible. No. Ahora sabemos que las tres componentes de la sostenibilidad deben ser satisfechas y estar en equilibrio. Que la parte social, la ambiental y la económica deben ser consideradas en su conjunto y vistas simultáneamente, sin que entre ellas haya ganadores ni perdedores a costa o en pro de alguna otra faceta.

Entendida así la sostenibilidad, como el equilibrio que optimiza los resultados sociales, ambientales y económicos de una infraestructura, la interpretación arroja luz sobre las medidas que pueden adoptarse para su consecución, así como sobre lo que debemos considerar, lo que debemos medir para aproximarnos a una comprensión común y a una evaluación de la sostenibilidad que nos permita hablar un lenguaje compartido y avanzar en una misma línea.

Necesitamos indicadores para conocer el grado de sostenibilidad en el que nos encontramos o, más bien, lo que nuestra infraestructura aporta a la sostenibilidad global. Indicadores sociales, ambientales y económicos que atraviesen todo el ciclo de vida de la infraestructura, desde su concepción, pasando por el diseño, la construcción, la explotación y mantenimiento hasta llegar al fin de su vida útil.

Las primeras etapas tienen ya efectos sobre el entorno en el que la infraestructura se va a enclavar. Su concepción y el anuncio de que va a existir generan impactos de diversa índole. También el diseño, fase en la que se determinan, se condicionan los impactos positivos y negativos que se van a dar. Y la construcción, cómo no, que también actúa sobre el entorno (económico, social y ambiental, siempre, recordémoslo) de un modo importante. Pero es evidente que todos esos estadios anteriores son una mera necesidad, una vía para llegar a lo que finalmente se va a dar durante la fase de explotación y uso de la infraestructura. Que todos los demás tienen lugar únicamente porque se buscan estos últimos frutos. Porque se busca el servicio que la infraestructura va a prestar una vez concluida.

Por ello es importante calibrar suficientemente bien cuáles van a ser estos efectos, ponderarlos, ponerlos frente a los que, positivos y negativos, se van a dar en las fases anteriores y en las eventuales posteriores, realizar un balance y tomar las decisiones que mejor convengan.



Figura 1. Las infraestructuras vertebran el territorio estableciendo nexos y articulando el espacio en un compromiso entre medio ambiente, sociedad y economía (Puente de Mersey).

2. Resiliencia.

En este sentido, y aunque volveremos sobre el tema capital de los indicadores, conviene ahora introducir un concepto básico al considerar la sostenibilidad de las infraestructuras en su fase de uso: la resiliencia.

El entorno en el que las infraestructuras desempeñan su papel es un entorno siempre agresivo. La evolución de las cosas no tiende nunca a mejorar el estado de la obra civil, ni a aumentar su esperanza de vida, cuando se suceden de un modo natural y continuo. Pero es que, además, vivimos en un mundo en el que los fenómenos extremos son frecuentes y en el que la previsión es que lo sean cada vez más. Atrás quedaron los tiempos de la incertidumbre sobre si el calentamiento global era o no una realidad. Ahora sabemos que lo es. Que podemos combatirlo en cierta medida, pero que se está produciendo y que será mayor, y que tendrá efectos sobre los que algo intuimos, algo sabemos, pero que desconocemos, si bien vemos la tendencia y hacia dónde van.

Pero no es ese el único fenómeno contra el que las infraestructuras deben luchar. Terremotos, actos vandálicos y terrorismo, inundaciones, accidentes, fallos en los sistemas, cientos de cosas que pueden salir mal, que pueden suceder, que pueden interferir en el normal funcionamiento, en el normal servicio que la infraestructura tiene que prestar, para el que fue concebida. Es más, probablemente cuando alguno de dichos fenómenos de produzca será cuando más necesario sea que la infraestructura esté disponible, que funcione con niveles de servicio suficientes. Esa capacidad de resistir es lo que denominamos resiliencia.

La resiliencia supone la garantía de continuidad en el servicio que una infraestructura presta de forma suficientemente satisfactoria en múltiples circunstancias. La resiliencia es una característica que constituye parte de la sostenibilidad y que viene a incrementarla, porque, en definitiva, aumenta la probabilidad de que aquello que indiscutiblemente es positivo en las infraestructuras, que es el servicio que prestan, se mantenga en el tiempo y pueda utilizarse en los momentos en que más necesario resulta.

3. Resiliencia y sostenibilidad.

Planteado el concepto de sostenibilidad, como hemos hecho, en términos de equilibrio óptimo entre sociedad, medio ambiente y economía, y descrita la resiliencia como la capacidad que las infraestructuras tienen para resistir y seguir prestando servicio en circunstancias difíciles, frente a fenómenos inesperados o extremos y permanecer, se diría que hemos planteado una ecuación bastante clara y no muy difícil de resolver: todo apunta en la misma dirección. Pero no es exactamente así, o, al menos, no tan sencillo.

La resiliencia es producto de un buen hacer, de una construcción robusta y de calidad, de una gestión de las infraestructuras inteligente y adecuada. El resultado de las cosas bien hechas es, sin duda, una mayor resiliencia. Pero existen más factores. En general, la resiliencia tiene mucho que ver con otro concepto que también es necesario manejar para tener una perspectiva correcta y completa. El concepto de redundancia.

La idea de la redundancia tiene que ver con la mayor calidad de las infraestructuras. Estructuras más resistentes, mejores diseños, materiales de mayor calidad, mayor seguridad estructural y más prolongada vida útil. En general, vienen siendo, de un modo u otro, lo que llamamos aplicación de coeficientes de seguridad. Calculamos, por ejemplo, la armadura que necesitará el hormigón para resistir unos determinados esfuerzos, y mayoramos el resultado. Incrementamos en un determinado porcentaje dichos esfuerzos (que, en definitiva, son hipótesis casi siempre), y aumentamos la cuantía de acero que finalmente colocaremos. Dimensionamos para una determinada avenida, para una determinada intensidad media de tráfico, para una determinada resistencia del terreno o una determinada altura del nivel freático, y recrecemos la presa, aumentamos el espesor de la capa de firme, cimentamos con mayores zapatas o pilotes más profundos, impermeabilizamos los espacios que quedan bajo la cota del terreno, sistemáticamente adoptamos soluciones que nos dejan del lado de la seguridad. Sería insensato hacerlo de otro modo. Y eso aumenta la resiliencia de nuestra obra.

Pero démonos cuenta de lo que eso significa. Es obvio que la adopción de esas medidas, de esas soluciones, supone mayor empleo de materiales, que supone un mayor consumo de recursos, que la obra resulta más cara, y eso, en principio, supone un decremento de la sostenibilidad. Al menos de las componentes económica y ambiental. No se está diciendo que no deba hacerse, en absoluto. Al contrario. Debe hacerse cuando sea preciso, cuando los costes asumidos lo hagan justificable y la necesidad lleve a equilibrar los costes superiores con los beneficios (globales) obtenidos. Se está diciendo que deben tenerse en cuenta también las demás componentes de la ecuación. Que esa mayor inversión económica, ambiental, puede ser la forma de equilibrar lo que, de otro modo, sería una debilidad social inaceptable, y debemos recordar que se trata en todo momento de la búsqueda del equilibrio entre las tres. Pero será necesario buscar ese equilibrio y establecer el punto que optimiza la rentabilidad (insistimos en que se trata de una rentabilidad en un sentido amplio, buscando el mayor beneficio no sólo económico, sino ambiental y social también).

Vemos que los conceptos de sostenibilidad, resiliencia y redundancia están, pues, muy íntimamente relacionados y que, con aparentes contradicciones, avanzan en un mismo sentido.

Pero no hemos terminado con el concepto de redundancia, porque la necesidad de prestar servicio frente a fenómenos que salgan de lo normal es de vital importancia. El concepto de redundancia afecta también a la planificación, y es absolutamente preciso tenerlo en cuenta cuando se ordena el territorio y cuando se planifican las infraestructuras. Si un servicio (la comunicación entre dos ciudades, por ejemplo) se considera de trascendental necesidad, es preciso contar con que, en caso de fallo de una vía de comunicación, deben

existir alternativas. Deberá haber más vías que presten un servicio análogo y capaz de sustituirlo (por ejemplo, más carreteras que unan dichas ciudades), y más servicios prestados por soluciones alternativas (como líneas de ferrocarril que puedan cumplir con necesidades que una determinada carretera podría dejar de satisfacer, o aeropuertos o canales de navegación).

El concepto de redundancia afecta, pues, a la planificación del territorio y a la estrategia en la concepción de los servicios necesarios y del modo de darles cumplimiento.

Y, finalmente, la resiliencia tiene también relación con la redundancia en la gestión. Con la capacidad del gestor para asegurar el servicio con los recursos disponibles mediante la optimización de los mismos. Redundancia en la gestión incluye sistemas que sustituyan a los que eventualmente pueden caerse, personal que supla al que podría no estar disponible, métodos de mantenimiento que garanticen la operación durante las labores de reparación, de limpieza, de mantenimiento e incluso de rehabilitación, o que, cuando menos, minimicen los tiempos de espera o suspensión del servicio, reduciéndolos a mínimos que, en todo caso, deberán conocerse y considerarse aceptables. Gestión mediante la que se empleen los equipos, las vías, los canales o túneles de que se disponga en exceso para mantener el servicio al máximo durante las operaciones habituales y previstas, pero también frente a los acontecimientos inesperados o extremos. Deberá contarse con planes de contingencia que cubran las posibles eventualidades en todos los niveles y grados que se consideren, deberán probarse, evaluar su eficacia, y corregirse en lo necesario tras su activación por necesidades reales o en simulacros.

4. El difícil equilibrio.

Sostenibilidad, pues, siempre. Es el objetivo. El objetivo ineludible y, desde la razón, hoy, ya, afortunadamente, indiscutible. Resiliencia, siempre también. Pero, a diferencia de lo que ocurre con la sostenibilidad, que siempre queremos que sea máxima (en realidad es que la sostenibilidad siempre es máxima, o no es sostenibilidad, pues consiste, por definición, en obtener el máximo beneficio ambiental, social y económico manteniendo un equilibrio entre los tres), con la resiliencia, en cambio, no siempre queremos llegar hasta el máximo. Por dos razones. Primero, porque dicho máximo no existe. Siempre es posible incrementar la garantía de funcionamiento de cualquier infraestructura de algún modo. Pero, y más importante, porque no queremos hacerlo. Extremar la resiliencia contradiría los principios de la sostenibilidad, del equilibrio necesario. El nivel debe ser acorde con las necesidades y los objetivos que se persigan. Las inversiones, adecuadas. Las medidas que se adopten, función de las características y de los servicios que se pretende asegurar.

En toda solución van a darse componentes políticas, estratégicas. No existe “la” solución adecuada, sino “una” solución adecuada. Dada la insoslayable limitación de recursos con que convivimos, siempre será necesario el establecimiento de criterios para la adopción de soluciones, para la toma de decisiones.

Se preguntará, entonces, cuál es el papel de los técnicos. Para qué estudiar la sostenibilidad, su concepto, sus definiciones. La respuesta es que tenemos la misión de acordar unos criterios comunes, un lenguaje común, unos indicadores que nos permitan a todos hablar de lo mismo, expresarlo en los mismos términos, en las mismas unidades, si se quiere, y que permitan al ciudadano (y al político, y al inversor, y al operador, y al usuario) entender los parámetros a partir de los cuales se han tomado dichas decisiones, entender cuáles son los niveles de seguridad que se manejan cuando se habla de una infraestructura, de su uso, gestión, de su mantenimiento y explotación. Que las obras y las infraestructuras están contribuyendo a la sostenibilidad del planeta, y en qué medida, y cómo, y qué va a suceder, si algo falla, para que no falle.

Como la mujer del César, que debe parecer honesta, además de serlo, las infraestructuras deben ser sostenibles, de otro modo, no serán nada en el futuro, pero no sólo deben serlo, también deben demostrar que lo son. Es preciso que seamos capaces de medir y expresar en términos adecuados y comprensibles los resultados de nuestras obras de ingeniería civil. Es necesario el empleo de indicadores.



Figura 2. Optimización en el empleo de materiales, en el impacto sobre el entorno y el empleo de recursos, con la robustez técnica y las soluciones estructurales necesarias para garantizar prestaciones, resistencia, durabilidad, resiliencia. (Viaducto de Almonte)

5. Indicadores.

Porque los indicadores nos facilitan términos de referencia y comparación. Resultan elementos imprescindibles para medir y expresar la contribución de las infraestructuras a la sostenibilidad o hacerse una adecuada imagen de las características de las infraestructuras desde un punto de vista de resiliencia, de eficacia, del cumplimiento de sus objetivos de partida o de los posteriormente definidos, y de la evolución de todo ello a lo largo del tiempo. La necesidad de tomar decisiones a lo largo del ciclo de vida de las infraestructuras, así como la de comunicar a las partes interesadas cuál es el comportamiento de las mismas, se ve enormemente facilitada por el uso de estos indicadores.

Es necesario establecer indicadores para cada uno de los estadios del ciclo de vida de la obra civil, desde su concepción hasta su puesta fuera de servicio. En la fase de explotación, los indicadores serán los relativos al estado y mantenimiento, y al servicio efectivamente prestado por la obra, y será necesario elegirlos de modo que reflejen lo más fielmente posible la situación en que se encuentra dicha prestación del servicio, pero que sean lo

suficientemente claros como para dar una idea fiel y suficientemente representativa a todas las partes implicadas o con interés en ello, sin necesidad de que sean todos ellos expertos, aunque suficientemente rigurosos como para no dar una falsa imagen o un retrato incompleto de la situación y su evolución.

Muchas veces los indicadores tienen, además, la utilidad de servir como criterio para realizar las certificaciones y las posibles bonificaciones o penalizaciones para los operadores de la infraestructura, pero suelen ser buenos los mismos indicadores para dar un reflejo de la situación y del servicio prestado también para un público más amplio, a veces no tan directamente implicado en sus aspectos económicos, así como para facilitar información más especializada de cara a realizar estudios, prospecciones o planificar estrategias y definir políticas.

En carreteras, por ejemplo, algunos indicadores empleados para hacer seguimiento del mantenimiento podrían ser los que aparecen en la siguiente tabla:

Posibles indicadores de estado y de servicio para una carretera

Firmes. Resistencia al deslizamiento	Marcas viales. Resistencia al deslizamiento
Firme. Macrotextura	Marcas viales. Luminancia
Firme. Regularidad Longitudinal	Señalización vertical
Firme. Capacidad estructural	Limpieza de márgenes y áreas de descanso
Firme. Regularidad Transversal	Limpieza y reparación de drenaje
Firme. Fisuración y fatiga	Funcionamiento de la iluminación
Firme. Fisuración en Hormigón	Túneles. Elementos estructurales
Firme. Transferencia de Carga	Túneles. Revestimientos
Firme. Asentamiento	Túneles. Iluminación
Firme. Baches	Túneles. Ventilación
Firme. Limpieza de firme drenante	Túneles. Extinción incendios
Taludes	Túneles. Instalación eléctrica
Siegas, podas y desbroce	Túneles. Sistema de comunicación
Mantenimiento de plantaciones	Túneles. Sistema de vigilancia
Limpieza de calzada y arceas	Túneles. Despeje zonas de emergencia
Puentes	Barreras y elementos de contención
Vialidad invernal	Atención a incidentes y accidentes
Seguridad Vial. Peligrosidad	Ocupación de carriles
Seguridad Vial. Mortalidad	Nivel de servicios
Seguridad Vial. Actuaciones en TCA	Vigilancia

Cada uno de los cuales requeriría de un desarrollo que permitiese asegurar que el resultado expresa de un modo uniforme lo que se persigue, independientemente de quién sea el que mide, y que aclarase el concepto realmente expresado a través del valor que arroja. Existe mucho trabajo hecho en este sentido, y se emplean con frecuencia en la valoración del desempeño de los agentes encargados de la operación y el mantenimiento. Así, por ejemplo, respecto a la vialidad invernal, se consideran las incidencias que se presentan cuando se produzcan cortes de circulación total o bloqueo como consecuencia de la presencia de nieve y no se haya propuesto previamente la restricción preventiva de tráfico que corresponda, o cortes de carretera por accidentes debidos a vehículos pesados circulando, no habiéndose propuesto con antelación la restricción de tráfico correspondiente, o las veces que es preciso un corte de circulación preventivo a vehículos pesados por nevada, considerando la duración máxima en función de la duración de la nevada, o el control de vehículos ligeros circulando sin cadenas siendo necesario el empleo de las mismas y no habiéndose propuesto previamente dicha restricción. Indicadores o desarrollo de los mismos que sirve para evaluar el correcto funcionamiento y los resultados obtenidos.

El estudio puede llevar gran detalle, y la información disponible suele ser muy abundante. En ocasiones es necesario incluso recurrir al tratamiento de Big Data para su manejo, pero es preciso siempre simplificar los resultados, agregarlos y ser capaces de expresarlos de modo claro e inteligible por el destinatario de la información. Ello puede implicar emitir informes distintos o utilizar, incluso, indicadores diferentes en función del público final y hasta de los medios de transmisión y la forma de comunicarlos, siempre satisfaciendo los requisitos básicos que deben regir a la hora de seleccionar y definir los indicadores para garantizar que son suficientemente representativos y completos para el fin a que se destinan.

Estos indicadores permiten establecer objetivos y cuantificarlos, de modo que se convierten en una herramienta de gestión, además de serlo de comunicación. Permiten organizar los trabajos, aprender de los errores, observar la evolución que se deba corregir en su caso, para mejorar en el desempeño, comparar resultados de unas actuaciones a otras e incluso dentro de un mismo proyecto, de un momento a otro o en función de las distintas condiciones que inevitablemente se van dando a lo largo del tiempo, y, finalmente, justificar el resultado frente a la opinión pública y al conjunto de las partes interesadas.

Pero en el trabajo de elaborar y seguir la evolución de los indicadores, así como en el empeño de medir la sostenibilidad de las infraestructuras, nos encontramos con frecuencia que, pese a la necesidad de objetividad que nos lleva al empleo de indicadores cuantitativos (imprescindibles y deseables siempre que son posibles), muchas veces es precisa una reflexión cualitativa en torno al proceso, al comportamiento efectivo de la infraestructura, de su utilidad, de su contribución a la mejora de la sociedad, a su integración en el entorno natural de manera respetuosa, a su rentabilidad en un sentido amplio.

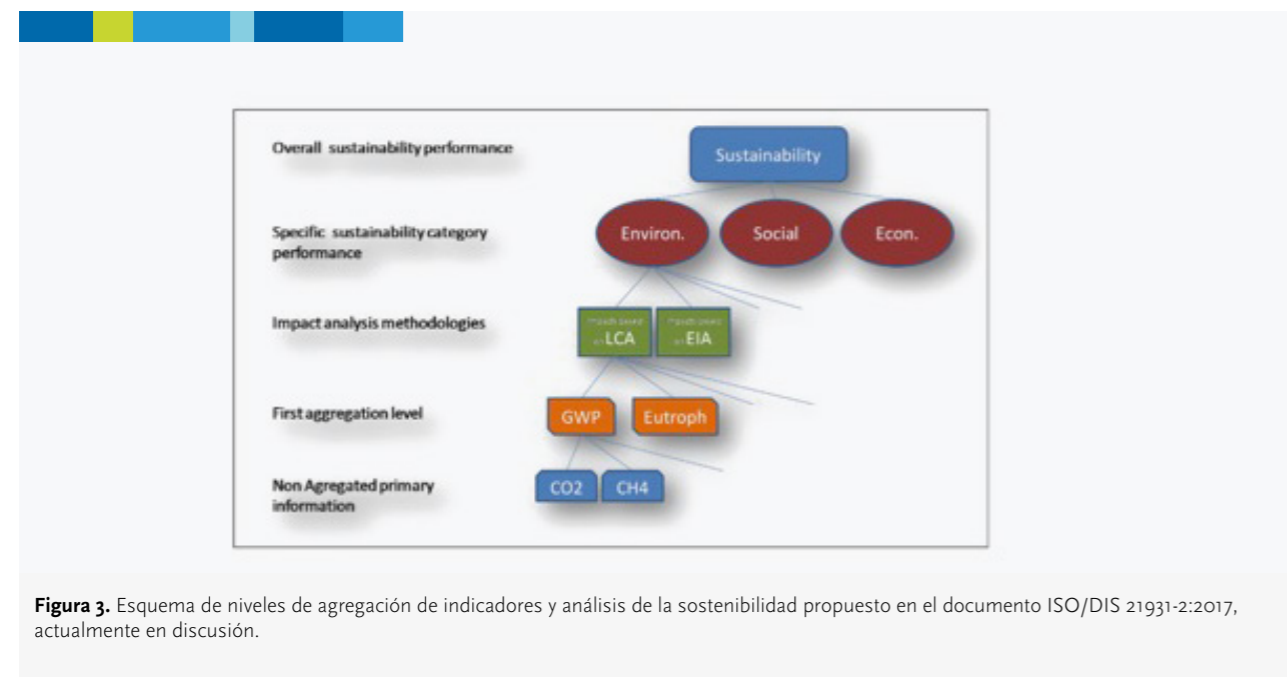


Figura 3. Esquema de niveles de agregación de indicadores y análisis de la sostenibilidad propuesto en el documento ISO/DIS 21931-2:2017, actualmente en discusión.

6. Ciclo de vida

Por otra parte, es necesario tener en cuenta que no existen “sostenibilidades parciales”. Se oye con frecuencia hablar de la sostenibilidad ambiental o de la social. No es posible considerar sólo uno de los tres pilares de la sostenibilidad y seguir empleando la palabra sostenibilidad con propiedad. La sostenibilidad es, ya lo hemos dicho antes, el equilibrio entre las tres componentes social, ambiental y económica. Pero conviene también llamar la atención sobre que tampoco temporalmente se puede hablar de sostenibilidad y restringirlo a una única fase de la vida de la infraestructura. La perspectiva debe ser siempre global y holística. Hay que contemplar todo el ciclo de vida y verlo en su conjunto.

Con frecuencia es necesario compartimentar el estudio, el enfoque e incluso la transmisión de resultados, pero debemos ser conscientes de que nada significan si no es dentro del marco global de toda la vida del proyecto. Hablamos de las fases de producción, construcción, uso y fin de vida. Fases que, a su vez, comprenden diversos estadios o partes y, así, en la fase de producción (la que tiene su arranque en la extracción de los materiales y llega hasta la obra), se incluyen dicha obtención de materiales y su manufactura o procesado previo a su empleo durante la construcción, incluyendo el transporte preciso desde el origen de los materiales hasta la fábrica, o los posteriores para su almacenaje, y todos los previos a su salida hacia el destino de uso. La fase de construcción cubre el segundo transporte, este hasta la puerta de la obra y, en general, todo el periodo entre el inicio de la ejecución hasta que la infraestructura se ha completado y se encuentra lista para dar el servicio para el que fue proyectada. Normalmente se incluyen también en esta fase el diseño y las compras, así como los trabajos previos de campo, como sondeos o estudios arqueológicos, etc.

La fase de servicio, habitualmente la más prolongada y objeto principal de la obra, la parte que justifica su construcción y existencia, incluye el uso de la misma, la operación y gestión, el mantenimiento y las reparaciones precisas, así como eventuales remodelados, mejoras, adaptaciones o rehabilitaciones, hasta llegar al fin de vida útil y puesta fuera de servicio de la infraestructura. Momento en el que se entra en la fase de deconstrucción o demolición, transporte de los elementos resultantes de esta operación, procesado y eventuales recuperación o reciclado de los elementos aprovechables, vertido controlado del resto y tratamiento paisajístico para la rehabilitación de los terrenos que se habían ocupado. Los materiales que son recuperados al final de su vida útil por reutilización o reciclaje salen en ese momento del ciclo de vida de la infraestructura para entrar en el ciclo de vida de la siguiente, aquella para la que se destinan tras su recuperación.

Todas estas fases forman un todo en la concepción de la sostenibilidad, y deben ser tenidas en cuenta adecuadamente y de forma conjunta. Es cierto que no siempre se cuenta con toda la información necesaria. Que, en función de en qué fase nos encontramos, los datos disponibles varían enormemente y que, en muchas ocasiones tenemos que aventurar, establecer hipótesis y escenarios, manejar modelos de evolución, a veces con un grado importante de incertidumbre, tanto más cuanto que normalmente se trata de vidas útiles esperadas de una gran cantidad de años. Existen presas o acueductos de la época de los romanos que aún se encuentran en servicio, y suele ser difícil valorar los impactos y los beneficios a largo plazo.

Sin embargo, es necesario considerar, poniendo de manifiesto el grado de incertidumbre y dando cuenta de la imprecisión que puede suponer, todos estos impactos y beneficios a largo plazo, ponderando a la baja aquellos de los que menos sabemos y en los que la precisión y la certeza son menores, pero, aunque sea de modo cualitativo, expresándolos todos. Es necesario mirar el conjunto para hacernos una idea completa y veraz de la sostenibilidad que perseguimos y de en qué medida estamos contribuyendo a un desarrollo sostenible.

7. El espacio.

Hablábamos de que no existen “sostenibilidades parciales”. De que es preciso considerar simultáneamente los aspectos sociales, los ambientales y los económicos. Y, al hilo de esto, hemos visto que tampoco en el tiempo podemos limitar nuestra mirada y que es necesario considerar todo el ciclo de vida de la infraestructura. El siguiente paso es darse cuenta de que tampoco se limita el efecto de la obra civil al espacio que ocupa, de que tiene un área de influencia sobre el que ejerce efectos y que determina en qué medida contribuye al desarrollo sostenible.

Este espacio sobre el que su efecto se deja notar es, en rigor, infinito, considerando levísimos cambios que se darían en el universo con el movimiento de la más pequeña partícula, pero, evidentemente, no vamos a considerar un espacio ilimitado. Sin embargo tampoco nos conformaremos con el espacio que la planta de la infraestructura ocupa en el territorio, pues es innegable que afecta a un espacio que va más allá, a veces mucho más allá, y que de su consideración resultan consecuencias relevantes para el asunto que nos ocupa.

El área de afección, sobre el que la obra, el servicio, tiene influencia, es un espacio relativamente difícil de delimitar. Varía en función de la fase en que nos encontremos (el origen de los materiales, durante la fase de producción, puede encontrarse enormemente alejado de la obra, por ejemplo), y no llegan a la misma distancia los impactos y beneficios durante la construcción (hablamos de emisiones, vertidos, creación de empleo con mano de obra local, o de riqueza), que durante la fase de explotación, por ejemplo.

Pero la materia se complica algo más si tenemos en cuenta que tampoco en cuanto al factor de sostenibilidad que consideremos el alcance es el mismo, y los factores ambientales no son iguales que los económicos o que los sociales y, aún más, ni siquiera dentro de cada uno de estos pilares son todos los aspectos iguales, y el radio de acción de una potencial contaminación del terreno por vertidos es mucho menor que el de las emisiones de polvo o de gases con efecto invernadero.

8. A vueltas con los indicadores.

Hemos visto algunos indicadores que podrían utilizarse para la fase de mantenimiento de una carretera, a modo de ejemplo, pero realmente serían necesarios indicadores para todas las fases del ciclo de vida, como hemos visto. Indicadores, si nos centramos, por ejemplo, más en la fase de explotación, como nivel de satisfacción de los usuarios de la infraestructura, riesgo de accidentes, fallos en el servicio, niveles de información suministrados, calidad de mantenimiento y operación, costes previstos y costes reales, accesibilidad a la infraestructura, si es esta necesaria, o acceso a los servicios que presta, etc. Indicadores que pueden comprender información sobre aspectos físicos materiales, como son el estado de la estructura, la limpieza, u otros, o bien aspectos más inmateriales, como transparencia en la gestión, comportamiento ético del operador, observancia de la normativa de aplicación y de la legislación vigente, respeto de los derechos humanos o consideración de las partes interesadas.

Si, en general, se trata de medir el concepto de sostenibilidad en obras civiles, su comportamiento de cara a contribuir a un desarrollo sostenible, es necesario considerar una serie de principios generales que podrían expresarse como

- Mejora continua
- Equidad
- Pensamiento global y acción local
- Aproximación holística
- Implicación de las partes interesadas
- Principio de precaución y gestión del riesgo
- Responsabilidad y
- Transparencia

Y los indicadores deberían buscar, en su definición, formas de aproximarse, en los distintos campos y para cada pilar de la sostenibilidad, a estos principios de comportamiento por parte de todos los actores implicados en la gestión.

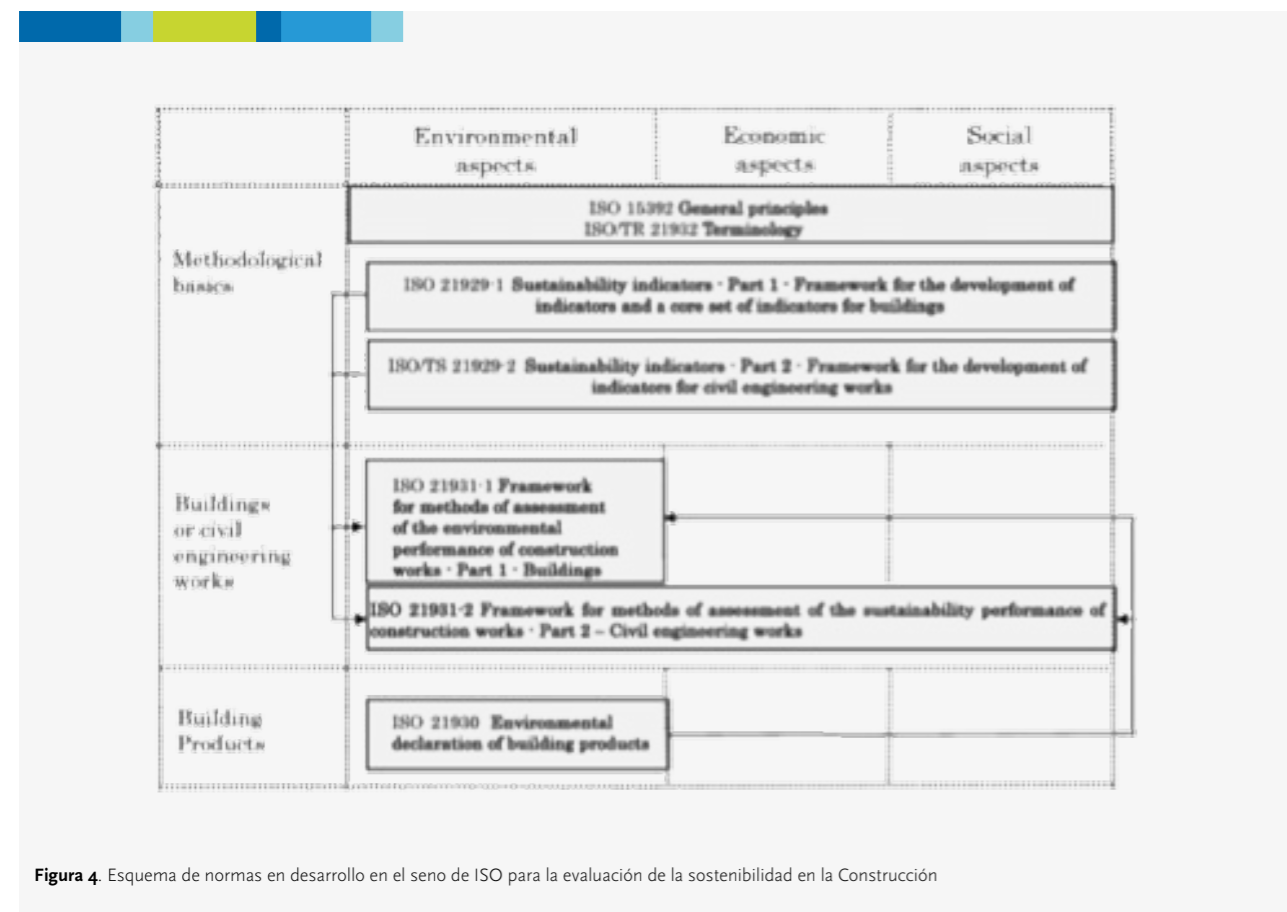
Por otra parte, los indicadores, enfocados a las tres dimensiones de la sostenibilidad, deberían cumplir los requisitos clásicos de ser adecuados a lo que se mide, simples en lo posible, tanto en la información de la que se alimenten como en la comprensión de su resultado, válidos y objetivos y verificables, con capacidad para aportar información aplicable en la toma de decisiones, sensibles a la evolución de lo observado y replicables, es decir, que arrojen el mismo resultado en mediciones bajo las mismas circunstancias.

En esta línea, se trabaja actualmente en la preparación de normas internacionales que ayuden a identificar los principales aspectos de cada una de las componentes de la sostenibilidad, enfocando las áreas para las que se deberían elaborar indicadores, adecuados estos a la fase del ciclo de vida para la que se empleen y al tipo de infraestructura de que se trate.

Existen, de hecho, en la actualidad, herramientas en el mercado que evalúan la sostenibilidad de determinadas infraestructuras. Algunas de las más famosas son LEED y BREEM, que evalúan la sostenibilidad de la Edificación y que tienen ya una larga trayectoria, o las de más reciente creación, CEEQUAL o ENVISION, para la evaluación de las infraestructuras de Obra Civil. Y no son las únicas, claro. Con un mercado en el que empiezan a proliferar estas herramientas, se hace necesario llegar a ese consenso en cuanto al significado del término sostenibilidad y en cuanto a qué se mira, qué se evalúa cuando se evalúa la contribución de la construcción a dicha sostenibilidad.

Esto es lo que se está haciendo desde distintos comités internacionales, empezando por el comité ISO TC59/SC/17/WG5, que trata de la sostenibilidad de las infraestructuras específicamente (Sustainability in Civil Engineering Works), o el comité europeo de normalización CEN/TC 350. Se está creando ese marco general para la evaluación y se están definiendo criterios para el establecimiento de indicadores, para la definición de las metodologías de evaluación, para asegurar que los contenidos y la aproximación de las diferentes herramientas cumplen con unos mínimos, que nada importante queda fuera de dichas evaluaciones, que se pueden comparar resultados, que se habla de lo mismo cuando se habla de que un edificio, una carretera, un puerto son sostenibles.

Estos comités internacionales se estructuran en diversos grupos de trabajo que se han ido creando en función de las necesidades. Se empezó (al igual que las herramientas de evaluación existentes) por la edificación. Probablemente debido a la inmediatez en la percepción del ciudadano, que vive en edificios, al fin y al cabo. De hecho, inicialmente el Comité se llamaba *Sustainability assessment of buildings*, queriendo referirse a construcciones (con la ambigüedad que, en este sentido tiene en inglés la palabra “build”, que es construir), pero tratando únicamente de la edificación. Fue mucho más tarde (en 2007 para los comités de ISO y en 2011 para los Comités Europeos de Normalización) cuando desde España se llamó la atención sobre la importante carencia que había en la no comprensión de la obra civil dentro de este marco, lo que condujo a la constitución de dos Grupos de Trabajo para llevar a cabo los trabajos sobre obra civil similares a los que desde los otros grupos se habían hecho en torno a la edificación. Con liderazgo español se iniciaron los trabajos que actualmente están en pleno desarrollo y que han llevado, a la publicación de distintos documentos, especificaciones técnicas y normas (la más recientemente publicada, la EN 15643-5 *Sustainability of construction works — Sustainability assessment of buildings and civil engineering works — Part 5: Framework on specific principles and requirement for civil engineering Works*, donde ahora, después de la palabra “buildings” aparece ya “and civil engineering Works”, o la ya aprobada, pero que aún no ha visto la luz, ISO 21931-2:2017 “*Sustainability in buildings and Civil Engineering Works — Framework for methods of assessment of the sustainability performance of construction works — Part 2: Civil Engineering Works*”) que viene a definir los principios generales que deben regir los procesos de evaluación de una infraestructura desde una perspectiva de sostenibilidad, así como los requisitos que las herramientas deben cumplir, tanto desde un punto de vista general como para cada uno de los tres pilares de la sostenibilidad: social, ambiental y económico.



Esta última norma, en coherencia con el resto de las ya publicadas que hablan de la edificación, establece los objetivos que se persiguen con la evaluación de la sostenibilidad, determinando los aspectos e impactos de la obra civil de que se trate, dándole a clientes, usuarios y diseñadores instrumentos para la toma de decisiones que conduzcan a una mayor sostenibilidad de las actuaciones y permitiendo, además, demostrar el nivel de sostenibilidad en el desempeño de la infraestructura a lo largo de todo su ciclo de vida. Contempla la necesaria consideración de los requisitos técnicos y funcionales en consonancia con su aproximación a un funcionamiento sostenible de la infraestructura, y ello siempre desde una perspectiva de ciclo de vida, necesaria para el concepto de sostenibilidad.

En estos trabajos se facilitan marcos generales para el establecimiento de indicadores y se orienta sobre las áreas que es necesario tener en cuenta para garantizar la perspectiva holística y general de la que hablamos.

Estas áreas para las que se debe considerar el desempeño sostenible serían al menos, en principio, para medio ambiente:

- Gestión del agua
- Uso de recursos energéticos
- Uso de recursos de materias primas
- Gestión de residuos
- Emisiones (aire, agua, suelo)
- Ruido y vibraciones e impactos lumínicos
- Cambios en el paisaje
- Salud de los ecosistemas
- Cambios en el uso del territorio

Para la consideración de los aspectos sociales:

- Accesibilidad
- Adaptabilidad
- Cambios en la estructura demográfica
- Creación de empleo
- Elementos culturales y patrimoniales
- Implicación de partes interesadas
- Derechos humanos
- Riesgo y resiliencia
- Salud y confort
- Impactos sobre el entorno humano inmediato

Finalmente, y enfocado hacia la economía,

- Costes del ciclo de vida (costes directos y beneficios directos)
- Costes externos
- Efectos en la economía local
- Origen de materiales y servicios

Es de destacar que debido a la aproximación generalista que necesariamente comporta la consideración de la sostenibilidad, cada indicador que cubra alguno de estos aspectos puede estar hablándonos simultáneamente de algún otro. Indicadores sobre ruido, por ejemplo, afectan a la sociedad y las personas y su bienestar y salud, pero miden también la influencia y efectos sobre la fauna local, y puede tener repercusiones económicas

9. La diferencia

En definitiva, y desde la perspectiva del operador, del constructor, del gestor, del mantenedor de la infraestructura, ¿qué diferencia hay, en realidad, entre una infraestructura sostenible y otra que no lo es? ¿Es más barato explotar, mantener o construir una obra que contribuye en mayor medida a la sostenibilidad que otra? ¿Es más rentable? ¿Es mejor?

La respuesta a esas preguntas no es inmediata. Después de todo lo dicho, parece que la respuesta es que sí, que evidentemente lo es. Pero, de nuevo, y esto lo vamos aprendiendo a medida que nos introducimos en el mundo de las evaluaciones complejas, la respuesta depende de su alcance y del punto de vista, pero, sobre todo, de si se trata, una vez más, de una perspectiva global y comprensiva. La respuesta es que sí, que una infraestructura sostenible es más rentable (desde todos los puntos de vista) que una que no lo es, pero no es así necesariamente para cada uno de los actores del proceso, sino para el conjunto de la sociedad. La calidad en la ejecución y en la gestión normalmente supone un coste superior, pero se ve compensado muchas veces por unas menores necesidades de mantenimiento o unos ciclos más largos de reposición de elementos o materiales, y no siempre las partes afectadas por estos dos aspectos son las mismas, teniendo, pues, una que soportar mayores cargas en beneficio de la otra. Una gestión más sofisticada, con más garantías y elementos redundantes para una mayor fiabilidad en el servicio suele resultar más cara, pero, a cambio, se obtiene un servicio más continuo, con lo que ello pueda reportar de beneficio para el gestor o el propietario, o la sociedad en su conjunto. Es decir, que un incremento de costes en alguno de los nodos de la infraestructura y su funcionamiento siempre supone una mayor ventaja global, en su conjunto, y que es necesario perder la perspectiva miope que nos impide ver estas significativas ventajas de la aproximación generalista, y empezar a adoptar medidas globalmente mejores.

La sociedad debe ser consciente de que la sostenibilidad no es una opción, sino “la” opción y que la inversión (humana, económica, ambiental) debe estar justificada y debe compensar siempre. Que los beneficios de nuestras acciones, que siempre deben existir, deben repartirse equitativamente, y que ninguna de las partes debe verse perjudicada en beneficio de otra, sino considerando la sociedad en su conjunto. Que se trata de un esfuerzo de todos y que cada parte debe asumir su responsabilidad, y que las obras pueden ser más caras (o no), si el beneficio global lo es, y que el constructor debe construir mejor, y que esto tiene un coste, y que la gestión debe contemplar todos los aspectos de la sostenibilidad a lo largo del ciclo de vida completo de la infraestructura, evitando cortoplacismos, y que la planificación es, en definitiva, una.

La gestión de la infraestructura deberá considerar la gestión de eventos extremos: sequías e inundaciones, factores que son importantes y condicionan el desarrollo humano y pueden verse incrementados por los efectos del cambio climático, que suponen una presión adicional para los servicios que presta. El papel de determinadas infraestructuras, como presas y embalses es clave si se quieren aumentar las disponibilidades hídricas o la contención de avenidas o regulación de los cauces, pero todas, en general, se verán afectadas o afectarán a estos posibles fenómenos y sus consecuencias, y deben considerar su papel en este terreno.

Es preciso llevar a cabo una adecuada gestión de riesgos e incertidumbres aplicando principios de prevención y precaución. Las políticas ambientales están presididas, en general, por el principio de prevención, es decir, afrontar los costes de evitar la contaminación o la degradación ambiental, actuar ex ante, para limitar los daños sobre el medio ambiente. El Principio de precaución es el enfoque que permite integrar en la evaluación y gestión de riesgos aquellas incertidumbres más profundas, y es el que debe aplicarse durante la explotación

del proyecto. Es necesaria su inclusión en la toma de decisiones, resultando, en este sentido, de especial importancia la estimación de riesgos relativos a la propia seguridad de la infraestructura, pero no sólo.

Por fin, y aunque sea de modo muy breve, no se puede dejar de hacer alusión a la investigación, desarrollo e innovación. Se trata de un enfoque, de una forma de hacer. Una permanente disposición a cambiar, a mejorar. Una búsqueda continua de mejores técnicas, de nuevos materiales, de sistemas de gestión y procesos que faciliten, mejoren, simplifiquen y lleven a superiores resultados.



Figura 5. Las infraestructuras constituyen ejes de referencia de enorme impacto social que requieren de una cuidadosa planificación y de la consideración integral de su entero ciclo de vida (Estadio Wanda Metropolitano).

10. Conclusión

Son múltiples los factores que deben ser considerados a la hora de procurar maximizar la contribución a la sostenibilidad por parte de las infraestructuras, tanto las existentes como las futuras. En definitiva, debemos considerar que el concepto de sostenibilidad, como equilibrio optimizado entre las componentes social, ambiental y económica, es un concepto vivo por definición, pues, en una realidad cambiante, el equilibrio se halla en cada momento en un punto distinto, y será preciso reforzar en mayor medida los aspectos más débiles a fin de ser capaces de encontrar una verdadera situación de estabilidad. Equilibrio que, además, es necesario revisar con

cierta frecuencia, pues los cambios alteran la situación de partida, y las soluciones que ayer valieron hoy podrían no resultarnos útiles.

Es necesario también asumir las cargas y roles que a cada uno de los actores le corresponde en este progreso, que no es posible compartimentar, del desarrollo sostenible. Darse cuenta de que mejores infraestructuras, mejores procesos, mejor gestión, redundan en beneficio de todos, y que, si bien tiene un coste que es necesario asumir en cada fase y para cada agente, ese coste se ve recompensado con el beneficio obtenido, si sabemos mirar con visión integral.

Las infraestructuras constituyen un pilar básico para el desarrollo sostenible en la medida en que se haga un uso sostenible de las mismas, se gestionen adecuadamente, se exploten del mejor modo, optimizando recursos y maximizando beneficios. Y será una adecuada consideración de su intrínseca sostenibilidad, adoptando las medidas necesarias en cada caso, tras un apropiado estudio de necesidades globales, la que nos permita maximizar la aportación que las infraestructuras hagan a dicho desarrollo sostenible.

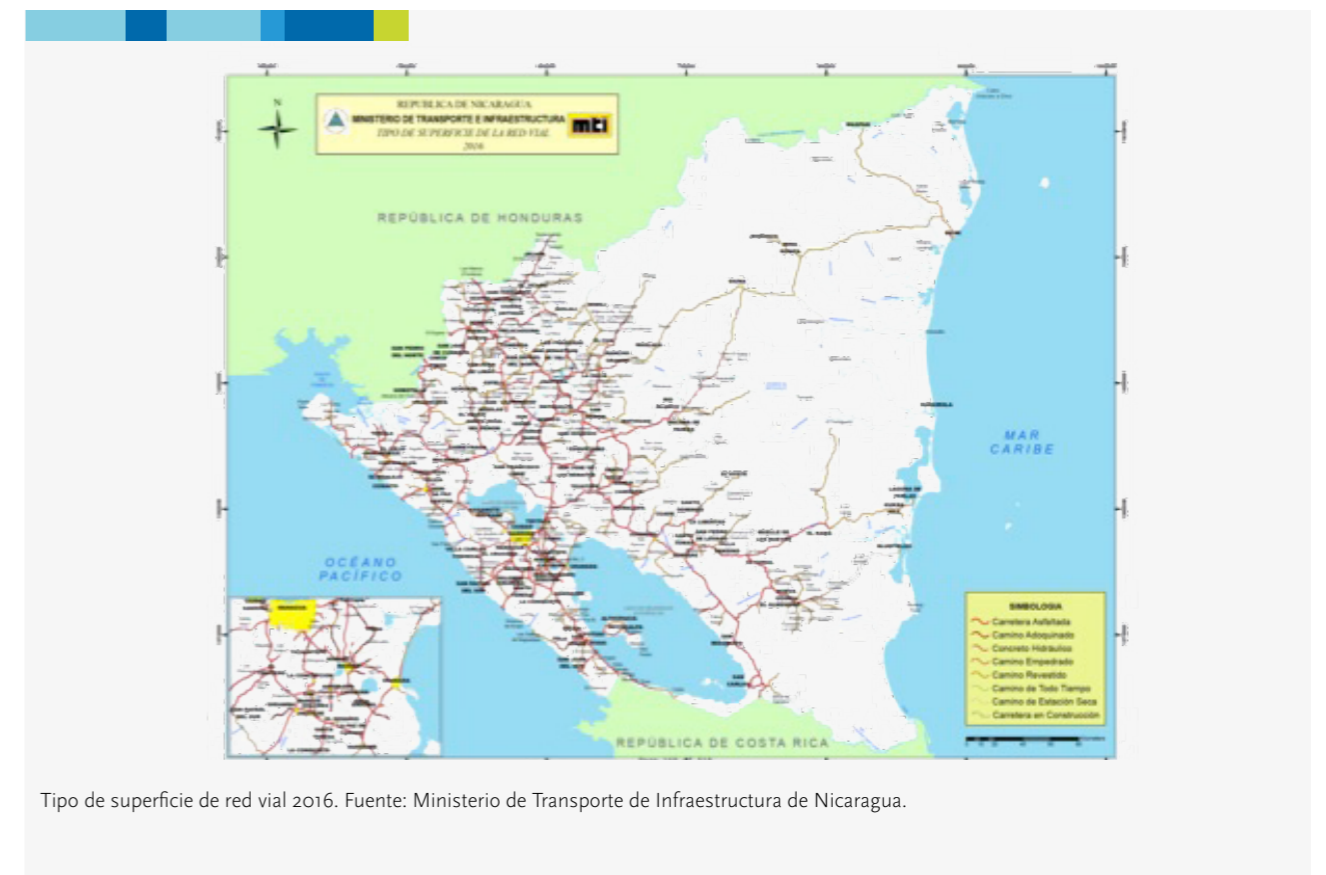
Estudio de caso 2: resiliencia de infraestructuras: adaptación al cambio climático de la red de carreteras de Nicaragua

Autor:

Margarita Pery Trénor. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. IDOM

1. Nicaragua, red vial y cambio climático

América Central, por su ubicación geográfica, está sujeta a sufrir los impactos de los fenómenos climáticos extremos que se presentan cada vez con mayor frecuencia e intensidad. Las proyecciones climáticas mundiales indican un incremento sostenido en eventos climáticos extremos en la Región.



Tipo de superficie de red vial 2016. Fuente: Ministerio de Transporte de Infraestructura de Nicaragua.

Los países en vías de desarrollo como Nicaragua son especialmente vulnerables frente al cambio climático, a la vez que su responsabilidad histórica en el mismo es muy inferior a la de los países desarrollados.

Nicaragua, con una superficie de 13.375 km² y 6,15 millones de habitantes, tiene un total de 24.335 km de red vial¹. De dicha red, sólo el 17,0% corresponde a vías pavimentadas (adoquinado, asfalto o concreto hidráulico)², siendo muy significativa la baja densidad de la red y las deficientes condiciones de la misma en las regiones atlánticas.

Durante los últimos años, Nicaragua ha sufrido las consecuencias de la creciente intensidad y frecuencia de fenómenos climáticos extremos (lluvias intensas, ciclones, tormentas, huracanes y mareas), sequías y altas temperaturas debido al cambio climático. Los eventos extremos han tenido impactos significativos en todos los sectores socioeconómicos del país.

Las carreteras son elementos especialmente vulnerables a los impactos de cambio climático, a la vez que se trata de una infraestructura estratégica. Los impactos económicos y sociales, causados fundamentalmente por eventos severos de lluvia, son a menudo muy importantes, repercutiendo en la pérdida de transitabilidad, llegando al aislamiento temporal de algunas zonas, y en el coste económico derivado de la pérdida de actividad y de la propia reposición de la infraestructura. Es por ello de vital importancia para el país conseguir una infraestructura de transporte resiliente.



Puente de río Sapoá. Carretera NIC-66. Tramo Sapoá-Cárdenas. Proceso erosivo en talud. Carretera NIC-25. Fuente: Consorcio IDOM-NCG-METEOSIM-CON



Acceso al puente DISA. (Tormenta tropical Nate. Noviembre 2017). Telpaneca. Fuente: El 19 Digital.

La introducción de criterios de adaptación al cambio climático en las fases de planeamiento, diseño, construcción, mantenimiento y gestión de las infraestructuras se ha revelado como uno de los mecanismos más costo-efectivos para reducir los impactos económicos del cambio climático en el futuro. Por la incertidumbre de las proyecciones y la escasez de información, estos criterios se deben basar en medidas tipo “no regret” o “low regret” (resultados garantizados), que aporten beneficios incluso si los impactos proyectados de cambio climático fueran inexistentes.

1. Fuente: Red vial de Nicaragua 2016. Ministerio de Transporte e Infraestructura de Nicaragua

2. Ídem

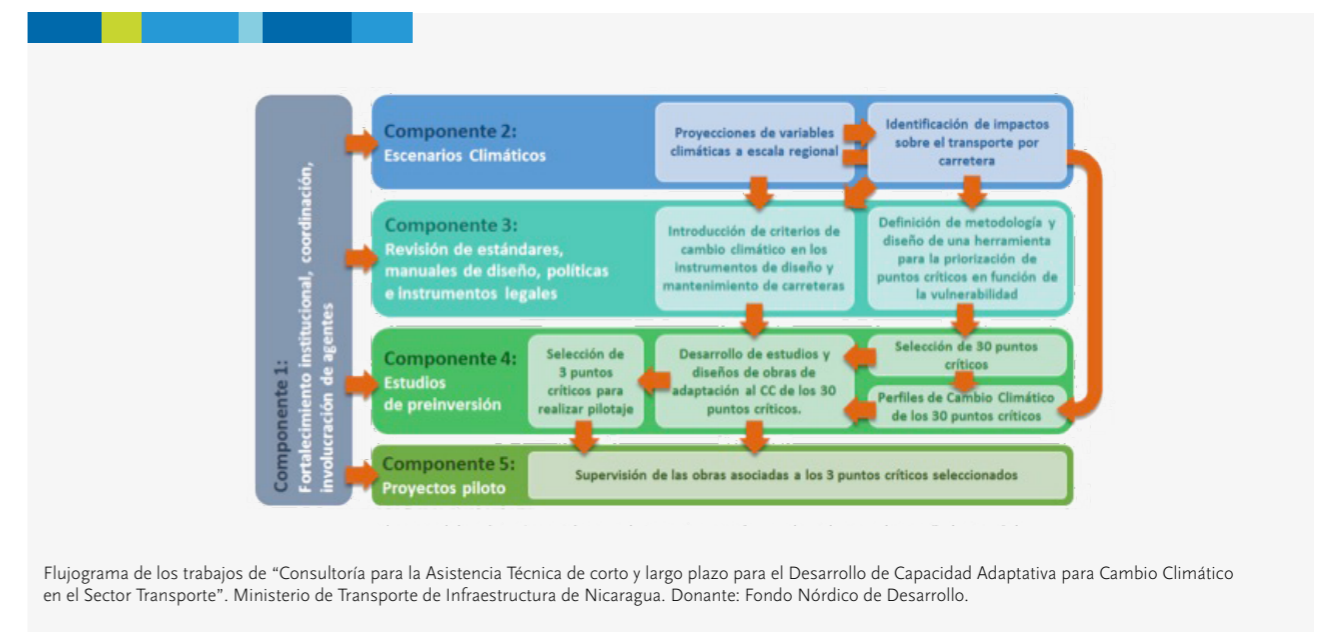
2. Capacidad Adaptativa para Cambio Climático en el Sector Transporte de Nicaragua

En este escenario, el Gobierno de la República de Nicaragua está desarrollando un programa integral de inversiones multianuales denominado “Programa de Apoyo al Sector Transporte (PAST)”, ejecutado por el Ministerio de Transporte e Infraestructura de Nicaragua (MTI), que tiene por objetivo contribuir a mejorar la eficiencia del transporte terrestre por carretera en Nicaragua, a fin de estimular la actividad económica y el bienestar de la población, facilitando la integración de las diferentes regiones del país y con el resto de Centroamérica.

Con el objetivo de apoyar el componente 4 del PAST “Disminución de la vulnerabilidad de la red vial al cambio climático”, el Gobierno de la República de Nicaragua ha recibido una donación del Fondo Nórdico de Desarrollo (NDF), para la financiación de acciones para disminuir la vulnerabilidad de la red vial frente a los efectos del cambio climático, consistentes en actividades de fortalecimiento del MTI e inversiones en obras de infraestructura.

En el marco de dicho convenio de donación, se está desarrollando una “Consultoría para la Asistencia Técnica de corto y largo plazo para el Desarrollo de Capacidad Adaptativa para Cambio Climático en el Sector Transporte”, adjudicada a un Consorcio multinacional formado por IDOM (España), NCG (Noruega), METEOSIM (España) y CONDISA (Nicaragua). El objetivo de los trabajos es integrar los procesos de adaptación al cambio climático en la planificación, diseño y explotación de la infraestructura vial.

Para alcanzar dicho objetivo, los trabajos se han estructurado en diversas tareas y productos, a su vez organizadas en cinco componentes. A nivel de planificación, los componentes presentan una serie de interrelaciones entre ellos y, aunque algunas actividades se han desarrollado de forma paralela, el resultado de cada componente es insumo para el siguiente. Flujograma de los trabajos de “Consultoría para la Asistencia Técnica de corto y largo plazo para el Desarrollo de Capacidad Adaptativa para Cambio Climático en el Sector Transporte”. Ministerio de Transporte e Infraestructura de Nicaragua. Donante: Fondo Nórdico de Desarrollo.



3. Fortalecimiento institucional

El componente 1, denominado *fortalecimiento institucional, desarrollo de capacidades, coordinación e involucración de los agentes*, es de carácter transversal a los otros cuatro. El objetivo del mismo es generar capacidades para el desarrollo y aplicación del conocimiento sobre herramientas e instrumentos necesarios para enfrentar los impactos del cambio climático en el sector transporte.



Sesión de capacitación. Taller H. Revisión de estándares y manuales. Fuente: Consorcio IDOM-NCG-METEOSIM-CONDISA

Para ello se ha desarrollado una identificación de los actores clave del sector transporte a nivel central y municipal, delimitando las competencias y capacidades de los mismos, y determinando las necesidades de capacitación de los profesionales y técnicos en el tema de adaptación al cambio climático. Este análisis previo ha servido de base para la preparación e implementación de un plan de fortalecimiento institucional, que incluye capacitaciones, intercambios de experiencias y transferencia de conocimientos técnicos y científicos sobre temas de adaptación al cambio climático.

El trabajo también ha permitido la colaboración interinstitucional entre el MTI (Ministerio de Transporte e Infraestructura de Nicaragua), INETER (Instituto Nacional de Estudios Territoriales de Nicaragua), el FOMAV (Fondo de Mantenimiento Vial), el MARENA (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Nicaragua), el SINAPRED (Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres) y distintas universidades.

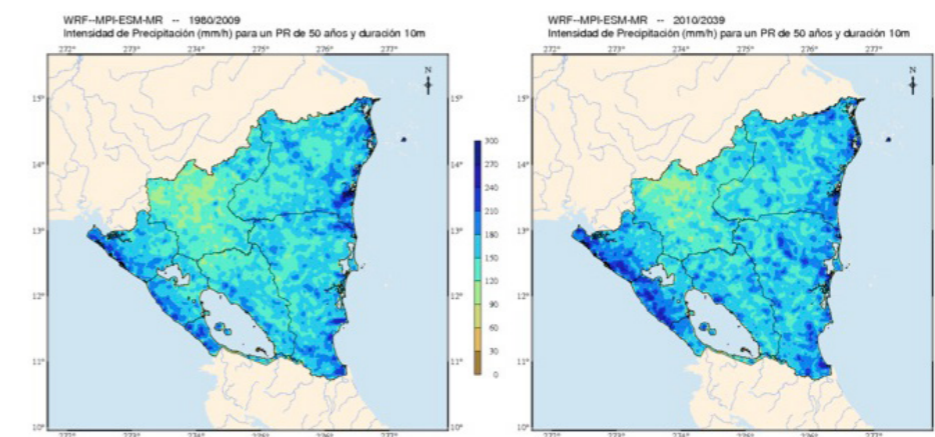
4. Escenarios climáticos

Como primer paso del proceso de carácter técnico, ya dentro del *componente 2*, se han desarrollado *escenarios de cambio climático regionalizados* para Nicaragua para el periodo 2010-2039.

Específicamente para este estudio se ha desarrollado un modelo climático sobre el que evaluar el efecto del cambio climático en Nicaragua a alta resolución espacial y temporal, en el horizonte 2010-2039 y para el escenario climático RCP 4,5³. Para el desarrollo del modelo se han utilizado técnicas de regionalización dinámica, con una malla de resolución de 4x4 km, capaces de reproducir con alta precisión las condiciones extremas en temperatura y en precipitación, así como ráfagas máximas de viento, que influyen directamente en la planificación, el diseño, el mantenimiento y la operación y gestión de las infraestructuras de transporte.

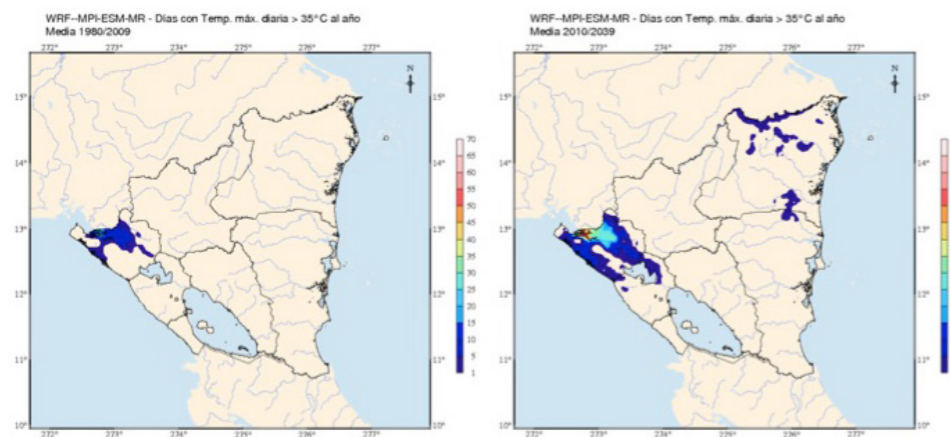
Los resultados de la modelización pueden resumirse en las siguientes previsiones:

- aumento importante de precipitaciones en los meses de junio y julio (hasta +44%), pero sin cambios significativos en la precipitación interanual (-4% a +2%);
- tendencia generalizada al incremento de la intensidad de las precipitaciones, especialmente la 10-minutal y 30-minutal.
- incremento del número de días con precipitaciones más altas;
- ligera tendencia al aumento del número de días secos al año (+5% a +10%);
- ligero incremento de las temperaturas medias (hasta +0,8 °C) y máximas (hasta +1,2°C); e
- incremento del número de días de temperaturas extremas (>35°C) en algunas zonas (hasta +30 días/año);



Resultado de las proyecciones climáticas. Distribución geográfica de la intensidad asociada a periodo de retorno 50 años y duración 10-minutal en el periodo histórico (izquierda) y el periodo futuro (derecha). Fuente: Do29. Desarrollo de escenarios climáticos regionalizados para Nicaragua. Ministerio de Transporte e Infraestructura de Nicaragua. Donante: Fondo Nórdico de Desarrollo.

3. Para realizar proyecciones futuras pueden utilizarse diferentes escenarios radiativos disponibles en los modelos globales de cambio climático. Estos escenarios son conocidos como Representative Concentration Pathways (RCPs) y definidos en el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). El escenario RCP 4,5 corresponde a un forzamiento radiativo de 4,5W/m², escenario radiativo estable antes del año 2100, asociado a la aplicación de un rango de tecnologías y estrategias para reducir los GEI. Este escenario considera mitigación de las emisiones de GEI (un 50% en el año 2080) y considera probable que el incremento de temperatura sea inferior a 2°C.



Resultado de las proyecciones climáticas. Comparación número de días con temperaturas extremas para el periodo histórico (1980-2009) y para el periodo futuro (2010-2039). Fuente: Do29. Desarrollo de escenarios climáticos regionalizados para Nicaragua. Ministerio de Transporte de Infraestructura de Nicaragua. Donante: Fondo Nórdico de Desarrollo.

- Incremento del nivel del mar cercano a los 0,26 m; y
- ligeros incrementos de las rachas máximas de viento.

De todos los impactos previstos los más relevantes desde un punto de vista de impacto sobre la infraestructura vial son los correspondientes al incremento de las precipitaciones extremas.

Una vez conocidas las variaciones previstas sobre el clima en Nicaragua (efectos climáticos) y analizadas las características de la red vial, dentro del mismo componente 2 se desarrolló una *identificación de los principales impactos (primarios y secundarios)* que dichos efectos generarán sobre la infraestructura vial. Los principales impactos previstos, derivados de uno o más de los efectos, son inundaciones pluviales, inundaciones fluviales, incremento de la escorrentía superficial, procesos de remoción en masa (deslizamientos, erosiones y socavaciones), ciclos de secado/desecado, incremento de la carga térmica sobre pavimentos y estructuras, sequía, incendios, erosión costera, y daños por salinidad del agua.

Además de los impactos que inciden directamente en la propia infraestructura, los efectos climáticos generarán limitaciones en los horarios de trabajo, incremento de la accidentalidad, restricciones a la movilidad de personas y mercancías, y por ende, impactos económicos.

Esta identificación de impactos, a su vez, ha permitido establecer *recomendaciones* para la adaptación de la infraestructura vial al cambio climático estructuradas según el momento de su aplicación, pudiendo agruparse en acciones de gestión, planificación y normativas; y acciones en fase de diseño, construcción, y operación y mantenimiento

5. Revisión de estándares y manuales

El análisis de las variaciones previstas sobre el clima en Nicaragua y los impactos derivados de éste han servido de base para los trabajos desarrollados dentro del *Componente 3*, en el que se han *revisado estándares, manuales, políticas de diseño e instrumentos legales*, elaborando propuestas para su adaptación al cambio climático. El trabajo se ha desarrollado mediante un proceso de interacción dinámica entre los técnicos del MTI asignados al trabajo y el equipo técnico del consultor.



Además de la revisión y propuestas concretas de adaptación al cambio climático de la legislación vigente, tanto de carreteras, como ambiental y de carácter general, se han revisado nueve instrumentos de diseño, construcción y mantenimiento.

Las principales medidas de adaptación propuestas para su incorporación en estos instrumentos pueden resumirse en los siguientes aspectos:

- Necesidad de consideración, en todas las fases de un proyecto (planificación, diseño, construcción y mantenimiento), las variaciones previstas en el clima derivadas del cambio climático. Las variables deberán contemplar tanto la situación actual como la situación futura, debiendo considerarse la más desfavorable.
- Necesidad de realización de estudios de vulnerabilidad frente al cambio climático.
- Definición de coeficientes de cambio climático a aplicar a las intensidades de lluvia de diseño, diferentes para cada región climática, periodo de retorno y duración de lluvia, teniendo en cuenta, además, los impactos potenciales derivados del daño sobre la infraestructura en estudio.
- Ajuste de precipitaciones en función del área de la cuenca.

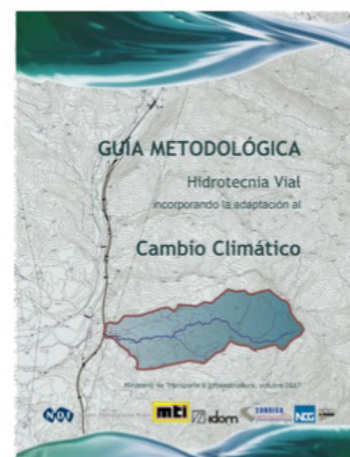
- Establecimiento del periodo de retorno y bordo libre para cálculo hidráulico según categoría, tráfico de la vía, riesgo o impacto en caso de fallo de la estructura y características de la cuenca.
- Realización de estudios hidrotécnicos específicos, incluyendo modelos bidimensionales en aquellos casos en los que las características de la cuenca lo requieran.
- Cálculo de elementos de protección contra la erosión y la socavación.
- Mejora en la calidad de los materiales y procesos constructivos.
- Mejora en los requerimientos exigidos a los estudios geotécnicos, así como realización de cálculos de estabilidad de taludes de corte y relleno en diferentes condiciones.
- Generación de registros durante las operaciones de mantenimiento para la detección de comportamientos deficientes recurrentes que puedan ser indicio de necesidad de adaptación de la infraestructura.
- Obligación del contratista de aplicación de medidas de adaptación al cambio climático durante la ejecución de las obras.

Asimismo, se han incluido anexos específicos de adaptación al cambio climático en cada instrumento revisado.

De las propuestas de modificación efectuadas en cuatro de los documentos, se han elaborado tres guías metodológicas para una mayor difusión de las propuestas de adaptación al cambio climático realizadas en los instrumentos.



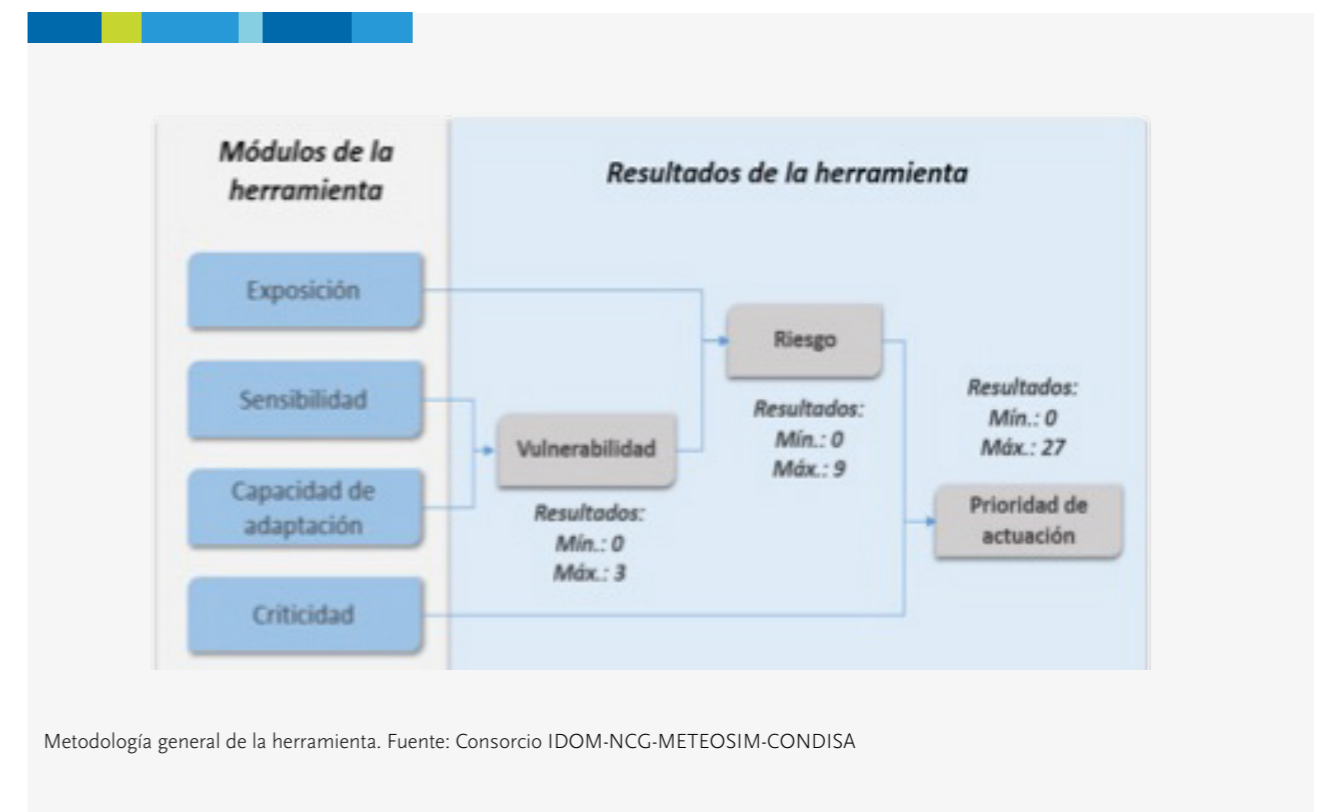
Informe n° 6: Informe Final y Manual Técnico de Hidrotecnia Vial (2016). MTI.



Guía divulgativa sobre adaptación al cambio climático de manuales de hidrotecnia. MTI. Donante: FND.

6. Herramienta de priorización

En paralelo a la revisión de estándares, y dentro del mismo componente 3, se ha desarrollado, de forma conjunta entre el MTI, el FOMAV y el Consorcio, una *herramienta* que permite la *priorización para la actuación sobre puntos críticos* inventariados sobre la infraestructura.



La herramienta contiene un mecanismo de evaluación mediante el cual se obtienen valores para los distintos módulos de la misma, que, operados, determinan la prioridad de actuación del punto crítico. El rango de valores de prioridad oscila entre 0 a 27, teniendo mayor prioridad los puntos críticos con mayor puntuación.

La herramienta ha sido aplicada a un listado de 243 puntos procedentes de un mapeo previo, generando un listado priorizado, que posteriormente fue sometido a un análisis interno entre los especialistas del MTI, elaborando una propuesta final de treinta puntos, objeto de estudios de preinversión.

7. Estudios de Preinversión

De los treinta puntos seleccionados se han elaborado los estudios y diseños necesarios para reducir su vulnerabilidad, teniendo en cuenta los perfiles de cambio climático evaluados para su emplazamiento, los análisis de riesgos, valoraciones ambientales y sociales efectuados, e incorporando en el proceso de diseño las propuestas de modificación de los estándares de diseño adaptados a cambio climático previamente desarrolladas.

Distribuidos por toda la geografía nicaragüense, las principales problemáticas a solucionar están relacionadas con inundaciones fluviales y pluviales, así como deslizamientos en desmontes y rellenos.

Estudio de caso 3: sostenibilidad en las infraestructuras aeroportuarias

Autor:

Héctor Martín Martín. Ingeniero aeronáutico. IDOM

1. Introducción. Infraestructuras aeroportuarias: particularidades, fortalezas y debilidades

La aviación es, sin lugar a dudas, el modo de transporte de personas más eficiente si tenemos en cuenta la relación entre el número de viajeros transportados y la superficie ocupada por la infraestructura. El avión es también con mucha diferencia el medio de transporte más rápido, haciendo su uso imprescindible en ciertos viajes. Sin embargo, esto tiene un precio. Si queremos hacer volar a altísimas velocidades un vehículo más pesado que el aire, es necesario usar unos sistemas de propulsión de alta potencia que conllevan a su vez altas emisiones.

En lo que a la infraestructura aeroportuaria se refiere, estos impactos negativos producidos por las aeronaves ocurren en las operaciones que se desarrollan en el aeropuerto y sus áreas circundantes, esto es, en la aproximación, el aterrizaje, el rodaje, el estacionamiento y el despegue. Y a esto se une la confluencia de otros modos de transporte asociados, especialmente el tráfico rodado de vehículos de todo tipo usados para el acceso al aeropuerto y en su propia operación interna.

Si consideramos que el sector transporte representa el 14% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero ⁽¹⁾, mientras que la aviación internacional supone un 1,3% del total de las emisiones de origen humano ⁽²⁾, podríamos considerar que el transporte aéreo representa una pequeña contribución al total. Sin embargo, las expectativas de crecimiento de la aviación internacional en los próximos años hacen necesario llegar al convencimiento de que este crecimiento debe ser realizado de una manera sostenible. Según la última previsión de la Asociación de Transporte Aéreo Internacional (IATA), realizada en octubre del pasado año, en 2036 viajarán 7.800 millones de pasajeros aéreos, casi el doble respecto a los 4.000 millones que volarán este año, lo que sitúa la tasa de crecimiento anual acumulativo en un 3,6% ⁽³⁾.

Unas emisiones que adquieren mayor relevancia en las infraestructuras aeroportuarias que en cualquier otra infraestructura de transporte, son las acústicas, asociadas de nuevo de forma intrínseca a los vehículos que operan en las mismas.

El ruido adquiere una dimensión especial por el hecho de que es inmediatamente perceptible por el ser humano y genera graves efectos sobre la salud de las personas, especialmente sobre las que viven en las áreas colindantes a los aeropuertos, provocando a su vez graves conflictos sociales que suelen derivar en disputas legales entre las comunidades vecinas y el operador del aeropuerto en cuestión.

Si bien estos impactos están siendo mitigados gracias al continuo avance de la industria aeronáutica, la cual desarrolla nuevas aeronaves que van reduciendo tanto las emisiones atmosféricas como las acústicas, es un

hecho que la percepción medioambiental de la aviación por la mayor parte de la sociedad, especialmente la que convive con la infraestructura aeroportuaria, es muy negativa.

Sin embargo, son estos factores los que han provocado que los aeropuertos, así como las asociaciones y organizaciones gubernamentales asociadas a ellos, hayan sido precursoras, y sigan a la vanguardia en lo que se refiere a la aplicación de la sostenibilidad a las infraestructuras de transporte.

Y es que no todo son desventajas cuando hablamos de sostenibilidad en las infraestructuras aeroportuarias, al contrario, los aeropuertos presentan unas características únicas respecto al resto de infraestructuras, y en ellos encontramos numerosas oportunidades para el desarrollo sostenible.

El entorno físico aeroportuario exige que el aeropuerto se localice en un área despejada de obstáculos, por tanto apartada de los núcleos urbanos, con grandes superficies donde puedan operar con seguridad las aeronaves, y que además cuente con la presencia de vientos dominantes en una determinada dirección, dirección que siguen las pistas de vuelo. Esto abre múltiples posibilidades en la implantación de energías renovables como la solar y la eólica, y son numerosos los casos de éxito, con aeropuertos internacionales que se abastecen parcial o completamente mediante este tipo de energías, recibiendo los beneficios medioambientales y económicos que esto supone.

Pero estos casos no han alcanzado el éxito de manera directa. Las placas solares pueden producir reflejos que deslumbren a los pilotos y controladores aéreos, y los generadores eólicos provocan la polarización del aire, lo que puede alterar las señales electromagnéticas que son utilizadas para el guiado de la aeronave y las telecomunicaciones aeronáuticas.

Es aquí donde la búsqueda de la sostenibilidad impulsa el desarrollo técnico y amplía el conocimiento humano, provocando que las autoridades internacionales de aviación civil hayan requerido la elaboración de documentación técnica al respecto, exigiendo la realización de estudios aeronáuticos de seguridad que garanticen que la implantación de estas energías en el entorno aeroportuario se realice sin ningún riesgo para la seguridad y regularidad de las operaciones aéreas. No es que no se pueda instalar un parque fotovoltaico en un área aeroportuaria, pero debe hacerse con los paneles solares adecuados, en una localización concreta y con una orientación definida.



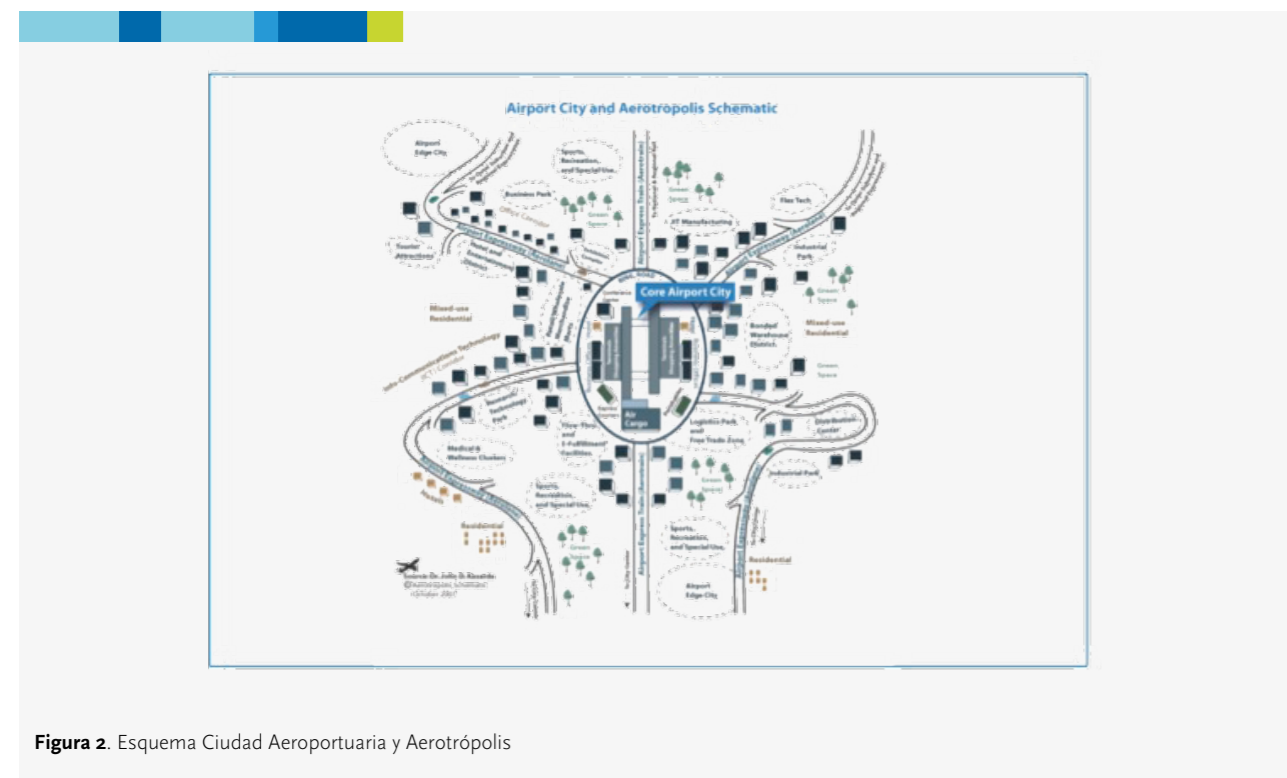
Figura 1. Distintas tipologías de placas solares instaladas en aeropuertos

Es también destacable el impacto positivo que tiene un aeropuerto en el empleo y la economía. Su importancia es incuestionable, considerándose por ejemplo, a nivel global, que por cada 1.000 pasajeros que transitan el mismo se genera un puesto de empleo directo y otros dos indirectos o inducidos, o que se estime que el Aeropuerto de Madrid-Barajas contribuye en torno al 1% al total del PIB español.

Otro aspecto reseñable es la convivencia en el entorno aeroportuario de los tres sectores económicos principales.

El sector primario, ya que como hemos comentado es habitual que la infraestructura esté situada fuera de las áreas metropolitanas, y por tanto próxima a zonas dedicadas a la agricultura, la pesca o la ganadería.

El secundario, con numerosas industrias exportadoras situadas lo más cerca posible por razones logísticas, o las directamente implantadas en el recinto aeroportuario, dedicadas por ejemplo al suministro de combustible o al mantenimiento de las aeronaves.



Y por último, el sector terciario o de servicios, dado que en sí mismo el transporte aéreo pertenece a éste, estando además a día de hoy altamente diversificado debido a la importancia que desde el comienzo de este siglo adquieren los ingresos no aeronáuticos para los operadores aeroportuarios, entendiéndose por no aeronáuticos los distintos a las tasas que pagan las aerolíneas por el uso de la infraestructura. Todos vemos cada vez que volamos como negocios de servicios como las tiendas de todo tipo de productos (normales o libres de impuestos), los restaurantes, bares y cafeterías, o los hoteles, entre otros, cobran cada día un mayor protagonismo en los aeropuertos.

No menos importante es su efecto en la sociedad, dentro y fuera del aeropuerto. El largo radio de los viajes que en el aeropuerto comienzan, hacen escala o concluyen, convierten al aeropuerto en la infraestructura donde confluyen un mayor número de nacionalidades, culturas y razas, con presencia de todas las clases sociales desde la aparición de las aerolíneas “low cost”.

Cabe reseñar que la magnitud del impacto socio-económico se acentúa cada vez más con los conceptos de ciudad aeroportuaria o aerotrópolis, como lo denominaron los académicos estadounidenses John D. Kasarda y Greg Lindsay ⁽⁴⁾, donde el aeropuerto se va rodeando de centros de negocios y empresariales, instituciones académicas y de investigación, palacios de convenciones, parques tecnológicos, espacios recreativos, etc. que aprovechan las ventajas que les ofrece la conectividad aérea, y que ya podemos ver en marcha o en desarrollo en múltiples ciudades repartidas por los cinco continentes como por ejemplo Brisbane, Shanghái, Ámsterdam, Johannesburgo o Ciudad de México.

En suma, los aeropuertos están en contacto directo con el medio natural, debido a los condicionantes especiales que requiere su localización; influyen notablemente sobre la economía local/regional, por su importante efecto y cercanía a las actividades económicas; y sobre la sociedad, por la variedad de personas que lo transitan y el tradicional rechazo social de las comunidades vecinas. Y no nos olvidemos de su impacto territorial. Todo ello recomienda ejercer una sensibilidad especial, las amenazas son de las mayor impacto/riesgo de entre las infraestructuras de carácter puntal, pero también nos proporciona las mayores oportunidades en relación a la sostenibilidad.

Otro rasgo característico que distingue al aeropuerto del resto de infraestructuras de transporte, y representa una fortaleza para la integración de prácticas sostenibles, es lo que podríamos definir como la capacidad de control sobre el volumen de control que representa un aeropuerto. Expliquemos este concepto que nos inspira la termodinámica, rama de la física íntimamente unida a la ingeniería aeronáutica.

Al contrario que las infraestructuras lineales, como las carreteras o los ferrocarriles, el área aeroportuaria, si bien ocupa una importante superficie de terreno, se encuentra en un recinto acotado. Éste sería el volumen de control. Un volumen de control físico en el que, como hemos comentado, ocurren importantes, y no siempre deseables, intercambios energéticos en el sentido físico (ruido, emisiones, calor desprendido de los chorros de los motores de los vehículos aéreos y terrestres, etc.). Al mismo tiempo, ocurren también intercambios no energéticos en el sentido estrictamente físico, como en el caso de la economía, la cultura y el conocimiento.

Por último está la capacidad de control. Los aeropuertos, especialmente los de medio y gran tamaño, son en cierto sentido infraestructuras autónomas, contando con sistemas propios como su central eléctrica, su planta de tratamiento de residuos o su depuradora de aguas, además de tener un único actor que los gobierna, el operador aeroportuario, ya sea público o privado.

En conclusión, los aeropuertos representan en la mayoría de los casos, un entorno completo, independiente y cerrado, lo que abre la puerta a un amplio abanico de oportunidades en materia de sostenibilidad, y en el que las decisiones son tomadas en última instancia por el operador, lo que agiliza y facilita la toma de decisiones.

Además, este concepto del volumen de control altamente controlable, invita a la búsqueda de objetivos muy positivos en términos económicos, como la autosuficiencia energética, o en términos medioambientales, como la neutralidad en cuanto a emisiones.

Ahora bien, los impactos negativos son grandes, reales e inherentes, y por tanto las propuestas, la toma de decisiones y su implementación deben ser las correctas.

Integrar la sostenibilidad en el proceso de toma de decisiones probablemente encontrará obstáculos, sin embargo es un elemento que motiva a los agentes implicados y permite avanzar.

2. Organizaciones supranacionales (y financiación)

El papel de las organizaciones gubernamentales debe ser fundamental para lograr el desarrollo sostenible de las infraestructuras. En el caso de la aviación y los aeropuertos, la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), agencia perteneciente a las Naciones Unidas y creada en 1944 por el Convenio sobre Aviación Civil Internacional y con sede en Montreal, contribuye activamente en materia de sostenibilidad, creando reglamentos y normas, y proporcionando la financiación necesaria en determinados casos.

Esta organización de la que forman parte 190 estados de los 193 pertenecientes a las Naciones Unidas, más las Islas Cook, publicó en 2011 el documento “Doc 9988 Guía sobre el desarrollo de planes de acción estatales para la reducción de emisiones de CO₂”, el cual tiene como objetivo el apoyar a los estados miembros en el desarrollo e implementación de estos planes de acción. En noviembre de 2017 ya eran 105 los estados que habían presentado voluntariamente sus planes de acción a la OACI, siendo importante reseñar que estos 105 estados representan más del 90% de las toneladas-kilómetros, o RTK por sus siglas en inglés, transportadas a nivel global.

La información contenida en este documento busca facilitar a los estados miembros vías de financiación para la reducción de emisiones, a través de por ejemplo, proyectos de energías renovables en aeropuertos, los cuales minimicen las emisiones producidas por las actividades aeroportuarias, más allá de las producidas por las aeronaves en sí mismas. Estos proyectos están impulsando adicionalmente la modernización de las instalaciones existentes en los aeropuertos, con el consiguiente retorno económico para los operadores.

Además, una cantidad muy importante de estos fondos están siendo utilizados para programas de mitigación del cambio climático, los cuales reciben financiación de las Naciones Unidas, de bancos de desarrollo multinacionales y organizaciones no gubernamentales, contando a su vez con el apoyo de numerosos socios privados.

En cuanto a los organismos con más peso en la aviación internacional junto a la OACI, se encuentra la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA, por sus siglas en inglés), fundada en 1945, la cual engloba a 280 aerolíneas de 120 países distintos, representando el 83% del tráfico aéreo mundial.

En el año 2009, tras la XV Conferencia Internacional sobre el Cambio Climático celebrada en Copenhague, denominada COP15, la IATA estableció una serie de objetivos en materia de emisiones, entre ellos el imponer un límite a partir de 2020 a las emisiones de CO₂ producidas por la aviación, para así conseguir un crecimiento neutro en lo que a carbono se refiere. Además, la IATA se comprometía a reducir las emisiones globales al 50% en 2050 respecto a los niveles existentes en 2005.

Estas iniciativas impulsadas por las más importantes organizaciones mundiales son, sin ninguna duda, importantes y bienvenidas, pero en el caso concreto de las infraestructuras aeroportuarias el mayor impulso a la sostenibilidad ha sido generado por los propios aeropuertos, ya sea individualmente o a través de sus asociaciones.

Reseñables son los casos de operadores como Swedavia, que opera 10 aeropuertos en Suecia, incluyendo Estocolmo y Gotemburgo, o el Consejo Internacional de Aeropuertos (ACI), que reúne a un total de 1953 aeropuertos en 176 países distintos, y que junto a otros han marcado la senda de la sostenibilidad aeroportuaria.

Esto nos hace pensar que es desde el conocimiento real y cotidiano de la infraestructura, y desde el control directo de la misma, desde donde se puede concebir, planificar, implantar, monitorizar, evaluar y mejorar las prácticas sostenibles de manera más eficaz.

Una de las razones posibles para que las grandes organizaciones supranacionales no hayan tenido aún un efecto determinante en la sostenibilidad aeroportuaria, es el hecho de que la infraestructura en sí

misma sólo representa un porcentaje pequeño del total de las emisiones que produce la aviación a nivel global, y por tanto, que los esfuerzos realizados por las organizaciones globales de aviación han sido aplicados a los aeropuertos en la misma proporción.

Sin embargo, existen casos de organizaciones dedicadas a la aviación en general, cuya aportación a la sostenibilidad en los aeropuertos ha sido y sigue siendo esencial. Es este el caso de la Autoridad Federal de Aviación estadounidense (FAA, por sus siglas en inglés), sobre el que volveremos más adelante.

3. Planificación (y financiación)

La sostenibilidad debe ser considerada desde las primeras fases de desarrollo de una infraestructura, tanto en el espacio como en el tiempo. Problemas dramáticos, como la afección del ruido, pueden, deben, y afortunadamente suelen ser resueltos desde una planificación del territorio adecuada y coordinada entre las autoridades gubernamentales y aeroportuarias.

Pero una integración verdaderamente sostenible del aeropuerto en el territorio necesita no sólo centrarse en aspectos mitigadores, como en el caso del ruido.

Podríamos decir que los planes directores tradicionales, también denominados planes maestros, tienen como objetivo principal el adecuar la capacidad del aeropuerto a la demanda prevista. Ciertamente es que en sus capítulos medioambientales y sociales tratan de como amortiguar los impactos sobre el entorno asociados al desarrollo previsto, pero esto ya no es suficiente.

Si queremos que la sostenibilidad de la infraestructura sea un objetivo principal a conseguir, es necesario considerarla desde el principio del proceso de planificación, al igual que hacemos con las superficies requeridas para el movimiento de los vehículos, o con el modelo financiero propuesto. La sostenibilidad debe ser un elemento vertebrador del desarrollo del aeropuerto, no un simple adorno para el mismo.

Considerar los principios sostenibles en los procesos de planificación permite trazar un plan a seguir antes de tomar las decisiones necesarias. Este plan, entre otras características, requiere el diseño de las posibles medidas a aplicar, define la forma de evaluación de las mismas, perfila la forma de implantación de las que sean consideradas adecuadas y facilita la elección de la financiación más adecuada para cada caso.

En el caso de España, los planes directores determinan el denominado máximo desarrollo posible del sistema general aeroportuario, indicando las áreas de reserva que se destinarán a actividades aeroportuarias o a movimiento de aeronaves. Esto, si bien es imprescindible, podría mejorarse. Por ejemplo, dentro de las zonas de actividades aeroportuarias se podrían definir zonas en las que fuera seguro, a la vez que viable técnica y económicamente, la instalación de fuentes de energía renovables, recomendando además el cuándo y el cómo realizarlo, considerando, entre otros, las políticas energéticas o las previsiones sobre el mercado de las renovables y los costes de generación en el corto, medio y largo plazo.

Es aquí donde la anteriormente mencionada FAA, considerada una de las más importantes referencias a nivel mundial en cuanto a normas de diseño y regulaciones aeroportuarias, marcó un antes y un después en la sostenibilidad aeroportuaria con la publicación en mayo de 2010 del memorándum titulado “Programa piloto sobre planes maestros sostenibles en aeropuertos”⁽⁵⁾.



Figura 3. Portada del Doc 9988 de OACI

El propósito de este memorándum era proporcionar una guía preliminar sobre la planificación aeroportuaria sostenible, además de esbozar el plan diseñado para la implementación de un programa piloto que ayudara a definir con mayor profundidad los principios de una planificación sostenible.

En las apenas siete páginas de las que consta este documento, considerado por muchos la piedra angular de la sostenibilidad en aeropuertos, además de definirse los principios básicos de la sostenibilidad, se abre la puerta al desarrollo de dos tipos de documentos de planificación sostenible, uno integrado en el plan maestro tradicional (Sustainable Master Plan) y otro independiente del mismo (Sustainable Management Plan), dependiendo de si el aeropuerto en cuestión se encuentra desarrollando o actualizando su plan maestro o no.

Además, se ofrece a los operadores la posibilidad de que los gastos para la elaboración de estos planes de sostenibilidad sean financiados por la propia FAA, y se indica la forma de optar a estos fondos.

Por su parte, los que reciben esta financiación, se comprometen a informar periódicamente sobre la implantación del plan sostenible, aportando lecciones aprendidas que la agencia de aviación utiliza para refinar las guías sobre planificación sostenible, además de para elaborar multitud de documentación de referencia asociada.

No es éste el único aporte de la autoridad de aviación civil estadounidense a la sostenibilidad, ya que ésta colabora activamente en la financiación de proyectos sostenibles a través de programas como los denominados VALE y ZEV.

VALE, siglas en inglés de programa voluntario de bajas emisiones para aeropuertos, ha destinado desde 2005 cerca de 300 millones de dólares para la financiación de más de 90 proyectos desarrollados en 49 aeropuertos de Estados Unidos, como por ejemplo instalaciones fotovoltaicas o estaciones de recarga para vehículos eléctricos.



Figura 4. Logo del Proyecto VALE de la FAA

Por su parte ZEV, acrónimo de vehículos de cero emisiones, es un programa más reciente que se centra en la adquisición de vehículos más sostenibles, aportando más de 25 millones de dólares entre los años 2015 y 2017, lo que ha permitido la sustitución de los autobuses tradicionales para el transporte de pasajeros por modelos eléctricos en varios aeropuertos.

4. Diseño

El hecho de que el aeropuerto constituye un sistema en el que encontramos edificios de diversos usos, complejos sistemas electromecánicos y de seguridad, plantas de suministro energético, instalaciones industriales, plantas de tratamiento, e infraestructuras de obra civil, permite la aplicación de normativas de diseño que abarcan prácticamente todas las disciplinas.

De igual forma, son muchas las certificaciones relacionadas con la sostenibilidad que tienen cabida.

En el caso de los edificios, bien sea el edificio principal, esto es, la terminal de pasajeros, o en el caso de las oficinas, naves industriales, edificios de procesamiento de carga, etc., existen varias certificaciones altamente reconocidas a nivel mundial que son de aplicación. Este es el caso de las certificaciones LEED, BREEAM o CASBEE, pioneras por otro lado en la certificación sostenible.

De estos sistemas, LEED es el más usado en aeropuertos, existiendo a día de hoy más de 160 edificios certificados en todo el mundo, principalmente en Estados Unidos. Estas certificaciones se distribuyen respecto al tipo de uso según la tabla a continuación mostrada, observándose que más de la mitad corresponden a edificios de nueva construcción.

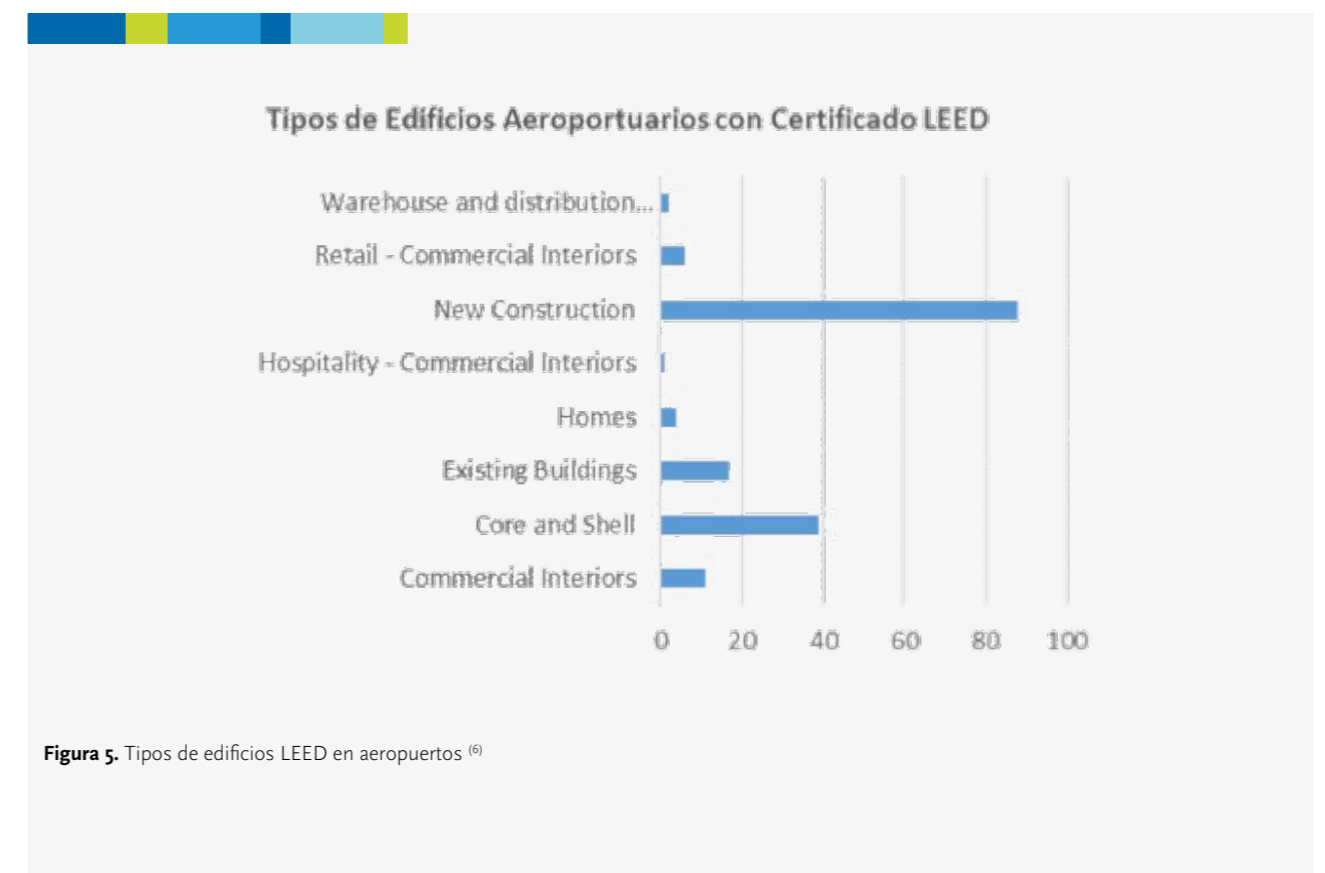


Figura 5. Tipos de edificios LEED en aeropuertos ⁽⁶⁾

En cuanto a niveles de certificación, los cuales van desde el inicial certificado hasta el más exigente nivel platino, pasando en orden ascendente por plata y oro, en torno al 75% de los certificados LEED otorgados en aeropuertos corresponde a los niveles plata y oro.



En los últimos años han aparecido otras certificaciones que complementan a las anteriores, como es el caso de WELL, lanzada en 2014 en Estados Unidos, y que representa el primer estándar centrado exclusivamente en el bienestar y la salud de los seres humanos que usan el edificio en cuestión, midiendo el impacto recibido por las personas a través de siete conceptos: aire, agua, alimentación, luz, estado de forma, confort y mente.

Este sistema está empezando a ser incorporado en el diseño de terminales de pasajeros, ya que a pesar de los avances logrados en los últimos años, tanto en el proceso del pasajero en el aeropuerto, como en el interior de las nuevas aeronaves, los viajeros siguen estando en general sometidos a altos niveles de stress y ansiedad en el aeropuerto, así como a condiciones de confort limitadas durante el vuelo en sí mismo.

El sistema WELL, que cuenta 3 niveles de certificación, plata, oro y platino, es además complementario de LEED, existiendo incluso una guía que indica la equivalencia de las categorías requeridas por ambos sistemas, lo cual permite evitar duplicidades en los esfuerzos a realizar, tanto técnica como económicamente, a la hora de implantar las medidas seleccionadas.



Siguiendo con las certificaciones sostenibles, la aparición del sistema ENVISION adquiere una importancia singular, al tratarse de un concepto esperado largamente por los profesionales dedicados a la sostenibilidad de las infraestructuras, en particular las aeroportuarias. La razón es que hasta su aparición, en 2013, podíamos certificar los edificios del aeropuerto por un lado, mediante los sistemas anteriormente mencionados, y otras construcciones, como las pistas de vuelo y calles de rodaje, mediante por ejemplo el sistema CEEQUAL.

Cabe mencionar que CEEQUAL, lanzado en el Reino Unido en 2003 por la Institución de Ingenieros Civiles (ICE, por sus siglas en inglés) con el apoyo financiero del gobierno británico, pasa en 2015 a formar parte del grupo BRE, al que pertenece BREEAM, y por tanto podríamos decir que aporta el componente de obra civil necesario en aeropuertos.

Sin embargo, ENVISION permite contemplar la infraestructura aeroportuaria como un todo bajo un único sistema de puntuación y certificación, estructurado en las categorías de calidad de vida, liderazgo, naturaleza, asignación de recursos y clima y riesgo. Valga como ejemplo el nuevo aeropuerto de Estambul, uno de los más importantes proyectos aeroportuarios en desarrollo en la actualidad. Este macro aeropuerto contará con seis pistas de vuelo y dos terminales con una capacidad anual de 200 millones de pasajeros (el Aeropuerto de mayor tráfico en la actualidad es Atlanta con más de 104 millones de pasajeros registrados en 2016), y aspira a convertirse en la primera y mayor infraestructura fuera de Estados Unidos en conseguir el certificado ENVISION.

Todos estos sistemas de cuantificación además de ser una manera de cuantificar cuan sostenible es una infraestructura, nos permiten incorporar los criterios sostenibles desde el comienzo de la fase de diseño mediante el seguimiento de sus especificaciones y estándares técnicos. Es un rasgo que caracteriza a la aplicación de la sostenibilidad durante el diseño es la innovación.

En lo que a los aeropuertos se refiere, son múltiples las soluciones estudiadas en el ámbito de la I+D+i, ya que como mencionamos anteriormente, los incomparables intercambios presentes en el aeropuerto, tanto físicos como no físicos, invitan a ello.

Son reseñables por ejemplo los estudios realizados con el objetivo de conseguir el aprovechamiento de las estelas provocadas por las aeronaves durante el despegue y el aterrizaje, como el proyecto “Wings of Phoenix”, desarrollado por la Universidad de Aeronáutica y Astronáutica de Nanjing, China, que contó con el apoyo del fabricante aeronáutico AIRBUS; o las investigaciones que está llevando a cabo el Aeropuerto de Londres-Heathrow junto al Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT, por sus siglas en inglés) que tratan de convertir el ruido producido por las aeronaves en energía aprovechable ⁽⁷⁾.

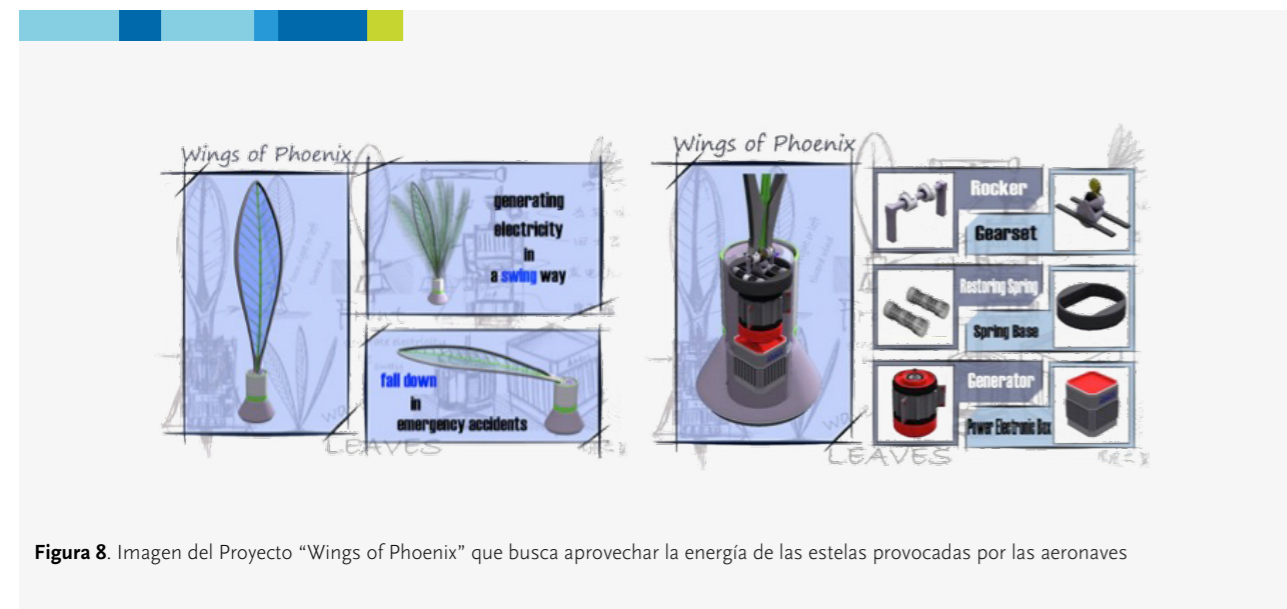


Figura 8. Imagen del Proyecto “Wings of Phoenix” que busca aprovechar la energía de las estelas provocadas por las aeronaves

Si bien estos proyectos se enfrentan a enormes retos dada la complejidad de los mismos, son una prueba de como la búsqueda de la sostenibilidad invita a la investigación y al desarrollo tecnológico.

Pero la sostenibilidad no sólo nos aporta el beneficio adicional de impulsar la I+D+i. Valga mencionar el caso de la aplicación de la tecnología LED a las ayudas visuales usadas por las aeronaves en el aeropuerto. Éstas son básicamente las luces rojas, blancas, verdes y amarillas que sirven para guiar a los pilotos en condiciones nocturnas o de baja visibilidad, esenciales como uno puede imaginar para la seguridad de las operaciones aeroportuarias.

Cuando a principios de la segunda década de este siglo, la tecnología LED empezaba a reemplazar a la incandescente en los edificios, y se empezaban a constatar los beneficios que esto suponía, la comunidad aeroportuaria empezaba a contemplar la posibilidad de realizar esta transición a LED en las áreas de movimiento de aeronaves.

Pero las luces aeronáuticas, que en ciertos casos deben ser visibles e identificables por los pilotos a varias millas de distancia, planteaban una serie de retos no presentes en iluminación interior o exterior convencional, relacionados principalmente con sus características cromáticas, su distribución lumínica y su resistencia mecánica y térmica.

Sin embargo, en poco más de 8 años, la mayor parte de esos retos han sido superados, y tanto la OACI como la FAA, por citar las organizaciones más importantes en normativa aeroportuaria, han actualizado sucesivamente sus regulaciones y especificaciones técnicas en este sentido, mientras en paralelo los fabricantes han ido evolucionando sus nuevos modelos de luces LED.

A día de hoy, la iluminación LED en pista, calle de rodaje y plataforma es una realidad, y en multitud de casos un requerimiento solicitado por el aeropuerto, al igual es un hecho el beneficio obtenido por los operadores en lo que a consumo y mantenimiento se refiere.

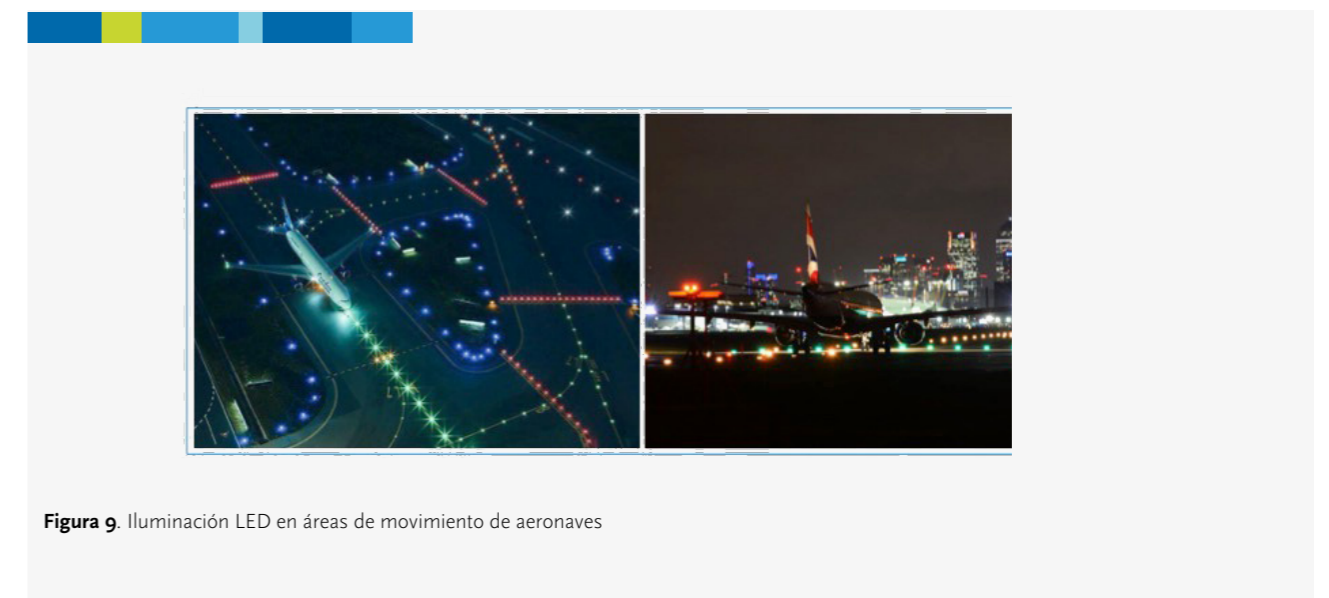


Figura 9. Iluminación LED en áreas de movimiento de aeronaves

Pionero de este cambio sostenible fue el aeropuerto regional de False River, situado en el estado americano de Luisiana, y que en ya 2011 alimentaba toda su iluminación de campo de vuelo mediante energía solar, una vez que redujo drásticamente el consumo gracias a los LED.

De nuevo, hay que considerar el riesgo frente a la oportunidad, debido a los altos requerimientos técnicos y de seguridad y esencialidad.

5. Construcción

Si bien como hemos comentado la sostenibilidad debe ser incorporada desde la concepción de la infraestructura, y durante las etapas de planificación y diseño, es en la fase de construcción donde la infraestructura empieza a ser real, y por tanto también la sostenibilidad de la misma.

Prácticas que hace no más de 10 años no resultaban habituales, como la reutilización de los materiales de demolición en la nueva construcción a realizar, son a día de hoy algo habitual y una obligación en la mayoría de los proyectos. Una obligación beneficiosa en cualquier caso para todas las partes, reduciendo los gastos y las emisiones asociadas a la producción y transporte hasta la obra del material a emplear.

El reciclaje de los productos de demolición se puede además complementar con determinadas técnicas de construcción, de manera que los beneficios económicos y ambientales inicialmente obtenidos pueden resultar incrementados mediante la reducción del tiempo de ejecución y las emisiones producidas durante la misma.

Es el caso de la técnica del “rubblizing”, que podría ser traducido como pulverización o trituración, la cual consiste en la fractura del hormigón hidráulico en trozos angulares y entrelazados mediante un martillo rompedor resonante. El material a demoler, por ejemplo unas losas de hormigón hidráulico deterioradas, es excitado a una determinada amplitud y frecuencia de tal forma que la energía es absorbida completamente por el hormigón, sin afectar ni a las capas subyacentes ni a los servicios enterrados que pudieran existir. Se obtiene de esta manera una capa granular formada por fragmentos de hormigón fuertemente trabados entre sí, y sobre la cual se podría construir una nueva capa de pavimento siendo usada como base, o bien pasar a retirar los fragmentos obtenidos si se considera conveniente.

El impacto de las obras en aeropuertos es elevadísimo en lo que se refiere al coste producido por el cierre o restricción de ciertas áreas operacionales, pero va incluso más allá de lo económico al afectar directamente a la percepción que tiene el pasajero de la aerolínea y el aeropuerto, siendo habitual que la mayor parte de obras se realizan con el aeropuerto en operación.

Es por esta razón por la que el “rubblizing” se comenzó a utilizar con gran éxito en multitud de proyectos de reparación de pavimentos rígidos aeroportuarios. Además de la reducción en los plazos de ejecución requeridos, los ahorros económicos y los beneficios medioambientales obtenidos son notables, ya que al reaprovecharse el material existente no es necesario ni adquirir ni transportar nuevo material, y además la cantidad producida de residuos que deben ser llevados a vertedero es mínima.

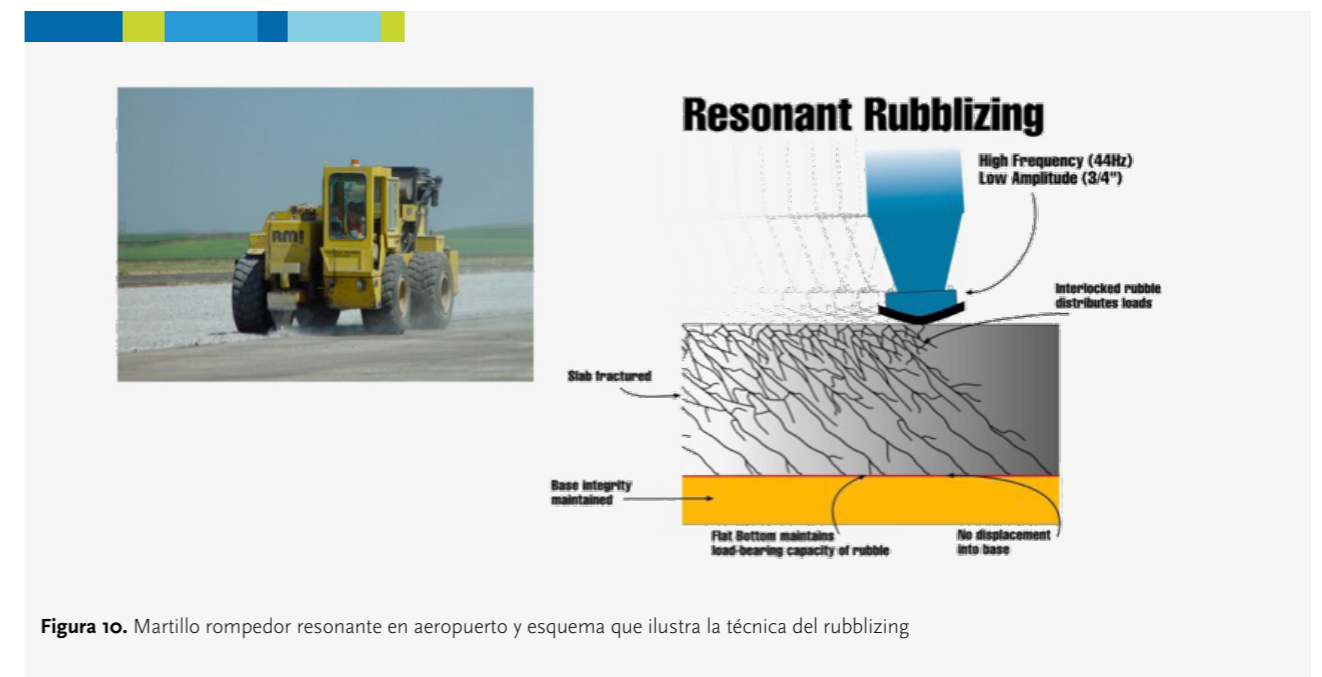


Figura 10. Martillo rompedor resonante en aeropuerto y esquema que ilustra la técnica del rubblizing

Siguiendo con el hormigón hidráulico, otra práctica sostenible empleada en la construcción de los pavimentos en aeropuertos, es la sustitución parcial del cemento Portland convencional por otros productos cementosos como, por ejemplo, las escorias granuladas de alto horno. Existe una relación directa entre el empleo de estos productos tanto con la reducción en el coste de materiales, como en los beneficios ambientales a corto y medio plazo, debido a los ahorros obtenidos en el consumo de energía, las menores emisiones de CO₂ provocadas, la menor explotación de recursos naturales no renovables y la utilización de un subproducto industrial disponible.

Sin embargo, es necesario asegurar que la introducción de estos materiales no compromete ni la durabilidad, ni la calidad, ni la funcionalidad del nuevo pavimento a construir. Las escorias granuladas de alto horno en comparación con los cementos tradicionales producen mezclas con tiempos de curado más largos y alcanzan una menor resistencia inicial. Es por ello que se deben tomar las medidas adecuadas, como por ejemplo la ejecución previa de losas de prueba con distintas dosificaciones, monitorizando las temperaturas y resistencias alcanzadas por la mezcla a lo largo del tiempo, para poder determinar así la cantidad óptima de material a emplear.



Figura 11. Ejecución de tramo de prueba e instalación de termopares

El coste económico asociado a estas medidas preventivas es compensado con creces por las ventajas obtenidas. Más allá de la reducción de costes y los beneficios ambientales comentados, el hormigón con escorias presenta una serie de ventajas como es el proporcionar una mayor protección contra el ataque de sulfatos y cloruros habitual en zonas húmedas y costeras, o el alcanzar unas resistencias estructurales superiores en el largo plazo, aumentando de esta forma la durabilidad y la vida útil del pavimento.

Además, el uso de escorias granuladas produce mezclas más trabajables, y por tanto más fáciles y rápidas de poner en obra, que presentan una tonalidad más clara, y reducen por tanto el efecto isla de calor. Esto adquiere mayor importancia en zonas pavimentadas expuestas a la radiación solar durante largos periodos de tiempo, como son las plataformas de estacionamiento de aeronaves en aeropuertos con climas templados y cálidos.

De nuevo “el negocio sostenible bien hecho” resulta rentable, ya que una inversión reducida en tiempo y dinero, acaba por producir unos beneficios económicos y ambientales más que notables.

En general, una construcción sostenible debe buscar el empleo de materiales locales o existentes en la región, que nos permitan no sólo reducir las emisiones provenientes del transporte de los mismos y dinamizar la economía y el empleo de las zonas cercanas, sino que además proporcione un sentimiento de identidad propia a la vez que una funcionalidad óptima, ya que por ejemplo los materiales locales suelen tener un mejor comportamiento ante la meteorología existente en la zona, y por tanto suelen ser más duraderos que otros importados desde otras regiones.

Los requerimientos en cuanto a materiales a emplear pueden venir definidos en el diseño, o ser introducidos más tarde, por ejemplo en la fase de licitación, de tal forma que se prohíban o penalicen en la evaluación de los posibles contratistas los materiales provenientes de puntos más allá de una cierta distancia máxima. De una forma similar, pueden incentivarse el número de materiales a reciclar y el porcentaje de contenido reciclado para cada uno de ellos.

Pasando al modo de ejecución en sí mismo, se debe promover tanto una gestión de la obra sostenible, como el uso de medios y equipos adecuados. Es necesario que el programa y el faseado de la obra resulte lo más efectivo y eficiente posible, para que permita minimizar el plazo de construcción y el tráfico rodado asociado a la obra, y por tanto reducir el consumo de combustible y las emisiones a la atmósfera asociadas.

El uso de la maquinaria adecuada resulta también esencial en una construcción sostenible, debiendo fomentarse el empleo de vehículos lo menos contaminantes posibles, así como obligar al cumplimiento de ciertos procedimientos definidos. Estrategias como el establecer tiempos máximos de funcionamiento en ralentí de los motores de la maquinaria, el recompensar el uso de vehículos de cero emisiones en la selección de las empresas constructoras, la instalación de barreras acústicas o la monitorización continua de la ejecución mediante sonómetros y sensores de calidad de aire, o la involucración de las comunidades y asociaciones locales en los nuevos proyectos desde el inicio de los mismos mediante procesos consultivos, van implantándose en las obras en aeropuertos de forma progresiva y cada vez más extendida.



Figura 12. Cartel de obra con medidas sostenibles

6. Gestión y mantenimiento. Operación

La incorporación de la sostenibilidad al diseño y a la construcción en aeropuertos es condición necesaria, pero no suficiente, ya que es necesario contemplar el ciclo de vida completo, y por tanto la fase de mayor duración, esto es la explotación y mantenimiento de la infraestructura.

En cuanto a la explotación, es reseñable la iniciativa lanzada por ACI en 2009 bajo las siglas ACA, *Airport Carbon Accreditation* en inglés. En este programa pueden inscribirse aquellos aeropuertos que pretendan reducir sus niveles actuales de emisiones de carbono, y está basado en un proceso de seguimiento continuo a través de cuatro niveles de certificación:

1. Inventario, en el cual se mide la huella de carbono del aeropuerto;
2. Reducción, en el que se proponen medidas y objetivos y se verifica la reducción de la huella inicial;
3. Optimización, en el que el aeropuerto involucra al resto de actores presentes (líneas aéreas, compañías handling, empresas de transporte terrestre, etc.); y
4. Neutralidad, que se alcanza cuando el balance entre emisiones producidas y absorbidas es nulo durante un año completo.

A día de hoy existen 69 aeropuertos midiendo su huella de carbono, por tanto en el primer nivel, y otros 69 en la fase de Reducción, mientras que 44 están en el Nivel 3 y 37 aeropuertos han sido certificados como neutrales. En la mayor parte de los casos la neutralidad ha sido alcanzada mediante el denominado offset o compensación de carbono, mecanismo que permite invertir recursos o fondos en otros proyectos fuera del aeropuerto que reduzcan las emisiones, como por ejemplo, la sustitución de una planta de carbón por una con fuentes de energía renovables.



Figura 13. Logotipo de acreditación ACA



Figura 14. Mapamundi con aeropuertos acreditados en ACA⁽⁸⁾

En cifras globales, los más de 200 aeropuertos acreditados en ACA a día de hoy, representan en torno al 40% del tráfico aéreo mundial, y la organización ACI sigue mostrándose como un referente en sostenibilidad aeroportuaria. Muestra de ello es el compromiso alcanzado en el año 2017 en apoyo al Acuerdo de París (COP21) por medio del cual 100 aeropuertos europeos serán neutrales en 2030 en lo que a emisiones de carbono se refiere, ayudando de esta forma a mantener el incremento en la temperatura media global por debajo de 1,5 grados centígrados. Este compromiso fue inicialmente de alcanzar la cifra de 50 aeropuertos neutrales en 2030, pero tras el COP21 ACI decidió duplicar la cifra, volviendo a demostrar el papel determinante que ha protagonizado desde siempre en lo que a sostenibilidad aeroportuaria se refiere.

Dentro de las medidas sostenibles implementadas en la operación de aeropuertos, la incorporación de la innovación ha tenido un papel fundamental, y en muchas ocasiones es más importante la imaginación y el ingenio, que la inversión necesaria y el esfuerzo realizado, como en el caso que se describe a continuación.

Tradicionalmente las aeronaves son remolcadas por medio de tractores (procedimiento conocido como pushback) en el momento de salir del puesto de estacionamiento hasta un punto, bastante cercano al de salida, donde la aeronave empieza a ser propulsada por sus propios motores.

Sin embargo, desde hace unos años, varios aeropuertos están explorando e introduciendo nuevos procedimientos de pushback con el objetivo de reducir tanto las emisiones de gases contaminantes como las acústicas. La aeronave es ahora remolcada durante una mayor distancia, permitiendo reducir el consumo de combustible de la aeronave, la cantidad emitida de gases contaminantes y el impacto ocasionado por el ruido producido.

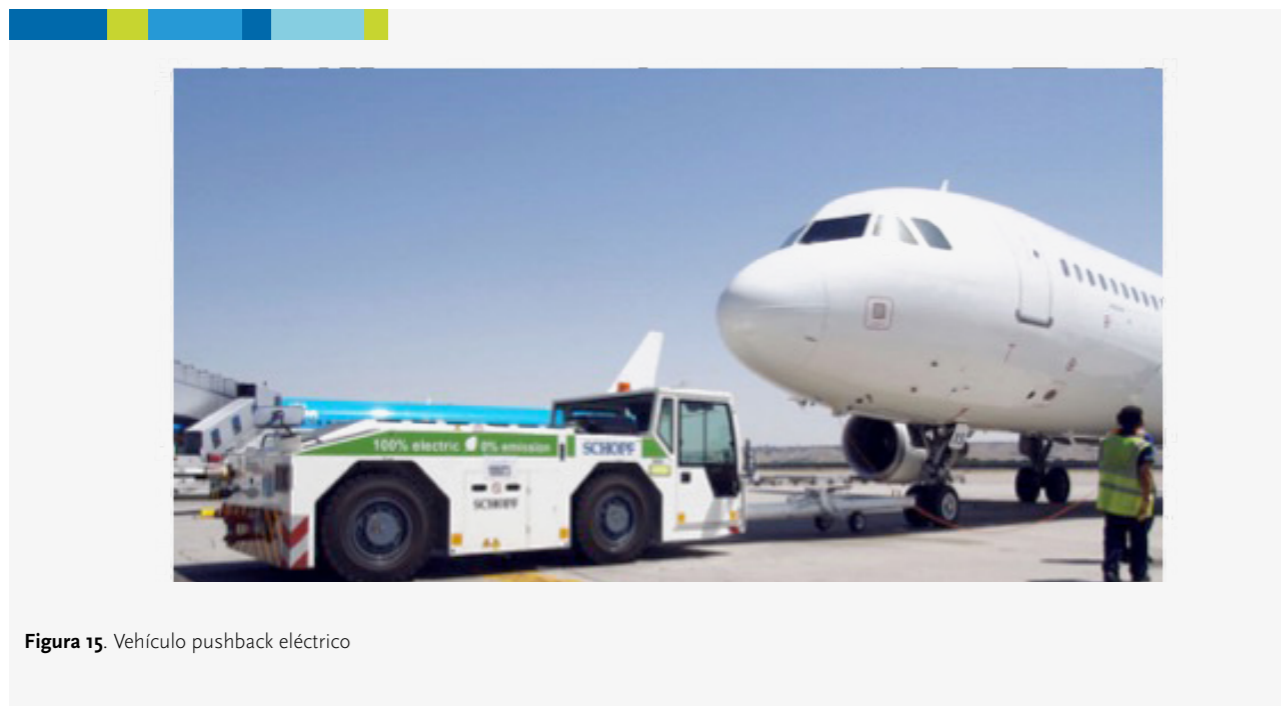


Figura 15. Vehículo pushback eléctrico

Además, en algunos casos, estos remolcadores cuentan con motores de bajas emisiones, o incluso nulas en el caso de los eléctricos.

Siguiendo con el ruido generado en el aeropuerto, y en lo relacionado con las comunidades vecinas, que sin lugar a dudas son las más afectadas, uno de los instrumentos más exitosos ha sido la implantación de redes de sonómetros interactivas.

Estos sistemas constan de una red de medidores acústicos instalados en el entorno del aeropuerto, los cuales son mostrados en un mapa a través de una aplicación informática junto a las trayectorias de los aviones que se encuentran operando en la zona. La aplicación indica el nivel de decibelios alcanzado en cada una de las estaciones de medida al paso de cada aeronave, permitiendo además acceder a información del vuelo (número de vuelo, modelo de avión, aerolínea, altitud, origen y destino, etc.) y en algunos casos, incluso tramitar desde la aplicación el envío de una reclamación por parte del ciudadano si los niveles máximos permitidos han sido superados. Actualmente el operador de los aeropuertos españoles, Aena, tiene instalado este sistema en los aeropuertos Adolfo Suárez Madrid-Barajas, Barcelona-El Prat, Valencia, Palma de Mallorca, Málaga-Costa del Sol y Alicante-Elche, y está trabajando para extenderlo al resto de la red.



Figura 16. Aplicación interactiva de la red de sonómetros de AENA en el aeropuerto Adolfo Suarez Madrid-Barajas

Siguiendo con los operadores aeroportuarios, la anteriormente citada Swedavia, que gestiona los aeropuertos suecos, en línea con la tendencia general de este país escandinavo en lo que se refiere a concienciación medioambiental y sostenibilidad, ha marcado también en parte la senda a seguir en la sostenibilidad aeroportuaria.

Por citar algunos datos, ya en 2005, cuando el operador era público, el suministro eléctrico de toda la red de aeropuertos provenía íntegramente de fuentes de energía renovables. Unos años más tarde, en 2009, el aeropuerto de Estocolmo-Arlanda se convierte en el primer aeropuerto en llegar al nivel neutral en ACA, y a día de hoy todos los aeropuertos de la red están certificados en ACA como neutrales en cuanto a emisiones de carbono.

Dos de los objetivos que persigue Swedavia en la actualidad son el reducir a cero las emisiones de dióxido de carbono producidas por sus operaciones para el año 2020, así como la introducción progresiva de biocombustible en los aviones. Prueba de su compromiso con esto último, es que en 2016 el operador sueco fue la primera empresa del mundo en empezar a comprar anualmente la misma cantidad de bioqueroseno que la consumida por sus trabajadores en sus vuelos profesionales propulsados con queroseno convencional.

Existen otros casos de gestores aeroportuarios cuya responsabilidad socio-ambiental y compromiso con la sostenibilidad son más que destacables. La aerolínea JetBlue, que explota la Terminal 5 del Aeropuerto JFK en Nueva York, es uno de estos casos. Son múltiples las medidas implantadas y los compromisos adquiridos por JetBlue en materia de sostenibilidad, pero como ejemplo podríamos destacar la Granja de la Terminal 5,

conocida como T5 Farm en inglés. Este proyecto cierra el ciclo de la producción de alimentos, además de cubrir todo el espectro de la sostenibilidad.

En primer lugar, las sobras de comida son recogidas en los restaurantes del edificio terminal para ser posteriormente compostadas en una granja orgánica cercana al aeropuerto. Después, este suelo rico en nutrientes es llevado a la T5 Farm, donde se cultivan patatas y otros alimentos, a la vez que se enseña a los pasajeros, especialmente a los niños, los métodos de producción, cultivo y recolección empleados. Finalmente, JetBlue dona los alimentos recolectados en la granja a organizaciones sin ánimo de lucro, como bancos de alimentos locales.

Además de representar un nuevo espacio verde, la T5 Farm de JetBlue constituye un instrumento pedagógico y de concienciación para los usuarios de la infraestructura. A partir de los residuos orgánicos producidos por los pasajeros produce alimentos para las personas más necesitadas de la comunidad cercana al aeropuerto, a la vez que reduce las emisiones atmosféricas asociadas a la gestión de residuos, resultando además rentable económicamente para la aerolínea.



Figura 17. Granja Terminal 5 (T5 Farm) de la aerolínea JetBlue en el aeropuerto JFK de Nueva York

7. Otras reflexiones desde la experiencia del autor

Los modelos PPP, cada vez más extendidos en el desarrollo de infraestructuras aeroportuarias, pueden aprovechar las tendencias globales hacia la sostenibilidad para la incorporación de estos criterios en la selección del concesionario.

Los propietarios y operadores al principio no se dan cuenta, pero van descubriendo que el enfoque de sostenibilidad proporciona también beneficios en términos de rentabilidad económico-financiera, y esto suele empezar a convencerles; además, en paralelo, la evolución de las políticas y regulaciones les obligan cada vez más a ello.

La sostenibilidad ya no es percibida por nadie solo como una moda, además de oportunidad será obligación como ocurrió con otras disciplinas.

Los beneficios sociales que produce la sostenibilidad en las comunidades vecinas van reduciendo los conflictos a los que se tenían que enfrentar tradicionalmente los aeropuertos.

La mejora en la percepción del aeropuerto que produce la sostenibilidad en la sociedad en general, y en los usuarios directos de la infraestructura aeroportuaria en particular, aporta beneficios al sector de la aviación al completo.

8. Referencias bibliográficas y páginas web

- (1) "Climate Change 2014. Mitigation of Climate Change". UNFCCC. 2014
- (2) "On Board: A Sustainable Future". Environmental Report. ICAO. 2016
- (3) "20-Year Air Passenger Forecast". IATA. 2017
- (4) "Aerotropolis". John D. Kasarda y Greg Lindsay. Farrar, Straus and Giroux. 2012
- (5) "FAA - Airport Sustainability". www.faa.gov/airports/environmental/sustainability
- (6) "U.S. Green Building Council". 2018. www.usgbc.org
- (7) "Noise2Energy". www.ferrovial.com/en/our-commitment/innovation/projects/airports/
- (8) "Airport Carbon Accreditation". 2018. www.airportcarbonaccreditation.org

Estudio de caso 4: Intervención sostenible y resiliente en torno al río Choluteca en Tegucigalpa (Honduras)

Autor:
María Álvarez Mingorance. Arquitecto. IDOM

Este caso estudia la intervención en torno al Río Choluteca a su paso por la ciudad capital de Honduras. No es un ejemplo ocasional, pues puede considerarse paradigmático de muchas situaciones que aparecen en las ciudades de Iberoamérica y en muy numerosas otras partes del globo.

Se trata de dar respuesta a una situación determinada mediante un plan y sus proyectos de desarrollo de infraestructura urbana y ambiental; que implican intervenciones multisectoriales que tienen un impacto directo e inmediato en la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos, en la mejora de la situación ambiental del río y también de su entorno y en la mejora de resiliencia de las infraestructuras asociadas.

Como se señala en la Nueva Agenda Urbana (Hábitat III), *“hemos llegado a un momento decisivo en el cual entendemos que las ciudades pueden ser fuente de soluciones a los problemas a que se enfrenta nuestro mundo en la actualidad, y no su causa. Si están bien planificadas y bien gestionadas, las ciudades y asentamientos humanos pueden ser un instrumento eficiente y eficaz para lograr el desarrollo sostenible, tanto en los países en desarrollo como en los países desarrollados”*⁴.

El Plan articula una serie de Proyectos y es concebido por la empresa española IDOM, financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y apoyado por la Alcaldía del Municipio del Distrito Central, y se gestó en dos fases. El primer paso, fue la *Iniciativa de Ciudades Emergentes y Sostenibles del BID* que sirvió de marco al planteamiento, y el desarrollo se concretó en la segunda fase, asociada a la prefactibilidad y el diseño de una intervención multisectorial. En el momento de publicación de este caso los proyectos de ingeniería continúan en fase de desarrollo por diversas empresas de ingeniería.

1. Antecedentes, diagnóstico y problemática a abordar

El río Choluteca está muy expuesto a los retos del cambio climático. La zona con mayor valor patrimonial, histórico y cultural del Distrito Central de Tegucigalpa se ve, a menudo, afectada por las inundaciones cotidianas y en ocasiones por eventos extremos como el huracán Mitch en 1998, tragedia que permanece en la memoria reciente de los ciudadanos por causar graves daños materiales y pérdida de vidas humanas.

El objetivo principal de la actuación es la **mejora de las condiciones de resiliencia de diversas infraestructuras** a partir de la intervención en el cauce del Río Choluteca a su paso por la zona central de la ciudad, junto a los

barrios históricos de Tegucigalpa y Comayagüela, que se enfrentan hoy al envejecimiento de sus infraestructuras y de su patrimonio edificado, así como a cambios en sus funciones económicas y en su estructura social, una vez que amplias capas sociales y muchas actividades se van desplazado a los nuevos centros o la periferia.

El río Choluteca junto con el río Chiquito, el Guacerique y la quebrada del Sapo suponen una barrera histórica entre Tegucigalpa y Comayagüela. El descuido de la vegetación asociada a los cauces, la contaminación del agua, los vertederos improvisados a lo largo de sus riberas, las frecuentes crecidas, etc., son factores que han supuesto que la ciudad dé la espalda al río.



Figura 1. Degradación ambiental vinculada al río Choluteca.
Fuente: elaboración propia.

Como respuesta existen múltiples ideas, iniciativas y proyectos que se han venido sucediendo para abordar la problemática, sin aplicarse de forma efectiva. ¿El resultado? Nulo o muy lento avance en las obras que se requieren para el mejoramiento significativo del corazón de la ciudad.

En ausencia de intervenciones integradas, el entorno urbano del río a su paso por los centros tradicionales seguirá en un ciclo de deterioro ambiental, físico y social, convirtiéndose en elemento de segregación espacial, inseguridad y exclusión.

El Plan Urbano Ambiental Río Choluteca surge como respuesta a esta tendencia, enmarcado en los diversos esfuerzos de la ciudad por desarrollarse sosteniblemente.

4. La Nueva Agenda Urbana se aprobó en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible (Hábitat III) celebrada en Quito, Ecuador, el 20 de octubre de 2016. <http://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Spanish.pdf>

2. Enfoque de sistemas: multidisciplinar e integrado

Se asume desde el inicio un enfoque de sistemas, por tanto, multidisciplinar e integrado.

Así, se plantea una intervención aglutinando actuaciones que han de tener en cuenta todos los aspectos: ecológico, hidráulico, morfológico, urbanístico, etc., de forma que las soluciones que finalmente se adopten compatibilicen, en la mayor medida posible, varios sectores.

Objetivos generales:

- Mitigación y control de inundaciones en las inmediaciones del Río Choluteca.
- Recuperación ambiental del Río Choluteca, calidad del agua.
- Revitalización urbana, regeneración urbanística del entorno fluvial.
- Apropiación ciudadana del espacio público recuperado para garantizar su viabilidad en el futuro.

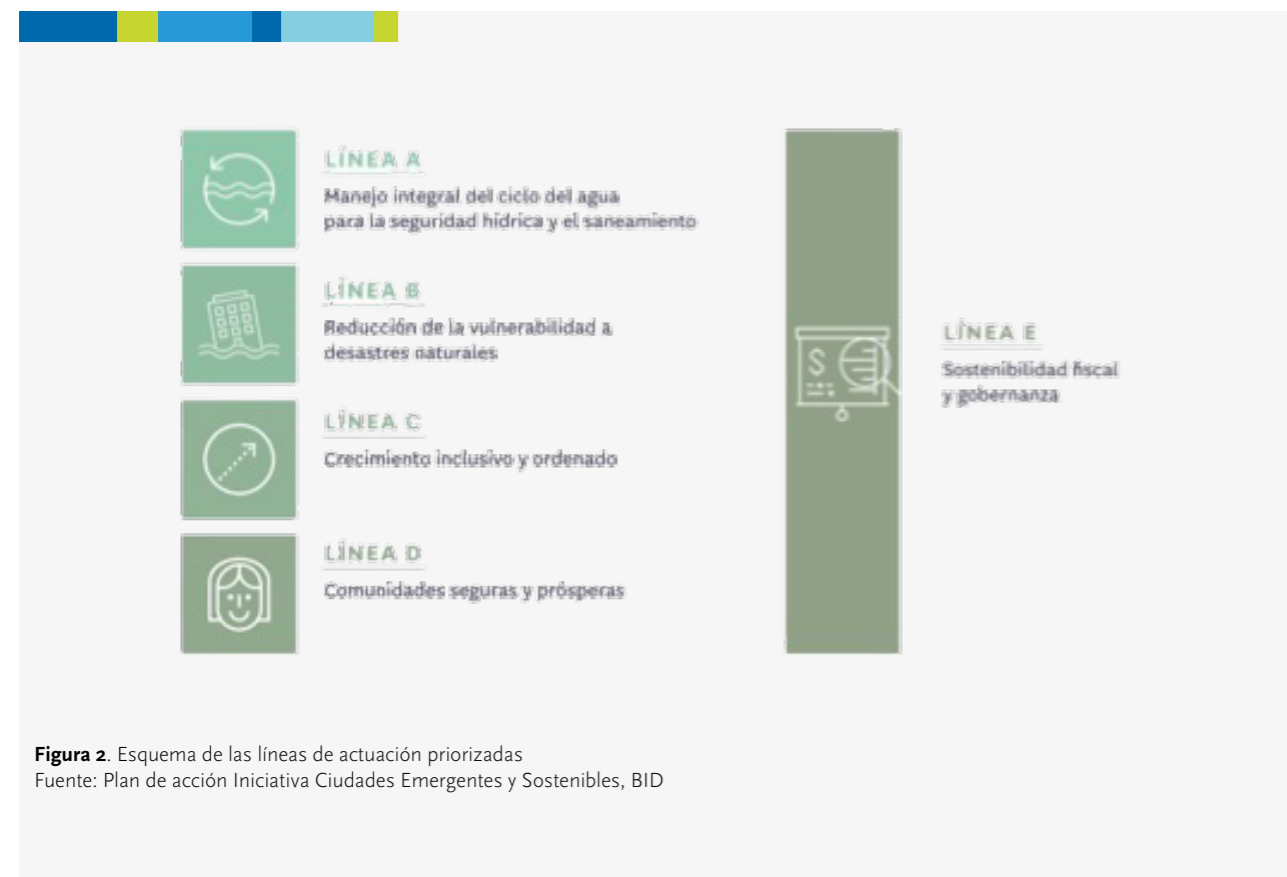


Figura 2. Esquema de las líneas de actuación priorizadas
Fuente: Plan de acción Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles, BID

El proyecto parte de la constatación de que a día de hoy el río Choluteca es una zona fuertemente estigmatizada, y que su transformación en espacio de oportunidad para la mejora de la calidad ambiental, urbana y social del Distrito Central requería de la implicación y la participación activa de sus principales actores: desde las instituciones involucradas pasando por el sector privado (comerciantes, inmobiliarios, ...), hasta las comunidades, la sociedad civil organizada y la academia. Todo ello en un contexto de recursos limitados, lo que exige priorizar y planificar muy bien las actuaciones a incluir en el Plan Urbano Ambiental.



Figura 3. Recorridos por la zona con líderes comunitarios y academia
Fuente: Elaboración propia



Figura 4. Taller participativo con actores relevantes
Fuente: Elaboración propia

Finalmente el Plan propone una secuencia de intervenciones priorizadas por su impacto y coordinadas desde la planificación urbana estratégica para contribuir en el desarrollo social, medio ambiental y urbano. Se enmarca en la visión ecológica del ciclo del agua y en la tesis de la renovación urbana.

3. Intervenciones en el cauce, paisaje e identidad ligada al río

Se plantea el desarrollo del parque lineal del río Choluteca como elemento capaz de integrar infraestructura gris y verde. El corredor propuesto incorpora las obras de infraestructura física: mitigación + saneamiento.

La propuesta se basa en recuperar la calidad del agua y el espacio natural que debe ocupar, generando y potenciando una serie de vínculos urbanos.

Desde el punto de vista de las infraestructuras se integran varios sectores:

- **Control de inundación:** el conjunto del proyecto se articula alrededor de las medidas de mitigación de inundación, obras destinadas a ampliar la capacidad del cauce (formación del cauce de aguas bajas, escolleras, malecones, taludes...) y que son definitorias para cuestiones tan importantes como la geometría del parque lineal (cotas de los caminos y plataformas, zonas destinadas a laminación, áreas de desagüe, etc.).
- A la vez el **sistema de recogida y tratamiento de las aguas** residuales será imprescindible para el éxito. El colector de aguas residuales y/o pluviales que se proyecta paralelo al río. Aunque su traza es subterránea, se incorporan determinadas condiciones e infraestructuras (cámaras de registro, sifones, aliviaderos u otros similares) que se compatibilizan con el resto de funciones a desarrollar en el Parque.
- **Red de caminos y bici-sendas**, que han de ser compatibles con las anteriores obras y, en su caso, estar prevista su inundación en determinados períodos (materiales y vegetación resistente al flujo de agua). Mediante accesos, conexiones, recorridos y actividades de diverso tipo e intensidad el parque representa un espacio de confluencia y reconciliación entre el sistema urbano y el sistema natural.

Desde el punto de vista urbanístico, la zonificación propuesta sobre una superficie de 132 ha potenciales de infraestructura verde es la siguiente:

- **Zona fluvial o cauce de aguas bajas:** se trata de la zona ocupada permanentemente por agua. En esta zona no se permite ningún uso, más allá de los derivados de la protección y mantenimiento del cauce natural.
- **Zona de parque:** compatible con crecidas ordinarias. Se corresponde con el área donde se concentra el flujo durante las crecidas. Para evitar daños a las personas y los bienes materiales, el diseño de este tramo del parque ha de ser compatible con la vía de desagüe intenso recurrente algunos meses al año. La recuperación del ámbito a nivel simbólico y ambiental, crea a la vez un espacio de encuentro para los vecinos y una nueva forma de relación la ribera y el paisaje circundante (Cerro de Juana Laínez y Cerro del Berrinche).
- **Zona de amortiguamiento o cauce extraordinario:** se trata de áreas que pueden ser inundadas en caso de crecidas extraordinarias. El Plan aconseja medidas complementarias de alerta temprana y en cualquier caso, no permitir la construcción de nuevas edificaciones en la zona. Fue definida a partir de la mancha de inundación obtenida de los Estudios Base, correspondientes al periodo de retorno de 100 y 500 años (T_{100} y T_{500}).
- **Zona de taludes vegetados:** se refiere a las áreas destinadas a la creación de bosques de ribera que ayuden a la contención del terreno y a la disminución de la velocidad del agua en caso de crecidas extraordinarias. También son elementos paisajísticos del borde de ribera que se caracterizan por su fuerte pendiente.

4. Secciones de control y perfiles hidráulicos

La geometría del cauce fue alterada durante el evento del Mitch, cuando se produjo un derrumbe en la vertiente del cerro el Berrinche, con formación de un dique en el cauce del río. Gran parte del material ha sido removido del cauce y ubicado en la vertiente del cerro El Berrinche para constituir un terraplén, sin embargo los efectos del derrumbe son todavía importantes en la actual situación del cauce.

La presencia de deposiciones intensas evidencian la insuficiencia hidráulica del tramo, no solamente para las crecidas intensas (de periodo de retorno $TR \geq 5$ años) sino también para las avenidas más frecuentes con caudal

menor, que tienen mayor influencia sobre la modelación del río. La intensidad de las deposiciones ha aumentado de forma notable después del cambio de geometría ocurrido durante el evento del Mitch.

En los trabajos de ingeniería de detalle se caracteriza la situación actual con secciones por tramos, las secciones presentan en términos generales valores elevados de radio hidráulico (son hidráulicamente eficientes). El trabajo permite identificar los tramos que presentan una reducción del área hidráulica, el denominado tramo crítico.

La intervención propuesta en el tramo tiene los siguientes objetivos:

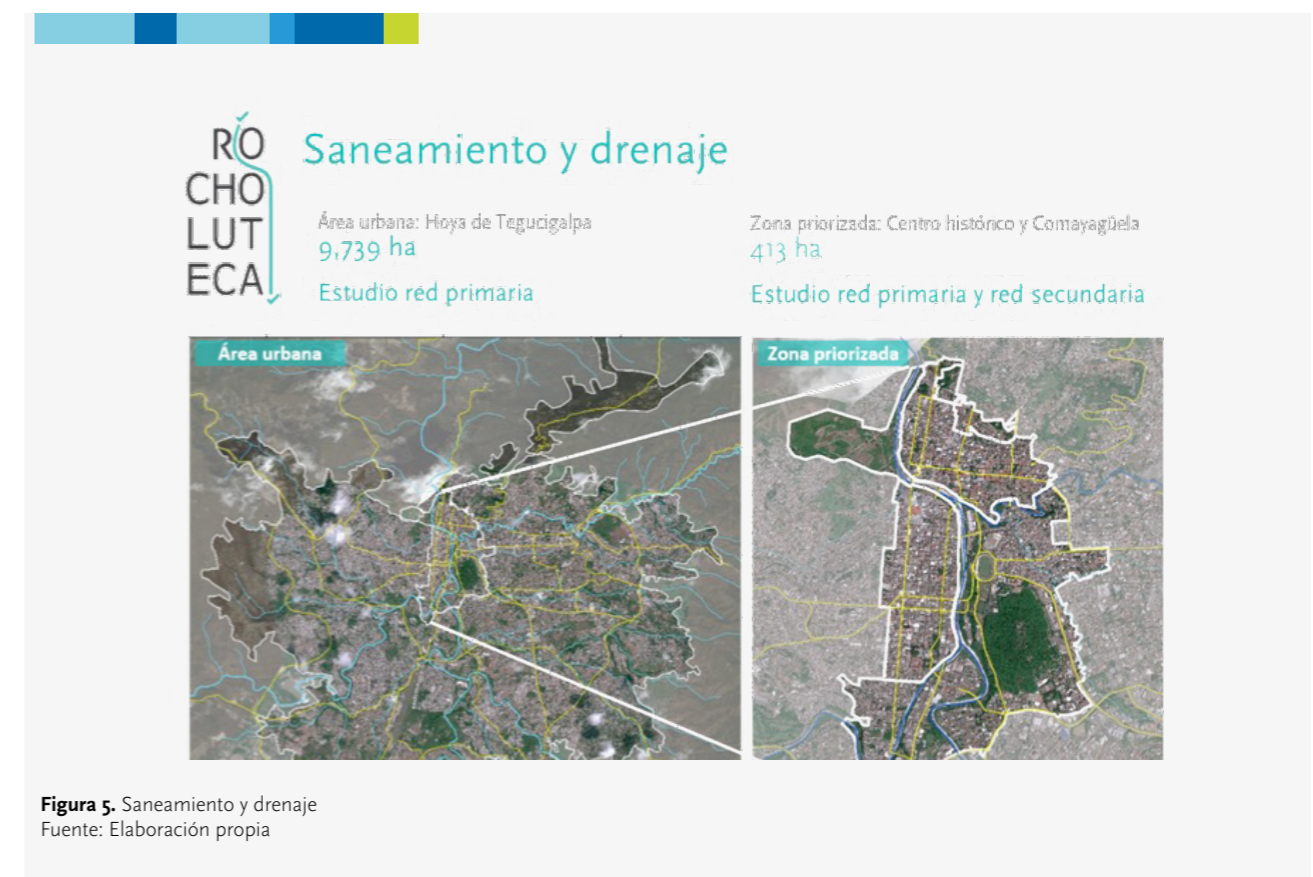
- Mejorar las condiciones de flujo al fin de reducir el efecto de remanso aguas arriba, donde se ha propuesto una re-calibración del cauce y donde se espera lograr una reducción significativa de las alturas hídras y de las deposiciones de material sólido.
- Garantizar una suficiente capacidad de transporte sólido que permita la evacuación del material sólido transportado por la corriente sin significativas deposiciones/erosiones.
- Reducir el riesgo de inundación en las áreas actualmente inundables
- Garantizar la estabilidad morfológica del cauce y en particular del ramal crítico

El revestimiento del canal se ha considerado necesario para reducir las pérdidas de carga, garantizar la estabilidad de la sección a frente de las altas velocidades de flujo y garantizar una elevada capacidad de transporte de material sólido.

La propuesta de un revestimiento a base de gaviones garantizará el drenaje de las aguas proveniente del cerro el Berrinche y le dará la capacidad para soportar eventuales deformaciones producidas por los movimientos de a la vertiente, además de permitir cierto ajardinamiento en consonancia con el parque lineal proyectado

5. Saneamiento y drenaje

La solución de infraestructura para el saneamiento y drenaje de la ciudad de Tegucigalpa comprende dos ámbitos de trabajo. El primero es la Hoya, en el que se ha trabajado en las redes primarias de saneamiento y drenaje así como en la depuración. El segundo comprende los centros de Comayagüela y el Centro Histórico de Tegucigalpa, lo que se ha llamado zona priorizada, en donde se han trabajado tanto en las redes primarias como en las secundarias.



El análisis realizado arroja que aproximadamente un 25% de la ciudad y su entorno se encuentran sin alcantarillado.

Analizando las redes primarias existentes y su estado, se vio que un 90% se disponen por el cauce de las quebradas, lo cual se traduce en roturas y colapsos. Por cuantificar este hecho, si se considera que al menos una vez al año se ocasione tan solo la rotura u obstrucción de un 10%, se tendría un costo de reparación de casi un millón de dólares.

Por esta razón, se han proyectado 112 km de redes nuevas por fuera de las quebradas y reutilizado 9 km de redes existentes: tramos en el Sapó, Orejona, La Seca y El Prado. Se han distinguido 4 áreas de intervención.

La zona suroeste corresponde a la cuenca del Guacerique, cuya prioridad de saneamiento es clave para la mejora en la calidad de agua del río Choluteca a su paso por el Centro de Comayagüela (población servida de unos 574.000 habitantes).

El colector Choluteca a la altura del centro de Comayagüela ha sido integrado en los diseños del Parque Lineal, ubicándose en la zona del camino fluvial a una profundidad media de entre 2,5 y 3 metros. El mismo quedará fuera de las crecidas ordinarias.

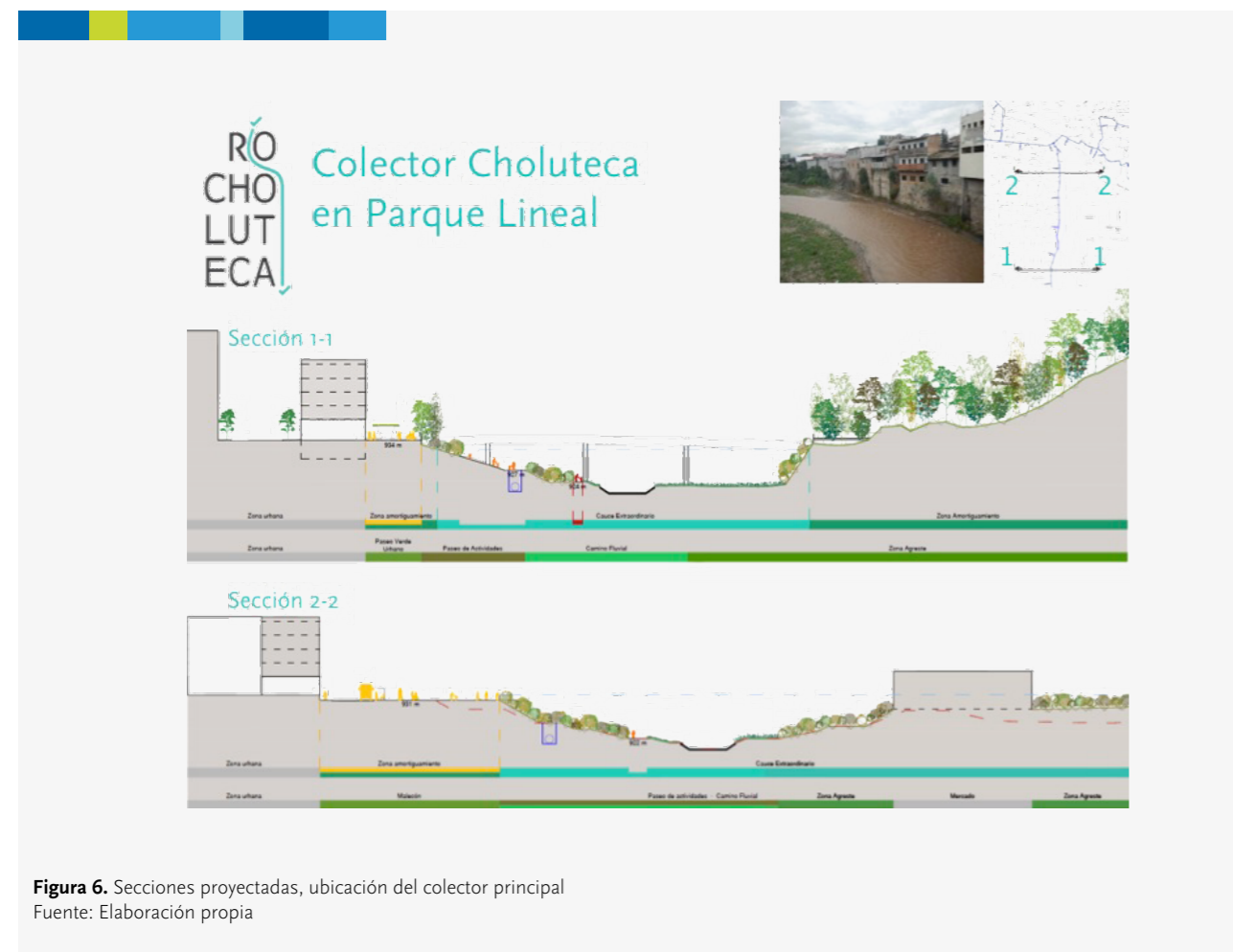


Figura 6. Secciones proyectadas, ubicación del colector principal
Fuente: Elaboración propia

En cuanto al drenaje a nivel cuenca, las actuaciones propuestas para la red primaria de drenaje cuentan con una longitud de casi 23 km de cauce, priorizándose la intervención en las algunas quebradas como La Seca, Barrio de los Jucos (Quebrada La Orejona), Mandofer (Quebrada La Orejona), Las Colinas (Quebrada Salada) y Quebrada Camaguara. Además de las estructuras de encauzamiento y estabilización, se proyectan estructuras de retención se sólidos. En algunos casos son necesarias adecuaciones o sustitución de obras de paso existentes que limitan la capacidad hidráulica.

6. El río como eje de transformación urbana: parque lineal

La intervención multisectorial proyectada en el Río Choluteca, se plantea capitalizar las obras de saneamiento y control de inundaciones, integrando la inversión pública de infraestructura con un parque lineal que transformará la ciudad en aspectos sociales y económicos, además de ambientales.

El ámbito del parque comprende 68 Ha en las que restaurar el estado natural de la vegetación de la ribera del Río Choluteca, mediante la eliminación de especies que han colonizado el río y la forestación de áreas degradadas o potencialmente valiosas. Ello se verá complementado por la construcción de un paseo caminable que conecte a ambos Centros Históricos y brinde oportunidades deportivas/recreativas a los habitantes. El parque lineal tendrá como principal función maximizar y proteger el dominio público del río, delimitándolo claramente para que el Choluteca pueda crecer durante eventos extremos sin causar daños a la población y la infraestructura existente. La principal intervención del parque lineal será la formación de taludes, diseñados conjuntamente con las medidas de mitigación de inundaciones, delineando una sección del cauce que mejor se adapte al comportamiento hídrico del río Choluteca.

Para que el proyecto se complete con éxito, la coordinación de competencias debe plantearse desde el origen del proyecto la creación de la Entidad Gestora que podría estar dirigida por una Unidad Especial de la Alcaldía Municipal, acompañada de los organismos con competencias y actores relacionados con su puesta en marcha y gestión exitosa, entre los actores identificados:

- **Actores públicos locales:** Unidad de Gestión Ambiental, Dirección de Ordenamiento Territorial, Gerencia de Movilidad Urbana, Gerencia de Mercados, UGASAM, UMGIR, Superintendencia de Aseo Municipal.
- **Actores públicos nacionales:** MiAmbiente, SERNA, SANAA, COPECO, ICF, CONAPID.
- **Actores privados/ fundaciones:** Fundación Ecológica de Tegucigalpa (FET), Tegus Verde (viene realizando labores colectivas de plantación), Vuelve al Centro, CAC, UNAH, Representantes vecinales de las colonias colindantes, Chiminike.

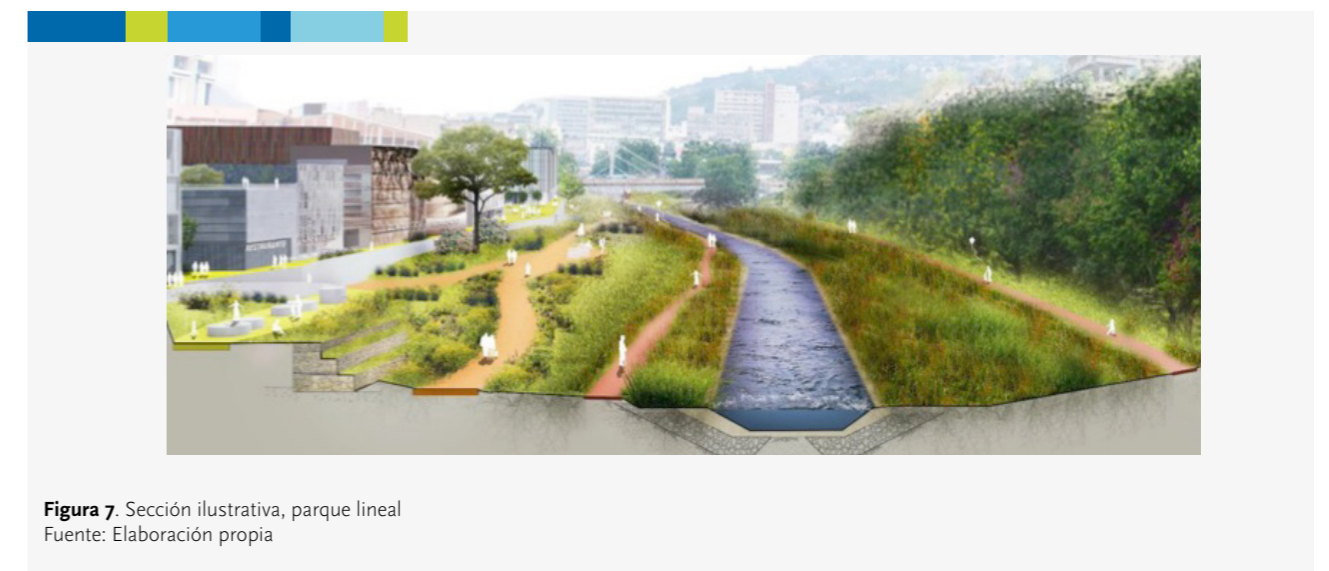


Figura 7. Sección ilustrativa, parque lineal
Fuente: Elaboración propia

Se pretende: re-orientar la relación río-ciudad; mejorar la calidad del espacio urbano, repoblar el centro para fomentar un desarrollo urbano compacto con nuevos parámetros de ordenación urbanística y con los mecanismos normativos y legales para hacerlo posible.

7. Modelo de ciudad compacta y densificación cualificada

El Plan Urbano Ambiental del río Choluteca se elabora con el propósito de convertirse en el marco de una política urbana integral que aúna los esfuerzos, tanto políticos como de los diferentes aspectos técnicos sectoriales, para constituirse en un eje rector del mejoramiento progresivo de los Centros Históricos de Tegucigalpa y Comayagüela, y del sostenimiento de su adecuado desarrollo.

De acuerdo al Plan de Acción de Tegucigalpa, el Municipio del Distrito Central pasará de una población de 1,22 millones en 2014 a 1,54 millones en 2030; la revitalización residencial de los centros puede ser la oportunidad para el cambio hacia un modelo urbano más sostenible, alojando parte de ese crecimiento poblacional. Se estima que hasta un 15% de esta nueva población proyectada a 2030 podría tener espacio en los Centros Históricos.

El Plan incorpora el concepto de “densificación cualificada”, donde el aumento de la densidad urbana va acompañada de unos estándares adecuados (zonas verdes, equipamientos, etc.) para garantizar la calidad de la urbanización compacta.

La renovación urbana (aprovechando lotes vacantes, interviniendo en inmuebles sin valor arquitectónico, cultural o histórico; sustituyendo la ruina o el edificio degradado por una nueva oportunidad) se complementa con la estrategia de recuperación del espacio público y las zonas verdes.



Figura 8. Esquema ilustrativo, densificación cualificada
Fuente: Elaboración propia

8. Movilidad sostenible y accesibilidad

Para promover la movilidad sostenible, el Plan se apoya en los estudios específicos realizados con la Gerencia de Movilidad sobre acciones estratégicas en el centro histórico de Tegucigalpa y el centro de Comayagüela. Se resumen algunas de las actuaciones planteadas:

- Red de itinerarios caminables: actualmente el sistema de movilidad en Tegucigalpa prima al vehículo privado y relega al peatón al segundo plano, que se siente inseguro ante el tráfico denso. En general, el estado del espacio para los peatones es deficiente con discontinuidad de las veredas y con elementos del mobiliario urbano que suponen un obstáculo.
- Las mejoras en las condiciones físicas del espacio destinado al peatón y los cambios en la distribución del espacio vehículo motorizado-peatón tienen que empezar. Por ello, se priorizan una serie de recorridos o itinerarios caminables que conectan espacios públicos y elementos de la memoria histórica de la ciudad.
- Estas vías son consideradas ejes cívicos con tratamientos especiales: se identifican varias calles situadas en Comayagüela que dan acceso al nuevo frente fluvial y al parque lineal, además de varias calles en el sector Mercados. El nuevo tratamiento físico del pavimento guiará a los peatones hacia el parque lineal del Choluteca.

En las actuaciones sobre espacios públicos y ámbitos de valor paisajístico, las propuestas plantean la accesibilidad como una variable que potencia su relación con el entorno, partiendo del convencimiento de que un espacio natural o público sólo se valora, se apropia y se conoce si es accesible.

9. Impacto, potencial demostrativo y valor social del proyecto

Se estima que se verán beneficiados de forma directa unos 30.000 habitantes dentro del radio de 250 metros por su contacto directo con el parque del río Choluteca, la cifra se duplica tras el proceso de densificación cualificada propuesto por el Plan, ya que el parque podría superar la cifra de 75.000 familias en un radio de 15 minutos caminando.

Respecto a los impactos, señalar también la importancia que tendrá implicar a la iniciativa privada como parte de la solución. El sector privado, concretamente los agentes e inversores arraigados al mercado inmobiliario, junto a los mecanismos financieros disponibles representan el principal motor de inversión en el territorio.

En función del espacio construido afectado en distintas fases y la influencia de las obras en el río, se estima un potencial de revalorización del suelo. Se posiciona el proyecto como un posible piloto para aplicar mecanismos de captura parcial de plusvalía, sentando un precedente para el resto de Honduras. Se hace referencia a los diversos actores que participaron en las consultas y aquellos con interés en invertir.

Primeros pasos:

- La Iniciativa privada ya está realizando inversiones de renovación en el centro (La Ronda, Casa Quinchón)
- CONVIVIENDA, la Comisión Nacional de Vivienda y Asentamientos Humanos, ha estado involucrada en el Plan y muestra interés en proyectos de vivienda asequible en el centro de la ciudad
- Sociedad civil organizada, ya existen asociaciones como Tegus Verde, Fundación Soñando con Parques, Colectivo

Acción Hormiga, la FET (recuperación del Cerro Juana Laínez desde el 2003); Vuelve al Centro, comprometidos con la recuperación de los valores del centro.

• MIN (Museo de Identidad Nacional) y CAC (Centro de Arte y Cultura); con iniciativas culturales al aire libre.

Los impactos globales del Plan deberán ser evaluados a lo largo del tiempo. Para eso, se ha desarrollado una lista de indicadores organizados en los ejes estructurantes del Plan. En total se han desarrollado más de 40 indicadores, teniendo el valor actual y el de la propuesta que deberá ser examinado en el tiempo.

10. Gestión y financiación

Finalmente, para poner en marcha las intervenciones, se requieren importantes inversiones por parte del sector público, lamentablemente Honduras en un país con limitados recursos económicos, con escasa capacidad de endeudamiento. Actualmente se aborda la creación de mecanismos de financiamiento, de cooperación y de fortalecimiento institucional, para hacer realidad la actuación estratégica. Estos esfuerzos se verían reforzados por el sector privado a través de la creación y aprovechamiento conjunto de las plusvalías por las mejoras urbanas en el sitio, reinvirtiéndolas en elementos que ayuden a propulsar la inversión y creación de empleo en el área.

El trabajo realizado incluye el análisis costo-beneficio y el retorno social de la inversión, para la valoración de los impactos ambientales y sociales del parque lineal y del conjunto de las intervenciones. El ejercicio exige la incorporación de nuevas metodologías, en este caso, se utiliza el método de evaluación contingente. El método de valoración contingente es uno de los modelos que se puede emplear para estimar el valor de bienes y servicios para los que no existe mercado. El modelo trata de simular un mercado mediante una encuesta dirigida a quienes serían los consumidores del bien o servicio que busca generar la ejecución del proyecto. Se pregunta por la máxima cantidad de dinero que pagarían por el bien o servicio en caso de tener que comprarlo, con lo que se obtiene la disponibilidad a pagar (DAP o WTP: *willingness-to-pay*).

Las inundaciones en el río Choluteca se van a repetir si no se interviene, la degradación del ámbito central sigue su espiral de deterioro lo que implica el consumo de nuevos suelos para el crecimiento urbano. La huella urbana más extensa requiere servicios e infraestructuras en ámbitos cada vez más alejados, la movilidad se complica con viajes más largos. ¿Cuál es el coste de un crecimiento descontrolado e insostenible?

El coste de no realizar la intervención o pasivo ambiental contingente es inmenso.

Dado que la inversión en infraestructura asociada a la renovación urbana suele requerir montos elevados y produce impactos a largo plazo debido a su irreversibilidad, es imprescindible que se incorpore una visión integrada desde su concepción para poder impulsar una trayectoria de crecimiento más sostenible.

En conclusión, los temas aquí abordados parecieran tocar un espectro amplísimo y aparentemente inconexo de disciplinas; esta percepción se da al interpretar la intervención con la óptica tradicional. En este sentido se requiere ver a la infraestructura urbana con un nuevo enfoque acorde a los desafíos y oportunidades en juego.

El cambio climático, los desastres naturales y la rápida urbanización añaden razones para exigir el reconocimiento de la interconexión entre los subsectores de la infraestructura, incorporando su carácter multidimensional en la etapa de planificación.

El reto requerirá modificar las condiciones de contorno actuales, la cultura de “silos” muchas veces instalada en las administraciones y potenciar nuevos mecanismos que faciliten la visión de conjunto y haga posible la implementación de proyectos multisectoriales.

**Colegio de Ingenieros
de Caminos, Canales
y Puertos de Madrid**

C/ Almagro 42 2ª planta
28010 Madrid

Teléf.: 913081999

Fax: 913910617

www.caminosmadrid.es

madrid@ciccp.es

