



Adaptación del Transporte Urbano al Cambio Climático

Módulo 5f

Transporte Sostenible:

Texto de Referencia para formuladores de políticas públicas en ciudades de desarrollo

VISIÓN GENERAL DEL TEXTO DE REFERENCIA

Transporte Sostenible:

Texto de Referencia para formuladores de políticas públicas en ciudades de desarrollo

¿Qué es el Texto de Referencia?

Este *Texto de Referencia* sobre Transporte Urbano Sostenible trata las áreas clave de un marco de referencia de políticas de transporte urbano para una ciudad en desarrollo. El *Texto de Referencia* consiste de más de 27 módulos mencionados más abajo. También está complementado por una serie de documentos de entrenamiento y otros materiales disponibles en <http://www.sutp.org> (y en <http://www.sutp.cn> para los usuarios chinos).

¿Para quién es?

El *Texto de Referencia* está dirigido a diseñadores de políticas en ciudades en desarrollo y a sus asesores. Esta audiencia está reflejada en el contenido, que provee herramientas para políticas apropiadas para su aplicación en un rango de ciudades en desarrollo. El sector académico (p. ej., universidades) también se ha beneficiado de este material.

¿Cómo debe usarse?

El *Texto de Referencia* se puede usar de distintas maneras. Si está impreso, debe permanecer en un solo sitio, proveyendo los diferentes módulos a oficiales involucrados en transporte urbano. El *Texto de Referencia* se puede adaptar fácilmente a un evento corto como un curso de entrenamiento, o puede servir como guía para desarrollar un currículum u otro programa de entrenamiento en el área del transporte urbano. GTZ está elaborando paquetes de entrenamiento tales como una guía de planificación de BRT, un curso de entrenamiento sobre Tránsito Masivo, un documento de entrenamiento sobre Planificación y Regulación de Buses, Transporte no Motorizado, y Conciencia Pública y Cambio de Comportamientos. Futuros documentos de entrenamiento incluyen uno sobre Gestión de la Demanda de Transporte (TDM) y otros temas clave, que están siendo desarrollados con otras organizaciones que trabajan en países en desarrollo, como ha sido el caso con algunos de los documentos de entrenamiento anteriores. El *Texto de Referencia* en español no ha sido impreso, por lo cual las versiones digitales son la forma de difusión actual. No obstante, una meta del proyecto es lograr acuerdos con otros para realizar una distribución impresa a actores clave.

¿Cuáles son algunas de las características clave?

Las características clave del *Texto de Referencia* incluyen:

- Una orientación práctica, enfocada en las buenas prácticas de planificación y regulación y ejemplos exitosos en ciudades en desarrollo.
- Los contribuyentes son expertos líderes en su campo.
- Un diseño en colores, atractivo y fácil de leer.
- Lenguaje no técnico (dentro de lo posible), con explicaciones de los términos técnicos.
- Actualizaciones vía Internet.

¿Cómo consigo una copia?

Se pueden descargar versiones PDF de los módulos desde la sección de documentos de nuestros dos sitios web. Debido a la actualización constante de los módulos, ya no hay ediciones impresas disponibles en idioma inglés. Una versión impresa de 20 módulos en chino se vende en China a través de Communication Press. Cualquier pregunta con respecto al uso de los módulos se puede dirigir a sutp@sutp.org o transport@gtz.de.

¿Comentarios o retroalimentación?

Sus comentarios y sugerencias sobre cualquier aspecto del *Texto de Referencia* son bienvenidos, a través de e-mail a sutp@sutp.org and transport@gtz.de, o por correo a:

Manfred Breithaupt
GTZ, Division 44
P. O. Box 5180
65726 Eschborn, Alemania

Más módulos y recursos

Se anticipan más módulos para las áreas de *Financiación del Transporte Urbano*, *Transporte*, *Salud y Gestión de Estacionamientos* (entre otros). Se están desarrollando recursos adicionales, y están disponibles los CD-ROMs y el DVD de fotos de Transporte Urbano (algunas fotos están disponibles en nuestra galería de fotos). También encontrará enlaces relevantes, referencias bibliográficas y más de 400 documentos y presentaciones en las secciones de enlaces, bibliografía y documentos.

Módulos y colaboradores

- (i) *Visión general del Texto de Referencia y temas transversales sobre transporte urbano* (GTZ)

Orientación institucional y de políticas

- 1a. *El papel del transporte en una política de desarrollo urbano* (Enrique Peñalosa)
- 1b. *Instituciones de transporte urbano* (Richard Meakin)
- 1c. *Participación del sector privado en la provisión de infraestructura de transporte urbano* (Christopher Zegras, MIT)
- 1d. *Instrumentos económicos* (Manfred Breithaupt, GTZ)
- 1e. *Cómo generar conciencia ciudadana sobre transporte urbano sostenible* (K. Fjellstrom, GTZ; Carlos F. Pardo, GTZ)

Planificación del uso del suelo y gestión de la demanda

- 2a. *Planificación del uso del suelo y transporte urbano* (Rudolf Petersen, Wuppertal Institute)
- 2b. *Gestión de la movilidad* (Todd Litman, VTPI)

Transporte público, caminar y bicicleta

- 3a. *Opciones de transporte público masivo* (Lloyd Wright, ITDP; Karl Fjellstrom, GTZ)
- 3b. *Sistemas de bus rápido* (Lloyd Wright, ITDP)
- 3c. *Regulación y planificación de buses* (Richard Meakin)
- 3d. *Preservar y expandir el papel del transporte no motorizado* (Walter Hook, ITDP)
- 3e. *Desarrollo sin automóviles* (Lloyd Wright, ITDP)

Vehículos y combustibles

- 4a. *Combustibles y tecnologías vehiculares más limpios* (Michael Walsh; Reinhard Kolke, Umweltbundesamt – UBA)
- 4b. *Inspección, mantenimiento y revisiones de seguridad* (Reinhard Kolke, UBA)
- 4c. *Vehículos de dos y tres ruedas* (Jitendra Shah, World Bank; N.V. Iyer, Bajaj Auto)
- 4d. *Vehículos a gas natural* (MVV InnoTec)
- 4e. *Sistemas de transporte inteligentes* (Phil Sayeg, TRA; Phil Charles, University of Queensland)
- 4f. *Conducción racional* (VTL; Manfred Breithaupt, Oliver Eberz, GTZ)

Impactos en el medio ambiente y la salud

- 5a. *Gestión de calidad del aire* (Dietrich Schwela, World Health Organisation)
- 5b. *Seguridad vial urbana* (Jacqueline Lacroix, DVR; David Silcock, GRSP)
- 5c. *El ruido y su mitigación* (Civic Exchange Hong Kong; GTZ; UBA)
- 5d. *El MDL en el sector transporte* (Jürg M. Grütter, Grütter Consulting)
- 5e. *Transporte y cambio climático* (Holger Dalkmann; Charlotte Brannigan, C4S)
- 5f. *Adaptación del Transporte Urbano al Cambio Climático* (Urda Eichhorst, WI)

Recursos

- 6. *Recursos para formuladores de políticas públicas* (GTZ)

Asuntos sociales y temas transversales en transporte urbano

- 7a. *Género y transporte urbano: inteligente y asequible* (Mika Kunieda; Aimée Gauthier)

Sobre la Autora

Urda Eichhorst es investigadora del Instituto Wuppertal para el Clima, el Medio Ambiente y la Energía (*Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy – WI*), Alemania. Tiene una maestría en Cambio y Gestión Ambiental de la Universidad de Oxford y un título de pregrado en Estudios Chinos. Urda ha trabajado en Alemania y en China. Su enfoque de trabajo actual es sobre política internacional de clima y política de transporte en países en desarrollo, incluyendo eficiencia energética y adaptación. En el Instituto Wuppertal es responsable de todos los temas relacionados con adaptación al cambio climático en el contexto internacional y es la persona clave para las actividades del Instituto en China.

Agradecimientos

Este módulo no habría sido posible sin Daniel Bongardt y Armin Wagner, quienes fomentaron su desarrollo y estuvieron involucrados de cerca en el proceso completo desde la primera conceptualización hasta la edición final. La autora también agradece a Thorsten Koska (*Wuppertal Institute*) por sus contribuciones al texto y otras ideas. Se dan agradecimientos especiales a Anumita Roychowdhury (*Center for Science and Environment*), Oscar Reutter (*Wuppertal Institute*), Lloyd Wright (*Viva Cities*), David Dodman (*International Institute for Environment and Development*) y Sharad Saxena (*Asian Development Bank*) por su revisión y comentarios valiosos. La mayoría de los comentarios han sido incorporados, pero no todas las sugerencias fueron incluidas dentro de lo que abarca este módulo. Cualquier error u omisión que puedan haber resultado son la responsabilidad única del autor.

Módulo 5f

Adaptación del Transporte Urbano al Cambio Climático

Los hallazgos, interpretaciones y conclusiones expresados en este documento están basados en la información compilada por GTZ y sus consultores, socios y contribuyentes con base en fuentes confiables. No obstante, GTZ no garantiza la precisión o integridad de la información en este libro y no puede ser responsable por errores, omisiones o pérdidas que surjan de su uso.

Autora: Urda Eichhorst
(Instituto Wuppertal para el Clima, el Medio Ambiente y la Energía)

Editor: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH
P. O. Box 5180
65726 Eschborn, Alemania
<http://www.gtz.de>

División 44: Agua, Energía, Transporte
Proyecto sectorial:
«Servicio de Asesoría en Política de Transporte»

Por encargo de
Bundesministerium für wirtschaftliche
Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ)
Friedrich-Ebert-Allee 40
53113 Bonn, Alemania
<http://www.bmz.de>

Gerente: Manfred Breithaupt

Editorial: Daniel Bongardt

Foto portada: Vía inundada, PhotoDisc

Traducción: Esta traducción ha sido realizada por Adriana Hurtado-Tarazona. GTZ no puede ser responsable por esta traducción o por errores, omisiones o pérdidas que emerjan de su uso.

Diagramación: Klaus Neumann, SDS, G.C.

Edición: Este módulo es parte del Texto de Referencia sobre Transporte Urbano Sostenible para formuladores de políticas públicas en ciudades de desarrollo, Noviembre de 2009.

Eschborn, Mayo de 2010

1. Introducción	1
2. Ciudades y cambio climático	4
2.1 Impactos esperados	4
2.2 Vulnerabilidad en las ciudades	7
2.3 Retos específicos en ciudades en desarrollo	7
3. Impactos probables en los sistemas de transporte urbano y medidas potenciales de adaptación	9
3.1 Infraestructura de transporte	11
3.1.1 Infraestructura vial, ciclovías, vías peatonales	11
3.1.2 Transporte público sobre rieles	14
3.1.3 Vías acuáticas	14
3.2 Transporte público	14
3.3 Transporte privado	19
3.3.1 Transporte no motorizado	19
3.3.2 Transporte motorizado privado	21
3.4 Costos y beneficios de adaptación	22
4. Actuando para la adaptación	24
4.1 Enfoques básicos de adaptación	24
4.2 Un marco de trabajo para generar esquemas a prueba de clima en transporte	26
4.3 Contexto político de apoyo para adaptación efectiva	30
5. Sinergias de mitigación y adaptación en transporte urbano de pasajeros	33
Observaciones finales	36
Referencias	37
Anexo	41

1. Introducción

El transporte está ligado a todos los aspectos de la vida urbana: recreación, educación, negocios e industria. Asegurar un sistema resistente de transporte urbano es entonces necesario para evitar cambios drásticos y costosos a la vida urbana. Dado que los impactos del clima en el transporte van a volverse más frecuentes y más extremos en el futuro, la cantidad de días en que el sistema de transporte se confrontará con factores generadores de tensión extrema incrementará. Si no se toman medidas de adaptación, habrá cambios drásticos con mayor frecuencia y se deben esperar mayores costos económicos.

Muchos responsables de la toma de decisiones en varios países en desarrollo ya están confrontándose con eventos extremos de clima, tales como inundaciones, hundimientos y tormentas, todos los cuales se espera que sean mayores con el cambio climático. En el peor de los casos, los sistemas de transporte pueden no ser capaces de recuperarse durante tales eventos, resultando esto entonces en daños exponenciales. Por esto, construir un sistema de transporte urbano resistente al cambio climático es vital para:

- Salvaguardar la infraestructura de transporte y el valor que constituye;
- Asegurar movilidad confiable y vitalidad económica/ desarrollo; y
- Garantizar la salud y seguridad de los residentes urbanos.

Aunque podemos aprender de los esquemas existentes de gestión de riesgos de desastres, se necesita tanto información como nuevas aproximaciones a la planificación del transporte para desarrollar sistemas de transporte urbano que sean resistentes a las condiciones climáticas cambiantes.

Este módulo del *Texto de Referencia* de GTZ para gestores de políticas en Ciudades en Desarrollo busca generar sensibilización, describir los impactos esperados del cambio climático en el transporte urbano de pasajeros¹⁾ (Secciones



Figura 1

¿Por qué adaptar el transporte urbano al cambio climático?

2 y 3) y proporcionar orientación sobre cómo integrar esquemas «a prueba de clima» (*climate proofing*) en la planificación e implementación de políticas de transporte urbano (Sección 4). El documento concluye con una discusión sobre las sinergias que puede haber entre adaptación y mitigación (Sección 5).

El Proyecto de Transporte Urbano Sostenible (SUTP) de GTZ y su *Texto de Referencia* de Transporte Urbano proporcionan mucha información sobre las políticas de transporte sostenible para gestores de políticas en ciudades en desarrollo. Además del *Texto de Referencia*, que actualmente consta de 27 módulos, hay documentos técnicos que dan información de fondo y en detalle sobre preguntas específicas que no pueden ser exploradas en los módulos del *Texto de Referencia*.

Todos los módulos del *Texto de Referencia* de GTZ sobre transporte urbano sostenible están disponibles en línea en <http://www.sutp.org>.

Aunque el sector transporte está en el corazón de las conglomeraciones urbanas, se ha prestado poca atención específicamente a la vulnerabilidad del sistema de transporte urbano. No obstante, en los últimos años se han visto algunos estudios en Europa y Norteamérica sobre los impactos globales del cambio climático en

(Continúa en la página 4)

¹⁾ Aunque muchos impactos en el transporte de carga son similares a los de transporte de pasajeros, en particular en lo que concierne a la infraestructura de transporte, el transporte de carga está sujeto a dinámicas diferentes y requiere una evaluación separada, que está más allá del objetivo de este documento.

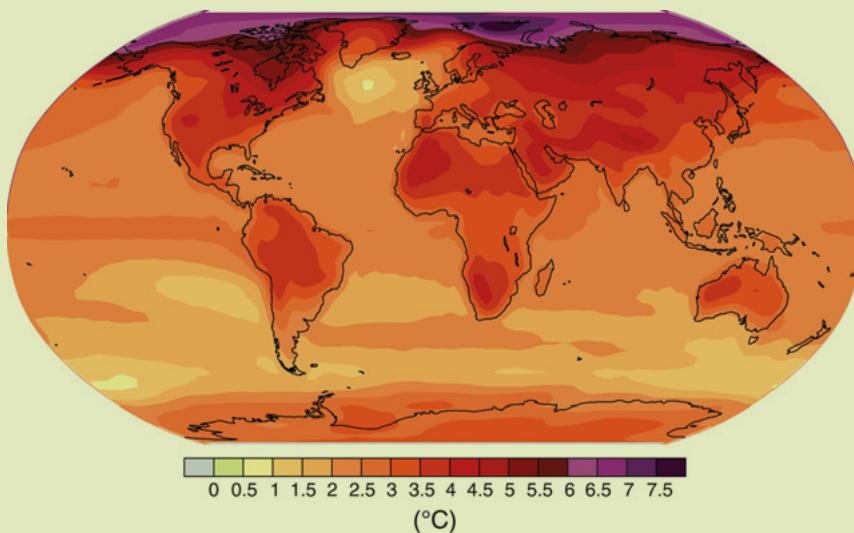
Información de fondo

Adaptación a un clima cambiante

La raza humana y la naturaleza siempre se han adaptado a condiciones de clima cambiantes. No obstante, la velocidad del cambio climático generado por el hombre no tiene precedentes. Incluso ahora, las temperaturas promedio globales se han incrementado en $0,74^{\circ}\text{C}$ durante el último siglo y el calentamiento del sistema de clima es inequívoco (IPCC, 2007). La emisión de gases invernadero desde la industrialización ha sido identificada como la causa principal del cambio climático generado por el ser humano (véase Cuadro 1).

Figura 2
Calentamiento de superficie al final del siglo XXI.

Fuente: IPCC, 2000



Sin políticas de clima y acciones de mitigación eficientes, se espera que el calentamiento global suba 2°C para la mitad del siglo (Meinshausen *et al.*, 2009) y puede culminar en un aumento de temperatura global entre $1,1^{\circ}\text{C}$ y $6,4^{\circ}\text{C}$ en el 2100, dependiendo de diferentes suposiciones de escenarios (IPCC, 2007).

Las consecuencias del cambio climático global tienen varias facetas. Incluyen *aumentos del nivel de mar* debido a la expansión térmica de los océanos, glaciales, casquetes de hielo y capas de hielo polar que se derriten. De acuerdo con los cálculos recientes, los niveles del mar podrían aumentar entre 0,5 y 1,5 metros para el 2100 por encima del nivel de 1990 (Rahmstorf, 2007). No obstante, aún hay incertidumbres y los aumentos en el nivel del mar no pueden descartarse. Incluso un aumento de 38 cm podría multiplicar por cinco la cantidad de personas inundadas por tormentas (Nicholls *et al.*, 1999). El sistema hidrológico también es propenso a cambios severos inducidos por calentamiento global. Dependiendo de la región, esto puede llevar a *cambios anuales y/o estacionales en la disponibilidad de agua*, llevando así a más sequías y/o inundaciones. Más sequías pueden empeorar la desertificación e incrementar el polvo y arena aéreos. El derretimiento de glaciares afecta la disponibilidad de agua fresca en la primavera, y los eventos más extremos de precipitación (lluvias más concentradas) pueden incrementar aún más

Cuadro 1: El efecto invernadero

La temperatura de la tierra es controlada por un balance entre la entrada de energía de la radiación solar (radiación de onda corta) y la reflexión de ésta de vuelta al espacio. Como se ilustra en la Figura 3, alrededor de un tercio de la radiación solar es directamente reflejado al espacio mientras que los otros dos tercios son absorbidos por el suelo de la Tierra, sus océanos y atmósfera. Cuando la superficie de la tierra se calienta, emite radiación infrarroja de onda larga. Los gases invernadero se quedan atrapados y reemiten algo de esta radiación calentando el planeta. Mientras mayor sea la concentración de gases invernadero, se atrapa mayor radiación, incrementando las temperaturas globales.

El efecto natural invernadero es intensificado por la emisión de gases invernadero, tales como dióxido de carbono y metano, a través de actividades humanas, principalmente por la quema de combustibles fósiles y agricultura. Las emisiones de gases invernadero han crecido desde la industrialización en el siglo XIX e incrementaron 70 % entre 1970 y 2004. Así, las concentraciones atmosféricas de gases invernadero, en particular CO_2 y metano, ahora exceden en gran medida el rango natural de los últimos 650.000 años y continúan creciendo (IPCC, 2007). Como consecuencia, incluso más radiación solar queda atrapada, llevando a un mayor calentamiento del sistema de la Tierra.

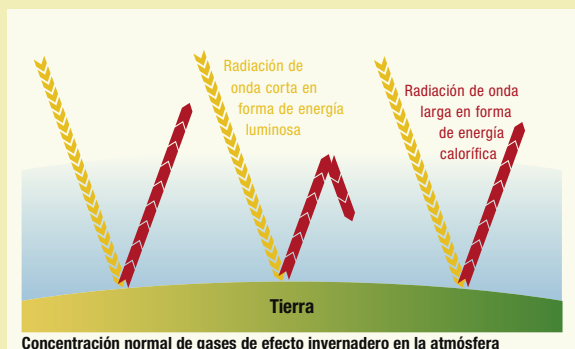
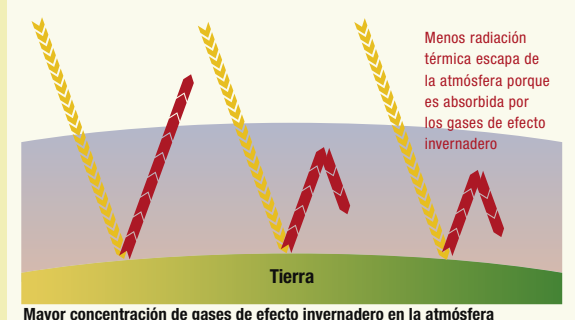


Figura 3: El efecto invernadero



Fuente: Instituto Wuppertal basado en Goudie (1990)

el riesgo de inundación. Se espera que ocurran con mayor frecuencia *temperaturas extremas, esto es olas de calor o de frío*, y es más probable que las tormentas incrementen en intensidad y frecuencia, generando riesgos de *oleadas de tormentas* y daños (IPCC, 2007). La Figura 2 muestra los incrementos esperados en temperatura al final del siglo XXI, en comparación con el final del siglo XX basándose en el escenario A1B de IPCC²⁾.

Los efectos de estos procesos naturales en las actividades humanas varían de acuerdo con la tasa de aumento de temperatura, capacidades adaptativas y el contexto regional socioeconómico en general (véase el Cuadro 2 para definiciones). Aunque el impacto del cambio climático regional puede observarse en todos los continentes y en la mayoría de los océanos, los países en desarrollo son particularmente afectados por los cambios en el ambiente físico.

El Portal de Datos de Cambio Climático del Banco Mundial (*World Bank Climate Change Data Portal*) proporciona resúmenes de los impactos de cambio climático esperados

basándose en diferentes modelos según país para el mundo entero. Los datos son accesibles de manera libre en este portal <http://sdwebx.worldbank.org/climateportal/home.cfm?page=globemap> (las conexiones lentas pueden requerir alguna paciencia cuando se cargan datos).

No obstante el progreso enorme en las predicciones de clima, aún existe una falta de información definitiva o comprensiva sobre los impactos del cambio climático y la vulnerabilidad asociada, especialmente al nivel local. Por esto, siempre existirá un grado de incertidumbre en la planificación para la adaptación. Esta incertidumbre puede, no obstante, tomarse en cuenta por medio de estrategias robustas de planificación y no debería utilizarse como un pretexto falso para no planificar para la adaptación hoy. Existe la necesidad de reducir de manera significativa la vulnerabilidad y de asegurarse de que las grandes inversiones públicas en la infraestructura de largo plazo no se pierdan en veinte años debido a las condiciones cambiantes de clima. Diseñar sistemas de transporte sostenibles significa minimizar los efectos del cambio climático buscando la adaptación y mitigación en paralelo.

Resumen de impactos del cambio climático:

- Temperaturas más altas
- Más olas de calor
- Mas sequías
- Más olas de frío
- Más lluvia extrema
- Más inundaciones regulares y extremas
- Tormentas más intensas y frecuentes
- Aumento del nivel del mar
- Cambios en disponibilidad de agua
- Derretimiento de glaciares y permafrost

²⁾ El escenario A1 asume un mundo de crecimiento económico muy rápido, una población mundial que tiene su «pico» a mediados del siglo y una rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficientes. Este escenario A1 está dividido en tres grupos que describen direcciones alternativas de cambio tecnológico: intenso en fósiles (A1FI), con recursos energéticos no-fósiles (A1T) y un balance entre todas las fuentes (A1B).

Cuadro 2: Definiciones: Adaptación, vulnerabilidad y resistencia

Adaptación

«La adaptación es el **ajuste en sistemas naturales o humanos** a los estímulos climáticos actuales o esperados o sus efectos, que modera el daño o explota las oportunidades benéficas» (Parry *et al.*, 2007: 27).

La adaptación puede tomar muchas formas. La adaptación a inundaciones, por ejemplo, puede incluir medidas planificadas o anticipatorias, tales como la limitación de nuevos desarrollos en áreas con probabilidad de inundación o la extensión de infraestructura protectora, tales como las murallas de mar o la mejoría de sistemas de drenaje. Pero también puede incluir respuestas reactivas como usar los cronogramas de emergencia para transporte público que evitan las áreas inundadas.

Vulnerabilidad

La vulnerabilidad es el **grado en que un sistema es sensible a e incapaz de hacer frente a efectos adversos** del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los extremos. Como tal, la vulnerabilidad es una función de exposición a impactos, la sensibilidad de un sistema al cambio climático y la capacidad de adaptarse. Fortalecer la capacidad de adaptación puede entonces reducir la vulnerabilidad (Parry *et al.*, 2007; Kelly y Adger, 2000).

Por ejemplo, la vulnerabilidad de un sistema férreo subterráneo depende de:

- La exposición del sistema a inundaciones, *p. ej.* cada 5 años o varias veces al año
- La sensibilidad del sistema subterráneo a las inundaciones, *p. ej.* los retrasos o interrupción total de servicios cuando el agua de inundación llega a cierto nivel; y

- La capacidad de los proveedores de servicio locales o las instituciones y sus infraestructuras respectivas para afrontar las inundaciones, *p. ej.* a través de un sistema de bombeo adecuado (Tompkins y Adger, 2003; Adger y Vincent, 2005).

Resistencia

La resistencia (resilience) indica la **capacidad de mantener las funciones centrales de un sistema** frente a amenazas e impactos, particularmente en poblaciones vulnerables. En el contexto de las ciudades, la resistencia es un producto de gobiernos, grupos de la sociedad, empresas e individuos con capacidad adaptativa fuerte. Esto es, anticipar el cambio climático y planificar adaptaciones requeridas. La resistencia al cambio climático también interactúa con la resistencia a otras presiones dinámicas, tales como la pobreza, cambio económico o conflicto (Satterthwaite *et al.*, 2009).

(Viene de la página 1)

el transporte. Este documento presenta una visión general de estos hallazgos y los enmarca dentro del contexto de adaptación en países en desarrollo.

La adaptación en el transporte no se puede ver de manera aislada ni se puede reducir a arreglos técnicos de infraestructura. Para afrontar el cambio climático, los sistemas de transporte deben estar diseñados para satisfacer las demandas de movilidad de todas las poblaciones urbanas, incluyendo los de bajos ingresos, bajo condiciones climáticas cambiantes, pero también tratar de minimizar las emisiones efecto invernadero relacionadas con el transporte. Esto incluye una consideración de las consecuencias de estrategias de adaptación para la mitigación.

La integración con otros sectores, especialmente con la planificación urbana es vital para maximizar beneficios. Las autoridades de transporte y los planificadores urbanos tienen el comando para estimular un desarrollo urbano «a prueba del clima», inclusivo y sostenible.

Los impactos y las necesidades de adaptación son diferentes entre países y regiones y de ahí que los escenarios deban desarrollarse para ciudades específicas o de manera individual. Para lograrlo, se necesita información específica de clima a nivel regional o local. En el Manual para Ejercedores de GTZ sobre Información de Cambio Climático para Adaptación Efectiva (*Practitioner's Manual Climate Change Information for Effective Adaptation*) (2008) se explica dónde y cómo acceder a esa información. El manual también proporciona una descripción de fondo más detallada sobre ciencia de cambio climático básico y es un buen punto de partida hacia una vista general sobre cómo recopilar e interpretar datos de clima relevantes.

Está disponible en línea en <http://www2.gtz.de/dokumente/bib/gtz2009-0175en-climate-change-information.pdf>

Para proporcionar un marco de trabajo que permita comprender mejor los impactos del cambio climático en el transporte urbano de pasajeros, el siguiente texto explicativo introduce la ciencia general de cambio climático y los retos de adaptación.

2. Ciudades y cambio climático

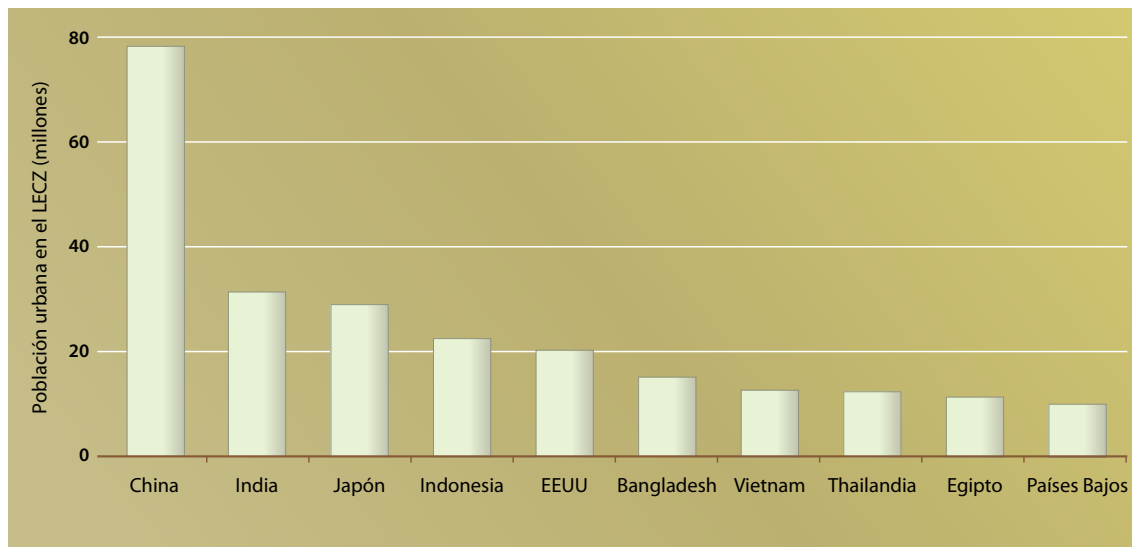
Actualmente alrededor de la mitad de la población mundial vive en áreas urbanas. Incluso en África, que ha sido considerada hace mucho tiempo un continente rural, alrededor del 40 % de la población está viviendo en ciudades. Las tasas de urbanización están en un promedio de 2 % global, pero son más altas en los países en desarrollo. Siendo el hogar de más de tres mil millones de personas, las ciudades son fuentes principales de emisiones de gases de efecto invernadero. Se estima que hasta un 80 % de los gases de efecto invernadero globales se originan en áreas urbanas (MunichRe, 2004), proporcionando así un gran potencial de mitigación. Al mismo tiempo, con altas densidades de población e infraestructura así como actividades económicas concentradas, las ciudades son particularmente vulnerables a los impactos del cambio climático y necesitan adaptarse.

Con la urbanización, la concentración de población y actividades económicas en las áreas costeras de baja altitud se ha incrementado en gran medida, agregándose así a la vulnerabilidad de las ciudades costeras debido al aumento en los niveles del mar y las actividades de tormenta en aumento. La Zona Costera de Baja Altitud (*Low Elevation Coastal Zone*, LECZ), definida por McGranahan *et al.*, (2007) como el área continua a lo largo de la costa que está a menos de 10 metros de altura del nivel del mar, cubre el 2 % del área terrestre mundial, pero es hogar de 13 % de la población urbana mundial²⁾. Mientras que los pequeños Estados-isla tienen las proporciones más grandes de la población viviendo en zonas costeras de baja altitud, la cantidad absoluta más grande de personas viviendo en estas áreas de riesgo están en países grandes con regiones delta muy pobladas, como China e India (véase la Figura 4).

2.1 Impactos esperados

Las tendencias de la urbanización en las áreas costeras incrementarán aún más la exposición de la población y sus activos económicos al aumento del nivel del mar.

²⁾ Todas las estimaciones para el año 2000.



Note: The low-elevation coastal zone is the continuous area along the coast that is less than 10 metres above sea level.

Figura 4

Países con las poblaciones urbanas más grandes en zonas costeras de baja altitud.

Fuente: ilustración propia basada en datos de CIESIN

Las ciudades costeras están particularmente afectadas por el cambio climático, pero las ciudades del interior también tienen una cantidad considerable de riesgos climáticos en aumento como se resume en la siguiente sección. El tipo de impactos y su severidad difieren en cada ciudad. No obstante, generalmente los impactos esperados del cambio climático en las ciudades pueden resumirse como sigue (basándose en Dawson, 2007; IPCC, 2007):

- **Mayor temperatura y más olas de calor**, llevarán a que haya peores efectos isla de calor en las ciudades. Esto puede afectar negativamente la comodidad y salud de los habitantes urbanos, *p. ej.* a través de tensión por calor, pero también daños en material de infraestructura, como asfalto o rieles diseñados para temperaturas bajas. La temperatura aumentada y las olas de calor también incrementarán la demanda de dispositivos de enfriamiento en los hogares privados, así como en la industria o el transporte. Más aire acondicionado puede restringir la generación de electricidad y/ o su suministro. Las temperaturas más altas junto con el cambio en los patrones de precipitación resultarán en que haya especies exóticas, incluyendo patógenos y parásitos, en áreas donde antes no habían estado. Aunque es probable que los problemas relacionados con el frío disminuyan en general, algunas áreas tendrán más *olas de frío* con impactos probables en la salud y el material de infraestructura, así como quebrantos en negocios y transporte.

- Se espera que las *sequías* se vuelvan algo más frecuente en muchas áreas, limitando la disponibilidad de agua y su calidad. La escasez de agua puede afectar la generación de electricidad, generar problemas en el consumo humano, los procesos industriales, el transporte por vía acuática y las actividades de agricultura cercanas. El acceso al agua limpia ya es un reto en muchos países en desarrollo, lo cual se convertirá en un problema más grande con las temperaturas más altas y la disponibilidad reducida de agua.
- El **aumento del nivel del mar** incrementará el riesgo de inundaciones por oleadas de tormentas y erosión costera lo cual amenaza las ciudades costeras. Dependiendo del aumento del nivel del mar, algunas áreas urbanas de baja altitud están en riesgo de ser sumergidas

Figura 5

Vía polvorienta en Cairo, Egipto.

Foto por Karl Fjellstrom, 2002
GTZ Photo DVD





Figura 6
Daños por tormentas y lluvia en EEUU.
Foto por PhotoDisc

por completo. Los niveles del mar más altos también pueden contener el desagüe de flujos extremos de sistemas urbanos de drenaje y los ríos y llevará a la intrusión de agua salada. Los humedales costeros estarán en riesgo, reduciendo aún más su efecto natural de amortiguación contra las inundaciones de marea y olas de tormentas.

- Se esperan *eventos más extremos de precipitación* (incluyendo cambios de estaciones) en muchas ciudades y pueden provocar más *inundaciones e inundaciones más extremas*, particularmente en combinación con el aumento del nivel del mar. Las lluvias más

Figura 7
Viviendas inundadas en Bangladesh.
Foto por Robert Heine, GTZ



intensas aumentarán la presión sobre los sistemas de drenaje urbanos y los sistemas de inundación. También pueden incrementar los problemas de los habitantes, negocios y transporte y podrían dañar edificios e infraestructura. La precipitación más extrema también puede generar más derrumbes.

- Las *tormentas más intensas y frecuentes* son un riesgo para la salud de la gente y la infraestructura urbana. La pérdida de vida relacionada con tormentas, las lesiones y los daños aumentarán muy probablemente. En particular, en las ciudades costeras que también están afectadas por el aumento del nivel del mar habrá un incremento probable en actividad de tormentas que aumentará el riesgo de olas de tormentas.
- La *salud* puede ser afectada no solo por olas de calor y actividades de tormenta. Las temperaturas más altas también generan smog fotoquímico y ozono. Al mismo tiempo, el cambio en distribución de enfermedades transmitidas por vectores (*vector-borne*) debido al calentamiento pueden esperarse. Las enfermedades infecciosas pueden proliferar particularmente rápido en áreas urbanas densamente pobladas.

Además de la adaptación, los impactos potenciales pueden requerir nuevas políticas de aseguramiento así como estrategias de riesgo y planes de evacuación mejorados.

Muchos de los impactos climáticos empeoran en el contexto urbano, *p. ej.* donde el riesgo de inundaciones ya ha aumentado por ciertos aspectos inherentes al desarrollo urbano: el agua se drena más fácil de la tierra construida y los humedales drenados en las áreas costeras reducen la amortiguación contras inundaciones causadas por la marea. Otro problema importante es el efecto llamado «isla de calor», causado por el almacenamiento de energía solar en las urbes durante el día, que se libera nuevamente en la noche. Además, las actividades urbanas, tales como el transporte, aire acondicionado y los procesos industriales directamente emiten calor a la atmósfera. Al mismo tiempo, la mayor rugosidad de superficies en la ciudad reduce la velocidad del viento, la pérdida de calor convectiva y la evapotranspiración, lo cuál puede reducir la calidad del aire.

2.2 Vulnerabilidad en las ciudades

También se debe notar que no todas las personas son igualmente vulnerables. Su vulnerabilidad básicamente depende de dos factores: la exposición a amenazas de clima y su habilidad para adaptarse o evitar estos impactos. En general, la población urbana más vulnerable incluye los niños, la gente enferma o discapacitada o las personas de la tercera edad, quienes tienen menor habilidad para afrontar la tensión del calor o escaparse rápidamente en caso de un desastre. Pero también las personas de menores ingresos —especialmente aquellos más expuestos, *p. ej.* al vivir en llanuras de inundación o en viviendas de baja calidad— que no pueden vivir en otro lugar o cambiar su trabajo si su sustento ha sido amenazado. Estos también han sido frecuentemente las personas que tienen menor habilidad de recuperarse de un desastre, pérdida de hogar o ingreso. Al mismo tiempo, muchos habitantes urbanos viven en tierras ocupadas de manera ilegal o con habilidades muy limitadas de pagar renta, por lo que ni los terratenientes ni las autoridades ciudadanas tengan incentivos para invertir en una infraestructura más resistente en esas áreas.

Por otra parte, las personas de mayores ingresos están en mejor posición para tomar medidas de protección o escapar cuando ocurre un desastre. Por ejemplo, una respuesta a las amenazas de tormentas tropicales es evacuar las áreas de alto riesgo. No obstante, debido al acceso limitado de movilidad (privada) esto no es fácil para los de menores ingresos, cuando los planes de evacuación no incluyen una provisión suficiente (y gratuita) de transporte público para evacuar. Esto fue impresionante en el caso del huracán Katrina en Nueva Orleans (véase Cuadro 3). El ejemplo de Katrina demuestra que la vulnerabilidad de los habitantes urbanos de bajos ingresos no se debe únicamente a la pobreza sino que depende en gran medida de las políticas locales. Los gobiernos locales pueden mejorar la resistencia de los pobres y la población vulnerable al satisfacer sus necesidades específicas. Esto incluye la provisión de un sistema de transporte urbano asequible, seguro e inclusivo, especialmente en tiempos de crisis. Los vecindarios de menores ingresos tendrán que estar activamente integrados en la planificación de ciudad, usos

del suelo y transporte —no segregado— de tal forma que se aumente la resistencia de la mayoría urbana y los sistemas urbanos como un todo.

2.3 Retos específicos en ciudades en desarrollo

En muchas ciudades en desarrollo los sistemas actuales de transporte son especialmente inadecuados para satisfacer las necesidades de la mayoría de la población. Afrontar las necesidades en las etapas de planificación y diseño del desarrollo de transporte urbano es, no obstante, un pre-requisito para reducir vulnerabilidades.

Cuadro 3: Estudio de caso – evacuación fallida del huracán Katrina

El huracán Katrina golpeó la Costa del Golfo el 25 de Agosto de 2009. Fue el desastre natural más destructivo y costoso en la historia de los Estados Unidos (Grenzeback y Lukmann, 2007). Pero ¿qué tan «natural» fue el desastre en realidad? «Katrina comenzó como un huracán pero solo se volvió un desastre por las fallas significativas en planificación, prevención y gestión» (Litman, 2006: 3). Específicamente, la evacuación de la población pobre sin acceso a automóviles falló. No hubo un plan de evacuación efectivo para los residentes que dependían del transporte público, aunque los funcionarios conocían el problema que entre 100.000 y 300.000 personas no tenían acceso a transporte personal confiable (Litman, 2006). Mientras el plan de evacuación de Katrina, usando todos los carriles en autopistas para tráfico vehicular de salida, funcionaron relativamente bien para los usuarios del automóvil aún con muy bajas velocidades de tráfico, aquellos que no tenían acceso a un automóvil fueron dejados atrás con pocos esfuerzos de rescate y una severa falta de guianza adecuada (Litman, 2006; Renne, 2005). Muchos aspectos de planificación de desastres y respuestas pudieron haberse mejorado en el caso del Huracán Katrina. Proporcionar transporte público gratuito para evacuar a los de menores recursos de Nueva Orleans pudo haber estado en el corazón de una estrategia más equitativa y efectiva y pudo haber evitado gran parte del sufrimiento y muchas de las muertes que resultaron de Katrina (Litman, 2006).

La adaptación exitosa entonces irá más allá de ajustar redes existentes de transporte a los impactos del cambio climático.

Además, «no se puede adaptar infraestructura que no está ahí» (Huq y Satterthwaite, 2008: 2): En muchos casos, adaptar la infraestructura de transporte querrá decir construir infraestructura resistente.

Como en muchas áreas urbanas de países en desarrollo todavía existe un desarrollo (rápido), el momento para construir sistemas urbanos a prueba del clima es ahora. Al mismo tiempo, la mala adaptación, esto es los desarrollos que incrementan la vulnerabilidad de las ciudades al ignorar las implicaciones de cambio climático, deben evitarse. Un ejemplo podría ser permitir nuevos desarrollos residenciales y de transporte en las llanuras de inundación o reducir las provisiones para transporte no motorizado.

El transporte y los planificadores de ciudades, así como los que proporcionan transporte están al frente de la creación de sistemas urbanos sostenibles, resistentes e inclusivos. Por ejemplo, la provisión de vivienda social podría ofrecer una alternativa para los pobres que viven en tierras ilegales propensas a inundaciones o deslizamientos sin inversiones para construir seguridad. Aunque las limitaciones al nivel de ciudad están frecuentemente vinculadas a los problemas de gobiernos nacionales para apoyar políticas urbanas efectivas y gobernabilidad local, no hay casi espacio para acción al nivel de ciudad. El sistema de transporte es la línea de vida de cualquier sistema urbano y por esto está en el corazón de su resistencia. Para comprender mejor sus vulnerabilidades, el siguiente capítulo evaluará de manera sistemática las necesidades de adaptación y las oportunidades de diferentes modos de transporte.

«En muchos casos, la adaptación de la infraestructura para transporte de hecho querrá decir construir infraestructura resistente.»



Figura 8
Vía inundada en Bangkok, Tailandia.

Foto por Matthias Müth, GTZ

3. Impactos probables en los sistemas de transporte urbano y medidas potenciales de adaptación³⁾

La interconectividad de la infraestructura de transporte urbano puede llevar a un efecto dominó, causando disrupciones que son más grandes que el impacto climático por sí solo. Por ejemplo, una falla en el transporte urbano debido a inundaciones puede llevar a pérdidas económicas de largo alcance, porque la gente no puede llegar a trabajar o los bienes no pueden ser distribuidos. Peor aún, en sistemas diseñados de manera inadecuada, los **efectos de cascada** pueden también llevar a sufrimientos humanos evitables o muertes. Un ejemplo es el caso en que la infraestructura urbana crítica como hospitales no es accesible (de manera suficientemente rápida) porque las rutas de acceso están inundadas o no funcionan bien. Los efectos adversos pueden ser particularmente grandes, cuando las áreas pobremente conectadas se desconectan por completo, los centros de transporte son afectados o el sistema de transporte está trabajando cerca de su capacidad máxima.

Para prevenirlo, es necesario:

- Planificar para transporte público de alta calidad;
- Preparar rutas alternas potenciales; e
- Identificar infraestructura crítica.

En Asia, las tormentas de viento y las inundaciones entre 1996 y 2005 causaron más de 70.000 muertes y pérdidas económicas de alrededor de \$ 190 mil millones, una gran parte de la cual podría atribuirse a la falta de infraestructura adecuada (Satterthwaite y Dodman, 2009).

Por ejemplo, el día después de que el colapso de un puente vehicular en una autopista cerró una vía importante en Los Ángeles debido al terremoto Northridge, el uso de una vía paralela de tren suburbano creció más de veinte veces su promedio normal diario. Estos costos sociales (indirectos) y efectos económicos deben ser tenidos en cuenta en adición a los costos directos de daños a infraestructura, cuando se calculan los gastos de diseños e infraestructura de sistemas de transporte más resistente.

Los impactos climáticos en el transporte se pueden clasificar en tres:

- Impactos en la infraestructura de transporte;
- Impactos en los vehículos;
- Impactos en el comportamiento de movilidad.

La **infraestructura** debe ser construida y mantenida para resistir temperaturas más altas, peores tormentas, lluvias e inundaciones más intensas, además de niveles de mar más altos. Los **vehículos** deberán adaptarse para funcionar bien bajo condiciones climáticas más calientes y seguir proporcionando comodidad de viaje. El **comportamiento** será afectado principalmente en días de clima extremo, tales como olas de calor, inundacio-

nes, lluvias intensas, altas velocidades de viento y actividad de tormentas.

Hay diferentes grupos de actores que están en la posición para actuar ante estos distintos aspectos de movilidad:

1. Las **autoridades públicas** están a cargo de proporcionar la infraestructura resistente. Esto incluye básicamente el transporte y los planificadores urbanos / espaciales, pero también otros departamentos, tales como los de construcción y vivienda, agencias de medio ambiente y gestores de desastres o riesgos de inundación.
2. Los **operadores de servicios de transporte** están a cargo de proporcionar vehículos adecuados para el transporte público, pero los estándares de requisitos / diseño pueden ser formulados por los gobiernos de ciudad. Los vehículos privados son proporcionados por entidades privadas y pueden requerir cambios

³⁾ Esta sección presenta los impactos esperados del cambio climático en el transporte urbano de pasajeros y las estrategias posibles de respuesta. Aceptamos que las ciudades tienen una huella grande y necesitan de infraestructuras más allá del área urbana y lo demás. Debido a los recursos limitados, este documento solo considerará los elementos de transporte en el área urbana. Como resultado, la aviación, el transporte vial y férreo de larga distancia o los puertos no se cubren. Además, el enfoque es sobre los impactos directos, tales como tensión por calor de los pasajeros de transporte urbano. Los efectos indirectos, como la reducción de cantidad de turistas por los cambios en temperatura, resultando en menor demanda de transporte no se consideran.

en la configuración de vehículos o accesorios, tales como aire acondicionado.

3. **Todos los usuarios de la vía, transporte público, ciclistas o peatones** son afectados por los impactos del clima en el transporte y harán elecciones individuales o corporativas. No obstante, estas elecciones están influenciadas por la provisión de opciones de movilidad accesibles, eficientes, cómodas y seguras, incluso bajo condiciones climáticas muy malas, y están por lo tanto estrechamente relacionadas con opciones de políticas (públicas) sobre diseños de sistemas de transporte, infraestructura y vehículos.

Dado que afecta tantos aspectos de la vida, la adaptación del transporte urbano al cambio climático requiere cooperación a través de departamentos y toma de decisiones. Las consideraciones de cambio climático deben estar integradas en el diseño general de sistemas de transporte, nuevos desarrollos de transporte, así como actividades de mantenimiento de redes existentes de transporte para hacer que los sistemas de transporte sean más resistentes a los impactos futuros. La cooperación también se necesita en la planificación de gestión de evacuación y riesgos de desastre.

«La adaptación del transporte urbano al cambio climático requiere cooperación y toma de decisiones entre distintos departamentos.»

Los siguientes capítulos describen en mayor detalle las necesidades del transporte urbano. El Capítulo 3.1 explora los impactos en la infraestructura: vías, rieles y vías acuáticas. El Capítulo 3.2 describe los retos para los servicios de transporte público, concentrándose en los vehículos y la operación. El Capítulo 3.3 discute brevemente las implicaciones para el transporte privado, tanto no motorizado como motorizado. Finalmente, el Capítulo 3.4 resume la discusión sobre costos y beneficios de adaptación.

Cuadro 4: Cómo leer las Tablas 1 a 4

Las Tablas 1 a 4 abajo resumen los impactos climáticos y las respuestas de adaptación para diferentes servicios e infraestructura de transporte. Son una síntesis del estado del arte actual en investigación sobre adaptación. Nótese que la información proporcionada representa el espectro completo de impactos potenciales y posibles estrategias de adaptación. Trata de generar sensibilización sobre los riesgos potenciales que se deben considerar. En qué grado serán adecuadas las estrategias de adaptación bajo circunstancias locales depende de la severidad de los impactos esperados y las características de los sistemas existentes. Por favor refiérase a la Sección 3, para una presentación de un enfoque paso-a-paso para identificar y priorizar las medidas de adaptación. En tal enfoque las tablas se pueden utilizar como listas de control para identificar las necesidades de adaptación y opciones.

Claramente se necesita más investigación sobre las necesidades específicas de adaptación en países en menor desarrollo. Este documento necesariamente tuvo que tomar los estudios existentes, todos los cuales están establecidos en un contexto de país industrializado. Mientras que muchas de las medidas de respuesta discutidas allí pueden no ser adecuadas para países menos desarrollados, estos estudios aún proporcionan una riqueza de información que llama la atención a las áreas principales donde se necesita adaptación.



Figura 9
El mal clima hace que usar la bicicleta sea un reto incómodo.
Jinan, China.

Foto por Carlosfelipe Pardo, GTZ

3.1 Infraestructura de transporte

3.1.1 Infraestructura vial, ciclovías, vías peatonales

La infraestructura vial, incluyendo la infraestructura para transporte no motorizado (ciclovías y vías peatonales), proporciona las bases para gran parte de la movilidad pública, privada y comercial de las ciudades en desarrollo. Al mismo tiempo, es uno de los activos de la autoridad pública con el valor (de reemplazo) más grande. Proporcionar infraestructura de vías resistente es entonces crítico para cualquier sistema urbano sostenible y el bienestar económico de las ciudades. La infraestructura vial en este capítulo se toma como un término colectivo para referirse a vías, ciclovías y vías peatonales, todas afectadas similarmente por el cambio climático. La Tabla 1 da una vista general detallada de los impactos climáticos relevantes en la infraestructura de vías y medidas posibles de adaptación.

Los impactos descritos arriba y las restricciones resultantes en uso de vías pueden causar congestión, accidentes y interrupción de servicios de movilidad, y pueden afectar seriamente la evacuación en caso de eventos climáticos extremos. Las medidas principales de adaptación son:

- **Estándares de diseño** y materiales para construcción de infraestructura más resistentes;
- **Sistemas de drenaje** mejorados;
- **Mantenimiento** regular de toda la infraestructura;
- **Planificación urbana** que evita áreas de alto riesgo;
- Minimizar la necesidad de infraestructura vial a través de **planificación urbana compacta**;
- Proporcionar **redundancia suficiente** para permitir formas alternativas de paso, cuando ocurre una obstrucción.

La redundancia, es decir construir algo de capacidad de sobra en el sistema, puede reducir en gran medida la vulnerabilidad del sistema de transporte dado que si se pueden elegir varias rutas alternativas, la influencia de un impacto en la capacidad del sistema de transporte sigue siendo baja (*Transportation Research Board*, 2008). Esto es particularmente importante en ciudades con densidades poblacionales altas donde hay gran crecimiento, y los sistemas de

transporte frecuentemente ya operan con su capacidad completa. Tales sistemas tienen baja posibilidad de compensar los cambios inesperados en la demanda, *p. ej.* al redirigir el tráfico en caso de inundación parcial. La redundancia debería ser proporcionada tanto para modos motorizados como no motorizados, pero no se detiene en la construcción de infraestructura pues también incluye proporcionar los servicios relevantes de transporte público y puede requerir pensamiento innovador. Por ejemplo, durante las inundaciones en Manila de septiembre de 2009, el tren ligero elevado y el metro demostraron ser los modos de transporte más confiables (ver también Cuadro 10). La redundancia es vital para la gestión de riesgo de desastres para asegurar una evacuación eficiente.

Algunas de las medidas de adaptación descritas arriba tienen beneficios más allá de incrementar la resistencia de infraestructura vial. Por ejemplo, buenos sistemas de drenaje y sistemas de almacenamiento natural de agua, tales como lagos, también pueden utilizarse para cosechar aguas lluvia para mejorar la capacidad de almacenamiento y la recarga de agua de suelo en las áreas urbanas, mientras ayudan con la gestión de las inundaciones. Tales conceptos tienen un gran potencial dado que la tensión de agua se espera que incrementará en ciudades en desarrollo, tanto por desarrollos socioeconómicos como climáticos. Diseñar ciudades compactas en combinación con buenos servicios de transporte público también puede ayudar a reducir las emisiones relacionadas con el transporte.

No obstante, también hay límites a la adaptación. El resultado combinado de los impactos mencionados arriba puede ser que ciertas porciones de la red vial puedan necesitar ser abandonadas debido a los costos de mantenimiento no sostenibles. Esto será particularmente cierto en naciones en desarrollo, donde los déficits en financiación de mantenimiento ya llevan a que haya secciones de la red cerradas. Algunas medidas, como motivar el desarrollo urbano en lugares más adecuados ambientalmente o la adaptación de asentamientos para que reduzcan su vulnerabilidad tienen tiempos largos de reacción y por esto necesitan estar planificadas a tiempo. En las ciudades que aún están en proceso urbanización, evitar las áreas de alto riesgo es una

Tabla 1:
Resumen de impactos clave del cambio climático y respuestas de adaptación para la infraestructura vial

Impactos de clima relevantes	Impactos sobre la infraestructura vial	Posibles medidas de adaptación
Temperatura incrementada y más olas de calor	■ Deformaciones de vías, bajar la velocidad o generar interrupciones en el transporte, derretimiento de asfalto y superficies oscuras ■ Aumento de grietas de asfalto debido a las restricciones de material bajo exposición severa al calor	■ Plantar vegetación a lo largo de las vías para reducir la exposición de vías al calor ■ Reducir la exposición total y proporcionar enfriamiento a través de infraestructura verde y azul, tal como parques y lagos, pero también árboles a lo largo de las vías u otro tipo de sombra ■ Diseño/construcción apropiados, superposición con asfalto más resistente a las grietas o más uso de concreto ■ Más mantenimiento, rellenar grietas
	■ Expansión termal o expansión de juntas de puentes y superficies pavimentadas ■ Degradación de material estructural de puentes	■ Nuevos estándares de diseño se pueden necesitar para soportar temperaturas más altas ■ Mayor mantenimiento
Sequías más frecuentes (y menor humedad de suelos)	■ Suelos secos en combinación con lluvias más intensas llevará a más corrimientos de tierras y hundimientos ■ Degradación de los cimientos viales debido a la mayor variación en olas de sequía y lluvia y una reducción en humedad disponible ■ Polvo y arena en las vías puede ser una amenaza de seguridad desde varias perspectivas incluyendo la fricción reducida al frenar, así como menor visibilidad de las marcas de vías	■ Evaluar la posibilidad de impactos en la infraestructura vial (mapeo de riesgos) ■ Evitar nuevos desarrollos en áreas de alto riesgo ■ Monitoreo de condiciones de suelo en vías existentes ■ Aumentar la limpieza y mantenimiento de las vías
Aumento de nivel del mar y erosión costera	■ Riesgo de inundación de la infraestructura vial e inundación de túneles subterráneos en ciudades costeras ■ Degradación en la superficie de la vía y las capas base por penetración de sal	■ Crear mapas de vulnerabilidad para identificar áreas más vulnerables en riesgo ■ Restringir desarrollos en áreas de alto riesgo, p. ej. a lo largo de la costa; zonificación ■ Integrar planificación de transporte con gestión de zonas costeras ■ Mejorar las medidas protectoras, como murallas de mas, protección de humedales costeros (como amortiguamiento) ■ Retraimiento gestionado, posiblemente incluyendo el abandono de cierta infraestructura de transporte en el plazo mediano a largo ■ Construir más redundancia en el sistema ■ Cambios en diseño y material hacia materiales más resistentes a la corrosión ■ Drenaje mejorado, bombeo de túneles y elevación de vías



Figura 10
Vía dañada por una inundación en Guatemala.
Foto por Gunter Zietlow, 2001, GTZ



Impactos de clima relevantes	Impactos sobre la infraestructura vial	Posibles medidas de adaptación
Eventos de lluvia más extremos e inundaciones	■ Las inundaciones pueden afectar todos los modos de transporte. Los riesgos son más altos en las llanuras de inundación, áreas costeras de baja altitud y donde el drenaje urbano esté sobrecargado o no exista ■ Inundación de vías y túneles subterráneos, especialmente donde el drenaje es inadecuado ■ Daños a las vías y reducción de integridad estructural debido a la erosión, deslizamientos e incremento de niveles de humedad del suelo	■ Mejorar la infraestructura de drenaje para ser capaces de afrontar eventos de lluvia más intensos, incrementar la capacidad de infraestructura de drenaje para afrontar escorrentía incrementada; incluir túneles bajo grandes vías para facilitar el drenaje más rápido ■ Hacer auditorías a los drenajes con periodicidad ■ Bombeo mejorado ■ Crear mapas de inundaciones para identificar las áreas más vulnerables, donde la infraestructura necesita ser protegida / mejorada / evitada en el futuro y evaluar rutas alternativas (esto es vital para los planes de evacuación) ■ Hacer que una evaluación de riesgo de inundaciones sea un requerimiento para todos los nuevos desarrollos ■ Restringir los desarrollos en áreas de alto riesgo ■ Mejorar gestión de llanuras de inundación / gestión de costas e infraestructura protectora ■ Sistemas de alerta temprana y planificación de evacuación para eventos intensos de lluvias e inundaciones ■ Instalar avisos muy por encima del suelo que puedan alertar a los peatones y conductores sobre zonas inseguras, tales como áreas de baja altitud
	■ Ríos o canales más altos pueden llevar a socavamiento y lavado de puentes	■ Asegurarse de que los puentes y la infraestructura relacionada sea resistente a niveles esperados de inundación ■ Monitoreo de precipitación
	■ Las vías de tierra y otras vías con cimientos limitados y poco o ningún drenaje están en riesgo de ser lavadas o desgrasadas	■ Mejorar los cimientos ■ Construir vías para todo clima ■ Mejorar espacios verdes y protección de inundaciones
	■ Material subrasante bajo las vías o pavimentos que pueden degradarse más rápidamente, perdiendo fuerza y su capacidad de resistencia	■ Mejorar el monitoreo de condiciones de material subrasante especialmente después de lluvias fuertes e inundaciones ■ Mantenimiento frecuente
	■ Desgaste aumentado de infraestructuras	■ Usar material más durable, tal como material resistente a la corrosión
Tormentas más intensas y frecuentes	■ Daños a tejido de infraestructura, puentes, iluminación de calles, señales y estaciones de servicio ■ Riesgo de inundación por el mar durante fuertes vientos, especialmente en combinación con mareas altas y aumento de nivel del mar	■ Evaluar si los estándares utilizados actualmente pueden aguantar tormentas más frecuentes e intensas ■ Adaptar estándares de diseño para nuevos puentes, edificios, etc. para los aumentos esperados de velocidades de viento y lluvias fuertes
	■ Obstrucción de vías debido a árboles, edificios o vehículos caídos por los vientos fuertes ■ Disrupciones e impactos en seguridad y socioeconómicos como consecuencia	■ Mejorar la predicción del clima para mejor predictibilidad de tormentas, llevando a una mejor preparación y potencialmente menos daños (sistemas de alerta temprana, gestión de riesgos de desastres) ■ Planificación de emergencia y de rutas de evacuación que omitan las áreas de alto riesgo

Fuentes: Cochran (2009), ODPM (2004), Savonis *et al.*, (2008), Transportation Research Board (2008), propia, Wooller (sin fecha)

oportunidad. Gran parte de la infraestructura urbana, incluyendo el transporte, es inmóvil y duradera, haciendo que los cambios rápidos en lugares urbanos existentes sean muy difíciles y costosos.

3.1.2 Transporte público sobre rieles

Los impactos climáticos en la infraestructura férrea son en gran parte similares a aquellos de la infraestructura vial; no obstante, unas pocas características de la infraestructura férrea son decisivamente diferentes de las redes viales y merecen atención especial cuando se trata de adaptación:

- Materiales para infraestructura (*p. ej.* hierro);
- Equipos de señalización y circuitos eléctricos;
- Infraestructura subterránea (túneles).

Las temperaturas más altas pueden ser un problema incluso más grande con redes férreas subterráneas. En Londres, por ejemplo, las temperaturas de algunas estaciones subterráneas pueden estar más de 10°C por encima de las temperaturas ambientales sobre tierra (véase también el Cuadro 5).

Para asegurarse de que un sistema férreo es resistente a fallas parciales del sistema, *p. ej.* cuando una o varias líneas están inundadas, las redes eléctricas para un sistema férreo deberían diseñarse de tal forma que permitan operar diferentes líneas o grupos de líneas de manera independiente. De otra forma una inundación u otro daño a una línea puede resultar en una falla completa del sistema y daños relacionados en efecto dominó en términos de movilidad y costos económicos.

Proporcionar infraestructura férrea confiable es vital para asegurar servicios férreos eficientes, ayudando así a garantizar el atractivo de sistemas férreos (véase el Capítulo 3.2 para más discusión al respecto).

En la Tabla 4 se presenta un resumen de impactos esperados hacia el transporte sobre rieles y medidas de adaptación relacionadas.

3.1.3 Vías acuáticas

Las vías acuáticas urbanas proporcionan infraestructura importante de transporte para transporte de carga, pero también para transporte público y privado en algunas ciudades. Su

importancia y características dependen mucho de cada caso. En general, las vías acuáticas son afectadas primordialmente por falta de disponibilidad de agua o por inundaciones. Los impactos potenciales y medidas de adaptación se resumen en la Tabla 2. Donde los impactos son severos, ciertas vías acuáticas pueden ser abandonadas totalmente o la construcción de nuevas vías acuáticas puede ser necesaria.

3.2 Transporte público

El transporte público abarca diferentes medios de transporte: buses, minibuses, vans, metro y tranvías, taxis, así como bicitaxis o vehículos de tres ruedas. En muchas ciudades en desarrollo, gran parte del transporte público se concentra en (mini) buses, así como formas múltiples de paratransito, usando infraestructura vial. No obstante, el transporte férreo es actualmente implementado en muchas megaciudades de rápido crecimiento en Asia (*p. ej.* Pekín, Bangkok, Nueva Delhi). Para asegurar la sostenibilidad del transporte público sobre rieles, su vulnerabilidad a los impactos de clima debería ser considerada en la fase de planificación. De forma importante, la planificación para el transporte público debería también estar integrada con la planificación para infraestructura vial (adaptación) para diseñar un sistema eficiente y resistente.

El transporte público y el transporte informal necesita ser resistente, porque

1. Es la única opción motorizada para grandes proporciones de la población de ciudades en desarrollo, y
2. Debe permanecer atractiva también para aquellos que podrían pagar por movilidad privada motorizada para evitar cambios modales hacia los medios de transporte intensivos en emisiones, que podrían exacerbar aún más el cambio climático.

Dado que estos impactos en la infraestructura de transporte ya se han presentado, este capítulo se centra en vehículos y la conducta de movilidad relacionada (conductores y clientes).

Los vehículos esencialmente tienen que ser diseñados para resistir altas temperaturas. Por un lado, las temperaturas crecientes incrementarán las tensiones de calor para los pasajeros y conductores de buses y trenes que no posean

Cuadro 5: Estudio de caso – El Subterráneo de Londres

El cambio climático tiene dos grandes riesgos para el sistema subterráneo de Londres: sobrecalentamiento e inundación.

El Subterráneo de Londres es el sistema férreo más antiguo del mundo y una parte vital de la red de transporte público de la ciudad. Su sistema de ventilación, basado en ventiladores y conductos, ya es inadecuado hoy en día y las temperaturas dentro de los trenes pueden llegar a 40°C en días calientes de verano. Es muy probable que ocurran estos extremos frecuentemente si suben las temperaturas exteriores.

La aglomeración del Subterráneo contribuye también a la incomodidad térmica, especialmente en los trenes. Aparte del cambio climático, mejorar la capacidad del Subterráneo por medio de trenes más frecuentes y la aceleración y los frenos relacionados también contribuyen a temperaturas incluso más altas si no se toman medidas para frenarlo. La comodidad en los trenes subterráneos puede llevar a un declive en la atractividad del Subterráneo de Londres y podría causar que los usuarios cambien a otros modos de transporte, tales como buses (incrementando la presión de un transporte vial ya ocupado) o incluso los carros con aire acondicionado (resultando en mayor uso de combustible y emisiones de gases invernadero).

Así, varias medidas se han tomado para mejorar la comodidad de los pasajeros:

- Auditoría de la capacidad de los ventiladores e identificación de necesidades adicionales de ventilación y enfriamiento;
- Diseño de instalaciones de ventilación local;
- Compra de nuevos trenes enfriados por aire.

Algunas recomendaciones adicionales incluyen:

- Programa detallado y estratégico de monitoreo de la temperatura y humedad en las estaciones y dentro de los trenes;
- Más investigación para examinar el comportamiento de pasajeros en respuesta a las temperaturas más altas e identificar riesgos potenciales y umbrales, donde un cambio en modo de transporte, *p. ej.* a buses, puede llevarse a cabo.
- Establecer costos y beneficios de medidas de adaptación, tales como aire acondicionado.

El Subterráneo de Londres también es vulnerable a las inundaciones. Entre 1992 y 2003, más de 1.200 incidentes de inundaciones y 200 cierres de



Photo by Carlosfelipe Pardo, London

estaciones fueron grabadas por la compañía del Subterráneo. Un total de 75 estaciones están en riesgo de inundación por el Támesis y sus beneficiarios. Con la expectativa de lluvias intensas, el cambio climático empeorará aun más el riesgo de inundación.

Las medidas de respuesta incluyen mapeo de inundaciones y barreras físicas en estaciones de alto riesgo. Las medidas adicionales para reducir el riesgo de inundaciones necesitarán ser implementadas y podrían incluir: control de fuentes *p. ej.* a través de techos verdes o pavimentos permeables, almacenamiento de inundaciones y drenaje mejorado.

Fuente: Greater London Authority (2005 y 2008)

Tabla 2: Resumen de impactos clave de cambio climático y respuestas de adaptación para infraestructura férrea

Impactos relevantes de clima	Impactos sobre sistemas férreos	Medidas de adaptación posibles
Temperatura aumentada y más olas de calor	■ Pandeo de rieles y movimiento de carrileras porque la expansión térmica lleva a la reducción de velocidad o interrupción del transporte	■ Adaptación de procedimientos de mantenimiento, tales como tensiones de rieles en EE.UU. ■ Nuevos estándares de diseño se pueden necesitar para que los rieles soporten temperaturas más altas (esto debe ser comunicado o llevado a cabo por el nivel nacional) ■ Procedimientos de gestión para imponer límites de velocidad diferenciados ■ Mejorar sistemas de advertencia y centros de actualización de despacho, personal y estaciones. Inspeccionar y reparar rieles, sensores en los rieles y señales ■ Distribuir anuncios, advertencias y actualizaciones sobre la situación del clima y las condiciones de los rieles.
	■ Temperaturas aumentadas en redes subterráneas (y trenes)	■ Sistemas mejores (y flexibles) de enfriamiento o aire acondicionado para redes subterráneas, vehículos (trenes) y estaciones de metro ■ Monitoreo de temperatura para infraestructura subterránea ■ Planes de contingencia de alta temperatura ■ Estándares de diseño para suministro de energía para satisfacer la demanda anticipada dentro de la vida del sistema (especialmente mayores demandas debido a las necesidades de aire acondicionado incrementadas en los trenes)
	■ En las regiones frías las altas temperaturas pueden llevar a menos interrupciones debido a la nieve o hielo, rieles congelados, equipos de señalización congelados, etc	
Sequías más frecuentes (y menor humedad del suelo)	■ Suelos secos en combinación con lluvias más intensas llevarán a mayores deslizamientos y hundimientos	■ Evaluar la probabilidad de impactos sobre la infraestructura férrea (mapeo de riesgos) ■ Monitoreo de pistas de alto riesgo y mantenimiento frecuente ■ Evitar nuevas líneas férreas en áreas de alto riesgo
Aumento de nivel del mar y erosión costera	■ Riesgo de inundación de infraestructura férrea e inundación de túneles subterráneos en ciudades costeras	■ Crear mapas de vulnerabilidad para identificar áreas con el mayor riesgo ■ Restringir desarrollos en áreas de alto riesgo ■ Integrar la planificación del transporte con gestión de zonas costeras ■ Mejorar las medidas protectoras, tales como las murallas de mar, protección de humedales costeros (como buferes), bombeo de sistemas subterráneos ■ Retraimiento gestionado, posiblemente incluyendo abandonar cierta infraestructura de transporte en el plazo medio y largo
Eventos más extremos de lluvia e inundaciones	■ Las inundaciones pueden afectar todos los modos de transporte. Los riesgos son más altos en las llanuras de inundación, áreas costeras de baja altitud y donde el drenaje urbano esté sobrecargado ■ Inundación de rieles y túneles subterráneos ■ Daños a los rieles y reducción de integridad estructural debido a la erosión, deslizamientos e incremento de niveles de humedad del suelo	■ Mejorar la infraestructura de drenaje para ser capaces de afrontar eventos de lluvia más intensos, incrementar la capacidad de infraestructura de drenaje para afrontar escorrentía incrementada; incluir túneles para facilitar el drenaje más rápido ■ Hacer auditorías a los drenajes con periodicidad ■ Crear mapas de inundaciones para identificar las áreas más vulnerables, donde la infraestructura necesita ser protegida / mejorada / evitada en el futuro y evaluar rutas alternativas - para los sistemas férreos pasar áreas inundadas va a ser más difícil que para vías y daña la operación ■ Hacer que una evaluación de riesgo de inundaciones sea un requerimiento para todos los nuevos desarrollos ■ Restringir los desarrollos en áreas de alto riesgo ■ Mejorar gestión de llanuras de inundación / gestión de costas e infraestructura protectora



Impactos relevantes de clima	Impactos sobre sistemas férreos	Medidas de adaptación posibles
	■ Los sistemas subterráneos / túneles pueden estar inundados, especialmente donde el drenaje es inadecuado	■ Planes de evacuación de pasajeros para los sistemas subterráneos ■ Bombeo mejorado ■ Crear mapas de vulnerabilidad para identificar áreas de alto riesgo de inundación ■ Restringir desarrollos en áreas de alto riesgo
	■ La estabilidad de los movimiento de tierras puede ser afectada por la precipitación intensa debido al incremento de presiones de poros de agua en la tierra, especialmente después de periodos de climas calientes y fríos ■ El material subrasante debajo de los rieles puede degradarse más rápidamente, perdiendo fuerza y capacidad	■ Mejorar el monitoreo de condición de movimiento de tierras, puentes, etc. especialmente después de lluvias fuertes, inundaciones o tormentas ■ Mantenimiento mejorado
	■ Daño de circuitos de rieles con disrupciones subsecuentes debido a la inhabilidad para detectar la presencia o ausencia de trenes sobre rieles e inhabilidad de enviar señales relacionadas	
	■ Desgaste aumentado de infraestructura	■ Usar material más durable, tal como material resistente a la corrosión
Tormentas más intensas y frecuentes	■ Daños a estructuras de estaciones/ infraestructuras, puentes, rieles electrificados con cables aéreos, plataformas de trenes, iluminación de la calle y señales	■ Evaluar si los estándares actualmente utilizados pueden aguantar tormentas más frecuentes e intensas ■ Adaptar los estándares existentes para puentes, estaciones, etc para aumentos esperados de vientos y lluvias fuertes
	■ Riesgo de inundación por el mar durante altos vientos, especialmente en combinación con altas mareas y aumento del nivel del mar	■ Mejorar predicción del clima para mejor predictibilidad de las tormentas, llevando a una mejor preparación y potencialmente menos daños (sistemas de alerta temprana, gestión de riesgo de desastres)
	■ Obstrucción de vías o líneas férreas debido a árboles caídos, edificios o vehículos debido a los vientos fuertes ■ Caída de hojas puede concentrarse, reduciendo la seguridad/adhesión de los rieles ■ Ocurrencia aumentada de rayos a los sistemas de señalización o electrónicos ■ Rayos disrumpen sistemas de señalización electrónica <i>p. ej.</i> contadores de ejes, compatibilidad electromagnética de vías férreas	■ Cercas de viento para infraestructura férrea abierta ■ Para cables aéreos: protección de disruptores ■ Adaptar estándares de diseño para equipos de señalización ■ Planificación de emergencia

Fuentes: Cochran (2009), Eddowes *et al.*, (2003), ODPM (2004), Savonis *et al.*, (2008), Transportation Research Board (2008), propia, Wooller (sin fecha), Woolston (sin fecha)

^{a)} Tensión de rieles significa que los rieles soldados de manera continua reciben tensión (ya sea por medio de compresión o a través de extensión) a un estado donde la fractura (debido al encogimiento en frío) o el pandeo (debido a la expansión de rieles por el calor) de los rieles debido a temperaturas extremas se puede evitar.

Figura 11

Transporte público en Buenos Aires, Argentina.

Foto por Carlos Felipe Pardo, 2008, GTZ



sistemas de enfriamiento o aire acondicionado, y por otro lado la funcionalidad de los motores y los equipos de vehículos férreos pueden sufrir por temperaturas extremas.

Además, el impacto de las altas temperaturas en el transporte público sin sistemas de enfriamiento podría reducir aún más la calidad y atractividad de los sistemas de transporte público y así, en el largo plazo, puede alentar un cambio modal hacia automóviles privados con aire acondicionado para aquellos que lo pueden pagar. En este caso, la adaptación a las temperaturas elevadas va de la mano con construir sistemas de transporte sostenible que sirvan a las ciudades en desarrollo y proporcionar una alternativa al incremento de la motorización.

Los Módulos 3a y 3b (sobre transporte masivo) del *Texto de Referencia* de SUTP así como la Guía de Planificación de Sistemas BRT dan mayor información al respecto. Descarga gratuita en <http://www.sutp.org>

A medida que los sistemas con aire acondicionado se comienzan a utilizar más en sistemas de

transporte público, las temperaturas ambientales más altas requerirán sistemas energéticos más costosos e intensivos en consumo energético.

La mayor frecuencia de eventos de condiciones difíciles para conducir debido al clima adverso puede incrementar los accidentes y los retrasos, resultando esto en costos económicos para los operadores de transporte y los negocios. Para esto, el entrenamiento de conductores de transporte público y las vías segregadas para buses puede ayudar a reducir estos efectos. En lugar de excluir operadores informales de transporte público, estos deberían ser incluidos de manera activa en las actividades de adaptación. El paratransito juega un papel importante en muchas ciudades en desarrollo tanto como servicios de puerta a puerta como alimentadores a redes de transporte público formales, proporcionando servicios de movilidad a áreas que no están actualmente conectadas al transporte público formal. Asegurar la resistencia al cambio climático es una característica importante para garantizar un sistema (de transporte) urbano en buen funcionamiento.

Tabla 3:
Resumen de impactos de cambio climático claves y respuestas de adaptación para vías acuáticas

Impactos climáticos relevantes	Impacto en vías acuáticas	Medidas posibles de adaptación
Temperatura aumentada y más olas de calor	■ El aumento de vegetación acuática puede llevar a obstrucciones	■ Intensificar mantenimiento de vías acuáticas relevantes
Sequías más frecuentes (y menos humedad del suelo)	■ Disponibilidad reducida del agua en las vías acuáticas podría restringir su uso y llevar a uso de más redes viales	■ Evaluar la posibilidad de restricciones sobre el uso de vías acuáticas urbanas y planificar alternativas ■ Cambios de navegación ■ Evaluar la viabilidad para aumento de flujo
Aumento de nivel del mar y erosión costera	■ Instalaciones de puertos y vías acuáticas costeras podrían volverse inutilizables	■ Mejorar las defensas de inundación tales como murallas de mar, protección de humedales costeros (como amortiguamiento) ■ Retraimiento gestionado, posiblemente incluyendo el abandono de cierta infraestructura en el término medio y largo; integración con gestión zonal costera
Eventos de lluvia más extremos e inundaciones	■ Espacio útil reducido bajo puentes de vías acuáticas ■ Navegabilidad reducida de ríos y canales ■ Incremento en depósitos de limo	■ Planificar para uso de modos alternativos ■ Incorporar niveles más altos de inundación en futuro diseño de puentes ■ Dragado de limo aumentado
Tormentas más intensas y frecuentes	■ Daño de tormentas en las vías acuáticas ■ Obstrucción de ríos y canales debido a debris flotante	■ Mejorar el monitoreo estructural y mantenimiento ■ Planificación de contingencia

Fuentes: Cochran (2009), Savonis *et al.*, (2008), propia

Algo importante es que ***el transporte público juega un papel crucial en la gestión de riesgos de desastres*** y la planificación de evacuación.

Como se mencionó arriba, debido al acceso limitado de movilidad privada para las personas de bajos ingresos en las ciudades, los planes de evacuación para las amenazas del clima (tormentas e inundaciones) deberían proporcionar servicios de transporte público suficiente (y gratuito) en caso de una evacuación. Esto incluye designar y entrenar a los conductores para situaciones extremas. También para climas menos severos y extremos, que no requieren evacuación, los operadores de transporte público deberían tener planes de contingencia implementados. Esto puede incluir planificación de contingencia para climas calientes en redes férreas subterráneas o rutas de emergencia para servicios de buses en caso de inundaciones.

La Tabla 3 da una vista general de los impactos relevantes de clima en los vehículos y operaciones de transporte público.

3.3 Transporte privado

Los impactos en la infraestructura para caminar y andar en bicicleta y el transporte motorizado privado ya han sido discutidos en el Capítulo 3.1 al hablar de infraestructura vial: incluyen inundaciones, destrucción de cimientos y hundimientos, deformación a través de calor extremo y daños por tormentas. Los caminos y las vías sin pavimentar para caminar y andar

en bicicleta están en riesgo de ser lavados en inundaciones intensas. En este capítulo nos enfocamos entonces en el comportamiento de movilidad y en los vehículos.

3.3.1 Transporte no motorizado

Los eventos cada vez más frecuentes de condiciones adversas de clima como lluvias y vientos fuertes y temperaturas extremas pueden llevar a menos viajes a pie y en bicicleta, por lo menos más allá de ciertas distancias de viaje. Esto puede llevar a un cambio hacia modos de transporte motorizado, donde están disponibles y son asequibles, o puede impedir severamente la movilidad general de los habitantes urbanos que solo tienen capacidad para caminar y andar en bicicleta. De otra forma, para viajes más cortos se puede esperar que los impactos de climas extremos sean bastante bajos. Esto reitera la importancia del diseño urbano sostenible y denso para la movilidad resistente. El diseño urbano denso, al mismo tiempo, beneficia el desarrollo del transporte sostenible, reduciendo la demanda de viajes y las emisiones relacionadas de transporte, reduciendo entonces el impacto de clima y mejorando la calidad del aire.

En las regiones más frías, las temperaturas crecientes pueden de hecho hacer que caminar y andar en bicicleta sean más atractivos, pero en las regiones calientes, el calor extremo puede hacer que los viajes no motorizados sean muy problemáticos. Aquí, los espacios verdes y azules



Figura 12
Servicio de BRT en Changzhou, China.

Foto por Jie Chen, 2003, GTZ

Tabla 4: Resumen de impactos de cambio climático claves y respuestas de adaptación para vehículos y operaciones

Impactos climáticos relevantes	Impacto en vehículos o condiciones de conducción	Medidas posibles de adaptación
Temperatura aumentada y más olas de calor	■ Temperatura aumentada en buses y trenes posiblemente lleva a incomodidad de pasajeros y conductores y agotamiento por calor ■ Incomodidad de conductores y agotamiento pueden llevar a mayores niveles de accidentes ■ Puede llevar a cambios de transporte público a privado con aire acondicionado si los recursos lo permiten o a taxis con aire acondicionado ■ Uso de sistemas de aire acondicionado más costosos y que consumen más energía	■ Ventanas lo suficientemente grandes y con posibilidad de abrirse ■ Ventanas tinturadas para dar sombra al sol ■ Techos pintados de blanco ■ Aislamiento térmico y sistemas de enfriamiento mejorados ■ Aire acondicionado, idealmente usando sistemas sin gases F (si están disponibles y son asequibles) ■ Entrenamiento de conductores ■ Para buses generales: estándares de diseño para que la fuente de poder satisfaga la demanda anticipada dentro de la vida útil del sistema (especialmente si hay demandas más altas debido al aire acondicionado mejorado) y soportar mayores velocidades de viento ■ Para rieles bajo tierra: desarrollar planes de contingencia de clima cálido ■ Incluir nuevos estándares de diseño en requisitos de compra pública de la nueva flota de transporte público
	■ Desgaste o derretimiento de llantas ■ Sobrecalentamiento de equipos, tales como motores diesel	■ Nuevos estándares de diseño pueden necesitarse para soportar las temperaturas más altas (esto debe ser comunicado o llevado a cabo por el nivel nacional)
Eventos de lluvia más extremos e inundaciones	■ Más eventos de condiciones difíciles de conducción con implicaciones para la seguridad, desempeño y operación, <i>p. ej.</i> restricciones de velocidad, causando retrasos ■ Inundación de la flota de transporte público, causando daños económicos	■ Gestionar límites de velocidad en malas condiciones climáticas, <i>p. ej.</i> reducir la velocidad de trenes ■ Los conductores de transporte público deben estar entrenados de manera apropiada para condiciones extremas de clima, tales como lluvias fuertes, granizo y viento ■ Planificar para rutas de emergencia ■ Sistemas de alerta temprana para evacuar áreas de alto riesgo ■ Seguro por inundación
Tormentas más intensas y frecuentes	■ Más eventos de conducción difícil o imposibilidad de manejar, así como descarrilamientos o colisiones que llevan a interrupciones e impactos de seguridad y socioeconómicos como resultado ■ Volcamiento de vehículos o trenes	■ Entrenamiento de conductores ■ Restricciones de velocidad ■ Mejorar predicciones de clima para mejor predictibilidad de tormentas, llevando a mejor preparación y potencialmente menos daños (sistemas de alerta temprana, gestión de riesgo de desastres) ■ Planificación de emergencias e identificación de rutas de evacuación omitiendo las áreas de alto riesgo

Fuentes: ODPM (2004), Transportation Research Board (2008), propia, Wooller (sin fecha), Woolston (sin fecha)

pueden ofrecer un alivio: los árboles plantados a lo largo de vías para caminar y las ciclovías proporcionan sombra y enfrían, y al mismo tiempo mejoran el microclima, incrementando la atracción e incluso actuando como un sumidero de carbono (*carbon sink*) menor. Los lagos y ríos también tienen un efecto de enfriamiento en el microclima urbano.

Las medidas que mejoran la calidad y seguridad del transporte no motorizado, como las ciclovías y las vías para caminar con sombra pueden volverse incluso más importantes para mantener la atracción y la comodidad del transporte no motorizado, cuando se ven con más frecuencia las condiciones de climas adversos. Preservar (o mejorar) la atracción del transporte no motorizado es vital para evitar un cambio modal hacia el transporte motorizado de mayores emisiones, que podría empeorar el cambio climático (véase Sección 3 para mayor discusión al respecto).

Por favor vea el Modulo 2a del *Texto de Referencia* de GTZ: Usos del suelo y transporte urbano (GTZ, 2004).

Los cambios en la temperatura ya están forzando a las ciudades a proporcionar infraestructura para sombras. La siguiente imagen de Hangzhou (China) es típica de las ciclovías con sombra que se han instalado en las intersecciones de China.

3.3.2 Transporte motorizado privado

De manera similar al transporte no motorizado, las respuestas conductuales pueden esperarse durante condiciones climáticas adversas. Los estudios empíricos indican que hay velocidades



de tráfico más bajas durante eventos de lluvia, lo cual lleva a retrasos y fallas. Los accidentes también se vuelven más probables durante condiciones climáticas adversas, aunque la magnitud de los accidentes parece reducir durante estas precipitaciones, tal vez debido a las bajas velocidades. En consecuencia, la precipitación lleva a una mejoría en tiempos de viaje con los impactos más severos sobre las rutas ya congestionadas y durante horas pico (véase Koetse and Rietveld, 2009 para una vista general de varios estudios). Esto es particularmente relevante para las ciudades grandes que sufren de congestión de tráfico. La respuesta conductual depende de la gravedad de la precipitación, la infraestructura vial y probablemente el contexto cultural o el grado en que los conductores están acostumbrados a condiciones climáticas adversas. Por ejemplo, una nevada inesperada en Pekín, China en

Figura 13
Sombras para ciclovías en Hangzhou, China.
Foto por Karl Fjellstrom, ITDP

Figuras 14a, b
La demolición de una autopista urbana en Seúl crea espacio urbano verde y oportunidades de redesarrollo valiosas.

Imágenes por Seoul Development Institute



noviembre de 2001 llevó a una congestión de tráfico masiva, porque los usuarios de la vía a) no estaban preparados para la nieve, b) no estaban acostumbrados a conducir bajo condiciones de nieve y c) los vehículos no estaban equipados con llantas de invierno. Las condiciones climáticas cambiantes pueden llevar a eventos adversos más inesperados o (para algunas regiones en particular) inusuales, incrementando la cantidad de días con mucha congestión y accidentes⁴⁾.

En términos de vehículos, el aumento de temperaturas tiene mucha probabilidad de incrementar la demanda de aire acondicionado en automóviles y otros vehículos y puede requerir adaptaciones en diseño de motores o llantas para soportar temperaturas más altas.

En cuanto al transporte no motorizado, la planificación de usos del suelo que favorece distancias cortas puede reducir la demanda de viajes y así la exposición a condiciones climáticas adversas.

3.4 Costos y beneficios de adaptación

Calcular los costos de adaptación es una cuestión difícil. A menudo se estiman los costos adicionales causados por la necesidad de adaptar al cambio climático. Para las inversiones de infraestructura, esto quiere decir que el costo incremental de adaptación debería identificarse, esto es la cantidad adicional que se necesitaría para asegurar que las inversiones existentes en nueva infraestructura o mejoras de la existente generarán infraestructura resistente a las futuras condiciones climáticas esperadas. Diferentes estudios estiman que el costo incremental para hacer inversiones en infraestructura a prueba del clima, que son sensibles al cambio climático, son entre 5 % y 20 % de la nueva inversión (UNFCCC, 2007; Stern, 2007; World Bank, 2006). No obstante, estos estimativos no tienen una fundamentación empírica robusta y deben entonces ser considerados inciertos. Además, es probable que sean específicos para cada caso y varíen más.

En realidad, la adaptación está ligada tan de cerca con el desarrollo que a menudo no es posible identificar claramente qué parte de una nueva inversión o actividad es adaptación

«adicional» y qué es desarrollo. Por ejemplo, construir una vía «para todos los climas» para evitar que las carreteras de tierra sean lavadas y desaparecidas después de lluvias intensas es tanto una necesidad de desarrollo como una medida de adaptación, ya que las lluvias intensas son algo que se espera incrementará. En los países donde las inversiones en infraestructura hacen falta en sí mismas, lo que realmente se necesita considerar es el costo de **proporcionar** infraestructura que sea resistente al cambio climático (Satterthwaite and Dodman, 2009). La infraestructura de transporte es sólo un aspecto de los costos de adaptación. Desarrollar la capacidad institucional para planificar e implementar la adaptación en el sector transporte no viene gratis. Quiere decir que el personal existente debe ser entrenado y el personal adicional con un mandato de afrontar el cambio climático tiene que hacer parte de los gobiernos locales.

A pesar de los altos costos de las medidas de adaptación, sus beneficios frecuentemente son mayores que sus costos, como se ha visto en varios estudios (véase por ejemplo Stern, 2007; ADB, 2005). Esto es debido a que hay daños evitados, es decir costos que habrían ocurrido en ausencia de cualquier medida de adaptación. Los daños evitados incluyen costos de infraestructura dañada, pero también costos sociales y económicos indirectos debido a las fallas en el servicio de transporte (en transporte de pasajeros y de carga), lesiones y muertes de residentes, etc.

Generalmente, el costo incremental de mejorar infraestructura nueva (es decir, antes inexistente), es menor que el de mejorar infraestructura existente, haciendo la integración de la planificación para adaptación en las etapas tempranas de la planificación de transporte incluso más importante. Un análisis de las medidas de reducción de riesgo de cambio climático en las Islas Cook y los Estados Federados de Micronesia, por ejemplo, mostró que es posible evitar gran parte de los costos por daños de infraestructura que se atribuirían a cambio climático de manera costo-efectiva si la etapa de diseño incluye esquemas «a prueba del clima» (ADB, 2005). Un ejemplo ilustrativo de la efectividad de costos de adaptación pro-activa así como medidas reactivas en el transporte se presenta en el Cuadro 6.

⁴⁾ Esto no quiere decir que la nevada en Pekín de 2001 fue causada por cambio climático.

Cuadro 6: Estudio de caso – Esquemas a prueba del clima para desarrollo vial en Kosrae, Estados Federados de Micronesia

En Kosrae se planificó cerrar una brecha de 16 kilómetros en la vía alrededor de la isla para proveer acceso «todo clima» a la población remota de Walung, la única comunidad existente sin vínculos confiables a otras municipalidades en la isla. Las obras de drenaje para el diseño original de la vía (tanto existentes como planificadas) estaban basadas en una precipitación máxima por hora de 178 milímetros (mm) con un período de retorno de 25 años. No obstante, los análisis de nuevos datos indicaban que una precipitación por hora con un periodo de retorno de 25 años ya era 190 mm. Para el 2050 se esperaba que esta cantidad creciera a 254 mm.

El gobierno de estado de Kosrae aceptó las recomendaciones para modificar el diseño vial que acomodara una precipitación por hora de 254 mm. Para la nueva sección, el costo incremental (es decir adicional) era de \$511.000 para un tramo de 6,6 km (\$77.000 por kilómetro). Aunque el costo capital de la nueva vía a prueba de clima obviamente sería más alto, los costos acumulados incluyendo reparaciones y mantenimiento serían más bajos sólo después de 15 años debido a los daños evitados; esto resultaba en una tasa de retorno interna de 11 %.

En comparación, un esquema a prueba de clima retroactivo de una sección de 3,2 km de vía existente incluyendo el drenaje costó \$776.184 (\$243.000 por km). Aunque era más de tres veces más costoso que el esquema proactivo, un análisis de costo-beneficio mostró que las medidas aún serían costo-efectivas, resultando en una tasa interna de retorno de 13 %.

El caso de Kosrae proporciona un buen ejemplo de la factibilidad económica de las medidas de adaptación, incluso sin tener en cuenta los daños indirectos de los problemas generados por fallas en la infraestructura de transporte. Obviamente, los costos y beneficios todavía necesitan ser evaluados individualmente y las opciones de financiación para el costo capital adicional necesitan ser identificadas (véase también el Cuadro 11).

«Los costos de adaptación están íntimamente ligados a los esfuerzos de mitigación.»

Nótese que planificar para la adaptación siempre estará sujeto a la incertidumbre, ya que las proyecciones de clima a escala local son frecuentemente asociadas con incertidumbres relativamente altas o éstas son inexistentes por completo. Esto es un reto para las autoridades cuando identifican las necesidades de adaptación y las opciones, así como cuando justifican sus costos asociados. Satisfacer este reto implica tomas de decisiones robustas, esto es identificar medidas de adaptación que sirvan bajo diferentes grados de escenarios de cambio climático (véase el próximo capítulo) e identificar las medidas de no- o bajo arrepentimiento, que proporcionan beneficios netos sin incluir el cambio climático. Los peores impactos pueden ser esos que no conocemos aún, y así se necesita una aproximación cautelosa que incluye minimizar las emisiones relacionadas con el transporte.

Los costos de adaptación están íntimamente ligados a los esfuerzos de mitigación. Mientras más se haya evitado el cambio climático, habrá menores costos de adaptación. En otras palabras, los esquemas a prueba del clima en transporte urbano deben incluir tanto mitigación como adaptación, para reducir lo más posible los costos de adaptación.



Figura 15
Daños de tormentas por el huracán Katrina.
Foto por PhotoDisc

4. Actuando para la adaptación

Primero que todo, la información y sensibilización sobre las necesidades de comenzar la adaptación hoy en día son componentes importantes para mejorar la capacidad y la aceptación tanto de las autoridades como de la sociedad. Como la adaptación del transporte urbano de pasajeros no se puede limitar a arreglos técnicos simples, sino que también requiere cambios conductuales de usuarios de transporte y un cambio en el pensamiento sobre aproximaciones de planificación, la adaptación debe ser entendida como un proceso de aprendizaje local. Convencer a los funcionarios de gobiernos municipales en distintos departamentos de la relevancia local de la adaptación es un prerrequisito para una estrategia exitosa de adaptación (esto se demuestra en el estudio de caso de Durban, Sudáfrica, en el Cuadro 7). En muchos casos esto requerirá el entrenamiento de personal clave y la identificación de los llamados «campeones de la adaptación» que promoverán la agenda de adaptación dentro de sus departamentos.

El caso de Durban muestra que cada departamento de un gobierno de ciudad necesita considerar los efectos del cambio climático dentro de sus responsabilidades departamentales, *p. ej.* separadamente para sistemas férreos, vías o vivienda, pero también pueden trabajar juntos para desarrollar una estrategia efectiva e integrada, *p. ej.* para todo el sector transporte, generando un balance entre proporcionar acceso y movilidad para todos, incrementando la resistencia y limitando las emisiones de gases de efecto invernadero. Acto seguido, los planificadores de transporte deben interactuar con otros múltiples actores, incluyendo encargados del ordenamiento territorial y urbanistas, agencias de construcción o de vivienda, agencias ambientales y expertos de cambio climático, gestores de riesgo de inundaciones y riesgo de desastres, pero también proveedores, negocios y la sociedad civil.

4.1 Enfoques básicos de adaptación

Se pueden identificar tres enfoques de adaptación:

- Evitar;
- Proteger;
- Acomodar.

Cuadro 7: Estudio de caso – Integración de cambio climático en el nivel municipal en Durban

El puerto y ciudad más grande de la costa este de África, Durban, tiene una población de 3,5 millones y un área municipal de 2.300 km². Fue una de las pocas ciudades africanas que desarrollaron una Agenda 21 local y establecieron un Departamento de Gestión Ambiental en 1994. Entre 2000 y 2006, Durban participó en el Concejo Internacional para Iniciativas Ambientales Locales (ICLEI, por sus siglas en inglés) y su campaña de Protección del Clima (CCP, por sus siglas en inglés)^{a)}. Durante este tiempo, un inventario de gases invernadero por sector fue desarrollado por la municipalidad, generando entonces reportajes de emisiones de gases invernadero incluso después de 2006 y otras actividades de seguimiento.

No obstante, aunque se participó en la CCP y otras actividades relacionadas, los funcionarios municipales no tuvieron la oportunidad de comprender bien la ciencia subyacente de cambio climático y su relevancia local. Entre otras cosas, porque el trabajo técnico se subcontrataba a consultores externos y había poco momentum institucional.

Entonces, para lograr comprender la relevancia del cambio climático para Durban, en 2004, el Departamento de Gestión Ambiental comenzó a desarrollar un Programa de Protección de Clima Municipal (MCCP, por sus siglas en inglés). Se buscaba informar a los funcionarios locales sobre las implicaciones del cambio climático para Durban. El MCCP tiene tres fases. Después de revisar y evaluar los impactos climáticos esperados a nivel local (Fase 1), una Estrategia Principal de Adaptación de Cambio Climático fue desarrollada para resaltar cómo los sectores claves de la municipalidad, tales como infraestructura y salud humana, deberían comenzar a responder al cambio climático (Fase 2). Para el sector de transporte se encontró que podría ser necesario revisar los estándares de diseño de vías y evitar rutas en áreas de alto riesgo de inundación.

Crucialmente, el cambio climático también se incorporó en la planificación de largo plazo de la ciudad al desarrollar un Marco de Evaluación Urbano Integrado (Fase 3). Esto incluyó el desarrollo de un modelo para simular, evaluar y comparar los planes estratégicos de desarrollo

urbano en el contexto del cambio climático. Para apoyar este trabajo pionero, se estableció una colaboración con el Centro Tyndall para Investigaciones de Cambio Climático del Reino Unido para construir el modelo.

Basándose en el modelo, la efectividad de diferentes enfoques a la adaptación y mitigación puede probarse e informar el plan de desarrollo integrado a largo plazo de la ciudad. El marco de trabajo integrado de evaluación también incluye una evaluación de vulnerabilidad a sectores clave como infraestructura costera, agua, gestión de desastres y biodiversidad. Una revisión de eventos pasados y presentes de clima extremo y sus daños relacionados puede ayudar a identificar qué o cuáles infraestructuras son más vulnerables para ciertos aspectos del cambio climático. Por ejemplo, el daño a la infraestructura ocasionado por las mareas altas y las olas en marzo de 2007, ayudó a generar atención de los funcionarios del gobierno a los tipos de impactos que traerá el cambio climático.

El MCPP también resultó en cambio institucional: una nueva sección se creó en el Departamento de Gestión Ambiental para tratar específicamente con cambio climático, adaptación y mitigación. Esto continuó con la comprensión de que para implementar de manera apropiada las actividades del MCPP, se necesitaba tener recursos adecuados de tipo financiero y humano.

Las experiencias de Durban muestran que las autoridades clave en los gobiernos municipales necesitan comprender la ciencia subyacente de cambio climático y sus implicaciones en el nivel local, antes de que la adaptación y mitigación se integre en la planificación diaria y las decisiones de inversión.

Fuente: Roberts (2009); Roberts (2008)

a) <http://www.iclei.org/index.php?id=800>

Estas tres aproximaciones han sido desarrolladas en el contexto de la adaptación al aumento de nivel del mar como se ilustra en la Figura 17, pero en general son aplicables a todos los riesgos climáticos.

Mientras que el *evitar* de áreas de alto riesgo de una amenaza climática (sea aumento de nivel del mar, inundación, derrumbes o cualquier otro riesgo) puede ser una medida de último

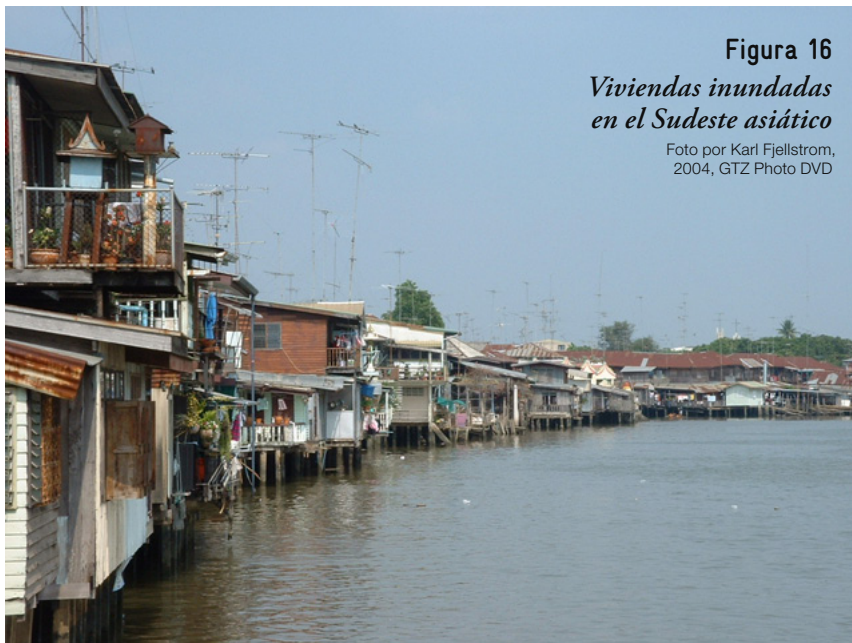
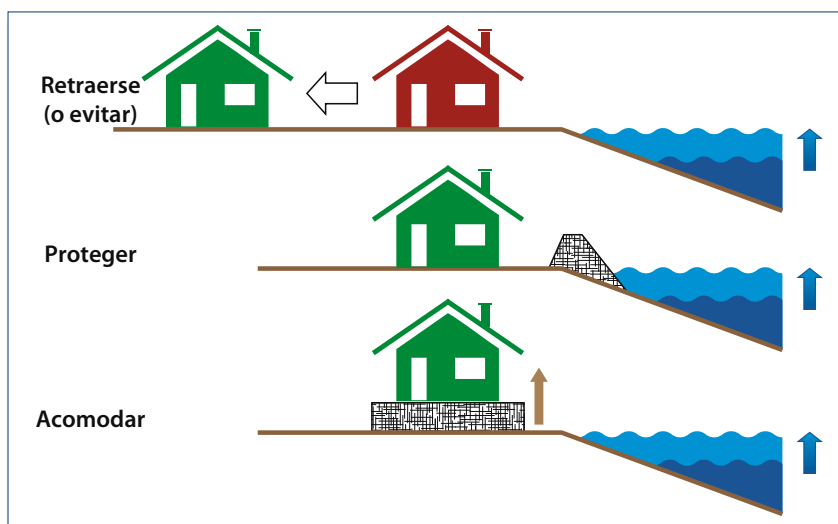


Figura 16
Viviendas inundadas en el Sudeste asiático

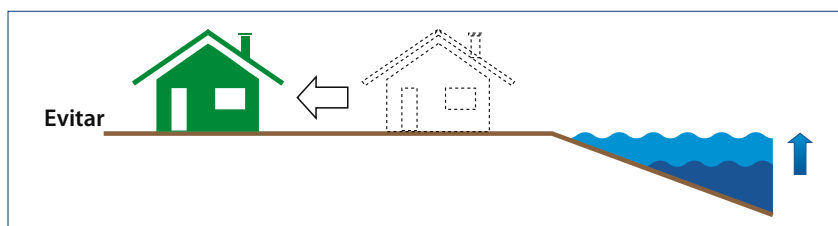
Foto por Karl Fjellstrom, 2004, GTZ Photo DVD

Figura 17: Tres enfoques fundamentales a la adaptación



recurso, en un contexto de planificación este término se refiere a evitar los desarrollos en áreas de alto riesgo en primer lugar y puede ser la opción de menor costo (ilustrado en la Figura 18).

Figura 18: Evitar las áreas de alto riesgo para nuevos desarrollos



La *protección* puede incluir tanto medidas duras (*p. ej.* murallas para el mar) como suaves (*p. ej.* protección de manglares para amortiguar las oleadas de tormentas). Las medidas protectoras no están limitadas tampoco al aumento del nivel del mar o inundaciones por ríos, sino que incluyen cualquier otro modo que ayude a proteger la infraestructura de transporte o incluso la movilidad en el sentido más amplio, tales como espacios verdes o árboles que proporcionan sombra, cercas de viento o drenaje adicional.

Mientras que la protección se puede ver como medidas «externas», el *acomodar* quiere decir adaptar el sistema de transporte o la infraestructura como tal. La acomodación también incluye medidas tanto duras (más que todo infraestructura y vehículos) como suaves (concernientes al sistema de transporte como un todo). Las medidas duras pueden incluir cambios de estándares de diseño y los materiales de construcción para que resistan mayores niveles de inundación

o temperatura o incluir aire acondicionado en vehículos, mientras que las medidas suaves pueden incluir planificación para las rutas de emergencia de buses o incluso fortalecimiento de redes de transporte público para incrementar la resistencia total del sistema.

4.2 Un marco de trabajo para generar esquemas a prueba de clima en transporte

Antes, se asumía un clima estacionario cuando se planificaban y desarrollaban los sistemas de transporte; esto no es posible hoy en día. ***Hoy en día, la planificación y operación del transporte deben tomar en cuenta los cambios climáticos actuales y futuros.*** Esto quiere decir que se deben integrar nuevas herramientas como escenarios regionales de clima, evaluaciones de vulnerabilidad y riesgo o guías para profesionales sobre esquemas a prueba de clima en la planificación de transporte. En particular,

Cuadro 8: Herramientas de toma de decisiones

Un proceso como este requiere que los que toman las decisiones utilicen diferentes herramientas de evaluación de riesgos y de planificación. Ya existe un portafolio grande de herramientas. Los que hacen la toma de decisiones pueden elegir entre herramientas complejas que puedan requerir ciertos estándares y conocimiento técnico o solo licencias y herramientas sencillas, dependiendo de la experiencia y experticia de los recursos técnicos y financieros disponibles en el nivel local. La experticia externa puede requerirse para problemas especializados, tales como elegir el alquitranado adecuado para temperaturas y precipitación elevadas o bien para evaluar el riesgo de inundaciones. En general es esencial que cada departamento involucrado en la planificación para adaptación del transporte comprenda la ciencia y las implicaciones del cambio climático. Confiar sólo en la experticia externa no será sostenible en el largo plazo.

Herramientas y guías para toma de decisiones¹⁾:

- **Climate adaptation: Risk, uncertainty and decision-making – UKCIP Technical**

Report: Este informe comprensivo da una guía paso a paso para desarrollar una estrategia de adaptación, incluyendo las preguntas claves que deben ser respondidas para cada paso, una lista de control genérica para evaluaciones de riesgo climático y guías para herramientas y técnicas adecuadas. http://www.ukcip.org.uk/images/stories/Pub_pdfs/Risk.pdf

- **UKCIP tools:** El Programa de Impactos de Clima del Reino Unido (Climate Impacts Programme, UKCIP) proporciona un conjunto comprensivo de herramientas para planificación de adaptación en su página web. http://www.ukcip.org.uk/index.php?option=com_content&task=view&id=23&Itemid=127

- **Preparing for Climate Change – A Guidebook for Local, Regional and State Governments:** Aunque se concentra en los Estados Unidos, una guía muy comprensiva paso a paso para la planificación de adaptación. http://www.iclei.org/fileadmin/user_upload/documents/Global/Programs/CCP/0709climateGUIDEweb.pdf

- **Adaptation Learning Mechanism:** <http://adaptationlearning.net/about>

- **wikiADAPT:** un portal basado en wiki para aprender sobre cuestiones de adaptación incluyendo información de fondo, herramientas de toma de decisiones y estudios de caso. http://wikiadapt.org/index.php?title=Main_Page

¹⁾ N. del T: Muchos de los títulos siguen en inglés pues es el idioma original del texto.

los supuestos en los modelos de planificación de transporte a largo plazo tienen que ser revisados y ajustados potencialmente. Por ejemplo, los supuestos antiguos para usos del suelo no pueden ser viables cuando hay nuevas áreas que se vuelven susceptibles a tener riesgos de inundación debido al cambio climático.

El cambio climático se agrega a las dinámicas de la urbanización e incrementa la incertidumbre de la toma de decisiones. Aquí, se requiere la toma de decisiones robusta y se incluyen diferentes escenarios, combinando tanto el cambio climático como los escenarios socioeconómicos. Hay diferentes estudios que muestran que la sociedad conoce lo suficiente para desarrollar escenarios plausibles (Dessai *et al.*, 2009; eca, 2009) para tomar decisiones informadas que podrían reducir la vulnerabilidad de manera significativa, tales como evitar nuevos desarrollos en áreas de alto riesgo.

El diseño de políticas o proyectos robustos de transporte busca crear sistemas de transporte que funcionen bien bajo una amplia gama de escenarios potenciales de calentamiento global, en lugar de crear el sistema más eficiente para

un conjunto precisamente especificado de supuestos. Por ejemplo, los diferentes rangos esperados de aumento del nivel del mar y los niveles relacionados de inundaciones deben ser analizados para diseñar redes viales costeras que se desempeñan de manera aceptable bajo diferentes escenarios.

Para crear un sistema de alta calidad y confiable, los gestores de transporte deben llevar a cabo un proceso de planificación multi-nivel. Para promover diseños de transporte urbano a prueba del clima, las estrategias de mitigación y adaptación deben estar integradas al proceso de planificación de transporte (véase el Cuadro 8 para las herramientas de toma de decisiones).

Más que todo con base en el enfoque desarrollado por el Programa de Impactos de Clima del Reino Unido (*UK Climate Impacts Programme*, UKCIP), los siguientes pasos generales se pueden reconocer para desarrollar una estrategia integrada de adaptación para el desarrollo de transporte urbano.

La Figura 19 ilustra los pasos del proceso para desarrollar una estrategia de adaptación para transporte urbano y cómo lo integran en los

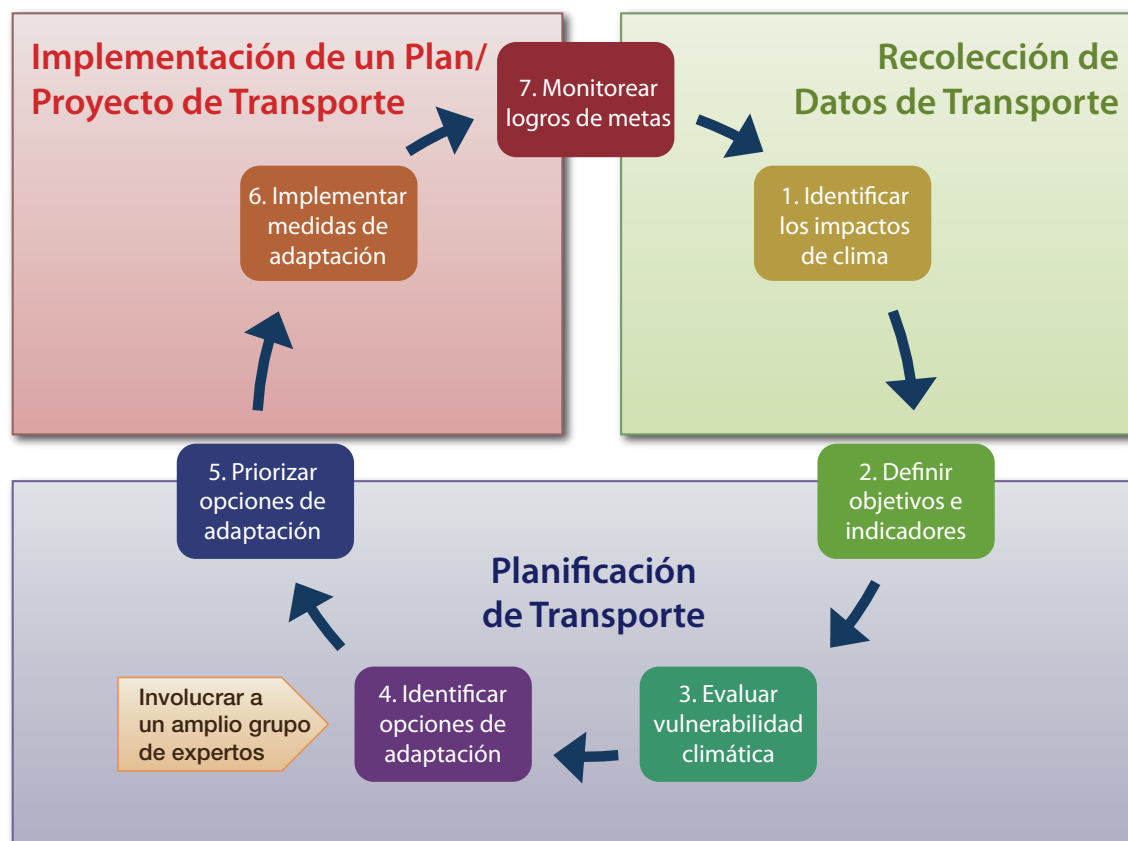


Figura 19
Un marco para desarrollar una estrategia de adaptación para desarrollo de transporte urbano.

Graphic by Urda Eichhorst, Daniel Bongardt

pasos principales de planificación de transporte y toma de decisiones. Estos pasos pueden ser igualmente aplicados a:

- Inversiones individuales y decisiones de mantenimiento (*p. ej.* Nuevas vías e instalaciones de transporte público);
- Conceptos de movilidad en áreas urbanas (*p. ej.* rutas de transporte público, esquemas de accesibilidad para áreas urbanas específicas);
- Planes maestros de transporte comprensivos (con implicaciones de medio y largo plazo en términos de inversión y políticas);
- También desarrollo de esquemas a prueba del clima «ex-post» en las redes e infraestructuras de transporte existentes.

Paso 1: Identificar impactos potenciales de cambio climático

Al principio de cada proceso de planificación de transporte, el status quo del sistema de transporte se evalúa para identificar los problemas existentes. Los datos de transporte, así como los escenarios de desarrollo social y económico se recolectan para identificar las necesidades de desarrollo del transporte. Dado que el desarrollo de transporte debería también tomar en cuenta la sensibilidad potencial al cambio climático, ahora hay una necesidad de reunir información sobre los impactos climáticos potenciales y las vulnerabilidades (véase el Cuadro 9 para las fuentes de información). Esto también debería cubrir los grupos de usuarios afectados y las comunidades con un enfoque fuerte en los grupos con opciones potencialmente limitadas tales como las mujeres, los niños, las personas de la tercera edad y los discapacitados. Con base en esto, los objetivos para el desarrollo ulterior del transporte urbano se formulan (Paso 2).

Paso 2: Definir los objetivos e indicadores para desarrollar esquemas a prueba del clima en transporte

Paralelo a la definición de los objetivos de sistemas de transporte, se pueden identificar los objetivos de adaptación. Por ejemplo, el cambio climático puede afectar las vías e infraestructura existentes o la atraktividad del transporte público, pero el sistema de transporte debería ser resistente al cambio climático, *p. ej.* al desempeñarse bien bajo temperaturas más extremas o aumentos de lluvias.

Basándose en los objetivos identificados, se deben identificar los criterios operacionales o indicadores, contra los cuales las diferentes opciones de desarrollos de transporte y adaptación pueden ser evaluadas. Esto puede reducir las fallas en transporte relacionadas con las inundaciones en un área específica una vez al año, o limitar los daños relacionados con inundaciones bajo un umbral económico específico, etc.

Cuadro 9: Fuentes de información para impactos de clima y evaluación de vulnerabilidad

- Los informes de agencias nacionales ambientales o PNUD frecuentemente dan informes fácilmente comprensibles sobre impactos de clima en el nivel nacional.
- **GTZ practitioner's manual:** Se enfoca en cómo reunir e interpretar información relevante de clima para los profesionales de desarrollo (tanto de gobierno como no-gubernamentales). <http://www2.gtz.de/dokumente/bib/gtz2009-0175en-climate-change-information.pdf>
- El Portal **WB Climate Change Portal** busca proporcionar datos rápidos y de fácil acceso sobre clima para tomadores de decisiones y profesionales de desarrollo (por la gran cantidad de datos se recomienda una conexión rápida de internet). <http://sdwebx.worldbank.org/climateportal/home.cfm?page=globemap&undpcc=ar>
- **UNFCCC (2008) Compendium on methods and tools** para evaluar los impactos de –y la vulnerabilidad y adaptación al– cambio climático (no hay una sección específica de herramientas para transporte).
- **SERVIR** es un sistema de visualización regional y monitoreo para Mesoamérica y África que integra datos de satélite y geoespaciales para conocimiento mejorado científico y toma de decisiones. <http://www.servir.net>
- El **Climate Change Explorer** proporciona a los usuarios una fundamentación analítica para explorar las variables de clima relevantes a sus decisiones particulares de adaptación. Es un programa de escritorio que da una interfase para descargar, gestionar y visualizar resultados de modelo en menor escala. Se necesita registrarse para obtener una clave para descargar una versión de esta herramienta. http://www.wikiadapt.org/filestore/wikiADAPT/Climate_Change_Explorer_an_introduction_v1.pdf

Paso 3: Evaluar la vulnerabilidad y riesgo de las intervenciones de transporte

Después de desarrollar un anteproyecto para intervenciones relacionadas con transporte, la vulnerabilidad del plan debería evaluarse contra los riesgos de los impactos climáticos esperados bajo diferentes escenarios de cambio climático, *p. ej.* diferentes grados de aumento en nivel del mar, usando los datos recopilados en el Paso 1 (véase lista de evaluación de riesgos en el anexo):

- ¿Cómo afectan los riesgos esperados a los elementos de transporte planificados o existentes o aquellos que dependen de ellos?
- ¿Quién sería el más afectado por esos impactos?

En este momento las implicaciones para el anteproyecto (y sus alternativas) para las emisiones de gases de efecto invernadero deberían reflejarse también.

Para aprovechar las sinergias y apoyarse en las estructuras institucionales o procedimentales existentes tanto como sea posible, la evaluación de riesgo de clima podría integrarse en o conducirse en paralelo a las evaluaciones estratégicas ambientales (SEAs, por su nombre en inglés) para planes o en evaluaciones de impacto ambiental (EIAs por sus siglas en inglés) para proyectos con esquemas a prueba de clima. Esto también podría mejorar la efectividad de costo de los esquemas a prueba del clima (ADB, 2005). Una EIA es llevada a cabo después de que un proyecto ya se ha elegido para ser implementado, y en una etapa relativamente tardía, mientras que los esquemas a prueba del clima deberían estar integrados idealmente lo más temprano posible en el proceso de planificación para informar las decisiones, de manera más similar a las SEAs.

Véase la lista de control en el anexo de este módulo que da una guía para la evaluación de vulnerabilidad y riesgo.

Paso 4: Identificar las opciones de adaptación

Basándose en la evaluación de riesgo del plan de transporte, se pueden identificar diferentes opciones de adaptación:

- ¿Cuáles son las opciones de adaptación adecuadas (véase la Sección 2 para una lista detallada de opciones de adaptación)?

- ¿Satisfacen los criterios de toma de decisiones (Paso 2)?
- ¿Toman en cuenta las circunstancias locales (Paso 1)?
- ¿Están involucrados los socios adecuados en la evaluación?

Al comienzo, debería considerarse una amplia variedad de opciones potenciales, sin dejar de lado opciones viables. Para hacerlo se necesita de un grupo grande de expertos. Especialmente cuando la información de impactos futuros no se conoce bien, las medidas que contienen opciones de bajo o ningún arrepentimiento deberían identificarse.

Véanse las listas de control en el anexo de este módulo que dan guías para:

¿Quién debería estar involucrado?

¿Cuáles son las opciones para la adaptación de infraestructura vial?

¿Cuáles son las opciones para la adaptación de infraestructura férrea?

¿Cuáles son las opciones para la adaptación de infraestructura para vías acuáticas?

¿Cuáles son las opciones para la adaptación de vehículos (enfocándose en transporte público)?

Las listas de control están basadas en las Tablas 1–4 de la Sección 3, que cuentan con más detalle.

Paso 5: Priorizar alternativas de desarrollo de transporte y opciones de adaptación

Hay una necesidad de priorizar las opciones de adaptación para usar recursos limitados de manera más efectiva: basándose en la vulnerabilidad y evaluación de riesgos del Paso 3, la lista larga de opciones de adaptación del anteproyecto de desarrollo y sus alternativas (Paso 4) puede evaluarse. Al mismo tiempo, la evaluación puede también tener en cuenta otras implicaciones para cada opción, como las emisiones de CO₂ resultantes y la contaminación de diferentes opciones de adaptación y otros objetivos públicos, tales como costo-efectividad o acceso equitativo a la movilidad.

La elección de una solución de transporte específica en lugar de otra puede en sí misma ser una opción de adaptación, *p. ej.* el desarrollo de un sistema de Bus Rápido en lugar de un sistema

férreo subterráneo puede reducir la vulnerabilidad a las inundaciones, dependiendo de las circunstancias locales.

La priorización de las opciones del desarrollo de transporte y opciones de adaptación debe ser un proceso de varios actores clave. Para las opciones priorizadas de adaptación, los actores clave que puedan implementar estas acciones deben ser identificados.

Paso 6: Implementar las medidas de desarrollo de transporte y adaptación

La implementación de las medidas de adaptación se vuelve una parte integral de la implementación del proyecto de transporte en sí misma. Por ejemplo, al incluir los requisitos de adaptación en las licitaciones públicas —p. ej. comprando buses con ventanas polarizadas o aire acondicionado— o construir nuevas vías de acuerdo con los estándares de diseño a prueba del clima.

Paso 7: Monitorear y evaluar el progreso y los impactos de clima

El monitoreo y evaluación son importantes no sólo para evaluar el éxito de un sistema de transporte y sus medidas correspondientes de adaptación, sino también para revisar las evaluaciones de riesgo (Paso 3) mientras hay nueva información disponible o cuando los resultados de monitoreo muestran nuevos problemas (Paso 1). Así, la integración de la adaptación en los planes y proyectos resulta en un proceso iterativo.

4.3 Contexto político de apoyo para adaptación efectiva

El capítulo anterior describió una aproximación sistemática hacia la identificación de necesidades de adaptación y las opciones para los desarrollos de transporte urbano. Este capítulo destaca las políticas y medidas que pueden apoyar a los tomadores de decisiones y planificadores para integrar la adaptación en proyectos y planes de transporte.

En muchos casos, la adaptación del sistema de transporte al cambio climático puede de hecho comenzar con afrontar las vulnerabilidades existentes y las deficiencias de infraestructura. La ciudad de Yakarta se inunda 2-3 veces por cada temporada de monzón, lo cual requiere

mantenimiento anual de la infraestructura vial, y el hundimiento ya es un problema en muchas ciudades de India. Todos estos impactos potencialmente empeorarán con el cambio climático y podrían llegar a un umbral crítico a partir del cual el desempeño del sistema ya no puede ser garantizado si no se toman medidas de adaptación.

El monitoreo y la recolección de los datos en eventos de temperatura intensa y sus consecuencias para el sistema de transporte (tanto ahora como en el pasado) pueden mejorar nuestra comprensión de las implicaciones del cambio climático para el transporte, incluyendo los costos directos e indirectos. Este conocimiento puede entonces fortalecer la base para tomar decisiones sobre adaptación. Los datos deberían ser evaluados sistemáticamente, introducidos en una base de datos e idealmente intercambiados entre ciudades para mejorar el aprendizaje mutuo.

Para la adaptación de una *infraestructura* de transporte se necesita una estrategia «sombrija» que básicamente consiste de cuatro elementos:

1. *Planificación* espacial cuidadosa que evite las áreas de alto riesgo, incluya espacios verdes y azules para contrarrestar los efectos de islas de calor y cree áreas urbanas relativamente densas para evitar demanda de transporte innecesaria. No obstante, proporcionar la redundancia para afrontar los factores de tensión inesperados, al mismo tiempo que se integran y conectan los vecindarios de bajos recursos. La planificación espacial debería combinarse con *mapeo de riesgos*, así como con *políticas regulatorias*, tales como zonificación, y requisitos de seguridad para anuncios publicitarios y árboles a lo largo de la vía para evitar los riesgos de árboles y anuncios caídos sobre las vías durante inundaciones o tormentas.
2. Mejorar los *estándares de diseño* de la infraestructura de transporte para que sea resistente a condiciones climáticas cambiantes, incluyendo la mejoría de drenajes urbanos y códigos de construcción. Esto requiere una evaluación de la idoneidad de los estándares de diseño actuales bajo diferentes escenarios de cambio climático. Aquí, la experticia externa puede ser necesaria. Los estándares de diseño deberían ser *auditados con frecuencia* y

revisados cuando se requiera. Los estándares de diseño actualizados pueden integrarse en los procesos de contratación para desarrollos de infraestructura, dando vía libre condicional a los proyectos que aseguren que se han incorporado características resistentes al clima.

3. El *aseguramiento* de la infraestructura del transporte para desviar (por lo menos parte de) el riesgo de impactos climáticos de los gobiernos municipales. Las primas de seguros deben estar sujetas a *mantenimiento regular* de la infraestructura existente y así podrían funcionar como incentivo para asegurar mantenimiento adecuado.
4. *Auditoría de adaptación* a la red de transporte urbano para primero identificar vulnerabilidades y después monitorear progreso y viabilidad de medidas de adaptación, así como identificar nuevas necesidades de adaptación. Las ciudades deberían también llevar a cabo auditorías frecuentes de seguridad vial para todas las jerarquías de vías, así como auditorías de seguridad para otras infraestructuras de transporte relacionadas, como puentes y sistemas de drenaje.

Para adaptar los *vehículos*, los nuevos estándares de diseño o configuraciones necesitan resistir temperaturas más altas. Aquí las autoridades de transporte deberán cooperar con los proveedores

de servicios de transporte y los fabricantes de vehículos. Los nuevos estándares de diseño pueden ser integrados a los requisitos de compra de vehículos, además de los requisitos para vehículos más eficientes para reducir las emisiones de transporte.

Para prepararse a la mayor frecuencia de eventos extremos de clima, la *gestión del riesgo de desastre y planificación de contingencia*, incluyendo los sistemas de alarma temprana, necesitan convertirse en un componente vital de planificación de transporte. Los gobiernos de las ciudades deberían tener la responsabilidad de desarrollar planes de gestión de riesgo de desastres, mientras que los proveedores de transporte deben estar integrados más de cerca en la planificación de evacuación para asegurar la provisión de servicios públicos en caso de una crisis. Esto incluye la identificación de nodos críticos de sistemas de transporte, *p. ej.* para accesibilidad de instalaciones vitales, tales como hospitales y rutas de evacuación, incluyendo asegurar el acceso peatonal a tales instalaciones (esto se puede hacer usando modelos de redes, véase por ejemplo los artículos en Murray y Grubestic, 2007); pero también conductores designados para evacuación, que estén bien entrenados y comprometidos para operar los servicios de emergencia.

Todo esto no sería posible sin apoyo tanto del gobierno de la ciudad como del nacional en los países en desarrollo y desde la comunidad internacional. El Cuadro 11 muestra dónde se puede conseguir apoyo para esto y cómo canalizar los recursos de adaptación.

Uno de los grandes retos de la planificación para adaptación urbana es también planificar para lo «no planificado», esto es, que también se deben considerar las necesidades de adaptación en asentamientos informales o el transporte informal. Más de 800 millones de habitantes urbanos viven en asentamientos informales o ilegales en naciones de recursos bajos y medios, con frecuencia sin mucha infraestructura. Las necesidades de más de 800 millones de personas no pueden simplemente ser ignoradas si se van a crear centros urbanos resistentes. Esto reitera el vínculo íntimo entre el desarrollo y la adaptación, resaltando una vez más la necesidad de mejorar los sistemas de transporte urbano como un todo.

Cuadro 10: Viajeros varados buscan los sistemas férreos elevados

Cuando en septiembre de 2009 la mayoría de las vías de Metro Manila fueron demostradas como impasables para el tráfico vehicular por inundaciones, los Sistemas de Tren Ligero y Metro Rail Transit proporcionaron una alternativa a los viajeros que buscaban llegar a casa. Los administradores de la autoridad del sistema estaban pendientes de que el personal de mantenimiento hicieran funcionar las líneas 1 y 2 de manera eficiente y sin interrupciones. El problema principal que se encontró fue la congestión inevitable en las estaciones de tren ligero en las áreas inundadas. Como una forma de asistencia de socorro para miles de viajeros, se les cobró una tarifa reducida. Para acomodar el incremento súbito de pasajeros la cantidad de trenes se aumentó de 9 a 16.

Fuente: The Philippine Star, 2009, September 28

Debido a las deficiencias existentes en un lado y la larga vida de las inversiones en el sistema de transporte, además de su inmovilidad, la adaptación debería ya ser considerada en planificación de transporte hoy en día para crear

sistemas urbanos sostenibles. Para explotar el potencial completo de la planificación de transporte sostenible, las sinergias con el desarrollo de bajas emisiones de carbono también deberían ser consideradas.

Cuadro 11: Dónde conseguir apoyo

En el nivel internacional, bajo la Convención de Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés), el Programa Nairobi Work Programme busca el intercambio de información sobre y el desarrollo de métodos y herramientas para evaluación de riesgos, modelación del clima y planificación para adaptación, así como el intercambio de experiencias con adaptación^{a)}. Ha sido muy exitoso y ha proporcionado mucha información útil.

Una forma de encontrar apoyo para los proyectos de adaptación son fondos internacionales multi- y bilaterales para adaptación.

Cuatro fondos que se enfocan en adaptación se desarrollaron bajo el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (Global Environmental Facility, GEF) y el Protocolo de Kyoto para el UNFCCC; respectivamente (ilustrado en la Figura 20):

- El Fondo para Países Menos Desarrollados – Least Developed Country Fund (LDCF);
- El Fondo Especial de Cambio Climático – Special Climate Change Fund (SCCF);
- El Prioridad Estratégica de Adaptación – Strategic Priority on Adaptation (SPA);
- El Fondo de Adaptación – Adaptation Fund (AF).

No obstante, hasta ahora, los recursos dentro de estos fondos han sido muy inadecuados para lograr las necesidades de adaptación. Se necesita incrementar sustancialmente la financiación para adaptación y es una cuestión importantísima en las negociaciones internacionales de clima. Cualquier nuevo acuerdo climático debe incluir financiación adecuada y confiable para satisfacer las necesidades de adaptación en los países en desarrollo.

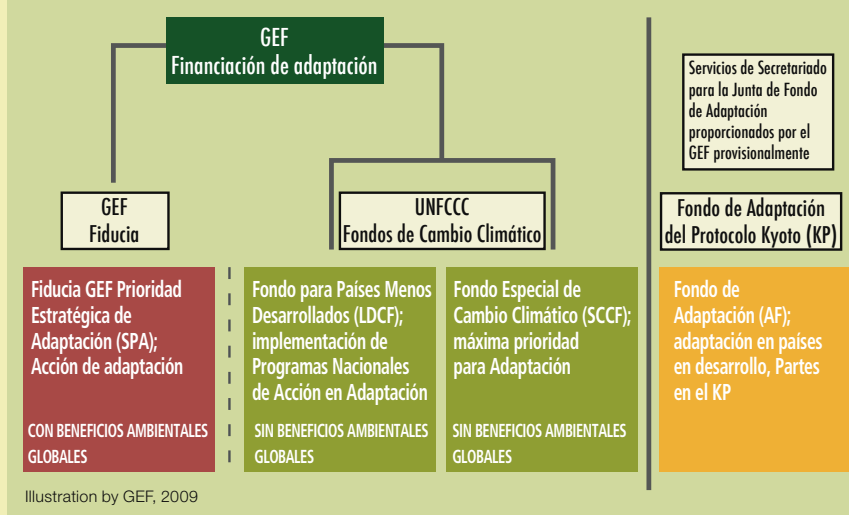
Además de lo anterior, varios otros fondos existen fuera del UNFCCC. Una vista general comprensiva de todos los fondos de cambio climático existentes y proyectos relacionados se pueden encontrar en línea en <http://www.climatefundsupdate.org/listing>.

Otras formas de canalizar recursos para adaptación al nivel de ciudad incluyen:

- Integrar la adaptación dentro de la planificación local y nacional;

- Trabajar con organizaciones internacionales (de desarrollo) sobre adaptación^{b)};
- Trabajar con ONG internacionales, nacionales o locales en adaptación;
- Proporcionar infraestructura y servicios de adaptación por parte de actores privados, tales como operadores de transporte público, o sociedades público-privadas, tales como introducir cobros por uso de vías;
- Movilizar fondos para adaptación (y mitigación) a través de medidas de gestión de la demanda de viajes, tales como impuestos vehiculares privados, cobros por congestión, tarifas de estacionamiento, etc.

Figura 20: Fondos que se dirigen a adaptación



Para afrontar de manera adecuada la adaptación, los gobiernos de ciudades y nacionales deben destinar recursos específicos para construcción de capacidades de personal gubernamental clave, planificación e implementación de adaptación (véase el Cuadro 7 para el caso de Durban, Sudáfrica).

a) http://unfccc.int/adaptation/sbsta_agenda_item_adaptation/items/3633.php

b) El desarrollo y la adaptación están vinculados estrechamente y frecuentemente no se pueden distinguir fácilmente. Todas las actividades de desarrollo deberían tener esquemas a prueba del clima para evitar la maladaptación. En ese sentido la ayuda para el desarrollo puede ser utilizada para actividades de adaptación sin desviar la financiación de las actividades de desarrollo.

5. Sinergias de mitigación y adaptación en transporte urbano de pasajeros

La adaptación al cambio climático en el sector transporte tiene que ser vista en el marco del diseño urbano a prueba de clima, donde «a prueba de clima» quiere decir tanto resistente como lo más bajo en emisiones de carbono como sea posible. El transporte no se puede ver aislado si se busca que sus beneficios sean maximizados y los efectos negativos de las estrategias de adaptación sean evitados. Esto también quiere decir que el transporte sostenible no solamente necesita ser resistente, pero también debe tratar de minimizar las emisiones relacionadas con el transporte. Solo si los dos aspectos se afrontan, los riesgos del cambio climático pueden ser minimizados.

El transporte genera 23 % de las emisiones de CO₂ relacionadas con energía en el mundo (IEA, 2008) y es uno de los pocos sectores donde las emisiones están creciendo. Reducir la demanda de viajes está entonces en el corazón del desarrollo de transporte a prueba de clima. Evitar emisiones siempre es benéfico para la adaptación, porque menores emisiones se traducen en menor cambio climático y así menor necesidad de adaptación.

Las formas de reducir emisiones en el transporte urbano se describen en mayor detalle en el módulo del *Texto de Referencia* de GTZ 5e: Transporte y Cambio Climático (GTZ; 2007a).

Los esfuerzos para reducir las emisiones de transporte se concentran en el enfoque «evitar – cambiar – mejorar»:

1. **Evitar o reducir las distancias viajadas** a través de planificación cuidadosa de usos del suelo para mantener la movilidad al mismo tiempo que se reducen los kilómetros viajados. Esta noción de movilidad está definida por la posibilidad de lograr diferentes actividades humanas como negocios, trabajo, compras, ocio y otras actividades sociales y culturales. Las estructuras integradas y densas de vivienda, trabajo y compras y lugares de ocio permiten que la gente practique sus actividades sin distancias largas de transporte. Un

desarrollo orientado al transporte público incrementa aún más la densidad a lo largo del transporte público altamente eficiente.

Cómo afrontar el tema de usos del suelo se describe en mayor detalle en el Módulo 2a del *Texto de Referencia* GTZ: Planificación de los usos del suelo y transporte urbano, disponible en <http://www.sutp.org>.

2. El **Cambio modal** busca satisfacer las necesidades restantes de transporte con los modos más amigables ambientalmente. Los diferentes modos de transporte –caminar, montar en bicicleta, en buses, trenes, barcos y automóviles– tienen diferentes impactos ambientales. Los modos no motorizados tienen el menor impacto en el medio ambiente, seguidos de los buses y los trenes, mientras que los automóviles tienen el impacto más alto. Así, el cambio modal busca fortalecer (o mantener) el transporte no motorizado y público. Aquí las medidas de Gestión de la Demanda de Transporte (GDT, o TDM en inglés) como los cobros por congestión, limitaciones y tarifas de estacionamiento, juegan un papel muy importante para incentivar los cambios a opciones de transporte más sostenibles.

Cómo implementar GDT se describe en detalle en el documento de entrenamiento de GTZ «Gestión de la Demanda del Transporte». El cambio modal al transporte no motorizado se describe en el Módulo 3d del *Texto de Referencia* GTZ: Preservar y expandir el rol del transporte no motorizado. Los dos están disponibles en <http://www.sutp.org>.

3. **Mejorar las tecnologías vehiculares y combustibles:** El tercer pilar estratégico es la mejora de la eficiencia del transporte. Esto incluye medidas relacionadas con la tecnología vehicular así como el contenido de carbono de los combustibles.

Cómo afrontar las tecnologías vehiculares y combustibles están descrito en mayor detalle en el Módulo 4a del *Texto de Referencia* GTZ: Combustibles limpios y tecnologías vehiculares», disponible en <http://www.sutp.org>.

Las sinergias entre la adaptación y la mitigación están localizadas especialmente dentro

de los dos pilares, evitación del transporte y cambio modal. Aunque la tecnología vehicular podría combinar las mejoras de eficiencia y resistencia, aquí las compensaciones son muy probables, en particular en lo relacionado con requisitos de aire acondicionado que llevan a emisiones aumentadas de transporte.

Los riesgos futuros de eventos climáticos probablemente motiven más implementación de medidas de «Crecimiento Inteligente», que reducen la necesidad de cantidad y longitud de viajes. Estas medidas incluyen el Desarrollo Orientado al Transporte Público (TOD por sus siglas en inglés), densificación urbana y desarrollo de usos mixtos. De la misma forma, las estrategias de reemplazo de viajes también tendrán una mayor prioridad. Estas medidas incluyen tecnologías mejoradas de información y comunicación (ICT), tales como conectividad de internet, que permiten que la actividad informacional y económica se lleve a cabo sin la necesidad de viajes extensos. Reducir la demanda de transporte a través de planificación urbana inteligente y la provisión de un sistema de transporte funcionando bien y gestión de la demanda también quiere decir que hay menor exposición de la infraestructura y los viajeros a los impactos del clima.

Para evitar el aumento de los efectos de islas de calor, la planificación de ciudades densas deben balancearse con el uso de espacios verdes y ríos y lagos, proporcionando enfriamiento e infiltración, mejorando el clima urbano y la calidad del aire, así como la calidad de vida total. Estos espacios verdes y azules también ofrecen la posibilidad de relajarse y del ocio en la ciudad; así los efectos indirectos de

la demanda de transporte por parte de los habitantes urbanos escapándose de centros urbanos incómodos y calurosos a través de viajes a lugares de ocio remotos pueden minimizarse.

El cambio modal hacia (o preservando las proporciones existentes de) transporte público y no motorizado puede tanto beneficiarse de las medidas de adaptación como ayudar a adaptar para el cambio climático. El enverdecimiento de las vías, por ejemplo, ayuda a la adaptación a temperaturas más calientes al crear un efecto de enfriamiento. Al combinarse con la provisión de ciclovías y vías peatonales, también puede hacer el transporte no motorizado más atractivo.

Proporcionar un sistema de transporte confiable y cómodo puede minimizar los cambios al transporte privado motorizado tan pronto como se vuelva asequible. Al mismo tiempo, el transporte público necesita menos espacio e infraestructura construida que el transporte individual motorizado, lo cual reduce los costos de adaptación para las vías.

Especialmente los sistemas de Bus Rápido (BRT) han demostrado ser sistemas de transporte público eficientes y de bajo costo, con el desempeño de sistemas de transporte público férreo pero a una fracción del costo. En relación con la adaptación, el BRT es potencialmente más flexible que un sistema de tranvía o metro debido al uso de infraestructura vial más redundante.

Por favor refiérase a la Guía de Planificación de BRT (GTZ, 2007b).

Una sinergia importante adicional entre una proporción modal alta de transporte público y



Figura 21
Congestión en Bangkok, Tailandia.

Foto por Thirayoot Limanond, 2006, GTZ Photo DVD

la adaptación se relaciona con la evacuación de desastres, lo cual se vuelve cada vez más importante con el cambio climático. En particular en las ciudades en desarrollo, donde el acceso a la movilidad privada permanece limitado, una red de transporte público que se desempeñe bien y sea densa puede asegurar evacuación eficiente para toda la población.

Para mantener la atractividad del transporte público bajo condiciones climáticas cambiantes y preservar la proporción modal existente, la adaptación es indispensable. Aquí, algunas compensaciones son inevitables, tales como una demanda incrementada de vehículos con aire acondicionado, generando un poco de emisiones a cambio de las que se ahorran por

tener vehículos más eficientes. No obstante, los automóviles privados crearán también emisiones adicionales debido al aire acondicionado. Para mitigar los efectos del aire acondicionado, los sistemas basados en CO₂ deberían preferirse a los sistemas basados en HFC tanto o tan pronto como estén disponibles⁵⁾. De todas formas, cuando los vehículos nuevos se compran, las mejoras relacionadas con eficiencia vehicular y resistencia pueden ser afrontadas de una sola vez.

⁵⁾ Sistemas basados en HFC (sustancias reductoras de ozono), las cuales tienen un potencial efecto en el calentamiento global mucho mayor que el CO₂. En total, cerca del 5 % de los gases de efecto invernadero provenientes del transporte son principalmente emitidos a causa del uso de aire acondicionado.

Tabla 5: Sinergias entre adaptación y mitigación

Enfoque estratégico	Oportunidad principal para sinergias	Mitigación	Adaptación
Evitar / reducir	■ Planificación sensata de usos del suelo para ciudades compactas y orientadas al transporte público con suficientes espacios verdes ■ Combinación con estándares de diseño a prueba del clima para infraestructura	■ Distancias cortas reducen la conversión de tierras, demanda de viajes y emisiones relacionadas ■ La infraestructura para transporte público, caminar y uso de bicicletas confiable y de alta calidad mantiene los modos de bajo consumo de carbono	■ Los parques y las vías verdes enfrían ■ Las distancias cortas reducen la infraestructura total que requiere adaptación ■ Las distancias cortas favorecen caminar y andar en bicicleta ■ Infraestructura resistente
Cambiar / mantener	■ Transporte público de alta calidad (en combinación con medidas de gestión de la demanda) ■ Combinación con estándares de diseño a prueba del clima para vehículos y planificación de contingencia ■ Infraestructura para peatones y bicicletas de alta calidad ■ Medidas de Gestión de la Demanda del Transporte (GDT) que proporcionan los desincentivos para el uso de vehículos privados motorizados	■ El transporte público de alta calidad atrae más clientes y reduce los viajes en automóvil ■ Se necesita menos espacio vial ■ Menos emisiones de CO₂ por pasajero-kilómetro	■ Transporte público de alta calidad (p. ej. incluye aire acondicionado) es necesario para mantener la movilidad de aquellos sin acceso a un automóvil ■ El transporte público confiable es vital para la gestión y evacuación de desastres
Mejorar	■ Compra de vehículos eficientes y resistentes ■ Estándares vehiculares	■ Vehículos eficientes en energía que reducen la emisión de carbono por kilómetro	■ Los vehículos resistentes son necesarios para mantener la distribución modal (transporte público confiable y cómodo) ■ Tanto como sea posible, el aire acondicionado no debería estar basado en HFC sino en CO₂ (menor potencial de calentamiento)

Observaciones finales

Actualmente, la información sobre los efectos locales del cambio climático sigue siendo limitada. No obstante, las tendencias generales pueden ser identificadas y mejor información puede ser esperada en el futuro mientras los esfuerzos para generar modelos de menor escala continúan. Al final, cada ciudad debe identificar los riesgos específicos relacionados con su área. El conocimiento local les ayudará a hacer mejores proyecciones y evaluaciones de riesgo al aprender de los impactos actuales.

En muchas ciudades en desarrollo, los impactos de eventos de clima extremo sobre los sistemas de transporte urbano pueden ser severos como se experimentó en la inundación reciente de Manila en septiembre de 2009. Esto demuestra la importancia de desarrollar sistemas de transporte urbano sostenible más resistentes, especialmente porque se espera que los impactos empeoren. Para ser realmente sostenible, el sistema de transporte debe funcionar para todos, también incluyendo a los de menores ingresos y los discapacitados. Esto requerirá afrontar las deficiencias existentes.

La adaptación del transporte urbano en ciudades en desarrollo debe entonces ser vista en el contexto más amplio de afrontar las necesidades de transporte como un todo, si las vulnerabilidades del sistema urbano van a ser minimizadas. Se necesita más trabajo para definir claramente los pasos realistas hacia lograr un sistema de

transporte urbano a prueba de clima, a favor de los de menores ingresos y asequible en las ciudades en desarrollo. Por ejemplo, se necesitan estándares de diseño más específicos y que sean adecuados para los países en desarrollo.

En este momento, sólo existen unos pocos estudios de caso sobre el tema de adaptación en el sector de transporte y los costos relacionados, ya que el enfoque sobre el transporte urbano sigue siendo de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero. El desarrollo de estudios de caso de buenas prácticas para la adaptación en el transporte urbano y el intercambio de experiencias existentes con planificación y gestión de eventos de clima extremos en ciudades en desarrollo debería ser fomentado. También se necesitan más esfuerzos en la integración de la gestión del riesgo de desastres con la planificación de transporte para un mundo más caliente.

Las herramientas de toma de decisiones y listas de control de este módulo son un primer paso hacia la integración de la adaptación en los proyectos de transporte y los procedimientos de planificación. Como una nueva área de acción se necesita mucho más trabajo, especialmente al monitorear los impactos del clima en el transporte y desarrollando herramientas que estén diseñadas específicamente para planificar y gestionar la integración de adaptación y mitigación en el transporte urbano. Al final, la adaptación del transporte urbano en ciudades en desarrollo requiere un proceso de aprendizaje social, a lo cual se espera que este documento contribuya.

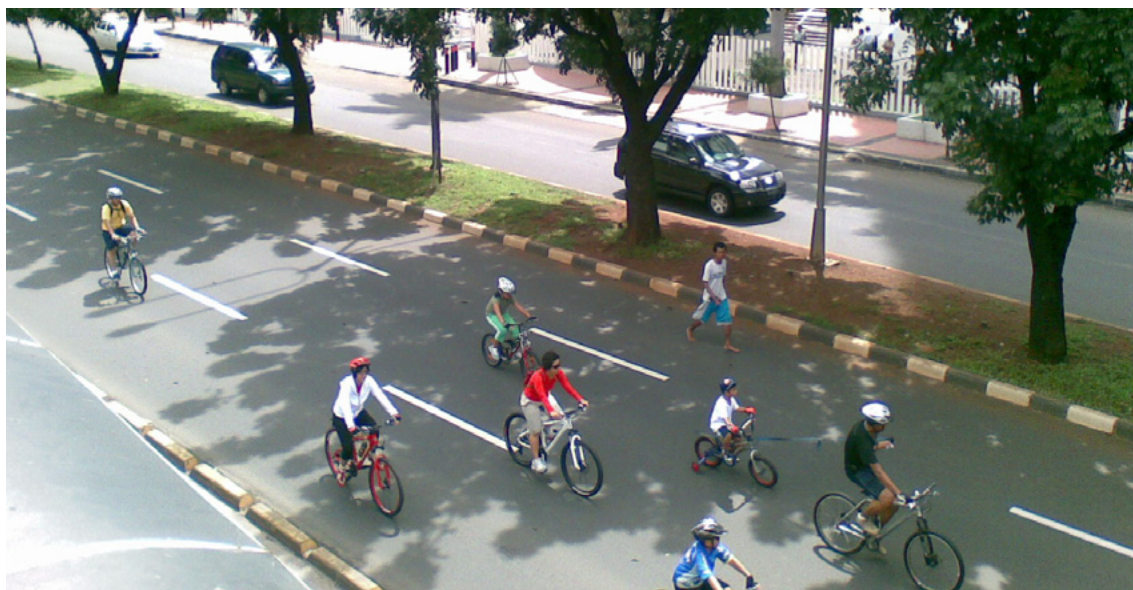


Figura 22
*Enfriamiento natural:
andando en bicicleta
bajo los árboles en
un día sin carros en
Yakarta, Indonesia.*

Foto por Judiza Radjni Zahir,
2008, GTZ

Referencias

- **ADB – Asian Development Bank, ed. (2005):** Climate Proofing: A Risk-based Approach to Adaptation – Summary for Policy and Decision Makers. Pacific Studies Series. Asian Development Bank, Philippines.
- **Adger, N.W., Lorenzoni, I., O'Brien, K.L. (2009):** Adaptation now. In: Adger, N.W., Lorenzoni, I., O'Brien, K.L., eds. *Adapting to Climate Change: Thresholds, Values, Governance*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- **Adger, N.W. and Vincent, K. (2005):** Uncertainty in adaptive capacity (IPCC special issue on describing uncertainties in climate change to support analysis of risk and options), *C. R. Geoscience*, 337: 339-410.
- **Ayers, J. (2009):** International Funding to Support Urban Adaptation to Climate Change. In: Bicknell, J., Dodman, D., Satterthwaite, D., eds., *Adapting Cities to Climate Change: Understanding and Addressing the Development Challenges*. Earthscan, London, United Kingdom.
- **Changnon, S.A. (1996):** Effects of summer precipitation on urban transportation. *Climatic Change*, 32: 481-494.
- **Chung, E., Ohtani, O., Warita, H., Kuwahara, M., Morita, H. (2005):** Effect of rain on travel demand and traffic accidents. In: *Proceedings of the 8th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*, Vienna.
- **CIESIN (Center for International Earth Science Information Network):** Low Elevation Coastal Zone (LECZ) Urban-Rural Estimates, Global Rural-Urban Mapping Project (GRUMP), Alpha Version. Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC), Columbia University, Palisades, New York, United States of America. Available online: <http://sedac.ciesin.columbia.edu/gpw/lec2> (accessed 20.08.2009).
- **Cochran, I. (2009):** Climate Change Vulnerabilities and Adaptation Possibilities for Transport Infrastructures in France. Climate Report Issue No. 18. Available online: http://www.caisse-desdepots.fr/fileadmin/PDF/finance_carbone/etudes_climat/09-09_climate_report_n18_transport_infrastructures_in_france.pdf (accessed 21.09.2009)
- **C4S, ed. (2008):** Developing a Transport Strategy for Climate Change Adaptation. SDRN / Dft Event Report 7th December 2007, Church House Conference Centre, SW1P 3NZ, London.
- **Dawson, R. (2007):** Re-engineering cities: a framework for adaptation to global change. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 365: 3085-3098.
- **Dessai, S., Hulme, M., Lempert, R., Pielke Jr, R. (2009):** Climate prediction: a limit to adaptation? In: Adger, N.W., Lorenzoni, I., O'Brien, K.L., eds. *Adapting to Climate Change: Thresholds, Values, Governance*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- **Dreier, P. (2006):** Katrina and power in America, *Urban Affairs Review*, 41, 4: 528-549.
- **Eca – Economics of Climate Adaptation Working Group, ed. (2009):** Shaping climate-resilient development – a framework for decision-making. Available online: http://www.swissre.com/resources/387fd3804f928069929e92b3151d9332-ECA_Shaping_Climate_Resilient_Development.pdf (accessed 17.09.2009).
- **Eddowes, M.J., Waller, D., Taylor, P., Briggs, B., Meade, T., Ferguson, I. (2003):** Railway Safety Implications of Weather, Climate and Climate Change: Final Report. Commissioned by the Rail Safety and Standards Board. Available online: <http://www.rssb.co.uk/pdf/reports/research/Safety%20implications%20of%20weather,%20climate%20and%20climate%20change.pdf> (accessed 01.09.2009).
- **Frankhauser, S. (2009):** The range of global estimates. In: Parry M., Arnell, N., Berry, P., Dodman, D., Frankhauser, S., Hope, C., Kovats, S., Nicholls, R., Satterthwaite, D., Tiffin, R., Wheeler, T. (2009): *Assessing the costs of adaptation to climate change: A review of the UNFCCC and other recent estimates*. International Institute for Environment and Development and Grantham Institute for Climate Change at Imperial College, London, United Kingdom. Available online: <http://www.iied.org/pubs/pdfs/11501IIED.pdf> (accessed 29.10.2009).
- **GEF (Global Environmental Facility), ed. (2009):** Financing Adaptation Action. Global Environmental Facility. Available online: <http://thegef.org/uploadedFiles/Publications/adaptation-actions.pdf> (accessed 22.11.2009).
- **Goudie, A. (1990):** The Human Impact on the Natural Environment. Basil Blackwell, Oxford, United Kingdom.
- **Greater London Authority, ed. (2005):** Climate Change and London's Transport Systems. Summary Report. Greater London Authority, London, United Kingdom. Available online: <http://www.london.gov.uk/lccp/publications/transport.jsp> (accessed 20.09.2009).

- — (2008): The London Climate Change Adaptation Strategy. Summary draft report. Greater London Authority, London, United Kingdom. Available online: <http://www.london.gov.uk/mayor/publications/2008/docs/climate-change-adapt-strat-summary.pdf> (accessed 20.09.2009).
- Grenzeback, L. R. and Lukmann, A. T. (2007): Case Study of the Transportation Sector's Response to and Recovery from Hurricanes Katrina and Rita. Available online: <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/sr/sr290GrenzenbackLukmann.pdf> (accessed 10.08.2009).
- Heath, T. (2001): Revitalizing cities: attitudes toward city-centre living in the United Kingdom. *Journal of Planning Education and Research*, 20: 464-475.
- Huq, S. and Satterthwaite, D. (2008): Climate change and cities. *id21 insights*, 71, January 2008: 1-2. Available online: <http://www.id21.org/insights/index.html> (accessed 07.08.2009).
- Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof and Co-authors (2007): Technical Summary. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 23-78.
- IEA, ed. (2008): CO₂ Emissions from fuel combustion. IEA, Paris, France.
- IPCC, ed. (2007): Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Core Writing Team: Pachauri, R.K. and Reisinger, A., eds., IPCC, Geneva, Switzerland.
- — (2001) *Climate Change 2001: Mitigation*. IPCC, Geneva, 2001.
- Jacob, K.H., Gornitz, V., Rosenzweig, C. (2007): Vulnerability of the New York City metropolitan area to coastal hazards, including sea-level rise: inferences for urban coastal risk management and adaptation policies. In: McFadden, L., Nicholls, R., Penning-Rowsell, E., eds., *Managing Coastal Vulnerability*. Elsevier Publishing, Oxford, United Kingdom.
- Julca, A., Kozul-Wright, R., Vos, R. (2009): Multidimensional Climate Threats Require New Approaches and More Resources for Adaptation Challenge. *UN-DESA Policy Brief No. 20*. Available online: <http://www.un.org/esa/policy/policybriefs/policybrief20.pdf> (accessed 03.09.2009)
- Kamel, N., Leon, D.-M., Wachs, M. (1996): Transportation Decision Making Under Disaster Conditions. Institute of Transportation Studies, University of California, Los Angeles, United States of America. Cited in Dewar, J. and Wachs, M. (undated): Transportation Planning, Climate Change, and Decision Making Under Uncertainty. Available online: <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/sr/sr290DewarWachs.pdf> (accessed 10.09.2009)
- Kelly, P.M. Kelly and Adger, N.W. (2000): Theory and practice in assessing vulnerability to climate change and facilitating adaptation, *Climatic Change*, 47: 325-352.
- Klein, R.J.T., S. Huq, F. Denton, T.E. Downing, R.G. Richels, J.B. Robinson, F.L. Toth, 2007: Inter-relationships between adaptation and mitigation. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 745-777.
- Litman, T. (2006): Lessons from Katrina and Rita: What Major Disasters Can Teach Transportation Planners. Available online: <http://www.vtpi.org/katrina.pdf> (accessed 20.09.2009).
- McEvoy, D., Lindley, S., Handley, J. (2006): Adaptation and mitigation in urban areas: synergies and conflicts. *Municipal Engineer*, 159: 185-191.
- Meinshausen, M., Meinshausen, N., Hare, W., Raper, S. C. B., Frieler, K., Knutti, R., Frame, D. J. and Allen, M. R. (2009): Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2 °C. *Nature* 458, 7242: 1158-1163.
- MunichRe, ed. (2004): Megacities – Megarisks: Trends and challenges for insurance and risk management. MunichRe, Munich, Germany. Available online: http://www.preventionweb.net/files/646_10363.pdf (accessed 13.08.2009).
- Murray, A.T. and Grubestic, T.H., eds. (2007): Critical Infrastructure – Reliability and Vulnerability. Springer, Heidelberg, Germany.
- Newman, P. and Kenworthy, J. (1999): Sustainability and cities: overcoming automobile dependence. Island Press, Washington, DC, United States.

- **Nicholls, R.J., Hoozemans, F.M.J., Marchand, M. (1999):** Increasing flood risk and wetland losses due to global sea-level rise: regional and global analyses. *Global Environmental Change*, 9: 69-87.
- **ODPM (Office of the Deputy Prime Minister), ed. (2004):** The Planning Response to Climate Change: Advice on Better Practice. ODPM, London, UK. Available online: <http://www.communities.gov.uk/documents/planningandbuilding/pdf/147597.pdf> (accessed 16.08.2009).
- **Rahmstorf, S. (2007):** A semi-empirical approach to projecting future sea-level rise. *Science* 315, 5810: 368-370. Available online: http://www.pik-potsdam.de/%7Estefan/Publications/Nature/rahmstorf_science_2007.pdf (accessed 21.09.2009)
- **Renne, J. (2005):** Car-less in the Eye of Katrina. *Planetizen*, 6 September 2005. Available online: <http://www.planetizen.com/node/17255> (accessed 20.09.2009).
- **Roberts, D. (2009):** Thinking Globally, Acting Locally: Institutionalizing Climate Change at the Local Government Level in Durban, South Africa. In: Bicknell, J., Dodman, D., Satterthwaite, D., eds., *Adapting Cities to Climate Change: Understanding and Addressing the Development Challenges*. Earthscan, London, United Kingdom.
- — (2008): Durban adapts to climate change. *id21 insights*, 71, January 2008: 1-2. Available online: <http://www.id21.org/insights/index.html> (accessed 07.08.2009).
- **Satterthwaite, D., Huq, S., Reid, H., Pelling, M., Romero Lankao, P. (2009):** Adapting to Climate Change in Urban Areas: The Possibilities and Constraints in Low- and Middle-Income Nations. In: Bicknell, J., Dodman, D., Satterthwaite, D., eds., *Adapting Cities to Climate Change: Understanding and Addressing the Development Challenges*. Earthscan, London, United Kingdom.
- **Savonis, M. J., V.R. Burkett, and J.R. Potter, eds. (2008):** Impacts of Climate Change and Variability on Transportation Systems and Infrastructure: Gulf Coast Study, Phase I. A Report by the U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research. Department of Transportation, Washington, DC, USA. Available online: <http://www.climatescience.gov/Library/sap/sap4-7/final-report/sap4-7-final-all.pdf> (accessed 29.09.2009).
- **Stern, N. (2007):** The Economics of Climate Change [The Stern Report]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- **Tompkins, E.L. and Adger, N.W. (2003):** Defining response capacity to enhance climate change policy. *Tyndall Centre Working Paper No. 39*. Available online: http://www.tyndall.ac.uk/publications/working_papers/wp39.pdf (accessed 15.09.2009)
- **Transportation Research Board (2008):** Potential Impacts of Climate Change on U.S. Transportation. *Transportation Research Board Special Report 290*. Washington, DC, USA. Available online: <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/sr/sr290.pdf> (accessed 1.10.2009)
- **UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change), ed. (2008):** Compendium on methods and tools to evaluate impacts of, and vulnerability and adaptation to, climate change. Available online: http://unfccc.int/files/adaptation/nairobi_workprogramme/compendium_on_methods_tools/application/pdf/20080307_compendium_m_t_complete.pdf (accessed 15.09.2009).
- — (2007): Climate Change: Impacts, Vulnerabilities, and Adaptation in Developing Countries. United Nations Framework Convention on Climate Change Secretariat. Bonn, Germany.
- **Willows, R. and Connell, R., eds. (2003):** Climate adaptation: Risk, uncertainty and decision-making. UKCIP Technical Report. Available online: http://www.ukcip.org.uk/images/stories/Pub_pdfs/Risk.pdf (accessed 15.09.2009).
- **Wooler, S. (undated):** The Changing Climate: Impact on the Department for Transport. Available online: <http://www.dft.gov.uk/pgr/scienceresearch/key/thechangingclimateitsimpactto1909> (accessed 28.08.2009).
- **Woolston, H. (undated):** Climate Change Adaptation for London's Transport System. Available online: http://sdrnadmin.rechord.com/wp-content/uploads/cc_adaptation.pdf (accessed 15.09.2009).
- **World Bank, ed. (2006):** Clean Energy and Development: Towards an Investment Framework. World Bank, Washington DC, United States of America. Cited in World Bank, ed. (2007): The Costs to Developing Countries of Adapting to Climate Change: New Methods and Estimates – The Global Report of the Economics of Adaptation to Climate Change Study. Consultation Draft. Available online: <http://site-resources.worldbank.org/INTCC/Resources/EACCRpt0928Final.pdf> (05.10.2009).

Anexo

Listas de Control para la Sección 4.2

ANEXO: Listas de control para la sección 4.2

Lista de control 1: Evaluación de riesgos climáticos y vulnerabilidad (Paso 3)

Esta lista de control es una versión simplificada y adaptada de las cuestiones clave identificadas para la evaluación de riesgo en el reporte técnico de adaptación climática UKCIP: riesgo, incertidumbre y toma de decisiones (Willows y Connell, 2003).

1. **¿Cuál es el tiempo de vida de su decisión (por ejemplo, construcción de carretera)?**
 ➔ Esto informará la opción de escenarios climáticos a ser utilizados en análisis futuros y cómo éstos son interpretados.
2. **¿Qué herramientas deberán ser usadas para analizar los riesgos de cambio climático en la toma de decisiones? ¿Refleja esto la escala del problema, su complejidad y la disponibilidad de datos?**
3. **¿Se pueden adoptar otras herramientas que permitirán mayor consideración explícita de los riesgos de cambio climático, incluyendo estimaciones de probabilidad, análisis de incertidumbre y la importancia de los supuestos clave?**
4. **¿Cuáles son los riesgos climáticos en su región geográfica y en su ciudad – hoy y en el futuro? ¿Cuáles con las variables climáticas con más posibilidad de tener un impacto en el plan o proyecto de desarrollo de transporte?**
 ➔ ¿La información sobre la variabilidad pasada en las variables climáticas o sobre eventos extremos de clima indica una vulnerabilidad potencial al cambio climático?
5. **¿Cómo los futuros cambios en estas variables climáticas afecta su decisión (p. ej., construcción de carreteras) y la habilidad de cumplir con sus criterios de decisión?**
 ➔ Diferentes escenarios de cambio climático deberán ser comparados, p. ej., diferentes niveles de elevación del nivel del mar.
 ➔ ¿Ciertas variables climáticas son propensas a ser de mayor importancia que otras?
 ➔ Comparación con ciudades, que ya se enfrentan a condiciones climáticas esperadas puede ser de ayuda para identificar riesgos potenciales.
6. **¿Se puede determinar el nivel de incertidumbre con respecto a los pronósticos de riesgos climáticos particulares o sus impactos asociados?**
7. **¿Qué otros factores (no-climáticos) podrían ser relevantes en relación al cumplimiento de sus criterios?**

Estas preguntas pueden ser contestadas mediante el llenado de una tabla como la que se presenta abajo:

Impactos climáticos	Nivel de incertidumbre de los impactos climáticos	Impacto en la intervención del transporte		Qué partes de la ciudad serían las más afectadas	Qué grupos de usuarios son los más afectados	Cómo esto afecta mis criterios o indicadores de operación	Otros factores que podrían afectar mis criterios o indicadores
		☐ probable					
		☐ improbable					
		☐ probable					
		☐ improbable					

Basado en esta primera visión general trate de contestar la siguiente pregunta:

8. **¿Cuáles son las consecuencias más importantes? ¿Cuáles son los riesgos climáticos? ¿Cómo dependen las consecuencias del nivel del cambio climático?**

Evaluaciones de riesgo, incluyendo estimaciones de probabilidad, estarán sujetas al escenario particular o escenarios sobre los cuales están basados.

Lista de control 2: Involucrar diferentes grupos de actores en la planeación de la adaptación (Paso 4)

Autoridades públicas <i>a cargo de la provisión de infraestructura resistente, requerimientos para vehículos, estándares de diseño</i>				
a.	Planificadores del transporte	☐ Si	☐ No	☐ n/a
b.	Urbanistas	☐ Si	☐ No	☐ n/a
c.	Departamentos de construcción y vivienda	☐ Si	☐ No	☐ n/a
d.	Autoridades ambientales	☐ Si	☐ No	☐ n/a
e.	Gestores de riesgo de desastres y/o inundaciones	☐ Si	☐ No	☐ n/a
f.	Autoridades de provisión pública (adquisiciones)	☐ Si	☐ No	☐ n/a
g.	Otros	☐ Si	☐ No	☐ n/a

Representantes de negocios				
h.	Proveedores de servicios de transporte (que provean sistemas y vehículos adecuados para el transporte público)	☐ Si	☐ No	☐ n/a
i.	Fabricantes de coches (configuraciones de vehículos o accesorios como aire acondicionado)	☐ Si	☐ No	☐ n/a

Usuarios y consumidores (ciclistas o peatones, usuarios de transporte público, usuarios de automóviles)				
j.	Mujeres	☐ Si	☐ No	☐ n/a
k.	Discapacitados	☐ Si	☐ No	☐ n/a
l.	Personas de la tercera edad	☐ Si	☐ No	☐ n/a
m.	Niños	☐ Si	☐ No	☐ n/a
n.	Otros	☐ Si	☐ No	☐ n/a

Lista de control 3:**Medidas de adaptación para infraestructura vial, ciclistas y caminos peatonales (Paso 4)**

(Basado en el capítulo 3.1.1., Tabla 1)

1 Mayores temperaturas y más olas de calor

Impactos:

Deformación de vías, derretimiento de asfalto y/o superficies oscuras, resquebrajamiento de asfalto y degradación de puentes.

S= SI N = NO n/a = no aplica

Plantar vegetación a los lados de las vías para disminuir la exposición de las vías al calor	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Reducir la exposición en general y proveer de enfriamiento a través de espacio verdes y azules como parques y lagos, pero también con árboles a los lados de las vías u otras formas de sombras	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Diseño y construcción adecuados, recubrimiento de superficies con asfalto más resistente al resquebrajamiento o mayor uso de concreto	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Revisar los estándares de diseño para soportar mayores temperaturas	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Aumentar el mantenimiento, sellado de asfalto resquebrajado	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

2 Sequías más frecuentes (y menor humedad del suelo)

Impactos:

Más deslaves y hundimientos, degradación de carreteras y riesgos a la seguridad.

S= SI N = NO n/a = no aplica

Evaluar la probabilidad de impactos sobre infraestructura vial (mapeo de riesgos)	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Evitar nuevos desarrollos en área de alto riesgo	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Monitorear las condiciones del suelo en vías existentes	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Aumentar la limpieza y mantenimiento de vías	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

3 Aumento en el nivel del mar y erosión costera

Impactos:

Riesgo de inundación de la infraestructura vial, inundación y degradación de las superficies de las vías.

S= SI N = NO n/a = no aplica

Crear mapas de vulnerabilidad para identificar la áreas expuestas a mayor riesgo	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Restringir desarrollo en áreas de alto riesgo, <i>p. ej.</i> , a lo largo de a línea costera, regulación del uso de suelo	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Mejorar las medidas protectoras, como diques, protección de humedales costeros (como amortiguamiento)	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Gestión de evacuación, posiblemente incluyendo el abandono de cierta infraestructura de transporte en el medio y largo plazo	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Construir mayor redundancia en el sistema	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Cambios en el diseño y los materiales para que sean más resistentes a la corrosión	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Mejorar el drenaje, bombeo de pasos a desnivel y vías elevadas	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

4 Más eventos extremos de precipitación e inundación

Impactos:

Inundación de carreteras y túneles subterráneo, daños a las vías y disminución de la integridad estructural, deterioro y desgaste de puentes, vías desgastadas, degradación de cimientos, mayor desgaste de superficies infraestructuras.

S= SI N = NO n/a = no aplica

Mejorar la infraestructura de drenaje para que sea más resistente a eventos de precipitación más intensos, aumentar la capacidad de la infraestructura de drenaje para que soporte mayores caudales debido al aumento de escorrentías, incluir túneles bajo vías largas para facilitar un drenaje rápido	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Monitorear los drenajes regularmente	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Bombeo mejorado	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Crear mapas de inundación para identificar las áreas más vulnerables, donde la infraestructura requiere ser protegida, mejorada o evitada en el futuro y evaluar rutas alternativas	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Hacer de las evaluaciones de riesgo de inundación un requisito para todos los desarrollos nuevos	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Mejorar la gestión del plano de inundación o gestión costera y la infraestructura de protección, mejorar los espacios verdes dentro de la ciudad y la protección a la inundación	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Sistemas de alerta temprana y planeación de evacuación para eventos intensos de precipitación e inundaciones	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Mejorar los cimientos	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Construir carreteras para todo clima	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Mejorar el monitoreo de las condiciones de material bajo la superficie de los caminos, especialmente después de tormentas fuertes, inundación	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Usar materiales más durables, como materiales más resistentes a la corrosión	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Mantenimiento regular de caminos y protección contra la inundación	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

5 Tormentas más frecuentes e intensas

Impactos:

Daño a la infraestructura, puentes, pasos elevados, alumbrado público y señalamientos, así como a vehículos, riesgo de inundación por el mar.

S= SI N = NO n/a = no aplica

Evaluar si los estándares de diseño actuales pueden soportar tormentas más frecuentes e intensas	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Adaptar los estándares de diseño para nuevos puentes, pasos elevados, edificios a los incrementos esperados en las velocidades de viento y lluvias fuertes	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Mejorar los pronósticos del clima para mejorar la predicción de tormentas y así prepararse mejor y potencialmente evitar daños	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Planeación para situaciones de emergencias y rutas de evacuación omitiendo áreas de alto riesgo	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Lista de control 4: Medidas de adaptación para transporte (público) basado en rieles (Paso 4)

(Basado en el capítulo 3.1.2., Tabla 2)

1 Mayores temperaturas y más olas de calor

Impactos:

Pandeo de rieles y vías, mayores temperaturas en redes subterráneas (y en trenes).

S= SI N = NO n/a = no aplica

Adaptar procedimientos de mantenimiento, tales como reforzamiento de rieles en los Estados Unidos	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Inspeccionar y reparar vías, rieles, sensores en los rieles y señales	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Nuevos estándares de diseño o uso de otros materiales para soportar mayores temperaturas	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Mejorar sistemas de alerta y actualización de centros de envío, tripulación y estaciones	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Distribuir información, alertas y actualizaciones con respecto a la situación climática y las condiciones de las vías	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Gestión de procedimientos para imponer límites de velocidad diferenciados	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Mejores (y flexibles) sistemas de enfriamiento o aire acondicionado para redes subterráneas, vehículos (trenes) y estaciones de metro	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Monitoreo de temperatura para infraestructura subterránea	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Planes de contingencia para climas de calor extremo	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Estándares de diseño para suministro de energía para satisfacer la demanda durante el tiempo de vida del sistema (especialmente demandas más altas por el aumento en el uso de aire acondicionado en trenes)	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

2 Sequías más frecuentes (y menos humedad en el suelo)

Impactos:

Más deslaves y hundimientos.

S= SI N = NO n/a = no aplica

Evaluar la probabilidad de impactos sobre infraestructura ferroviaria (mapeo de riesgos)	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Monitoreo de vías de alto riesgo y mantenimiento regular	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Evitar nuevas líneas de tren en zonas de alto riesgo	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

3 Aumento en el nivel del mar y erosión costera

Impactos:

Riesgo de inundación de la infraestructura ferroviaria e inundación de túneles subterráneos.

S= SI N = NO n/a = no aplica

Crear mapas de vulnerabilidad para identificar áreas de mayor riesgo	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Restringir desarrollos en zonas de alto riesgo	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Integrar la planificación del transporte con la planificación de zona costera	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Mejorar las medidas protectoras, tales como diques, protección de humedales costeros (como amortiguamiento) bombeo de sistemas subterráneos	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Gestión de la evacuación (retiro), posiblemente incluyendo el abandono de cierta infraestructura de transporte en el medio o largo plazo	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

4 Más eventos de precipitación extremos e inundación

Impactos:

incremento en la inundación de vías de tren y túneles subterráneos, daños a la infraestructura de las vías y disminución de la integridad estructural, inestabilidad de trabajos sobre tierra, degradación del material bajo la superficies de las vías, falle de circuitos y subsecuentes interrupciones, mayor desgaste de superficies.

S= SI N= NO n/a = no aplica

Mejorar o construir infraestructura de drenaje capaz de manejar eventos de precipitación más intensos, aumentando la capacidad de la infraestructura de drenaje y manejar mayores cantidades de escorrentías.	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Monitorear los drenajes regularmente	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Crear mapas de riesgo para identificar el áreas de mayor riesgo de inundación, donde la infraestructura debe ser protegida, mejorada o evitada en el futuro y evaluar rutas alternativas	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Hacer de las evaluaciones de riesgo de inundación un requisito para todos los desarrollos nuevos	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Restringir desarrollos en áreas de alto riesgo	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Mejorar la gestión del plano de inundación y de zona costera, mejorar la infraestructura de protección	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Planes de evacuación para pasajeros en sistemas subterráneos	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Bombeo mejorado	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Mejorar monitoreo de trabajos sobre tierra, puentes, etc. Especialmente después de fuertes lluvias, inundación (o tormentas)	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Mejorar mantenimiento	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Usar material más durables, como materiales más resistentes a la corrosión	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

5 Tormentas más frecuentes e intensas

Impactos:

Daño a estaciones e infraestructura, riesgo de inundación por el mar, obstrucción de carreteras y vías, disminución de la seguridad de rieles y de adhesión, mayor ocurrencia de rayos sobre señalamientos ferroviarios provocando interrupciones electrónicas de las señales.

S= SI N= NO n/a = no aplica

Evaluar si los estándares de diseño actuales pueden soportar tormentas más frecuentes e intensas	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Adaptar estándares de diseño para puentes, pasos elevados, estaciones, etc. y incrementos esperados en las velocidades de vientos y fuertes tormentas	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Mejorar los pronósticos del clima para mejorar la predicción de tormentas y así prepararse mejor y potencialmente evitar daños (sistemas de alerta temprana, gestión de riesgos de desastres)	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Cercas de viento para infraestructura ferroviaria	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Para catenarias: protección para disyuntores (interruptores automáticos)	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Adaptar estándares de diseño para equipo de señalización	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Planes de emergencia	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Lista de control 5: Medidas de adaptación para vías acuáticas (Paso 4)

(Basado en el capítulo 3.1.3, Tabla 3)

1 Mayores temperaturas y más olas de calor

Impactos:

Aumento en el crecimiento de la vegetación acuático puede provocar obstrucciones.

S= SI N = NO n/a = no aplica

Intensificar el mantenimiento de vías acuáticas relevantes	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

2 Sequías más frecuentes (y menos humedad del suelo)

Impactos:

Disponibilidad reducida de agua en canales podría restringir su uso y conducir a un mayor uso de vías terrestres.

S= SI N = NO n/a = no aplica

Evaluar la probabilidad de restricciones en el uso de vías acuáticas urbanas y planear alternativas	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Cambios en la navegación	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Evaluar la viabilidad para aumentar el flujo	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

3 Aumento en el nivel del mar y erosión costera

Impactos:

Instalaciones portuarias y vías acuáticas costeras pueden volverse inutilizables.

S= SI N = NO n/a = no aplica

Mejorar las defensas contra inundación. tales como diques, protección de humedales costeros (como amortiguamiento)	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Gestión de la evacuación (retiro), posiblemente incluyendo el abandono de cierta infraestructura en el medio o largo plazo, integración con la gestión de zona costera	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

4 Eventos de precipitación más extremos e inundación

Impactos:

Despeje reducido bajo puentes sobre vías acuáticas, navegación reducida en ríos, canales, incremento en el depósito de limo.

S= SI N = NO n/a = no aplica

Plan para usar modos alternativos de transporte	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Incorporar mayores niveles de inundación en el diseño de puentes	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Mayor remoción de limo	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

5 Tormentas más frecuentes e intensas

Impactos:

Daños en vías acuáticas, obstrucción de ríos y canales.

S= SI N = NO n/a = no aplica

Incrementar monitoreo estructural y mantenimiento	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Planeación para contingencias	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Lista de control 6: Medidas de adaptación para vehículos y operaciones (Paso 4)

(Basado en el capítulo 3.2, Tabla 4)

1 Mayores temperaturas y más olas de calor

Impactos:

Incomodidad para pasajeros y conductores y agotamiento térmico (golpes de calor) mayores niveles de accidentes, cambios modales de transporte público a transporte privado con aire acondicionado, más sistemas de aire acondicionado con uso intensivo de energía, desgaste o derretimiento de llantas, sobrecalentamiento de equipos.

S= SI N = NO n/a = no aplica

Ventilación suficiente a través de las ventanas en los autobuses	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Ventanas polarizadas para protegerse del sol	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Techos pintados de blanco en vehículos de transporte público	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Aislamiento térmico mejorado y sistemas de enfriamiento	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Aire acondicionado, idealmente usando sistemas in gases F (si están disponibles y son asequibles)	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Para trolebuses: diseñar estándares para suministro de energía que pueda cubrir la demanda anticipada durante el tiempo de vida del sistema (especialmente altas demandas debido al incremento en el uso de aire acondicionado) y soportar mayores velocidades de viento	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Para tren subterráneo: desarrollar planes de contingencia para climas de extremo calor	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Incluir nuevos estándares de diseño en las adquisiciones públicas de la flota de transporte público	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Nuevos estándares de diseño para soportar mayores temperaturas (<i>p. ej.</i> , evitar el sobrecalentamiento de equipos o derretimiento de llantas)	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

2 Más eventos de precipitación extrema e inundación

Impactos:

Condiciones de manejo difíciles con implicaciones a la seguridad, desempeño y operación, inundación de la flota de transporte público.

S= SI N = NO n/a = no aplica

Gestión de límites de velocidad durante condiciones adversas de clima, <i>p. ej.</i> , reducir la velocidad de trenes	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Conductores de vehículos de transporte público deberán ser adecuadamente capacitados para condiciones climáticas extremas, tales como lluvias fuertes, granizo y viento.	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Planeación de rutas de emergencia	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Sistemas de alerta temprana para evaluar áreas de alto riesgo	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Seguros de inundación (mediante primas de seguros)	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

3 Tormentas más frecuentes e intensas

Impactos:

Condiciones difíciles o imposibilidad de conducir, así como descarrilamientos o choques provocando interrupciones y consecuentemente impactos socioeconómicos y a la seguridad, volteo de vehículos y trenes.

S= SI N= NO n/a = no aplica

Capacitación de conductores	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Restricciones de velocidad	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Mejorar los pronósticos del clima para mejorar la predicción de tormentas y así prepararse mejor y potencialmente evitar daños (sistemas de alerta temprana, gestión de riesgos de desastres)	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:

Planes de emergencia e identificación de rutas de evacuación evitando áreas de alto riesgo	S	
	N	
	n/a	

Fuentes y explicaciones:



Deutsche Gesellschaft für
Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH

- Cooperación técnica alemana -

P. O. Box 5180
65726 ESCHBORN / GERMANY
T +49-6196-79-1357
F +49-6196-79-801357
E transport@gtz.de
I <http://www.gtz.de>

