



# Jornadas XX GEOTÉCNICAS XXIII ESTRUCTURALES

## Gestión del Riesgo en Infraestructura

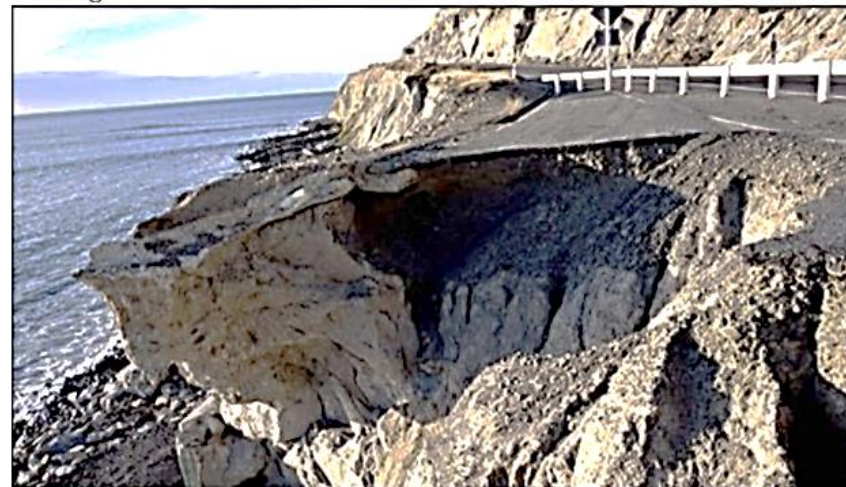
Dr.-Ing. Mario Camilo Torres Suárez

**Sociedad Colombiana  
de Geotecnia**

*Texto adaptado de:*

### International Practices on Climate Adaptation in Transportation

Findings from a virtual review



Source: New Zealand Transport Agency

### [International Practices on Climate Adaptation in Transportation](#)

Findings from a virtual review

Synthesis Report — January 2015

Prepared for:

Federal Highway Administration

Office of Natural Environment

Washington, D.C.

# CONTENIDO

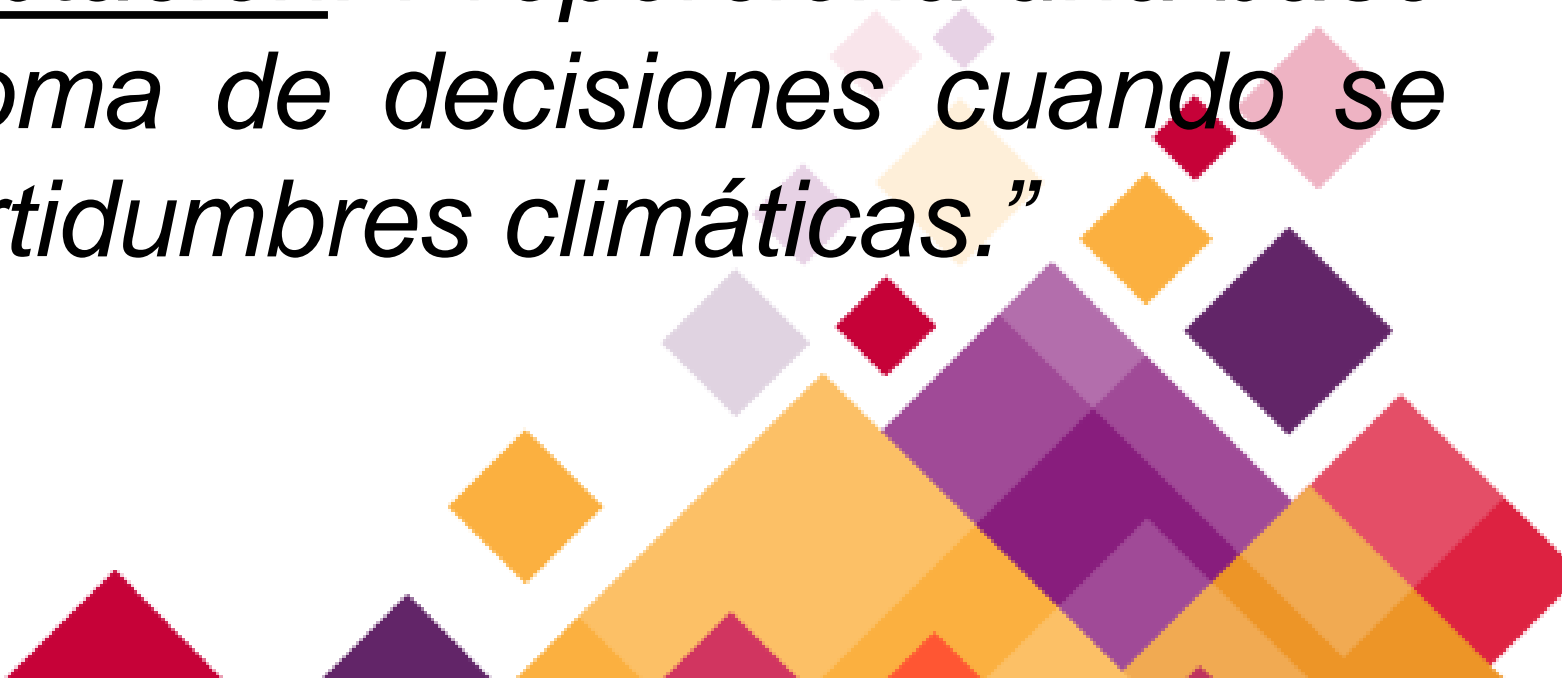
- 1. Estrategias de Adaptación**
  - 2. Vulnerabilidad al Cambio Climático-CC**
  - 3. Planificación del Transporte y Usos del Terreno**
  - 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC**
  - 5. Conclusiones**
- 

# CONTENIDO

- 1. Estrategias de Adaptación**
  2. Vulnerabilidad al Cambio Climático-CC
  3. Planificación del Transporte y Usos del Terreno
  4. Prácticas de Diseño e Integración del CC
  5. Conclusiones
- 

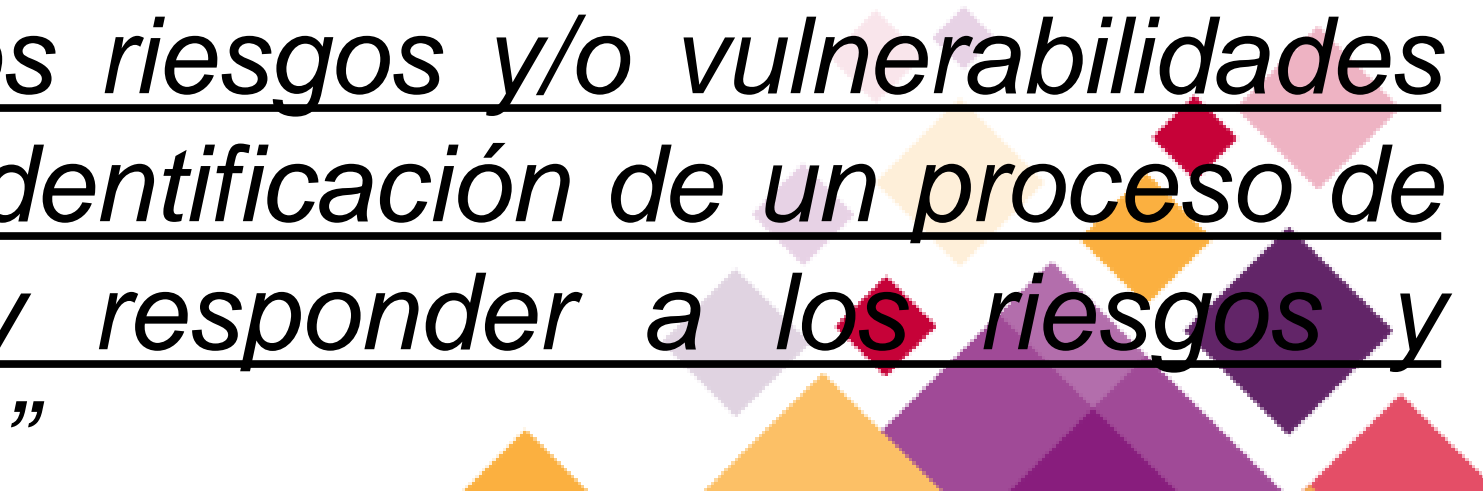
# 1. Estrategias de Adaptación

*“Una estrategia o marco de adaptación es la base para que una organización implemente acciones de adaptación. Proporciona una base sólida para la toma de decisiones cuando se enfrentan a incertidumbres climáticas.”*



# 1. Estrategias de Adaptación-2

*“Los elementos comunes que normalmente se encuentran incluyen una breve descripción de las predicciones del cambio climático, una evaluación de los riesgos y/o vulnerabilidades asociadas, y la identificación de un proceso de cómo abordar y responder a los riesgos y vulnerabilidades.”*



# 1. Estrategias de Adaptación-3


## Marco Federal de Adaptación al Cambio Climático de Canadá

- *Generar y compartir conocimientos y desarrollar la capacidad de adaptación para la respuesta.*
- *Integración de la adaptación en la política y la planificación federal.*
- *Uso del poder de convocatoria para facilitar la cantidad de colaboración de partes interesadas y sectores.*

# 1. Estrategias de Adaptación-4

## *Dinamarca: Estrategia de Adaptación al Cambio Climático.*

*La estrategia climática del DRD implica un enfoque triple para abordar el aumento de las precipitaciones y el agua en las carreteras: “gestionar, mejorar y prevenir”. DRD lleva a cabo este enfoque de la siguiente manera:*



# 1. Estrategias de Adaptación-5

## Dinamarca: Estrategia de Adaptación al Cambio Climático...

### 1. Manejar las inundaciones cuando ocurran.

Quando ocurra una inundación, el DRD cerrará las carreteras afectadas, brindará información para advertir a los automovilistas y trabajará para solucionar los incidentes rápidamente.



# 1. Estrategias de Adaptación-6

## Dinamarca: Estrategia de Adaptación al Cambio Climático...

**2. Mejorar las carreteras.** Después de la inundación de una carretera, DRD analizará el evento y realizará un análisis de costo-beneficio para identificar una mejora financieramente viable. Como parte de este trabajo, el DRD está desarrollando una base de datos de eventos climáticos para comprender los impactos climáticos a nivel nacional.

# 1. Estrategias de Adaptación-8

## Dinamarca: Estrategia de Adaptación al Cambio Climático...

**3. Prevenir siempre que sea posible.** El DRD ha determinado que no es necesario ni económicamente factible prevenir todos los eventos climáticos en la red vial. Con el fin de priorizar las acciones, el DRD lleva a cabo un **Análisis de Punto Azul** para detectar áreas particularmente vulnerables.

# 1. Estrategias de Adaptación-10

## El Programa Delta de los Países Bajos

*Los Países Bajos son un país de baja altitud que es vulnerable a las inundaciones. La Ley Delta del país, que entró en vigor en 2012, requiere un Programa Delta, que implica el desarrollo de planes anuales para proteger al país de las inundaciones y garantizar un suministro suficiente de agua para consumo.*

# 1. Estrategias de Adaptación-11

## El Programa Delta de los Países Bajos...

*Dado que el Programa Delta está diseñado para abordar impactos futuros, muchos de los cuales son inciertos, los Escenarios Delta se desarrollaron para ayudar a manejar la incertidumbre. Los cuatro escenarios (ver Figura 1) toman en cuenta la relación entre las tendencias socioeconómicas y el cambio climático.*

# 1. Estrategias de Adaptación-12

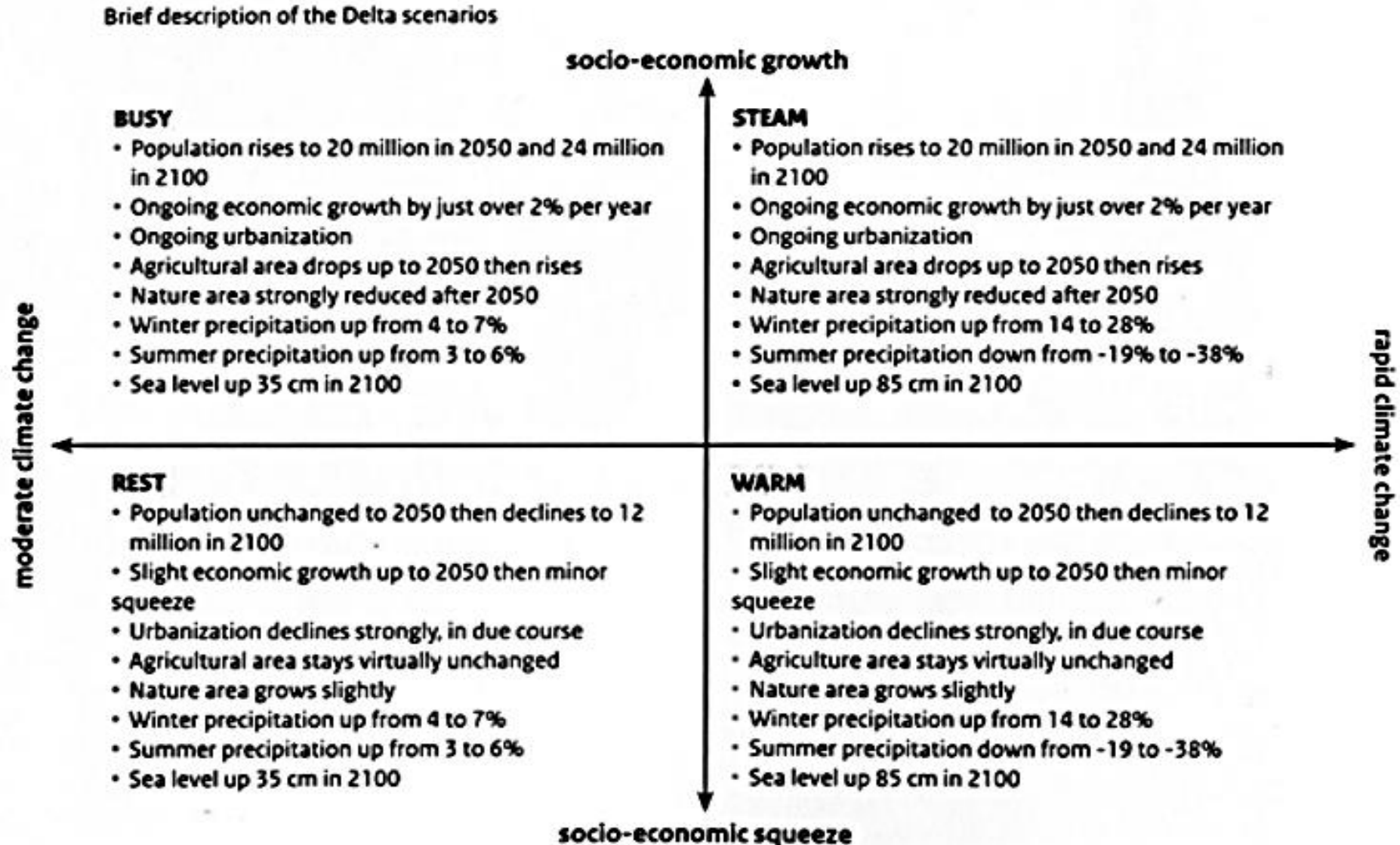
## El Programa Delta de los Países Bajos...

*Los Escenarios Delta iniciales, que se desarrollaron en 2012, se basaron en los escenarios climáticos del Instituto Meteorológico Real de los Países Bajos (KNMI). En 2014, el KNMI incorporó los últimos conocimientos en sus escenarios. Los cambios fueron tan leves que no fue necesario ajustar los Escenarios Delta ya que aún correspondían al rango de cambios futuros plausibles.*

# 1. Estrategias de Adaptación-13

**Figure 1: Description of Delta Scenarios**

Source: Delta Programme



# 1. Estrategias de Adaptación-14

## El Programa Delta de los Países Bajos...

*El Programa 2054 describe tres tipos de medidas que se implementarán para gestionar el riesgo de inundaciones:*

- *Capa 1: medidas preventivas para limitar la probabilidad de una inundación;*
- *Capa 2: organización espacial de un área para limitar las consecuencias de una inundación y, en casos específicos,...*

# 1. Estrategias de Adaptación-15

## El Programa Delta de los Países Bajos...

*... para contribuir directamente al nivel de seguridad deseado;*

- *Capa 3: gestión de desastres para limitar las consecuencias de una inundación en términos de causalidades.*



# 1. Estrategias de Adaptación-17

## *Nueva Zelanda: Caso de interés del programa de resiliencia de carreteras estatales*

*El Plan Nacional de Infraestructura de Nueva Zelanda de 2010 describió las prioridades de Nueva Zelanda para la infraestructura y destacó las inversiones futuras para todos los sectores principales, incluido el transporte. Este plan también reconoció la necesidad de considerar la adaptación al cambio climático como parte del proceso de planificación y desarrollo de nuevos proyectos de infraestructura.*

# 1. Estrategias de Adaptación-18

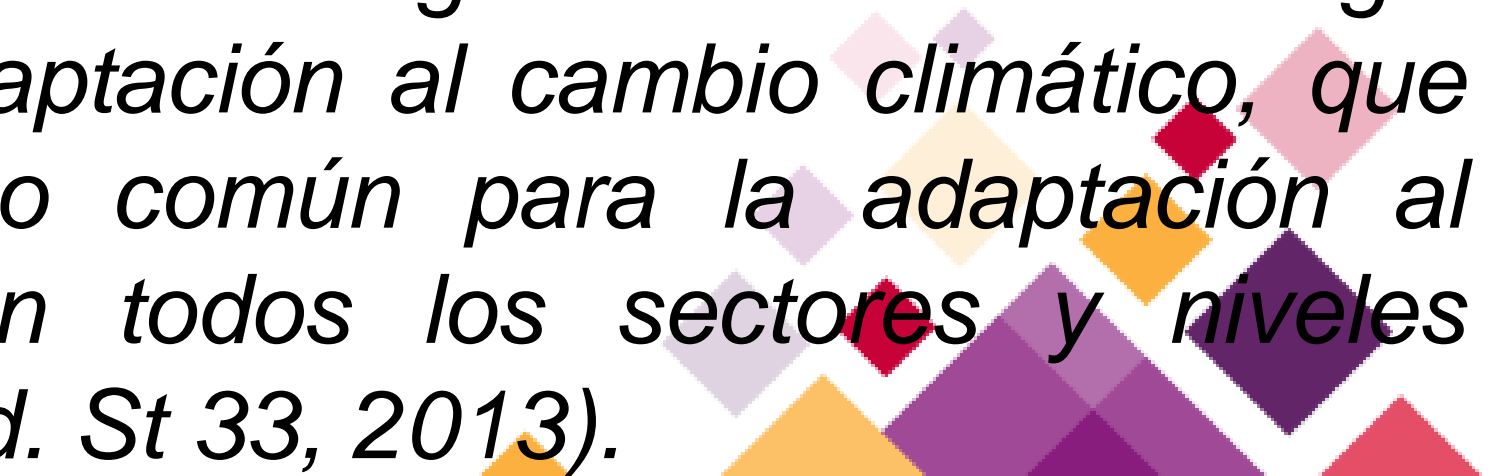
## *Nueva Zelanda: Caso de interés del programa de resiliencia de carreteras estatales*

*El Business Case se centra en comprender los riesgos, como los que plantea el aumento del nivel del mar, y concentrar los esfuerzos en los lugares donde el riesgo para la red de carreteras estatales es mayor. Para 2017, la Agencia de Transporte tiene como objetivo tener un enfoque de inversión y gestión de la red de infraestructura nacional para la resiliencia, que se incorporará al Plan Nacional de Transporte Terrestre de tres años 2018-2021 (Agencia de Transporte de Nueva Zelanda, 2014).*

# 1. Estrategias de Adaptación-19

## Noruega: Estrategia Nacional de Adaptación al Cambio Climático

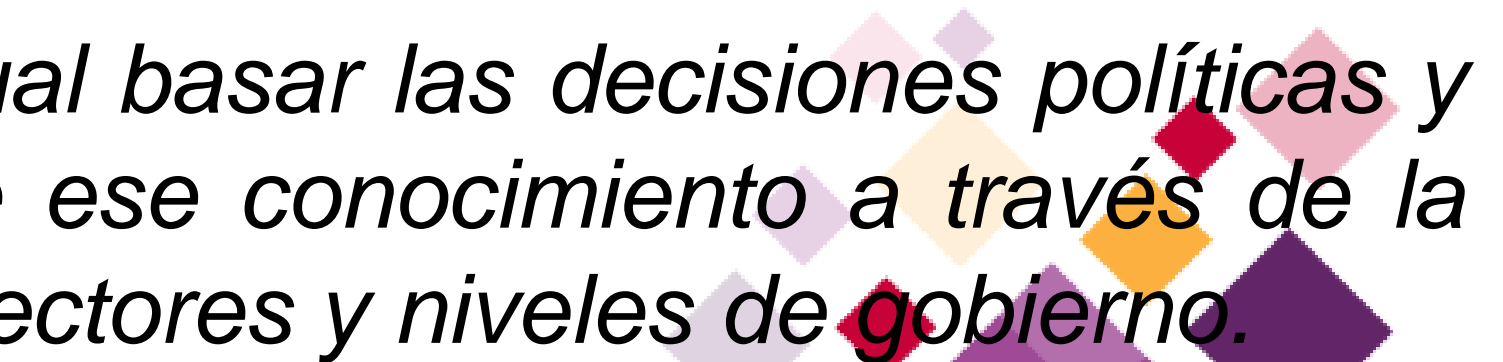
*En 2013, el parlamento noruego emitió una estrategia nacional para la adaptación al cambio climático, que estableció un marco común para la adaptación al cambio climático en todos los sectores y niveles administrativos (Meld. St 33, 2013).*



# 1. Estrategias de Adaptación-20

## Noruega: Estrategia Nacional de Adaptación al Cambio Climático...

*La estrategia enfatiza la construcción de conocimiento científico sobre el cual basar las decisiones políticas y el fortalecimiento de ese conocimiento a través de la colaboración entre sectores y niveles de gobierno.*



# 1. Estrategias de Adaptación-21

## Reino Unido: Estrategia y Marco de Adaptación al Cambio Climático de la Agencia de Carreteras

*La Ley de Cambio Climático de 2008 fue la primera acción política importante que elevó el perfil del trabajo de adaptación en el Reino Unido. El Gobierno encargó a los principales propietarios de infraestructura, incluidas las empresas de transporte, la evaluación de los riesgos de sus activos y el funcionamiento de sus activos ante los cambios climáticos previstos.*

# 1. Estrategias de Adaptación-22

## Reino Unido: Estrategia y Marco de Adaptación al Cambio Climático de la Agencia de Carreteras

Los propietarios de infraestructuras debían presentar información sobre la evaluación de riesgos del cambio climático al Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales. Como Agencia Ejecutiva de un Departamento Gubernamental, la Agencia de Carreteras no estaba obligada a informar; sin embargo, accedió voluntariamente a reportar información.

# 1. Estrategias de Adaptación-23

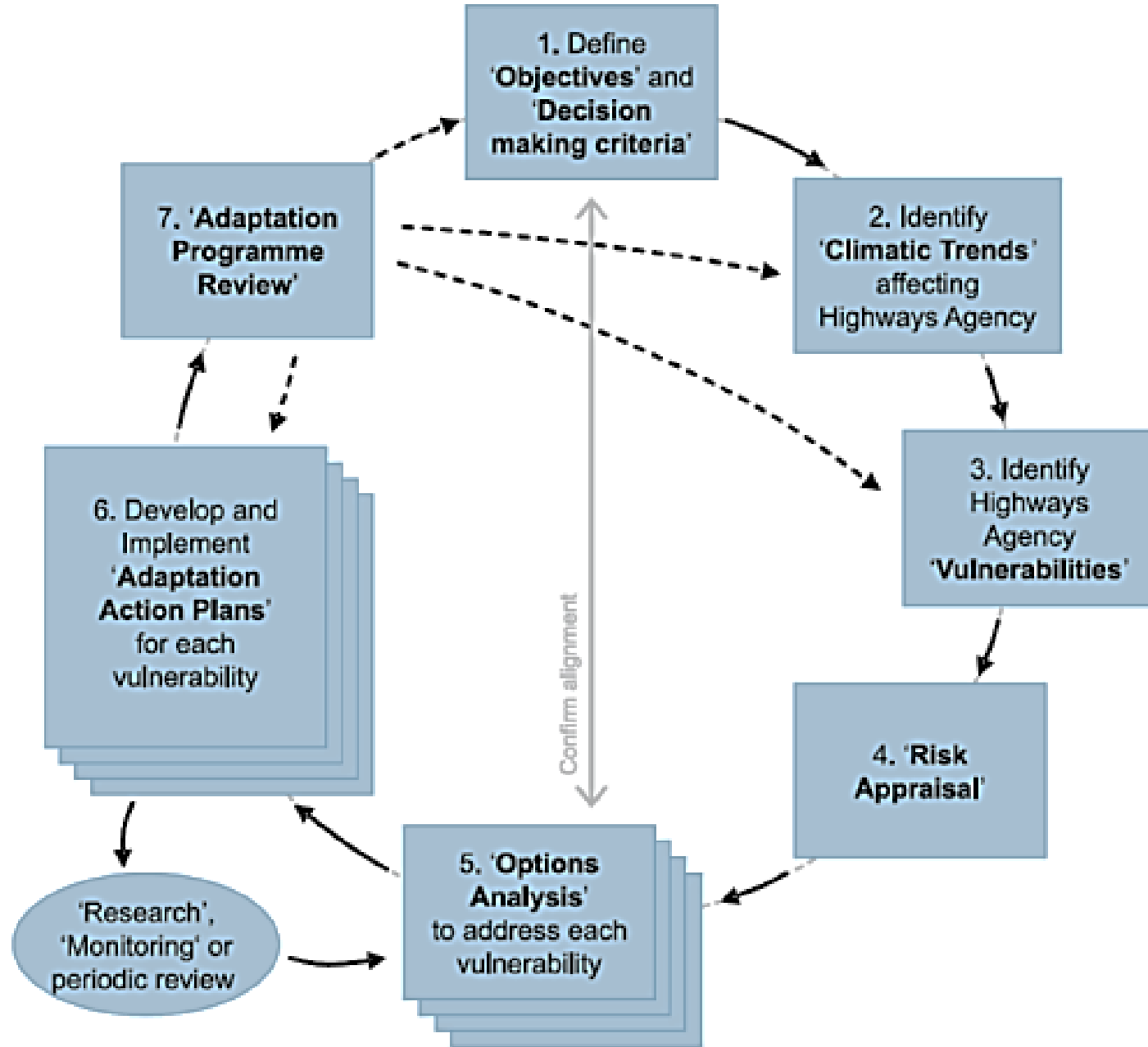
## Reino Unido: Estrategia y Marco de Adaptación al Cambio Climático de la Agencia de Carreteras

*La Agencia de Carreteras publicó su Estrategia y Marco de Adaptación al Cambio Climático en 2009. El Marco establece un modelo estratégico para evaluar y comprender los riesgos planteados a la red estratégica. El modelo (ver Figura 2) proporciona una plataforma para que los tomadores de decisiones examinen sus áreas comerciales individuales, incluidos los estándares, las especificaciones, el mantenimiento y el desarrollo y operación de la red de Carreteras.*

# 1. Estrategias de Adaptación-24

Figure 2: Highways Agency Adaptation Framework Model

Source: UK Highways Agency





# CONTENIDO

1. Estrategias de Adaptación

**2. Vulnerabilidad al Cambio Climático-CC**

3. Planificación del Transporte y Usos del Terreno

4. Prácticas de Diseño e Integración del CC

5. Conclusiones



## 2. Vulnerabilidad al Cambio Climático-CC

*Si bien existe una confianza considerable en las estimaciones del modelo climático para el cambio climático futuro, el momento exacto y la magnitud de los efectos del cambio climático, así como sus impactos precisos en la infraestructura vial y la logística, son inciertos. La incertidumbre está relacionada con niveles de emisiones futuras desconocidos; limitaciones de los modelos climáticos y falta de información sobre el grado de efectividad de las estrategias de adaptación.*

## 2. Vulnerabilidad al Cambio Climático-CC-2

### Proyecto “Blue Spot” de Dinamarca

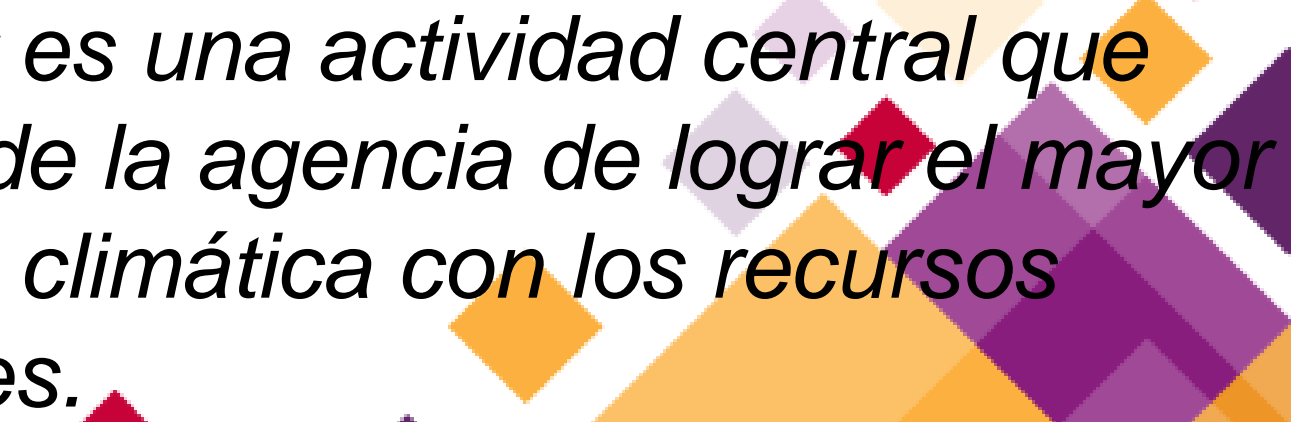
*La Estrategia de Adaptación al Cambio Climático del DRD señala que no es necesario ni económicamente factible prevenir eventos relacionados con el clima en toda la red vial nacional. En cambio, la Dirección aplica el método Blue Spot para identificar las ubicaciones en la red vial nacional que son más vulnerables a las inundaciones...*

## 2. Vulnerabilidad al Cambio Climático-CC-3

### Proyecto “Blue Spot” de Dinamarca

*... y para determinar si las mejoras en esos tramos viales son económicamente viables.*

*El análisis Blue Spot es una actividad central que respalda el objetivo de la agencia de lograr el mayor grado de adaptación climática con los recursos asignados disponibles.*



## 2. Vulnerabilidad al Cambio Climático-CC-7

### Carreteras de Hoy, Adaptadas para Mañana (ROADAPT)

*El proyecto ROADAPT fue un esfuerzo de investigación conjunto apoyado por los **Países Bajos, Alemania, Dinamarca y Noruega**. El objetivo principal de ROADAPT fue desarrollar un método preliminar de evaluación de riesgos que pueda identificar ubicaciones vulnerables en la red de transporte, comprender las probabilidades y consecuencias que los eventos de cambio climático podrían tener en estas ubicaciones y brindar opciones para acciones de adaptación.*

## 2. Vulnerabilidad al Cambio Climático-CC-8

### Carreteras de Hoy, Adaptadas para Mañana (ROADAPT)

*El resultado de ROADAPT fueron directrices sobre:*

- A. El uso de proyecciones de cambio climático*
- B. La aplicación de un QuickScan (chequeo rápido) sobre los riesgos del cambio climático para las carreteras*
- C. Cómo realizar una evaluación de vulnerabilidad detallada*
- D. Cómo realizar una evaluación de impacto socioeconómico*
- E. Cómo seleccionar una estrategia de adaptación*

## 2. Vulnerabilidad al Cambio Climático-CC-9

### *Carreteras de Hoy, Adaptadas para Mañana (ROADAPT)*

#### *Aplicación de QuickScan*

*QuickScan es un método de evaluación de riesgos del cambio climático que proporciona estimaciones preliminares de los principales riesgos asociados con las condiciones climáticas en el clima actual y en las proyecciones climáticas futuras.*

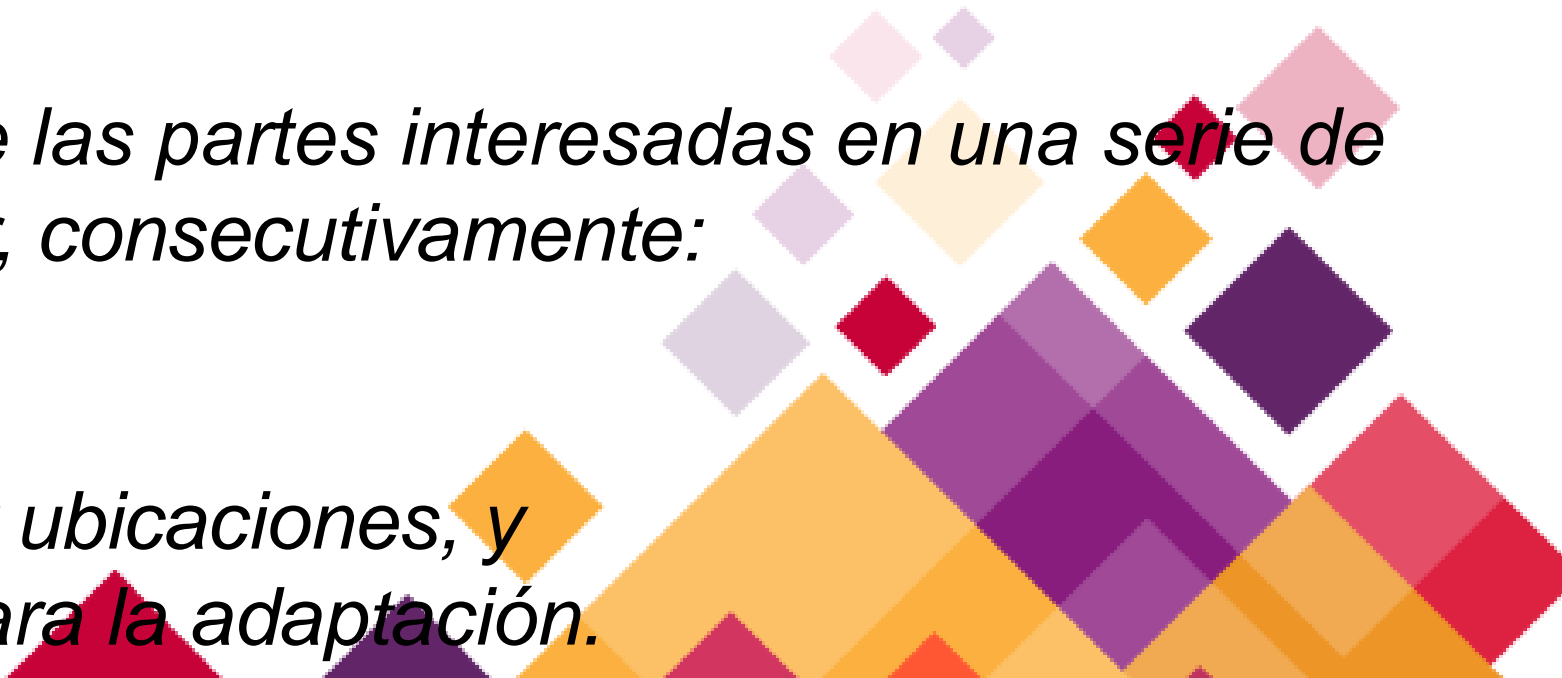
*QuickScan no utiliza análisis cuantitativos extensos; más bien, es un enfoque semicuantitativo que se basa...*

## 2. Vulnerabilidad al Cambio Climático-CC-10

### *Carreteras de Hoy, Adaptadas para Mañana (ROADAPT)*

#### *Aplicación de QuickScan...*

*... en la participación de las partes interesadas en una serie de talleres para determinar, consecutivamente:*

- 1. Consecuencias,*
  - 2. Principales riesgos y ubicaciones, y*
  - 3. Un plan de acción para la adaptación.*
- 



## 2. Vulnerabilidad al Cambio Climático-CC-11

### *Carreteras de Hoy, Adaptadas para Mañana (ROADAPT)*

#### *Evaluación de vulnerabilidad*

*La evaluación de vulnerabilidades de ROADAPT describe un proceso de tres pasos para cada amenaza identificada en la evaluación de riesgos anterior. El primer paso identifica los factores que son un requisito previo para que ocurra la amenaza y los factores que afectan el nivel de vulnerabilidad.*

## 2. Vulnerabilidad al Cambio Climático-CC-12

### Carreteras de Hoy, Adaptadas para Mañana (ROADAPT)

#### Evaluación de vulnerabilidad...

*En el paso dos, a los factores de vulnerabilidad se les asigna una puntuación de vulnerabilidad y se incorporan a las capas del sistema de información geográfica (SIG). En el paso tres, los factores de vulnerabilidad se indexan y mapean para identificar áreas de diversos grados de vulnerabilidad para una amenaza en particular.*

## 2. Vulnerabilidad al Cambio Climático-CC-13

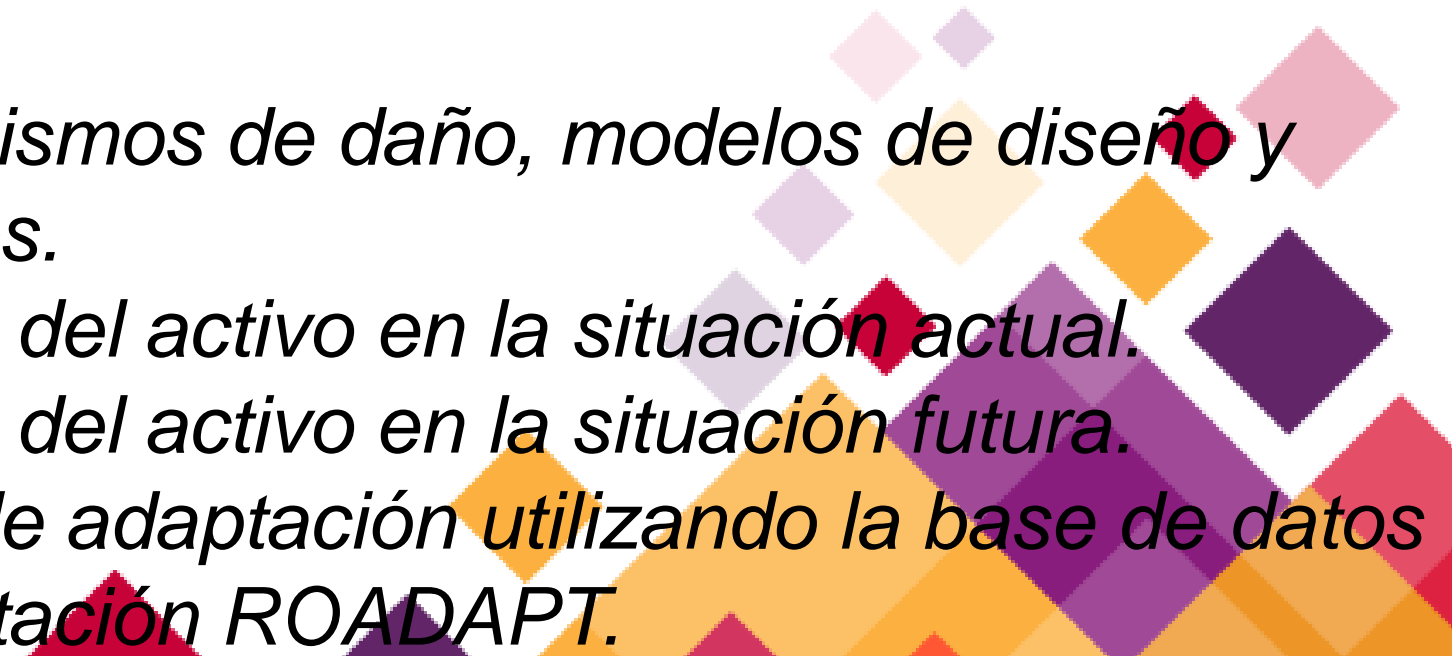
### *Carreteras de Hoy, Adaptadas para Mañana (ROADAPT)*

#### **Selección de estrategias de adaptación**

*La Guía ROADAPT para la selección de estrategias de adaptación incluye orientación sobre la identificación y selección de estrategias de adaptación apropiadas para abordar y minimizar el riesgo asociado con los impactos del cambio climático. La directriz describe un enfoque de 11 pasos que los propietarios de carreteras pueden utilizar para generar un conjunto de políticas o mejores estrategias en una red.*

## 2. Vulnerabilidad al Cambio Climático-CC-14

### Carreteras de Hoy, Adaptadas para Mañana (ROADAPT)

1. *Identificar las necesidades de los propietarios de las carreteras.*
  2. *Identificar los mecanismos de daño, modelos de diseño y parámetros climáticos.*
  3. *Evaluar la resiliencia del activo en la situación actual.*
  4. *Evaluar la resiliencia del activo en la situación futura.*
  5. *Identificar medidas de adaptación utilizando la base de datos de medidas de adaptación ROADAPT.*
- 

## 2. Vulnerabilidad al Cambio Climático-CC-15

### Carreteras de Hoy, Adaptadas para Mañana (ROADAPT)

6. *Establecer políticas de adaptación.*
7. *Evaluar las consecuencias de las medidas utilizando la base de datos de medidas de adaptación de ROADAPT.*
8. *Seleccionar estrategias de adaptación.*
9. *Identificar a las partes interesadas que se involucrarán.*
10. *Identificar las brechas de conocimiento en las proyecciones, tecnologías y datos esenciales del cambio climático.*
11. *Desarrollar hojas de ruta tecnológicas para las próximas tecnologías de adaptación.*

# CONTENIDO

1. Estrategias de Adaptación

2. Vulnerabilidad al Cambio Climático-CC

**3. Planificación del Transporte y Usos del Terreno**

4. Prácticas de Diseño e Integración del CC

5. Conclusiones



# 3. Planificación del Transporte y Usos del Terreno

*La incorporación de los impactos del cambio climático y los datos climáticos en la planificación del transporte a largo plazo y en las decisiones sobre el uso de la tierra puede desempeñar un papel importante tanto en la mitigación como en la adaptación al cambio climático. Aunque la toma de decisiones sobre el transporte y el uso de la tierra a menudo ocurre a nivel local y/o regional, los ejemplos que se presentan a continuación ilustran cómo diferentes países han podido integrar las consideraciones sobre el cambio climático en las políticas y procedimientos nacionales y estatales para informar y guiar el transporte y procesos de planificación del uso del suelo.*

# 3. Planificación del Transporte y Usos del Terreno-2

## *Declaración de Política Nacional de Redes Nacionales de Carreteras y Ferrocarriles del Reino Unido*


*El Reino Unido aprobó su Ley de planificación de 2008 para mejorar y acelerar el proceso de desarrollo de grandes proyectos de infraestructura, considerados **Proyectos de infraestructura de importancia nacional**, incluidos carreteras, puertos, instalaciones energéticas e infraestructura de residuos peligrosos a gran escala.*



# 3. Planificación del Transporte y Usos del Terreno-5

## Guía de Nueva Zelanda para gobiernos locales

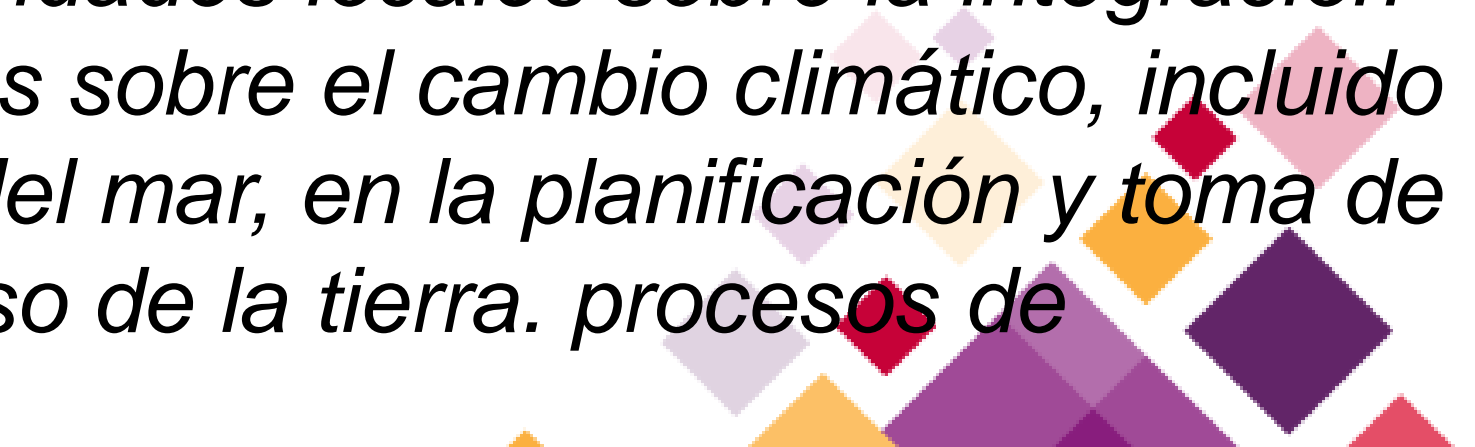
*Hay ubicaciones a lo largo de la red de carreteras estatales de Nueva Zelanda que han sido identificadas como vulnerables al aumento del nivel del mar. El Ministerio de Medio Ambiente de Nueva Zelanda, Peligros costeros y cambio climático: un manual de orientación para el gobierno local en Nueva Zelanda,*



# 3. Planificación del Transporte y Usos del Terreno-6

## Guía de Nueva Zelanda para gobiernos locales


*proporciona información sobre las mejores prácticas y orientación a las autoridades locales sobre la integración de las consideraciones sobre el cambio climático, incluido el aumento del nivel del mar, en la planificación y toma de decisiones sobre el uso de la tierra. procesos de elaboración.*



# 3. Planificación del Transporte y Usos del Terreno-7

## Guía de Nueva Zelanda para gobiernos locales

*El Manual de orientación incluye recomendaciones específicas para el grado de aumento del nivel del mar a considerar. Para los plazos de planificación y decisión hasta la década de 2090, el Manual de orientación recomienda:*



# 3. Planificación del Transporte y Usos del Terreno-8

## Guía de Nueva Zelanda para gobiernos locales

- 1. Se utilice un valor base de aumento del nivel del mar de 0,5 m en relación con el promedio de 1980–1999, y*
- 2. Una evaluación de las posibles consecuencias de un rango de posibles valores de aumento del nivel del mar más altos.*

*Como mínimo, todas las evaluaciones deben considerar las consecuencias de un aumento medio del nivel del mar de al menos 0,8 m en relación con el promedio de 1980–1999.*

# 3. Planificación del Transporte y Usos del Terreno-9

## *Tribunal Civil y Administrativo de Victoria*

*En el Estado de Victoria, Australia, las apelaciones de desarrollo y planificación del uso de la tierra pasan por el Tribunal Civil y Administrativo (Tribunal Civil y Administrativo de Victoria, 2014). Históricamente, este tribunal no ha tenido en cuenta el cambio climático en términos de permitir decisiones relacionadas con el desarrollo en áreas costeras.*

# 3. Planificación del Transporte y Usos del Terreno-10

## *Tribunal Civil y Administrativo de Victoria...*

*Sin embargo, en los últimos años, dado que el cambio climático se ha convertido en un problema apremiante, especialmente relacionado con la planificación y la toma de decisiones ambientales, el Tribunal ha comenzado a tener en cuenta los impactos del cambio climático al revisar las solicitudes de desarrollo.*

# CONTENIDO

1. Estrategias de Adaptación
  2. Vulnerabilidad al Cambio Climático-CC
  3. Planificación del Transporte y Usos del Terreno
  - 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC**
  5. Conclusiones
- 

# 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC

*Los estándares de diseño de ingeniería rigen muchos aspectos de un sistema de transporte, desde la geometría de las carreteras y puentes y estructuras hasta la erosión, el control de sedimentos y la hidráulica. Los estándares de diseño se basan en la cantidad de riesgo que el propietario de una infraestructura está dispuesto a aceptar para que esa infraestructura se dañe físicamente o falle o no proporcione un cierto nivel de función/servicio.*



## 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC-2

*Los ingenieros de transporte se han basado tradicionalmente en los registros históricos del clima, especialmente en los eventos climáticos extremos, al diseñar sistemas de carreteras para cumplir con estos estándares de diseño. La mayor parte de la infraestructura de transporte está construida para durar 50 años o más.*

# 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC-3

*Ante el cambio climático, es posible que las condiciones pasadas no sean indicadores confiables de las condiciones futuras, lo que podría cuestionar si las magnitudes de los eventos climáticos extremos basados en registros históricos representan realmente la cantidad de riesgo aceptable o, en otras palabras, cumplen con los estándares de diseño que se han establecido. establecido en el momento del diseño.*

## 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC-4

*Esto sugiere que las proyecciones/tendencias climáticas deben informar o incorporarse en el proceso de diseño para permitir el ajuste de la magnitud de los flujos para cumplir con el estándar de diseño durante la vida útil real de la infraestructura, particularmente en los casos en que la vida útil restante es larga. y se proyecta que las tendencias climáticas cambien.*

## 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC-5

### Protocolo de Ingeniería del Comité de Vulnerabilidad de Ingeniería de Infraestructura Pública de **Canadá** (PIEVC)

*Desde 2005, Engineers Canada ha liderado un proyecto en Canadá en asociación con Natural Resources Canada para completar una evaluación de vulnerabilidad de ingeniería nacional de la infraestructura pública existente y planificada a los impactos del cambio climático.*

# 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC-7

## Normas de drenaje de la Dirección de Carreteras de Dinamarca

*La Dirección de Carreteras de Dinamarca basa sus predicciones climáticas en el escenario A1B del IPCC. Según este escenario, se prevé que la precipitación anual en Dinamarca aumente un 11% para 2050 y un 22% para 2100.*

# 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC-8

## Normas de drenaje de la Dirección de Carreteras de Dinamarca

*Además, se prevé que la cantidad de días con más de 20 mm aumente de dos a cinco días para 2050 y siete días para el 2100. El aumento en los niveles y tasas de precipitación aumenta el riesgo de inundaciones que superan la capacidad de la infraestructura de drenaje.*

## 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC-9

### Normas de drenaje de la Dirección de Carreteras de Dinamarca

*Los estándares de diseño actuales requieren que la infraestructura se construya para soportar un período de retorno de precipitación de 25 años. En las condiciones actuales, un período de retorno de 25 años corresponde a 58 mm de lluvia. El análisis del Instituto Meteorológico Danés predice que, en 2100, un evento de 25 años equivaldrá a 74 mm de lluvia. En la actualidad, esto equivale a un evento de 100 años (ver Tabla 1).*

# 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC-10

## Normas de drenaje de la Dirección de Carreteras de Dinamarca

**Table I: Change in Precipitation Pattern**

Source: Danish Meteorological Institute

Ajustar a página

Present time	Return pattern	Return pattern 2050	Return pattern 2100
<i>Mm</i>	<i>Years</i>	<i>Years</i>	<i>Years</i>
45	5	2	1
47.5	10	5	2
54.6	20	10	5
58	25	20	10
65.2	50	25	20
74	100	50	25
97.3	500	100	100
142.8	1000	500	500





# 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC-11

## Corporación de autopistas de Corea

*Se espera que los impactos del cambio climático en la península de Corea impliquen lluvias intensas y tifones más frecuentes, vientos más fuertes, mayores inundaciones, nevadas más intensas y temperaturas medias más altas (Administración Meteorológica de Corea, 2013). KEC está tomando medidas para mejorar sus criterios de diseño para proteger la infraestructura de transporte contra estos cambios anticipados.*

# 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC-12

## Corporación de autopistas de Corea

**Diseño reforzado** **Frecuencia de generación de lluvia:** En 2000, KEC requirió que se construyeran alcantarillas y tuberías de drenaje para acomodar un evento de precipitación de 25 años. A partir de 2006, la KEC ahora requiere que en las áreas montañosas estas instalaciones de drenaje se construyan para adaptarse a un evento de 100 años (consulte la Tabla 2).

# 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC-13

## Corporación de autopistas de Corea

**Table 2: Design Rainfall Generation Frequency (years)**

Source: Korea Expressway Corporation

Drainage Type	~2000	2000-2002	2003-2005 (flatland)	2006 (mountain area)
Culvert and Drain pipe	25	25	25-50	100
Frontage road and adjacent area drainage (V-shaped, U-shaped, ridge)	5	10	10	20
Surface and slope drainage (dyke, head race)	3-5	5	10	20

# 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC-14

## Corporación de autopistas de Corea

- *Mayor factor de seguridad para la estabilidad de taludes: Los factores de seguridad para la estabilidad de taludes describen la capacidad estructural de un sistema en un talud. Para mejorar y fortalecer la estabilidad de taludes, KEC ha aumentado el factor de seguridad de diseño requerido de 1.1 a 1.2.*

# 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC-15

## Corporación de autopistas de Corea

- *Función mejorada de las instalaciones de drenaje: KEC ha realizado mejoras en sus criterios de diseño para mejorar la capacidad de las instalaciones de drenaje para recolectar agua. Estas mejoras incluyeron el requerimiento de un mayor peralte de secciones curvas (aumentado de 0 a 6 por ciento); aumentar el ancho del pozo colector (de 1,0 m a 1,4 m) y el diámetro de la zanja colectora (de 600 milímetros (mm) a 1.000 mm); y aumentar la longitud de las zanjas colectoras (de 2,4 m a 3,5 m) (ver Figura 3 y Figura 4).*



# 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC-17

## Corporación de autopistas de Corea

- *Mayor resistencia del hormigón: para proteger las estructuras del daño causado por la sal debido al mayor uso de materiales anticongelantes, la KEC aumentó la protección del hormigón utilizado en puentes de tamaño pequeño. La resistencia del hormigón se incrementó de 24 megapascales (MPa) a más de 30 MPa. Esta mayor resistencia también ayuda a proteger las estructuras contra daños por heladas.*

# 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC-18

## Corporación de autopistas de Corea

- *Contramedidas empleadas en el diseño de puentes: Las inundaciones tienen impactos importantes en los puentes, incluidos el desbordamiento y la inundación, la erosión de los cimientos, la acumulación de escombros en los pilares del puente y el deterioro y las fallas. Para hacer frente a un aumento anticipado en la intensidad y frecuencia de las inundaciones, el Ministerio de Tierras, Infraestructura y Transporte y KEC están empleando nuevos requisitos de diseño hidráulico para nuevos puentes.*



# 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC-19

## Corporación de autopistas de Corea

*A principios de la década de 2000, KEC requirió que los nuevos puentes se diseñaran para un período de retorno de 200 años. La agencia también aumentó el francobordo mínimo de 1 a 2 metros. KEC también ha aumentado el tamaño de las aberturas de los puentes y la capacidad de flujo al aumentar las longitudes de los tramos requeridos.*

# 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC-20

## Corporación de autopistas de Corea

*Siempre que ha sido posible, KEC ha comenzado a ubicar pilares y cimientos de puentes fuera de los canales principales. La agencia también está tomando medidas para adaptar los puentes en servicio a poca altura, independientemente de su tamaño, ya sea reconstruyéndolos o elevando sus alturas de 1 a 3 m (ver Figura 5). Los pilares y pilares de hormigón ahora están reforzados con más acero para garantizar que los puentes elevados cumplan con los requisitos de rigidez y resistencia.*

# 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC-21

## Corporación de autopistas de Corea

**Figure 5: Retrofit of In-Service Bridges**  
Source: Korea Expressway Corporation



# 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC-22

## Administración de Carreteras Públicas de Noruega

*En los últimos años, la Administración de Carreteras Públicas de Noruega revisó los manuales existentes que definían los requisitos de la agencia para la planificación, el diseño, la operación, el mantenimiento y la gestión de la red de carreteras para determinar los cambios necesarios para tener en cuenta los impactos del cambio climático. Ejemplos de medidas de adaptación integradas en los manuales de planificación, diseño y construcción incluyen:*

# 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC-23

## Administración de Carreteras Públicas de Noruega

- *Las pautas requieren un nivel de inundación de 200 años como nivel de diseño para la elevación de la carretera. También se debe tener en cuenta el aumento del nivel del mar y el aumento de los niveles de marejadas ciclónicas (Manual N100, Road and Street Design).*

# 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC-24

## Administración de Carreteras Públicas de Noruega

- *Se recomienda enfáticamente planificar soluciones de drenaje que cubran un área más grande e incluya vías de inundación alternativas, estanques de retención y zanjas protectoras en taludes y cortes.*



# 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC-25

## Administración de Carreteras Públicas de Noruega

- *Se ha introducido un factor climático (superior a 1 pero no de valor fijo) como factor de seguridad, en el procedimiento de cálculo de la capacidad necesaria de alcantarillas y tuberías de drenaje.*

# 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC-26

## Administración de Carreteras Públicas de Noruega

*La fórmula utilizada para calcular la capacidad de drenaje necesaria (Q) es  $Q = C \times I \times A \times K_f$ , donde*

*C = factor de escorrentía*

*i = intensidad de lluvia de diseño (l/s x ha)*

*A = área de escorrentía (hectárea)*

*K<sub>f</sub> = factor climático*



# 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC-27

## Administración de Carreteras Públicas de Noruega

*La fórmula estándar para calcular el drenaje incluye una serie de incertidumbres, incluidas las incertidumbres en las curvas de frecuencia de las precipitaciones y en la determinación del factor de escorrentía, todas las cuales se ven reforzadas por el cambio climático. La introducción de un factor climático ayuda a abordar la incertidumbre adicional al calcular la capacidad de drenaje.*

# 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC-28

## Administración de Carreteras Públicas de Noruega

- *El requisito de diseño para los puentes, incluido el diseño de la protección contra la erosión y la altura libre sobre el agua, son los niveles de agua de inundación y las cargas de inundación de 200 años. También se recomienda **realizar un análisis de riesgo con respecto a las condiciones de inundación de 1000 años** para evitar consecuencias catastróficas, como la pérdida de vidas o la pérdida de toda la estructura.*

# 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC-29

## Administración de Carreteras Públicas de Noruega

- *Los aspectos del cambio climático se han incluido en el modelo utilizado para comparar el riesgo de deslizamientos en las carreteras y priorizar las medidas de protección. Además, se han publicado tres nuevas directrices que reflejan los riesgos del cambio climático: para la **protección contra la caída de rocas**, para la **gestión de avalanchas de nieve** y para **deslizamientos de tierra "húmedos"**, es decir, avalanchas de agua-nieve y flujo de escombros.*

# 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC-30

## Departamento de Transporte del Reino Unido

*La Agencia de Carreteras del Departamento de Transporte del Reino Unido está dejando de depender únicamente del clima histórico para las consideraciones de diseño y está comenzando a integrar las consideraciones del cambio climático en sus estándares de diseño. Por ejemplo, la Agencia de Carreteras ha adoptado el estándar de pavimento Enrobé à Module Élevé Class 2 (EME2) cuando corresponde. EME2, que se basa en la práctica francesa, tiene un costo más alto, pero es más resistente a cargas elevadas a temperaturas más altas.*

# 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC-31

## Departamento de Transporte del Reino Unido

*La Agencia de Carreteras también abordó los impactos del cambio climático en revisiones recientes a los estándares de drenaje de carreteras en su Manual de diseño para carreteras y puentes (HD 33 y HD 45).*

*El manual de diseño incluye la siguiente guía con respecto al diseño detallado del drenaje del pavimento:*

# 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC-32

## Departamento de Transporte del Reino Unido

*Asignación por cambio climático: Las intensidades de lluvia utilizadas para calcular las tormentas de diseño deben incluir una asignación por los efectos del cambio climático. Cuando los datos de precipitaciones excluyan tal concesión, se debe realizar una prueba de sensibilidad en el diseño del sistema de drenaje aumentando las intensidades de lluvia de la tormenta de diseño en un 20%.*

# 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC-33

## Agencia de Transporte de Nueva Zelanda

*Como se destacó anteriormente, el Ministerio de Medio Ambiente de Nueva Zelanda recomienda valores específicos de aumento del nivel del mar que las agencias deben considerar como parte del proceso de planificación. La Agencia de Transporte de Nueva Zelanda incorporó esta recomendación de planificación del aumento del nivel del mar como parte del diseño del Proyecto de mejora de la calzada SH16.*

# 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC-34

## Agencia de Transporte de Nueva Zelanda

*La Calzada es una parte clave de la Ruta del Anillo Occidental, una de las siete carreteras de importancia nacional del país. Como parte del proyecto, se está elevando la Calzada para reducir las inundaciones durante las condiciones extremas de las mareas (consulte la Figura 6).*



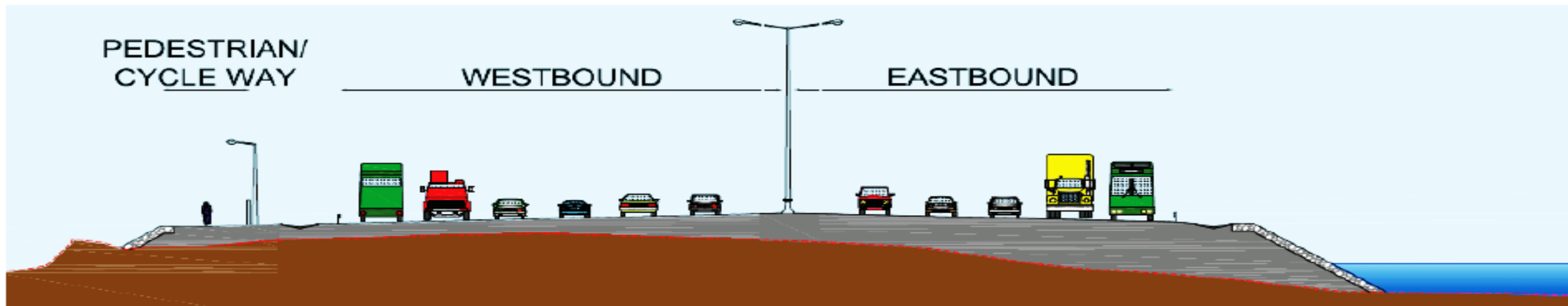
# 4. Prácticas de Diseño e Integración

## del CC-35 Agencia de Transporte de Nueva Zelanda

Figure 6: Causeway Upgrade Project Construction. Top Image: Existing Causeway Configuration in 2013.

Bottom Image: Final Causeway Configuration by 2017.

Source: New Zealand Transport Agency



# 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC-36

## Agencia de Transporte de Nueva Zelanda

*El Manual de Puentes de la Agencia de Transporte de Nueva Zelanda (3.<sup>a</sup> edición) también requiere la consideración de los impactos del cambio climático en el diseño de puentes y alcantarillas. Específicamente, el manual dice: Diseño para los efectos del cambio climático: Cuando sea práctico y económico para una estructura de puente o alcantarilla ser modernizada en una fecha posterior para acomodar mayores flujos de inundación que...*

# 4. Prácticas de Diseño e Integración del CC-37

## Agencia de Transporte de Nueva Zelanda

*... surjan de los efectos del cambio climático, la estructura no necesita estar diseñada inicialmente para acomodar mayores flujos de inundación derivados de los efectos del cambio climático. Cuando la modernización futura no sea práctica o no refleje la relación calidad-precio, los impactos futuros del cambio climático se tendrán en cuenta en el diseño.*

# CONTENIDO

1. Estrategias de Adaptación
  2. Vulnerabilidad al Cambio Climático-CC
  3. Planificación del Transporte y Usos del Terreno
  4. Prácticas de Diseño e Integración del CC
  - 5. Conclusiones**
- 

# CONTENIDO

## 5. Conclusiones

Las actividades de las agencias de transporte internacional incluidas en esta revisión ofrecen información valiosa sobre cómo las agencias están comenzando a adaptar la infraestructura a los impactos anticipados del cambio climático.

Si bien las condiciones geográficas, ambientales y sociales de las agencias pueden diferir en algunos aspectos de las de Colombia, enfrentan muchos de los mismos desafíos.

# CONTENIDO

## 5. Conclusiones-2

Para todas las agencias, el costo de adaptar la red de transporte al cambio climático es mucho mayor que el financiamiento actualmente disponible para la adaptación. Además, cada agencia enfrenta incertidumbres similares en términos de modelos climáticos, niveles futuros desconocidos de emisiones de carbono y el momento y el alcance de los impactos anticipados. Sin embargo, las agencias de transporte incluidas en la revisión están tomando medidas proactivas para abordar las incertidumbres inherentes y gestionar los riesgos asociados.

# CONTENIDO

## 5. Conclusiones-3

Muchas de las agencias han establecido marcos estratégicos formales para abordar la adaptación al cambio climático y han identificado procesos para abordar y responder a estos riesgos.

Las agencias más proactivas han examinado exhaustivamente los riesgos y vulnerabilidades de la red de transporte a los impactos del cambio climático y están empleando métodos sistemáticos para identificar y priorizar medidas para maximizar su efectividad y minimizar los costos.

# CONTENIDO

## 5. Conclusiones-4

Varias agencias también han comenzado a emplear medidas de adaptación específicas, particularmente en términos de integrar las consideraciones del cambio climático en la planificación y el diseño de proyectos. Las agencias que están modificando las prácticas de diseño reconocen que, en algunos casos, es más económicamente responsable tener una infraestructura resistente al clima durante la fase de construcción que adaptarse en el futuro durante la fase operativa. Los cambios en la planificación y el diseño de proyectos se asocian principalmente con sistemas de drenaje, puentes y alcantarillas.



# CONTENIDO

## 5. Conclusiones-5

Algunas de las agencias incluidas en la revisión hicieron referencia al uso de opciones de adaptación pasiva que usan el entorno natural para proteger la infraestructura de transporte, como proteger humedales, islas de barrera u otras características naturales. Sin embargo, aunque las agencias de transporte reconocen que los impactos del cambio climático tendrán implicaciones en el mantenimiento y las operaciones, pocas están haciendo cambios en las prácticas de mantenimiento en este momento.



## **Frase de cierre**

La Adaptación de la Infraestructura a los Impactos del Cambio Climático y los Fenómenos correlacionados, es un Imperativo para un país Trópico – Andino como Colombia, de lo contrario sus grados de Vulnerabilidades Altas, cobrarán cada día sus Consecuencias en lo Social, Económico y Ambiental.