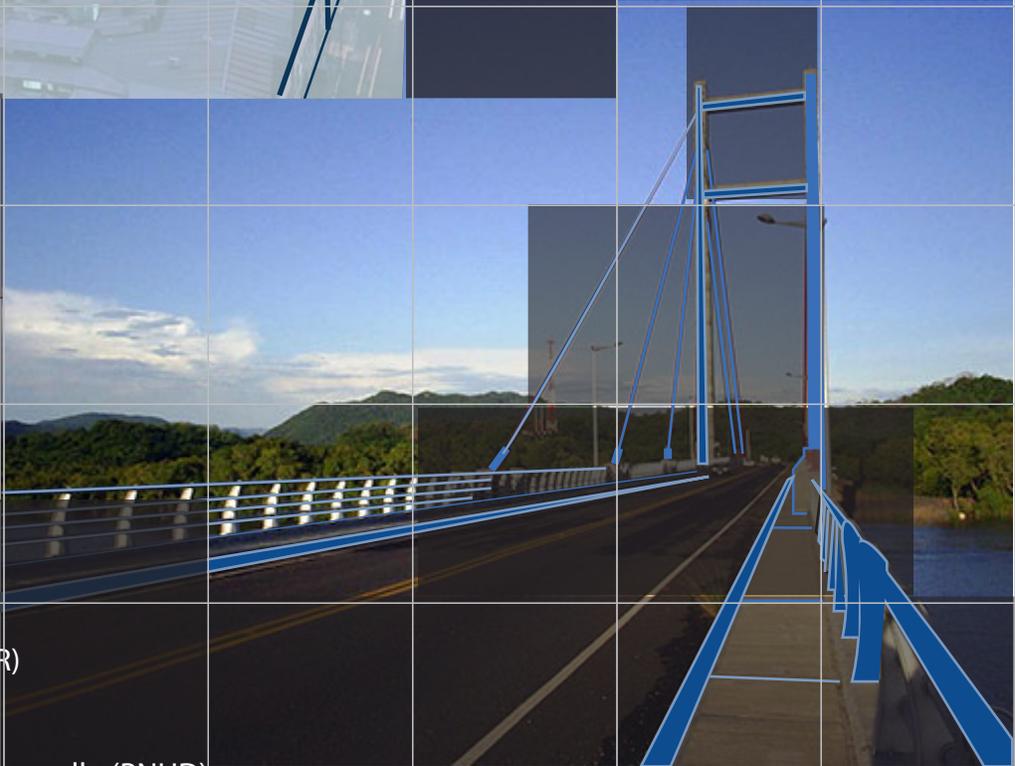
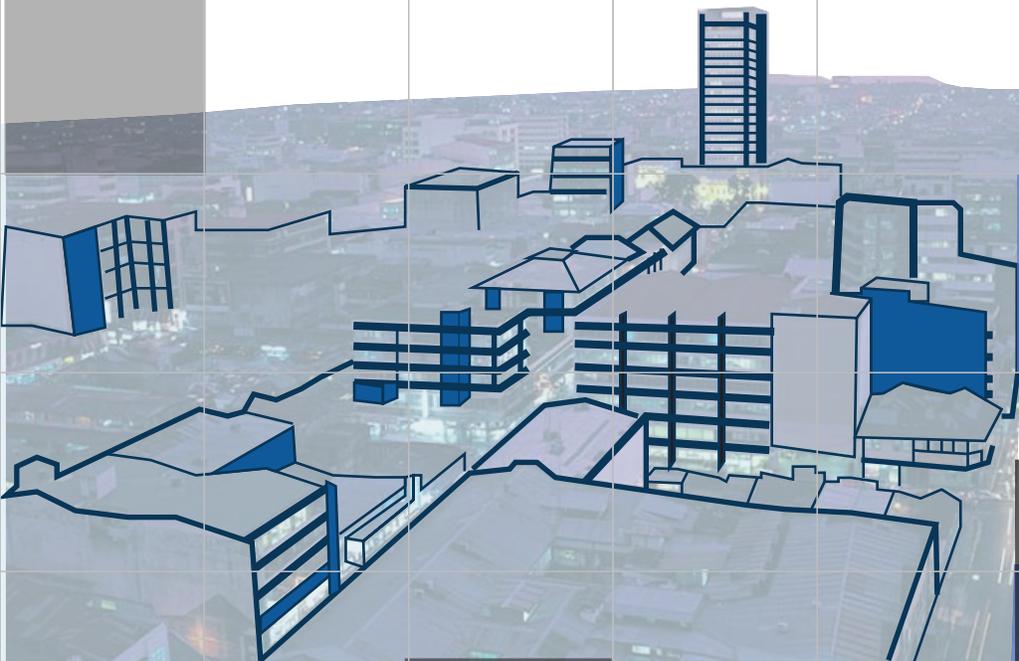


# Evaluación de la vulnerabilidad y adaptación de infraestructura ante el cambio climático

## Informe Final

Abril 2014



Elaborada por:  
Programa de Investigación en  
Desarrollo Urbano Sostenible (ProDUS - UCR)

Para:  
Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)

Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible (ProDUS-UCR),  
de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica  
teléfonos: 2283 4815 / 2283 4927 Fax 2283 7634  
correo electrónico: [produs@ucr.ac.cr](mailto:produs@ucr.ac.cr)  
página en internet: [www.produs.ucr.ac.cr](http://www.produs.ucr.ac.cr)



## CRÉDITOS

# Evaluación de la vulnerabilidad y adaptación de infraestructura ante el cambio climático

### Dirección y Edición:

Ing. Rosendo Pujol Mesalles, Ph D

### Equipo de trabajo (Redacción)

Ing. Civil Rosendo Pujol Mesalles, Planificador Territorial  
Ing. Civil Eduardo Vega Díaz  
Ing. Civil Raily Solano Ramírez  
Ing. Civil Eduardo Rodríguez Calderón

### Equipo de trabajo (Elaboración de fichas)

Ing. Civil Eduardo Vega Díaz  
Ing. Civil Raily Solano Ramírez  
Ing. Civil Eduardo Rodríguez Calderón  
Economista Leonardo Sánchez Hernández

### Asistentes

Jessica Álvarez López  
Marco Castillo Bastos  
María Fernanda Chacón Mata  
Liseth Hernández Cordero  
Felipe Paniagua Hernández  
José Antonio Quirós Campos

### Diseño de Portada

Elaborada por Kevin Viales

Programa de Investigación en  
Desarrollo Urbano Sostenible (ProDUS - UCR)

Para:

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)

## Contenido

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Cambio climático: una amenaza global irremediable con incertidumbres inevitables .....	1
2	LAS VULNERABILIDADES DE LA INFRAESTRUCTURA AL CAMBIO CLIMÁTICO .	3
2.1	Visión sistémica de la infraestructura.....	3
2.2	Malas prácticas de crecimiento de los asentamientos humanos.....	3
2.3	El sistema de transporte .....	5
2.4	Infraestructura para el abastecimiento de agua potable.....	9
2.5	Vulnerabilidades del sistema eléctrico al cambio climático y algunas posibles respuestas .....	10
2.6	El caso de los asentamientos humanos.....	12
2.7	Vulnerabilidades sociales .....	14
3	POLÍTICAS DE ADAPTACIÓN.....	14
4	POLÍTICAS DE SOLUCIÓN.....	155
4.1	Ordenamiento territorial como herramienta para disminuir vulnerabilidades a largo plazo .....	16
4.2	Costos y oportunidades económicas .....	16
4.3	Opciones de Adaptación.....	17
4.4	Algunos Objetivos e indicadores importantes .....	18
4.5	Debilidades Importantes .....	20
5	CONCLUSIONES .....	22

# 1 INTRODUCCIÓN

Este trabajo es un esfuerzo para encontrar oportunidades para enfrentar el cambio climático a través de medidas de adaptación en los sistemas de la infraestructura en Costa Rica. Para ello analiza algunas realidades del cambio climático, de las debilidades de la infraestructura en Costa Rica en particular la de transporte y evalúa las posibilidades de cambio hacia el futuro.

## 1.1 Cambio climático: una amenaza global irremediable con incertidumbres inevitables

Existe una extensa literatura del IPCC y de muchos investigadores sobre la existencia del cambio climático denominada por algunos “variabilidad climática adicional” causada por las actividades antrópicas de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). La ocurrencia en todas partes del mundo de más y más eventos extremos asociados directa o indirectamente a fenómenos hidrometeorológicos, en un período muy corto de tiempo, insinúa un proceso global fuera de control que está cambiando las características del sistema.

La relación de la sociedad con los sistemas naturales está construida sobre el equilibrio cambiante, pero relativamente estable de ese sustrato natural. Con el desarrollo científico y tecnológico las actividades humanas ganan independencia relativa de la naturaleza, pero aun así estos cambios pueden afectar muy seriamente las actividades humanas, desde la agricultura hasta dónde y cómo un lugar puede ser utilizado.

La esencia de la evolución de las sociedades humanas es la adaptación, por lo tanto hay experiencia ancestral. Sin embargo, hay que tener dos precauciones importantes en este caso, primero los cambios pueden ser mucho más rápidos y en ocasiones inesperados, segundo, las medidas de adaptación no deben agravar el problema de emisión de gases de efecto invernadero (GEI).

El cambio climático existe y aumenta las temperaturas promedio, y los extremos meteorológicos, por lo tanto aumentan o disminuyen los caudales máximos en cunetas, alcantarillas, quebradas y ríos. Sin embargo, la inherente variabilidad hidrológica es tan grande que es difícil identificar cuantitativamente su impacto en cada caso específico.

Se puede afirmar entonces, de la existencia de un componente adicional de variabilidad climática causada por los seres y actividades humanas, que acentúa la ya conocida variabilidad de los fenómenos hidrometeorológicos. En muchos casos, esos cambios no se han podido cuantificar adecuadamente por la ausencia de suficientes mediciones por períodos largos de tiempo. El sentido de precaución ante los fenómenos ambientales llama a la prudencia especialmente en aquellos casos que los costos financieros adicionales de la adaptación no son realmente significativos.

En el caso de Costa Rica, las altas precipitaciones tradicionales, la topografía quebrada y la orografía del país implican amenazas naturales importantes desde siempre. La sociedad costarricense ha tenido que tomar en cuenta estas realidades y ha aprendido a reaccionar con rapidez y a veces con eficiencia ante estos numerosos eventos que ocurren todos los años en algún punto del territorio.

Sin embargo, en la inmensa mayoría de los casos la sociedad costarricense repara, pero no mejora; logra recuperar la situación anterior parcialmente pero no logra fortalecer adecuadamente los sistemas de infraestructura y las inversiones públicas y privadas para que sean más capaces de responder ante eventos similares en el futuro. O sea, no se aumenta la resiliencia de los sistemas después de que ocurren los daños y el desastre.

Esta realidad es consecuencia de varios factores simultáneos: primero, hay una enorme presión de la sociedad costarricense por reparar lo dañado rápidamente; segundo, no hay una planificación previa de cómo se podría mejorar lo construido en el caso de que sea destruido en un evento específico; y tercero, muchas veces no hay, o no se asignan recursos para lograr hacer cambios significativos.

Todavía más grave es la tendencia a construir obras, específicamente diques, que parecieran proteger asentamientos localizados en terrenos altamente vulnerables, que nunca debieron haber sido construidos y cuyos habitantes y actividades no se quieren desplazar para no enfrentar a la población o por no reconocer los errores anteriores.

Esta es la realidad actual. No se sabe con certeza si los eventos de los últimos años son los primeros productos del cambio climático en el sentido de aumento de la frecuencia y magnitud de los mismos. Pero paradójicamente esa incertidumbre de la causalidad no es tan importante puesto que pareciera claro, al menos a los ojos de los expertos, que las respuestas ante esos eventos extremos deben mejorarse significativamente. Hay que prever que esos eventos extremos van a hacerse más frecuentes, pero es sabido en hidrología que las variaciones de las magnitudes entre períodos de retorno largos son más bajas que las variaciones para períodos de retorno cortos.

El fenómeno del cambio climático y el aumento de la variabilidad climática son globales, pero la necesidad de adaptación tiene fuertes componentes locales y regionales. Es en lo local donde se deben encontrar las respuestas, y para muchos de los fenómenos directos o indirectos causados por el cambio climático como inundaciones y deslizamientos, ya existen y ya se han manejado con éxitos y fracasos. Por lo tanto, analizar los éxitos y fracasos de las políticas actuales es esencial para planificar la respuesta y preparación ante eventos mayores.

Por supuesto, en algunos casos, ya sean sequías u oleaje fuerte en la costa, la experiencia del país es más limitada y se requiere una reflexión más detallada, aprovechando eso sí, el conocimiento nacional e internacional sobre estas temáticas.

Hay que ver estas nuevas realidades sin catastrofismo. Hay que enfrentarlas como un nuevo elemento transversal que afecta a las diferentes disciplinas que han enfrentado los problemas de eventos naturales extremos, de la planificación territorial, del diseño de la infraestructura y de la protección de asentamientos humanos. No se puede enfrentar el cambio climático sin los expertos en los sistemas que se quieren proteger. En ocasiones la efectividad de los esfuerzos ha sido muy baja, por lo tanto se debe partir de esas realidades para mejorarlas, tan pronto como se pueda. Por supuesto, esta nueva reflexión puede ayudar a enfrentar mejor los problemas de ineficiencia e ineficacia de políticas sociales y económicas o de disminuir la desigualdad o la pobreza, pero lo fundamental es enfrentar mejor los eventos hidrometeorológicos extremos así como tendencias de aumento de las temperaturas en el largo plazo.

Este trabajo se divide en varias partes. Primero un análisis general acompañado de un anexo sobre vulnerabilidades a las inundaciones de instalaciones de escuelas y colegios.

Posteriormente se crean una serie de fichas de situaciones específicas de vulnerabilidad física agrupadas por tipo. Finalmente se presenta una bibliografía comentada.

El análisis general se compone de cinco secciones. La primera es una introducción. La segunda es un análisis de las vulnerabilidades de la infraestructura al cambio climático, la tercera discute posibles acciones de adaptación. La cuarta sección plantea problemas estructurales de carácter político e institucional que deben tomarse en cuenta y enfrentarse. La quinta y última sección son las conclusiones y recomendaciones.

## **2 LAS VULNERABILIDADES DE LA INFRAESTRUCTURA AL CAMBIO CLIMÁTICO**

En esta sección se presentan las más importantes vulnerabilidades de la infraestructura costarricense al cambio climático. Se considera que la infraestructura vial es fundamental y se habla muy poco del sistema eléctrico porque existe otro trabajo de consultoría que está analizando ese tema.

### **2.1 Visión sistémica de la infraestructura**

Casi cualquier elemento de un sistema de infraestructura no es funcional por si sólo sino como parte de un todo mucho más complejo. Sin embargo, en muchas ocasiones las vulnerabilidades de un componente se transmiten a todo el conjunto especialmente cuando este no tiene suficiente redundancia. En ocasiones se habla de endurecer a un sistema ante eventos extremos. Esto implica simultáneamente dos cosas: hacer cada componente más resistente a cualquier tipo de amenaza; y segundo, y todavía más importante, lograr que el sistema pueda seguir funcionando aunque ese elemento no opere apropiadamente, esto es redundancia física. Además, hay que complementar esta estrategia con prácticas equivalentes para los recursos humanos que administran el sistema.

Obviamente no todo elemento o personal puede ser duplicado o triplicado y por lo tanto una política razonable es plantearse, dadas las formas como opera el sistema, cuáles son sus vulnerabilidades más importantes y graves para cualquier tipo de amenaza y definir cómo se puede lograr que el sistema resista mejor esas amenazas, pero también cómo esos esfuerzos pueden ayudar a aumentar la resiliencia del sistema en el futuro.

En general es importante indicar dos reglas fundamentales para aumentar la redundancia de un sistema, la primera es la independencia entre los componentes que reciben el apoyo del elemento redundante; la segunda, la equivalencia en la capacidad de elemento redundante. Estas dos reglas se aplican tanto a elementos físicos como humanos.

La visión de sistema es importante al diseñar medidas correctivas, puesto que cualquier acción que se tome va a implicar diversas respuestas de diversos actores, por lo que además hay que visualizar los impactos de corto y largo plazo.

### **2.2 Malas prácticas de crecimiento de los asentamientos humanos**

Las malas prácticas de crecimiento de los asentamientos humanos agravan el problema de vulnerabilidad a los grandes eventos hidrometeorológicos. Se ocupan laderas, márgenes y cauces de los ríos. Muchas cuencas altas urbanas se pavimentan y las

prácticas tradicionales de sacar el agua lo más pronto posible de “mi propiedad”, acentúan los problemas.

La infraestructura vial en muchos casos, tanto en pueblos como ciudades y en carreteras de todo tipo consiste en puentes bajos y cortos que no dejan suficiente espacio para caudales significativamente más grandes y que con la velocidad adicional que tienen ante un evento extremo son capaces de arrastrar troncos y piedras muy grandes.

El crecimiento disperso de los asentamientos humanos en muchos lugares de Costa Rica aumenta las dificultades para proveer infraestructura a costos razonables en muchos casos, especialmente aquellas con impactos ambientales (tratamiento de aguas servidas y recolección de residuos sólidos) y de vulnerabilidad ante eventos extremos como alcantarillados pluviales.

Los problemas deben verse como oportunidades que requieren inversión y políticas públicas para mejorarse. Las excusas para no hacer cosas en el corto plazo son inaceptables en el largo plazo. La ocupación de zonas a las orillas de los ríos, la invasión de cauces y de márgenes debe detenerse y las ocupaciones actuales disminuirse tan pronto se pueda. Para mejorar la situación, el Estado es esencial ejerciendo su autoridad y promoviendo usos alternativos de recreación y protección ambiental en las áreas críticas en cooperación con las comunidades. También es importante la formación de recursos humanos de alto nivel que permita identificar las amenazas más importantes en un grupo de lugares ya reconocidos como potencialmente vulnerables. Igualmente es fundamental conocer las vulnerabilidades de cada comunidad y las formas para enfrentarlas con educación y procesos de incorporación de los pobladores al proceso de solución.

**Particularidades de los asentamientos humanos.** El sistema vial costarricense y la infraestructura de sus asentamientos humanos tienen enormes debilidades no resueltas en un manejo adecuado de las aguas pluviales por falta de diseño o por diseños inadecuados. Un desafío es cómo se identifican y enfrentan amenazas y vulnerabilidades específicas en puntos determinados del territorio.

Hay algunos indicios en Costa Rica y en otros países por ejemplo México y Estados Unidos (Colorado) donde pueden darse enormes lluvias intensas por períodos relativamente cortos y con graves daños para la infraestructura y las ciudades.

Hay una creciente vulnerabilidad de la sociedad costarricense al ocupar terrenos inadecuados por las amenazas presentes que muy probablemente aumenten en el futuro, y en muchos casos, por manejar mal aguas pluviales y servidas.

En casos de duda, hay que darle preferencia a puentes sobre alcantarillas, especialmente para ríos de cuencas medianas puesto que la capacidad hidráulica de los puentes es mucho mayor. La urbanización aguas arriba y el cambio climático aumentan los picos de los caudales que transportan ríos y quebradas. En otras ocasiones, la creciente deforestación y las lluvias algo más intensas, favorecen deslizamientos que terminan en el cauce y por lo tanto la crecida con mucha frecuencia arrastra muchos troncos y rocas de gran tamaño que se atorán mucho más fácilmente en una alcantarilla que en un puente. Si se decide construir alcantarillas debe protegerse adecuadamente los taludes aguas arriba que eventualmente podrían obstruirlas si se deslizaran.

Deben identificarse tramos de carreteras donde la socavación por efectos de ríos o deslizamiento podría ser posible dadas las experiencias del pasado.

La falta de diseños apropiados, la obsesión y/o necesidad histórica en construir cruces de ríos y quebradas con alcantarillas y no con puentes implica que no se necesitan huracanes o tormentas tropicales extremas para producir daños.

### **2.3 El sistema de transporte**

El sistema de transportes es esencial para garantizar acceso y movilidad a todos los habitantes de una sociedad, pero también a los productos físicos que consumen, compran o venden.

El sistema es muy complejo y está relacionado con los sistemas globales. Por supuesto el sistema vial en Costa Rica es el más importante, pero también son importantes las terminales portuarias y aeroportuarias. También en tierra están los ferrocarriles, los oleoductos, los ferries o transbordadores y los muelles para todos estos sistemas.

Todos ellos tienen actualmente vulnerabilidades importantes y específicas que podrán ser discutidas más adelante. Las vulnerabilidades deben ser evaluadas no solo para los proyectos ya existentes sino para los nuevos o proyectados, entre los que se encuentran el aeropuerto de Palmar Sur, la posible refinería en la ciudad de Limón, la ampliación de la ruta 32 en las llanuras de la provincia de Limón.

#### **a. Infraestructura vial**

La infraestructura vial en Costa Rica tiene grandes limitaciones, no por su extensión que es enorme dado el nivel de desarrollo y tamaño del país, sino por sus deficiencias y vulnerabilidades. Las vulnerabilidades son consecuencia de varios factores importantes: (a) La zona más poblada del país es muy quebrada y/o lluviosa, esto implica muchos ríos y quebradas en las zonas montañosas, además en las zonas planas algunos ríos cambian su curso; (b) los asentamientos humanos están muy dispersos por todo el territorio con densidades sumamente bajas, pero requieren caminos de acceso; (c) los políticos prefirieron extender el sistema a mejorar su calidad; (d) las carreteras fueron diseñadas suponiendo algunos deslizamientos “de estabilización” después de su apertura y (e) las inversiones en transporte han sido insuficientes y no muy efectivas por varias décadas. Ahora, aún con un mejor sistema de mantenimiento, en parte por la vigilancia del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), no son suficientes para arreglar las vías adecuadamente.

El sistema se divide en carreteras nacionales y cantonales. Unas pocas carreteras nacionales tienen carriles separados y/o flujos relativamente significativos de más de 10 mil vehículos diarios. El resto forma parte de la red nacional de accesibilidad con menor demanda (ver los mapas de flujos). La red cantonal complementa la red nacional con flujos viales mucho más pequeños. La excepción es la Gran Área Metropolitana (GAM) donde muchas vías cantonales tienen funciones intrarregionales con flujos significativos.

Por otro lado, mucho del crecimiento urbano de las últimas décadas ha sido disperso, no se integra a las cuadrículas de calles originales y en algunas ocasiones como en Guápiles, Flores pero también Alajuela, se dificulta significativamente la circulación interna y la conectividad general.

En general, en el sistema predomina su estructura radial con centros nacionales y regionales. San José domina con casi todas las carreteras importantes entrando o saliendo del cantón central, y algo similar ocurre con las rutas de buses. Por otro lado, las tres capitales provinciales de la GAM tienen también su sistema radial y muchas ciudades

secundarias importantes sean o no capitales de provincia son centros importantes de vías y rutas de buses. Se pueden mencionar San Isidro del General, Ciudad Quesada, y en menor grado Liberia y Puntarenas.

Una red ideal para dotar de redundancia y alternativas al sistema es una retícula en donde además de las vías radiales, existen otras que no pasan por el centro del país y que brindan posibilidades de interacción entre zonas periféricas sin pasar por el centro. El país ha avanzado algo en ese sentido y es bueno mencionar la costanera central y sur (34) y la vía (4) en el norte. En realidad cualquier vía importante nueva que se construya implicará ahora redundancia.

El sistema tiene dos problemas institucionales muy graves, para empezar es muy difícil expropiar terrenos en Costa Rica. Las carreteras son especialmente vulnerables a los abusos de algunos propietarios porque basta que uno resista la expropiación y todo el proyecto tiene dificultades para concretarse. Muchos proyectos han sido víctimas de esta disfuncionalidad, entre los que se pueden mencionar la carretera 27 a Caldera, la terminación de la vía 39 de circunvalación al norte de la ciudad de San José, la ampliación de la Bernardo Soto a San Ramón, la nueva carretera a San Carlos.

Otro problema institucional muy importante es la invasión generalizada del derecho de vía por parte de grandes y pequeños propietarios. Legalmente las vías son un bien demanial, esto es, la propiedad estatal que nunca caduca, pero tanto el gobierno nacional como las municipalidades no han sido capaces de defender esos derechos. Esto crea serios problemas con las ampliaciones de las vías y puentes cuando además en ese derecho de vía se colocan diversas infraestructuras de transporte de agua, fibra óptica, oleoductos y otros.

Para facilitar el análisis es importante diferenciar tres tipos de vulnerabilidades: (a) la física que es la posibilidad de falla de cada componente o tramo; (b) la sistémica que indica la importancia de la vía que podría fallar porque no existen muchas alternativas a las posibilidades de circulación que provee y (c) la funcional que indica la cantidad de vehículos de diferentes tipos que pueden ser afectados por diferentes períodos de tiempo.

#### **b. Vulnerabilidades físicas importantes del sistema vial**

Las carreteras costarricenses son vulnerables a fenómenos hidrometeorológicos que van a aumentar su frecuencia y magnitud con el cambio climático. Hay dos grandes fenómenos que muestran esa vulnerabilidad (a) cruces de ríos y quebradas que pueden ser por medio de puentes o alcantarillas y (b) deslizamientos sobre la superficie de rodamiento o socavación de la misma, especialmente cuando el método de construcción fue de corte y relleno.

El trabajo reciente del LANAMME-UCR (2013) sobre la red nacional importante en la GAM muestra de forma muy clara cómo evaluar la vulnerabilidad física de diferentes pasos de ríos y quebradas tomando en cuenta: el caudal del río basado en el área tributaria, las características de alineamiento de la alcantarilla con respecto al curso de agua, las características geológicas de las márgenes y el grado de atascamiento de materiales en el acceso o dentro de la alcantarilla.

Trabajos académicos anteriores de la Escuela de Ingeniería Civil dirigidos por el Doctor William Vargas y también por Rosendo Pujol (ver proyecto final de Graduación del Ingeniero Fred Corrales sobre la carretera 32 en su cruce del Parque Nacional Braulio Carrillo) analizaron la vulnerabilidad a deslizamientos de diferentes carreteras del país.

Entre otros aspectos se demostró que la geología de los taludes y la posición de la vía con respecto a la divisoria de aguas son factores importantes. Además, se encontró que las lluvias intensas por unas pocas horas son importantes disparadores de deslizamientos.

El alcance de este trabajo es de largo plazo y de todo el sistema de infraestructura, en cualquier lugar del país por lo que la aproximación debe ser general. Un grave error en gran parte de la infraestructura vial costarricense es que los puentes son demasiado bajos y cortos, debido a que se han construido rellenos de aproximación en uno o ambos extremos. Esta práctica es inconveniente cuando se esperan muchos eventos importantes.

Además, en muchos lugares, incluidas la Ruta 34 o Costanera y la Ruta 36 que lleva a Puerto Viejo de Talamanca, los puentes tienden a ser muy bajos. Finalmente muchas de estas vías se han transformado por ausencia de suficientes alcantarillas en verdaderos diques que impiden que el agua circule libremente en las llanuras de inundación de las zonas costeras de Costa Rica. Como consecuencia de esto, se crean importantes diferencias en los niveles del agua a los lados de la vía, que la debilitan estructuralmente. En algunas ocasiones, el agua se estanca después de un gran evento, porque no puede fluir apropiadamente debido a los diques que en muchas partes se han construido para proteger cultivos agrícolas, lo que facilita la inundación de los poblados tales como, Sixaola de Talamanca, Matina o Filadelfia.

### **c. Factores que aumentan la vulnerabilidad sistémica de la red vial**

La vulnerabilidad sistémica está asociada a la importancia de un componente para el sistema completo. Usualmente cuando en el sistema existen varios componentes o tramos de vía en paralelo, que facilitan la circulación entre un punto A y B esa vulnerabilidad es baja. La importancia topológica del tramo es menor porque existen alternativas. La vulnerabilidad sistémica asociada a un tramo de vía es mayor cuando, ese tramo es importante física y funcionalmente, pero sobre todo cuando no hay alternativas de capacidad similar, al menos en una parte del mismo en el sistema existente. Corregir este tipo de debilidades que son comunes en el sistema vial costarricense es urgente.

El primer elemento importante de cualquier sistema de líneas vitales, y las vías de transportes son uno de ellos, es que cualquier eslabón que falle o se rompa implica la interrupción de ese tramo o componente. La única excepción es cuando ese componente o subcomponente tenga una alternativa de circulación equivalente.

El sistema vial costarricense, especialmente por su carácter radial, tiene muy poca redundancia y muchas veces, cuando existen las vías, estas no son realmente equivalentes, por lo que aunque ayudan a reducir el impacto, su contribución es limitada. Por ejemplo, interrupciones de la vía 32 en el Zurquí genera grandes problemas en la carretera 10 que pasa por Cartago y Turrialba. Cuando se interrumpe la vía 27 se recarga significativamente la interamericana norte de San Ramón a Barranca y/o tramos de la vieja carretera a Atenas y Orotina. El tramo de la carretera 32 entre Guápiles y Limón no tiene prácticamente alternativas.

Algunas que requieren aumentar con urgencia la redundancia son la nueva carretera a Cartago por Tobosi y el anillo norte de Circunvalación. Por otro lado es urgente mejorar otras vías donde es difícil proveer redundancia como la interamericana sur después de Palmar Norte y la vía de Paraíso a Turrialba. En estos casos tiene mucho sentido

umentar la redundancia del sistema vial. En otros casos, es más dudoso por lo que la estrategia debería ser fortalecer la capacidad de los componentes más débiles, sean puentes o tramos de vía para que la probabilidad de falla ante un evento hidrometeorológico disminuya significativamente. Identificar los problemas es esencial para planificar, pero ante una situación de recursos escasos, no es suficiente para evitar futuros problemas.

#### **d. Importancia funcional de una vía**

Los flujos viales son un componente significativo de la importancia funcional de una vía pero no lo explican todo. Igualmente importante es la posición de la vía o partes de la misma donde se encuentra el cruce de río o el tramo vulnerable a deslizamiento o socavación. Entonces la importancia funcional está asociada al impacto efectivo que puede tener una interrupción para las actividades productivas, el comercio exterior o inclusive las actividades diarias en la región metropolitana, porque una interrupción produce un aumento significativo de la duración de los viajes cuyo propósito es ir al trabajo o a una institución educativa. También muy importante en este análisis es la existencia de alternativas equivalentes y aún más la cantidad de kilómetros de la vía alterna. En las zonas urbanas como San José, San Ramón, Liberia, y partes de Alajuela, Heredia y Cartago ayuda mucho a disponer de alternativas cuando hay una interrupción. Sin embargo en los bordes de las viejas ciudades y en los condominios horizontales, especialmente los muy grandes (por ejemplo los mayores a 3 hectáreas) el problema se agrava significativamente.

Por eso, un indicador útil del impacto de la vulnerabilidad funcional de una interrupción de vías específica podría ser el cambio en vehículo-kilómetro de pasajeros para vehículos particulares, el cambio en pasajero-kilómetro adicional para transporte público y la tonelada-Km adicional para vehículos de carga.

También es importante recordar, por ejemplo, que flujos de más de 30 000 vehículos diarios (utilizados como criterio por el LANAMME) solo se presentan dentro de la GAM (ver mapas 1 y 2). Otros criterios a tomar en cuenta son los flujos de vehículos pesados directamente relacionados a la producción o de buses que implican una importancia mayor en la movilidad de la población (ver Mapas 3 y 4).

Los mapas de flujos viales del total de vehículos y de vehículos pesados (de más de tres ejes) muestran realidades muy interesantes.

Para el caso de flujos totales es evidente que la totalidad de los tramos que superan los 25 mil vehículos diarios de flujo total están dentro de la Gran Área Metropolitana (ver mapas 1 y 2). La nueva carretera a Caldera, que no se incluye en el mapa adjunto, muestra en la estación de conteo cerca del Río Grande, aproximadamente en el borde de la GAM, flujos promedio diarios (TPDA) de 16 mil vehículos en el 2012.

Fuera de la GAM los puntos de mayores flujos son los corredores de actividad económica y social, la 32 a la ciudad de Limón, la ruta 1 hasta la frontera de Peñas Blancas, pero especialmente hasta Liberia, la 2 o interamericana sur que llega hasta Paso Canoas y por supuesto la costanera sur o ruta 34. Pero aún más importantes son las vías cercanas a las ciudades intermedias fuera de la GAM como Ciudad Quesada, San Isidro de Pérez Zeledón, Puntarenas, Limón y otros

Para el caso de flujos de vehículos pesados (ver mapas 3 y 4), la GAM también muestra la mayoría de los tramos con mayores flujos, pero la diferencia no es tan grande y la vía

32 a Limón, la Bernardo Soto a San Ramón, y las vías cerca de Barranca muestran volúmenes muy importantes.

Hay que indicar además que por las vías más importantes del sistema nacional circulan muchos buses que transportan la mayoría de los pasajeros kilómetro en Costa Rica. Sin embargo, los buses son mucho más importantes como forma de acceso dentro de la GAM y entre todos los puntos del territorio y San José y cantones adyacentes.

#### **e. Otros tipos de infraestructura de transportes: Puertos y aeropuertos**

El país tiene cuatro terminales internacionales importantes, el aeropuerto Juan Santamaría, el aeropuerto Daniel Oduber Quirós de Liberia, el Puerto de Moín y el Puerto de Caldera, a ellos se les pueden añadir los dos puertos de cruceros en Puntarenas y Limón. No hay señales de problemas de eventos hidrometeorológicos importantes en los aeropuertos pero sí podrían verse afectados los puertos por vientos huracanados o subida del nivel del mar. En cuanto a aeropuertos y aeródromos menos importantes hay algunos que tienen vulnerabilidades, se pueden citar el de la ciudad de Limón que se inunda a veces y el de Puerto Jiménez ocupa al menos parcialmente un humedal.

Además, el nuevo aeropuerto de Palmar Sur fue localizado en una zona que tradicionalmente se inunda por lo que la obra indudablemente, si se construye, tendrá que levantar el nivel del terreno varios metros para garantizar que la pista de aterrizaje no se inunde ante eventos hidrometeorológicos de gran magnitud.

Por supuesto todos los puertos, en particular los de Limón, Puntarenas y Caldera están sujetos a los oleajes fuertes. El último informe del IPPC del 2013, presenta estimaciones de levantamiento del nivel del mar de 30 a 90 centímetros para 2100, pero esto hay que contrastarlo con las estimaciones de levantamiento del territorio costarricense, a consecuencia de terremotos de subducción, a ritmos superiores a 60 centímetros por siglo por lo que en gran parte de la costa el problema no será grave. Sin embargo, en Puntarenas toda la ciudad podría estar seriamente afectada, incluido su muelle y también su planta de tratamiento de agua servidas.

Es importante contrastar las vulnerabilidades ya documentadas con los niveles de elevación del nivel del mar predichos y también monitorear la realidad. Hay que recordar que parte de la costa costarricense se levanta como parte del proceso de subducción, usualmente en saltos concentrados de elevación asociados a terremotos. Hay que evaluar la importancia esperable de este fenómeno en la ciudad de Puntarenas. Por otro lado, cualquier infraestructura nueva de carácter estratégico debería localizarse, siguiendo el principio de precaución, fuera de la punta para protegerla de la combinación de fuerte oleaje y elevación del nivel de las aguas del mar.

### **2.4 Infraestructura para el abastecimiento de agua potable**

El agua es un bien abundante y público en Costa Rica, aunque algunos han intentado privatizarlo, esto facilita significativamente las oportunidades de mejoramiento.

La infraestructura para el abastecimiento de agua potable muestra gran diversidad en sus fuentes, calidad de la infraestructura, sofisticación tecnológica y capacidad institucional. Unas pocas empresas públicas como Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados y la Empresa de Servicios Públicos de Heredia, abastecen a muchas decenas de miles de abonados. Por otro lado, las municipalidades como en Alajuela,

tienen gran importancia. Y en las zonas rurales las ASADAS son con mucho, las grandes proveedoras del servicio.

Desde el punto de vista de las fuentes, una gran parte del país es servido por aguas superficiales como el proyecto Orosí de Acueductos y Alcantarillados, y otros proyectos que abastecen muchos cantones del país dentro y fuera de la GAM (como Puntarenas). Otra fuente importante son los pozos que le sirven tanto al AyA como a la ESPH y a muchas municipalidades para proveer agua cuando no hay disponibilidad de aguas superficiales.

Obviamente la extracción de agua subterránea requiere bombeo lo que a su vez requiere energía eléctrica. Esto implica una importante relación entre los dos sistemas y una vulnerabilidad adicional del suministro de agua en esos sistemas, la que puede ser reducida en parte con políticas de almacenamiento apropiadas para bombear de noche y reducir el costo de la electricidad y protegerse de posibles interrupciones del fluido eléctrico.

Sin embargo, la falta de conectividad entre sistemas y de fuentes en muchos casos es la vulnerabilidad sistémica más importante. AyA tiene un programa de construcción de tanques adicionales y tuberías de interconexión que minimizarán el problema en el Área Metropolitana.

Por mucho tiempo, especialmente en las zonas rurales, la población rechazaba que el agua potable accesible dentro del hogar tuviera un costo importante que debe ser pagado por el usuario. En otros lugares, solo la intervención de ARESEP logró que subieran las tarifas exageradamente bajas. La penuria financiera de las ASADAS, combinada con la falta de conocimiento de muchos de sus responsables implica que en muchos lugares los sistemas se niegan a recibir nuevos clientes, cuando en realidad es una obligación pero que debe ser retribuida adecuadamente para compensar los costos que cada abonado o grupo de abonados implica para el sistema.

## **2.5 Vulnerabilidades del sistema eléctrico al cambio climático y algunas posibles respuestas**

La medida de adaptación más importante en el campo del consumo de electricidad es reducirlo a través de medidas de eficiencia y efectividad. El crecimiento del consumo de electricidad, en los últimos años, ha sido lo suficientemente bajo, como para mostrar que es posible aumentar la efectividad en el uso de la electricidad, especialmente cuando un fuerte aumento de precios, como en 2013, sirve como estímulo adicional.

Si las precipitaciones anuales son fenómenos independientes. La posibilidad de varios años de sequía es una función multiplicativa de la probabilidad de cada año. Por lo tanto, este fenómeno compuesto es menos esperable que una sequía anual.

Existen posibilidades crecientes con el cambio climático de que se repitan situaciones de escasez de lluvias multianuales que reducen la producción de hidroelectricidad y obliga a usar las plantas térmicas. Obviamente, ampliar la capacidad de producción de electricidad de fuentes eólicas, geotérmicas e inclusive solares ayudaría a disminuir la vulnerabilidad.

Sin embargo, el carácter intermitente de la energía eólica y la incapacidad actual de acumular su producción, implica riesgos adicionales para la estabilidad del sistema,

especialmente si se compara con las plantas hidroeléctricas que pueden almacenar agua en embalses grandes. El país debe avanzar en el desarrollo de la geotermia como energía firme y garantizada que le permitiría estabilizar el sistema e inclusive absorber más energía eólica sin mucho problema.

El uso de gas en el sistema eléctrico de Costa Rica no se puede descartar, pero solo en plantas termoeléctricas o sistema de transporte en la costa, puesto que el país no tiene un gasoducto para el transporte de gas natural al Valle Central de manera eficiente.

Hay que recordar que el quemado de gas natural en la producción de electricidad o combustión de motores de vehículos, disminuye las emisiones de CO<sub>2</sub> en aproximadamente un 30%, lo que tendría un efecto positivo en la mitigación y permitiría compensar cualquier problema con la producción hidroeléctrica con menores impactos ambientales. Sin embargo, es muy difícil que los precios del gas natural en EEUU se mantengan tan bajos o que ese gas esté realmente disponible para Costa Rica.

Sin embargo, una gran oportunidad tecnológica es el desarrollo de baterías para el almacenaje de energía eólica o especialmente solar. Si su costo bajara como prevé la Agencia de Energía del gobierno estadounidense (EIA), de los 1000 dólares por KWh actuales a 150 para el año 2023, abriría nuevas posibilidades de utilización más intensiva de esa energía renovable.

En todo caso, para Costa Rica, la combinación de producción hidroeléctrica y geotérmica con eólica y eventualmente el apoyo de alguna energía solar es una solución casi perfecta porque permite utilizar de una manera muy efectiva las energías renovables que tienen un costo marginal cero. Para eso obviamente hay que construir más plantas de producción de electricidad con recursos renovables, pero muchas ya están planeadas.

Es lamentable que el debate sobre el futuro eléctrico del país y su respuesta al cambio climático se haya polarizado. Por un lado, los que promueven grandes exportaciones de energía a Centroamérica, cuando se sabe que muchos de los potenciales proyectos están en parques nacionales y/o territorios indígenas. Los oponentes más extremos se oponen a casi cualquier alternativa de crecimiento del sistema, con el argumento de que su crecimiento será para exportar. La verdad es que comerciar energía por exportación e importación en diferentes momentos del año es una forma muy inteligente de reducir el tamaño máximo del sistema y sus impactos ambientales para un nivel de servicio similar.

El desafío es buscar un medio político justo combinado con un esfuerzo continuo para mejorar la eficiencia en el uso de la electricidad, bajando su consumo por unidad de producto económico. Esto es, continuar y acentuar el desacople del crecimiento del consumo de electricidad, del crecimiento económico. Por otro lado, hay que hacer esfuerzos para generar más autoproducción con energía solar, al menos para el calentamiento de agua en diversos sectores, en particular el hotelero, y en fomentar la producción de energía eólica de una forma diversificada y preferiblemente cerca de los concentraciones geográficas de consumo para evitar los graves inconvenientes como los que se presentan en este momento en Alemania y España. Por supuesto el desarrollo tecnológico del almacenaje de electricidad favorecería enormemente este esfuerzo. Menos sentido tiene el intentar producir electricidad de los desechos sólidos municipales por su alto costo y porque compite con todos los esfuerzos de reciclaje que el país ha construido por varias décadas y fue codificado en la nueva Ley de Manejo de Residuos Sólidos.

## 2.6 El caso de los asentamientos humanos

Los asentamientos humanos albergan personas y sus actividades productivas, sociales y de recreación. Hay muchas vulnerabilidades dentro de los asentamientos humanos en zonas, relativamente pequeñas en la mayoría de los casos vulnerables a inundaciones o deslizamiento.

Los asentamientos humanos tienen vulnerabilidades especiales en su propio territorio debido a las características de los sitios en que se localizan. Parte o la totalidad del asentamiento puede ser vulnerable a deslizamientos o inundaciones o inclusive a fuego propagado de la zona cercana después de un incendio.

En el caso costarricense, las inundaciones, los deslizamientos y el socavamiento de rellenos artificiales mal compactados son las situaciones más importantes.

Dentro de los asentamientos humanos hay vulnerabilidades específicas en barrios concretos, pero también mal manejo de las aguas pluviales que producen inundaciones locales, muy comunes en Costa Rica y muy serias en pueblos y ciudades como Paso Canoas y Alajuela, por falta de un alcantarillado pluvial adecuado, lo que se detalla en algunas fichas más adelante en este documento.

Pero además, cualquiera que sea la forma de la amenaza, hay infraestructura social o productiva que puede ser afectada; en ellos se encuentran, escuelas, colegios, EBAS, centros de salud y muchos otros. Existen pocos estudios de las vulnerabilidades concretas en cada caso y falta mucho por hacer para crear las priorizaciones necesarias y urgentes. Un ejemplo de lo que se debe hacer es el estudio de vulnerabilidad de las alcantarillas en la GAM realizado por el LANAMME de la UCR.

Hay que indicar que el promover edificios altos dependientes de ascensores, bombas para elevar el agua potable y aire acondicionado aumentan significativamente la dependencia de tecnologías que consumen electricidad cuya alimentación exterior podrían fallar en cualquier momento, obsérvese las consecuencias del terremoto de Fukushima (11 de marzo del 2011) y de los apagones de Buenos Aires (2013).

Otro peligro muy importante es asumir que la población, que creció al 1% al año en el período inter censal 2000-2011, va aumentar mucho más en los próximos años, como hacen muchos promotores inmobiliarios para lograr que se liberalice el crecimiento de las ciudades y en particular de la GAM en todas las direcciones.

Sin embargo, eso no es todo. Tanto personas como empresas e instituciones requieren los servicios que proveen las redes de infraestructura (bienes transportados, electricidad, agua, telecomunicaciones). Esas necesidades son servidas por redes que mayoritariamente no están propiamente en los asentamientos humanos, como redes viales y de agua potable que se discuten en otras partes de este documento.

Pero para una comunidad es esencial proteger infraestructura fuera del asentamiento que le brinda servicios vitales como una fuente de agua, especialmente cuando carece de redundancia.

### **a. Aumentar la resiliencia de pueblos y ciudades**

Se define resiliencia como la capacidad de cualquier sistema natural o humano de recuperarse ante la adversidad, e inclusive mejorar su estado después de la recuperación. La adaptación a los impactos del cambio climático en sus diversas formas incluye el reducir los impactos del mismo tanto como se pueda en cada caso específico. Una parte esencial de disminuir las consecuencias del impacto es disminuir las vulnerabilidades de largo plazo y la resiliencia es un concepto fundamental en esa estrategia. Resiliencia ante el cambio climático en pueblos y ciudades es lograr que los fenómenos asociados no logren afectar significativamente las posibilidades de mejoramiento de la calidad de vida y posibilidades de producir bienes y servicios en el mediano y largo plazo. Es inevitable que cualquier fenómeno natural extremo produzca daños a la economía y la sociedad, sin embargo, resiliencia es que la recuperación permita mejorar significativamente la infraestructura y las capacidades de producir y de promover que los siguientes eventos hidrometeorológicos extremos produzcan impactos menores cuando vuelvan a ocurrir en el futuro.

La construcción, ampliación y mejoramiento de alcantarillados pluviales es un elemento central de cualquier estrategia de adaptación al cambio climático. Igualmente importante es mejorar el mantenimiento de los existentes. Los problemas en los alcantarillados pluviales son la causa de muchas de las inundaciones urbanas en Costa Rica.

También es muy importante que los nuevos proyectos de construcción, tanto dentro como en los bordes de pueblos y ciudades no amplíen los problemas de picos de flujo de aguas. Esto se logra creando en cada urbanización u obra industrial o comercial importante, tanques que almacenen temporalmente los picos de la lluvia. Por lo tanto, el reglamento de construcciones y otras herramientas del ordenamiento territorial pueden ser muy efectivos, si se hacen cumplir efectivamente, para minimizar los problemas de largo plazo y adaptarse mejor a los eventos extremos del futuro.

### **b. Infraestructura urbana**

En este trabajo se decidió tratar específicamente y de manera separada las infraestructuras más importantes como son: transporte, agua potable y electricidad (evaluada en otro trabajo y que se comentó brevemente). Se presenta también más adelante un anexo sobre las vulnerabilidades a inundaciones de las escuelas y colegios en algunas zonas de Costa Rica. El resto de los sistemas de infraestructura se agrupó como infraestructura dentro de los asentamientos humanos más grandes e importantes.

En Costa Rica las principales amenazas son las lluvias intensas, asociadas a inundaciones y deslizamientos, las sequías que producen problemas de abastecimiento de agua potable, disminución de la producción hidroeléctrica, y también aumentar la vulnerabilidad a incendios provocados por seres humanos.

Más específicamente, hay comunidades sujetas a potenciales inundaciones rápidas o lentas. Hay lugares dentro de las ciudades propensos tanto a inundaciones como a deslizamientos, pero también hay ciudades completas amenazadas usualmente por inundaciones lentas como Parrita, Matina, Filadelfia y algunas otras. Algunas pocas como Ciudad Neilly e inclusive San Isidro de Pérez Zeledón o partes de Guápiles podrían sufrir inundaciones rápidas bastante destructivas. También Turrialba puede sufrir sobre todo por socavación de los márgenes del río que cruza la ciudad, pueblos y comunidades al este de la ciudad de Cartago son también vulnerables a inundaciones rápidas.

Muchos asentamientos humanos de Costa Rica carecen de alcantarillado pluvial, lo que produce inundaciones locales, en muchos otros casos la capacidad del mismo es limitado o está parcialmente bloqueado por desechos sólidos o por puentes urbanos demasiado cortos y bajos. Cualquier aumento en la escorrentía produciría problemas adicionales a menos que se solucionen los cuellos de botella existentes o previstos.

Dentro de las ciudades hay diversas instalaciones como escuelas, colegios y EBAIS que en ocasiones están muy cerca de ríos y quebradas o son propensas a socavación y deslizamientos. Para definir con precisión esta realidad se necesitan estudios específicos que requieren análisis mucho más detallados.

En unos pocos casos como Puntarenas o San Isidro de Pérez Zeledón, hay plantas de tratamiento de aguas servidas que podrían verse afectadas por inundación de la planta o por exceso de caudal llegando a la misma, lo que impediría que funcione apropiadamente. Este caso podría repetirse en muchos hoteles de la costa cuando la topografía es plana y hay probabilidades de aumentos significativos del oleaje.

ProDUS-UCR ha realizado algunas estimaciones usando como referencia las zonas de inundación lenta de la CNE y los mapas de localización de escuelas y colegios. Además se cruzó esa información con las declaraciones de vulnerabilidad indicada por los directores de las instituciones educativas (ver anexo y sus mapas correspondientes).

En general, las reglas de evaluación de las amenazas de inundación deben ser inicialmente heurísticas y concentradas en la localización de cada asentamiento o parte de una ciudad. Las características relevantes más importantes son:

- Pendiente predominante del terreno
- Intensidad de la precipitación mensual máxima así como horaria y diaria máxima
- Grado de impermeabilización del asentamiento
- Existencia y capacidad del alcantarillado pluvial
- Velocidades estimadas en inundación rápidas del pasado con base en los daños causados por las mismas
- Profundidad de la inundación en diferentes lugares del poblado, esto es importante tanto para inundaciones rápidas como lentas
- Duración de la inundación porque facilita la propagación de vectores (mosquitos) transmisores de enfermedades

## **2.7 Vulnerabilidades sociales**

Las vulnerabilidades físicas se interrelacionan en muchos casos con vulnerabilidades sociales. Los pobres ocupan en muchos lugares los sitios más amenazados por inundaciones y deslizamientos. Los agricultores dependen mucho más de las variabilidades de la naturaleza, y en particular de la ausencia de lluvia. En general, todas las personas de bajos recursos casi no disponen de reservas de agua o de alimentos.

La falta de recursos lleva a las personas más pobres a ocupar lugares más amenazados pero además la falta de conocimiento sobre las especificidades de las amenazas y de dinero para construir apropiadamente, implica un mal manejo de las aguas servidas y pluviales en zonas de altas pendientes, que provocan deslizamientos posteriores.

Otro punto importante es que en muchas ocasiones el Estado costarricense ha desplazado a las familias que ocupaban los márgenes e inclusive el cauce de los ríos, reubicándolas en lugares más seguros, pero poco tiempo después otras personas y familias ocupan de nuevo los lugares amenazados. Es por lo tanto esencial darle a esos espacios, un uso alternativo, usualmente recreación y/o restauración ambiental como reforestación.

Adicionalmente, y tal vez lo más importante, los eventos extremos pueden ocasionar en las familias de más escasos recursos económicos un golpe financiero y psicológico tal que debilitan permanentemente su capacidad de recuperarse, o sea su resiliencia. Por eso, además de las razones éticas y morales es tan importante apoyarlos en los momentos críticos para evitar que sean abrumados por las situaciones de desastre y que puedan mantener su resiliencia personal y familiar.

### **3 POLITICAS DE ADAPTACIÓN**

#### **La importancia del análisis marginal de largo plazo de las medidas de adaptación**

Es importante evaluar los beneficios y costos de las actividades de adaptación y mitigación que diferentes sectores proponen, muchas veces para proteger o compensar pérdidas individuales. En muchas ocasiones, diferentes actores ocupan lugares que se conoce, debido a la sabiduría popular colectiva adquirida por muchas personas al vivir mucho tiempo en un lugar, que son vulnerables a inundaciones y deslizamientos. El cambio climático solo amplifica la frecuencia y magnitud de los eventos extremos, pero en la mayoría de los casos no es una realidad totalmente nueva. Por lo tanto, es importante aprovechar los grandes eventos para “corregir” los abusos de los “vivazos”.

Específicamente, es esencial hacer análisis marginal de todas las propuestas que algunos hacen inmediatamente después de cada evento o de las grandes flexibilizaciones que algunos piden para poder enfrentar esos problemas. Muchos de los diques que se han construido en Costa Rica no mejoran realmente a la sociedad sino a alguna empresa agropecuaria y perjudican efectivamente a los pueblos cercanos, esto es cierto tanto en Matina como en Filadelfia.

Otros afirman que es más sostenible autorizar edificios de grandes alturas e inclusive imponérselos a los diferentes cantones de la GAM (Plan GAM, 2013). Renunciar a planificar y a poner límites de altura no ayuda realmente a mejorar la sostenibilidad de las ciudades y provocan otros inconvenientes a las personas que viven cerca de esos lugares y a los que se les cambian por completo las reglas del suelo, de privacidad, luz, tráfico y carácter de los lugares donde construyeron sus viviendas.

Por lo tanto, es esencial que cualquier propuesta que diga que ayudará a la adaptación o a la mitigación deba contestar a las siguientes preguntas antes de ponerse en práctica:

- ¿Cuánto costarían las diferentes medidas de adaptación o mitigación que se proponen?
- ¿Qué tan efectivas serían? ¿Cuáles son sus costos y beneficios marginales?
- ¿Cuánto cambian las emisiones por metro cuadrado de construcción cuando aumentan el número de pisos?
- ¿Cómo se miden vulnerabilidades? ¿Cómo reducir las vulnerabilidades en cada caso?

## **4 POLÍTICAS DE SOLUCIÓN**

### **4.1 Ordenamiento territorial como herramienta para disminuir vulnerabilidades a largo plazo**

El trabajo de Ordenamiento Territorial y Amenazas Naturales de Rosendo Pujol, publicado en el libro de PREVENTEC, es un documento apropiado para este tema. Hay que resaltar que el ordenamiento territorial bien hecho puede ayudar muchísimo a reducir las vulnerabilidades a un costo mucho más razonable que las soluciones estructurales de intervención física que muchas veces son inapropiadas, insuficientes, degradables y en ocasiones aumentan el riesgo para algunas zonas en el futuro.

No siempre es posible utilizar ordenamiento territorial como herramienta de política pública, hay muchas razones para esto. La primera y más importante es que el ordenamiento territorial es combatido ferozmente por algunos propietarios de tierras y promotores inmobiliarios que “tienen sus planes” sobre determinadas áreas de las ciudades y del territorio. En numerosos lugares del país es posible encontrar personas que asumen que la ciencia no tiene nada que aportar y que ponen sus intereses económicos por encima de todo lo demás. Por supuesto la falta de penalización a sus actividades implica que ellos combaten el ordenamiento territorial y el conocimiento subyacente mientras puedan y construyen proyectos que desafían las mejores prácticas y el sentido de precaución. Una vez que logran vender sus productos no hablan más del asunto dado que transfirieron la vulnerabilidad de un determinado sitio a sus compradores.

### **4.2 Costos y oportunidades económicas**

Cualquier sistema de infraestructura que sufra daños requiere ser reparado tan pronto sea posible. Sin embargo, si los daños implican una suspensión de servicio muy grave eso conducirá a una incapacidad para prestar el servicio para el que fue creado. Esta interrupción del servicio afectará a muchas personas y empresas y por lo tanto implicará pérdidas directas e indirectas en esas empresas y en particular incapacidad de funcionar de manera normal. Esta realidad se denomina “lucro cesante”.

Los sistemas de redes bien diseñados tienen suficiente redundancia o alternativas de enlaces, fuentes e instalaciones de control y de transferencia del producto que transportan que son capaces de seguir funcionando cuando uno o varios enlaces dejan de funcionar. Esta redundancia es el elemento base e indispensable de la resiliencia, pero esta significa mucho más. Es necesario que exista una capacidad institucional, social y económica de seguir rápidamente funcionando después del evento, pero además continuar operando igual o mejor en el corto plazo.

Algunos de los sistemas de infraestructura costarricense, en particular el vial y el de agua potable, carecen de redundancia y muchos no tienen suficiente resiliencia. Este no es un problema nuevo, es un problema viejo no resuelto, que se va a agravar con el cambio climático pero que adquiere más urgencia puesto que se sabe que probablemente los eventos extremos ocurran con mayor frecuencia y/o serán de mayor magnitud. Por lo tanto, intervenir ahora es más efectivo y rentable siempre y cuando se tomen las precauciones para que las medidas estructurales y no estructurales de aumento de la resiliencia sean suficientemente conservadoras para cubrir eventos mucho más grandes y

poco frecuentes hasta el pasado reciente. El proceso de cálculo tiene grandes incertidumbres, por lo que es obviamente necesario seguir investigando y acumulando información sobre la variabilidad climática pero también tener un sentido más crítico sobre qué se debe proteger y qué se debe abandonar porque no es realista protegerlo.

Este tipo de problemas requieren un análisis de ciclo del producto de los sistemas de infraestructura, que incluyan las externalidades de momentos de falla. El análisis del ciclo de producto es por definición un análisis de largo plazo que involucra externalidades de diversos tipos que son esenciales en los sistemas de infraestructura aunque los diferentes actores en muchas ocasiones prefieren que no se contabilicen.

Una forma financiera de evitar riesgos catastróficos para una familia o empresa es asegurarse con una compañía de seguros que a su vez usualmente se reasegura. Esto es un método muy apropiado cuando los riesgos son muy altos y muy infrecuentes. Asegurarse, muy difícilmente reducirá las pérdidas para el conjunto de la sociedad, puesto que aunque el reaseguro sea internacional, cualquier pérdida más alta implicará primas más altas en el futuro. Una estrategia esencial y que al menos debe ser complementaria es hacer esfuerzos significativos para reducir el riesgo de las amenazas naturales.

Una práctica que se ha usado en Estados Unidos es que el gobierno federal ha pagado un seguro por inundaciones a muchos propietarios por mucho tiempo. A consecuencia de esta generosidad, muchas más viviendas se construyeron en lugares sujetos a grandes amenazas y los costos para el gobierno de EEUU aumentaron exponencialmente. Recientemente ha tratado de suspender ese seguro, pero esto ha generado grandes conflictos con propietarios que construyeron confiando en que si tenían pérdidas el gobierno las asumiría.

Alguna lección es que el seguro garantizado en cualquier sitio, como en alguna ocasión se le exigió al INS, es una mala política que estimula el comportamiento irresponsable de propietarios de tierra que edifican donde no deben.

Es urgente definir mapas de inundación extrema, restringir las construcciones en los sitios muy vulnerables y compensar a posteriori a los que están en sitios en los que no se preveía un daño.

### **4.3 Opciones de adaptación**

Este análisis permite hacer numerosas recomendaciones en torno a una diversidad de temas. Hay que recordar que son importantes: los plazos de las acciones, las vulnerabilidades sociales, así como el nivel de conocimiento y capacidad institucional de reacción en cada sistema y localidad. Entre los temas importantes están:

- Crear métodos para identificar y corregir las vulnerabilidades físicas de los sistemas de infraestructura y los asentamientos humanos.
- Generalizar el conocimiento entre actores locales para que sean verdaderos “fiscales territoriales” que vigilan los cambios en los sistemas naturales, ya sean causados por los seres humanos o por las variabilidades temporales esperables en todos los sistemas.

- Aumentar el conocimiento sobre el cambio climático y sus impactos en las diferentes zonas del país.
- Clarificar las particularidades de Costa Rica que definen el vector de amenazas específico para cada región y subregión.

Cualquier construcción de diques no sólo debe estar fundamentada en la vulnerabilidad actual de una comunidad específica sino en la posibilidad real de que en el largo plazo se pueda reducir significativamente esa vulnerabilidad.

Es necesario prepararse para que cada evento y cada componente de infraestructura dañado, se conviertan en una oportunidad de mejorar la resiliencia de los sistemas y de los poblados y ciudades ante eventos hidrometeorológicos de gran magnitud. Esto también se puede llamar planificación contingente para sistemas de infraestructura

Hay que buscar sinergismos entre las tareas tradicionales de la sociedad costarricense y el cambio climático

- Enfrentar amenazas naturales
- Avanzar en reducir la pobreza y la desigualdad, invirtiendo en las comunidades más vulnerables que están sometidas a un círculo vicioso de vulnerabilidad y pobreza acentuada por los amenazas hidrometeorológicas
- Mejoramiento paulatino de la infraestructura
- Reducir los problemas de inundaciones en la ciudades
- Cambios en las actividades productivas
- Reacomodo de la población hacia zonas más seguras

No es bueno fomentar el pánico ni a las excusas, sobre el cambio climático. Si es muy importante mejorar la calidad del diseño y la construcción de infraestructura. Hay grandes oportunidades de mejorar.

No es tampoco conveniente construir infraestructura de protección que tiene poca garantía de ser suficiente en el futuro relativamente próximo debido a la variabilidad climática cualquiera que sea su causa.

El ordenamiento territorial es una herramienta poderosa y efectiva para evitar aumentar las vulnerabilidades de un asentamiento humano, y para ayudar a corregir si va acompañado de inversiones a veces muy costosas para fortalecer la resiliencia o capacidad de respuesta y recuperación ante eventos extremos en los asentamientos y zonas ya ocupadas.

Si la precipitación se concentra en unos pocos eventos con gran escorrentía, la infiltración total podría disminuir y el abastecimiento de agua volverse menos estable, esto es, disminuir el caudal base que fluye en la época seca. Esta realidad podría obligar a tener tanques o depósitos más grandes, aunque esto probablemente no sea suficiente y haya que depender de agua subterránea más profunda que implica más consumo de electricidad.

Es necesario aprovechar cualquier estudio de vulnerabilidades de la red vial como el terminado recientemente por el LANAMME como guía de intervención para aumentar la resiliencia de los sistemas de infraestructura. Los planes de acción deben ser renovados

continuamente a medida que se resuelven los problemas más graves, se conozca más sobre las vulnerabilidades mediante investigaciones específicas y se incorporen nuevos análisis sobre las variabilidades territoriales de las amenazas hidrometeorológicas.

Es urgente mejorar los sistemas de captura de datos, fortaleciendo y mejorando las redes de estaciones meteorológicas, así como las mediciones de caudales.

Es urgente, y la CNE debería financiarlos, hacer estudios de las amenazas hidrometeorológicas en lugares críticos de Costa Rica. Además es urgente estudiar cómo un mejor ordenamiento territorial podría disminuir las vulnerabilidades.

Es necesario fortalecer la capacidad de respuesta de las comunidades localizadas en zonas de amenazas de inundaciones y deslizamientos. En algunos casos será necesario el reasentarlos en lugares más seguros y utilizar los terrenos que se evacuan como áreas recreativas de baja inversión en infraestructura.

Finalmente, privatizar la zona marítimo costera como proponen algunos proyectos de ley de manera directa o indirecta, es automáticamente, aumentar la vulnerabilidad a las amenazas naturales en una parte importante de la costa. No se debe destruir lo que la sociedad costarricense construyó en el pasado.

#### **4.4 Algunos objetivos e indicadores importantes**

Enfrentar cualquier desafío de carácter colectivo implica la necesidad de medir tanto la situación actual como la evolución de la realidad, de los esfuerzos realizados y de los resultados obtenidos. Para esto, se crea una métrica o un conjunto de indicadores que pueden ayudar a describir, analizar y encontrar soluciones.

La adaptación al cambio climático de la infraestructura incluye una diversidad de objetivos que requieren de métodos de medición de los indicadores. Entre los objetivos más importantes están:

##### **Objetivos de carácter general**

- Aumentar la eficacia con que se usan insumos importantes como electricidad, agua y combustibles
- Disminuir el número de kilómetros-tonelada por unidad de producto interno bruto
- Bajar el consumo de agua per cápita
- Bajar el uso de agua por unidad de producto industrial
- Bajar el consumo eléctrico y de combustibles fósiles por unidad de producto industrial
- Bajar el consumo de agua y electricidad por habitación en el sector hotelero

##### **Objetivos en el sistema de transporte**

- Disminuir el número de horas de interrupción de vías por deslizamientos, socavación o falla de puentes o alcantarillas
- Disminuir el número de vehículos-hora de interrupción en diversos tipos de carreteras nacionales. Podría crearse un indicador separado para interrupciones durante el día
- Disminuir el número de toneladas-kilómetro adicionales debido a la interrupción de vías

### **Indicadores del sistema de transporte**

- Gastos anuales en reparación de vías por eventos hidrometeorológicos
- Kilómetros de vías donde se construyeron cunetas
- Aumento en pasajeros-kilómetro en vehículos particulares
- Aumento de pasajeros-kilómetro para transporte público
- Aumento de tonelada-Km para vehículos de carga.

### **En el impacto de las inundaciones en los asentamientos humanos**

- Número de viviendas construidas en zonas de inundación oficiales
- Viviendas inundadas durante el año
- Kilómetros cuadrados evaluados y total de viviendas que asientan para determinar mediante modelos hidrológicos su vulnerabilidad a inundaciones
- Número de personas y personas-día evacuadas en zonas de inundación

### **En el suministro de agua potable**

- Horas-abonado (dividido en residencial, comercial, industrial) de interrupción de servicio de abastecimiento de agua potable debido a fenómenos hidrometeorológicos (sequía o rompimiento de tuberías y necesidad de limpieza en los tanques)
- Horas-volumen de agua de la interrupción que valora el mayor impacto sobre clientes muy importantes

### **Impacto social de los eventos hidrometeorológicos**

- Días de trabajo perdidos debido a las inundaciones
- Morbilidad adicional atribuible a los diferentes eventos

### **Impacto económico de los eventos hidrometeorológicos**

- Costos de atención de la emergencia
- Costos de reposición de viviendas, infraestructura
- Pérdidas de cultivos

### **Avance en medidas correctivas**

- Número de puentes cuyas dimensiones, altura y longitud fueron adaptadas a las condiciones del río que cruzan
- Número de vehículos que cruzan los puentes o alcantarillas intervenidos para adaptarse mejor a caudales extremos de los ríos que cruzan

En la mayoría de los casos, estos indicadores deben ser obtenidos de manera desagregada geográficamente para poder comparar el nivel de las amenazas, las vulnerabilidades y los resultados de los esfuerzos para diferentes lugares del país.

## **4.5 Debilidades importantes**

La sociedad costarricense ha adquirido, a lo largo de los años, grandes capacidades para enfrentar emergencias de diversos tipos e inclusive recuperar físicamente infraestructura en un corto plazo, como lo mostró con la recuperación del acceso de la vía en el río Seco en Guanacaste (carretera 2 o interamericana norte) o con el relleno de aproximación al

punto del Río Parismina en la carretera 32 durante el 2013. A esto hay que sumarle decenas de puentes reconstruidos o mejor dicho repetidos por la CNE sobre muchos ríos y quebradas en todo el país.

Sin embargo, recuperar la infraestructura en una condición muy parecida a la que fue destruida no aumenta la resiliencia de los sistemas, especialmente si sabemos que muy probablemente los eventos extremos serán más graves y/o más frecuentes.

Obviamente, para poder hacer que esas intervenciones aumenten la resiliencia de los sistemas de infraestructura es necesario conocer bien la estructura y formas de funcionar de esos sistemas, por ejemplo los flujos de vehículos livianos y pesados en cada enlace de la red y también entender como la amenaza en cada punto vulnerable aumentó o podría aumentar en el futuro.

Aquí hay que diferenciar cuatro aspectos: (a) los errores cometidos cuando se construyó la infraestructura, que son muy comunes en la red vial por negligencia o ausencia de análisis hidrológicos y geológicos adecuados; (b) el aumento de la amenaza por cambios en el uso del suelo debido a procesos de urbanización en los asentamientos humanos más importantes, o por deforestación en las cuencas cuyos ríos atraviesan la infraestructura, (c) falta de mantenimiento de la alcantarilla, que en ocasiones se taponea, pero también de los taludes de la vía o de los márgenes del curso de agua especialmente aguas arriba de la misma y (d) el aumento de la amenaza debido a eventos hidrometeorológicos más intensos.

La disponibilidad de enfrentar simultáneamente los cuatro problemas es lo que representa la oportunidad de mejorar significativamente una vez que se decida a intervenir. Por cierto este análisis también se aplica al fenómeno de deslizamientos en la red vial (entrevista al Dr. William Vargas de la Escuela de Ingeniería Civil de la UCR incluida en este informe).

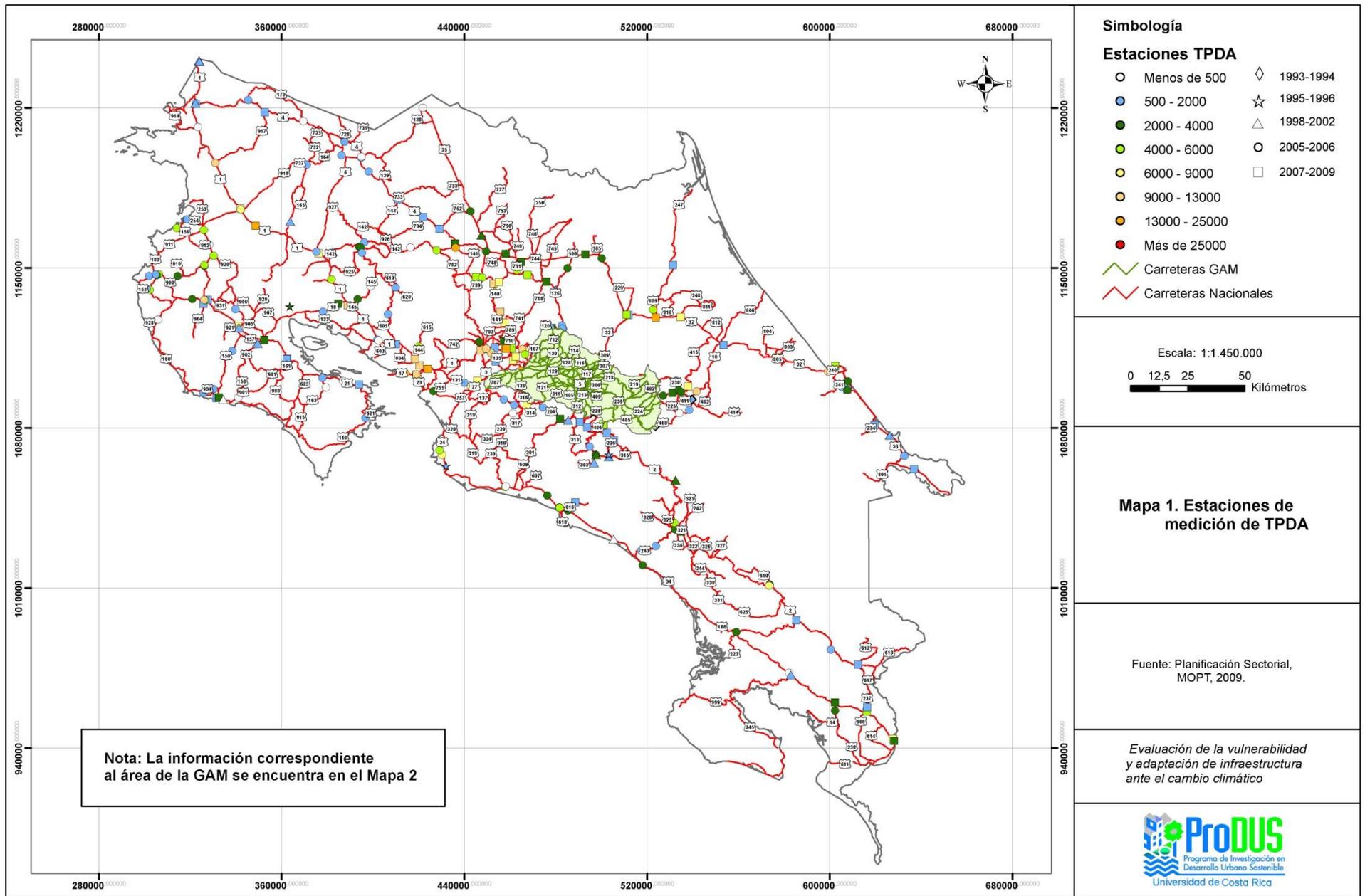
En este tema, la sociedad costarricense se enfrenta a un serio dilema que muchas veces se discute de forma superficial. Se sabe que hay enormes deficiencias heredadas del pasado que requieren resolverse. No se tiene ni dinero ni capacidad institucional para enfrentarlas todas al mismo tiempo, pero ¿qué hacer? En el caso de la infraestructura, obviamente hay que priorizar los casos más urgentes, después de análisis sistemático de la vulnerabilidad a eventos naturales y antrópicos de varios tipos, no solo hidrometeorológicos. En la medida de lo posible actuar con ritmos más rápidos sobre estos, pero simultáneamente y con igual importancia hay que tener la capacidad de enfrentar emergencias en puntos que no fueron identificados como muy urgentes pero que sin embargo pueden tener mucha importancia. El proceso requiere análisis estadísticos bayesianos que permitan actualizar los diferenciales de vulnerabilidad y de amenaza para diferentes componentes del sistema de infraestructura.

En el campo del ordenamiento territorial, el Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible ha utilizado desde hace varios años y en numerosas ocasiones el concepto de “planificación contingente”. Este proceso consiste en que si no hay fondos o voluntad política de las autoridades, y si la hubiera, los habitantes de zonas peligrosas no aceptan ser desplazados, entonces se crea un sistema de alerta temprana si el fenómeno es muy peligroso, pero lo más importante se planifica un uso alternativo para el lugar, al mismo tiempo que un reasentamiento de los desplazados a un lugar más seguro. Esto es importante tenerlo claro puesto que los seres humanos son capaces de asumir por su cuenta enormes riesgos, aunque protesten fuertemente cualquier riesgo impuesto por otros o no comunicado adecuadamente con suficiente claridad.

## 5 CONCLUSIONES

- El cambio climático plantea nuevos retos a la sociedad costarricense y a la gestión de sus sistemas de infraestructura y sistemas urbanos específicamente.
- Las magnitudes específicas de las amenazas no pueden conocerse en parte por la incertidumbre inherente a todo conocimiento científico y a los modelos para desarrollarlos, pero también en un alto grado por la falta de series de datos suficientemente largos de fenómenos hidrometeorológicos y otros fenómenos asociados a los mismos.
- El cambio climático aumenta la variabilidad de los fenómenos hidrometeorológicos y crea nuevas amenazas que eran casi inexistentes en muchos lugares porque los fenómenos tenían características muy poco significativas en el pasado.
- La manifestación del cambio climático crea impactos y amenazas que no son geográficamente uniformes. Las inundaciones rápidas y deslizamientos afectan y afectarán áreas relativamente pequeñas. Las llenas o inundaciones lentas así como las sequías pueden afectar áreas mucho más grandes, relativamente locales o regionales.
- Sin embargo, muchos de los sistemas de infraestructura son redes que pueden cruzar zonas vulnerables, romperse y afectar a todos los que dependen de los flujos transportados por la red.
- En otros casos son nodos, como por ejemplo una captación de agua potable que puede encontrarse en un sitio específico muy vulnerable pero que impactan un área mucho mayor con la interrupción del servicio.
- Por lo tanto, aunque el cambio climático es un fenómeno global, las medidas de adaptación son fundamentalmente locales y regionales.
- El ordenamiento territorial ayuda mucho a disminuir la vulnerabilidad de la infraestructura, pero desgraciadamente en numerosos casos los intereses individuales y la ignorancia llevan a decisiones inadecuadas.
- Los sistemas de infraestructura son esenciales para el funcionamiento de una sociedad y en particular de sus asentamientos humanos más importantes. Su importancia requiere que sean funcionales inclusive después de cualquier evento extremo.
- La gran necesidad de infraestructura en muchas zonas de Costa Rica abre una enorme oportunidad de reconsiderar como mejorar su diseño, aumentando el sentido de precaución que debe prevalecer en cualquier obra de ingeniería.
- Es de gran importancia que después de cada evento, todos los componente de infraestructura dañados o que fallaron funcionalmente se conviertan en oportunidades de mejorar la resiliencia de los sistemas y de los poblados y ciudades ante eventos hidrometeorológicos de gran magnitud. También se debe estar listos para ocupar con nuevos usos terrenos que sean afectados por los eventos en un proceso de “planificación contingente” ante una amenaza que se conoce pero para la cual no es posible eliminar antes las construcciones existentes.

- En la mayoría de los casos el desafío de la infraestructura de transportes en Costa Rica en la próxima década no es construir más sino mejor, arreglando lo que ya existe, en algunos casos ampliando la capacidad pero sobre todo mejorando significativamente la calidad.
- La importancia de la adaptación inteligente que mejora las condiciones cada vez que pasa algún desastre. La planificación contingente requiere de conocimiento elemental de la amenaza de manera previa y diseño de soluciones y tal vez algunas medidas de implementación temporal antes que se defina todo lo demás.
- No existe suficiente monitoreo de los impactos de los eventos hidrometeorológicos ni tampoco de las vulnerabilidades que tienen muchas comunidades ante los mismos. Es necesario investigar más para determinar prioridades de intervenciones.
- Existen diversas formas de intervención que pueden disminuir las vulnerabilidades sociales y estas deben ponerse en práctica simultáneamente en prácticamente todos los lugares mientras continúan los esfuerzos de determinar diferenciales de vulnerabilidad.
- Costa Rica necesita que las obras de infraestructura vial y urbana se hagan bien la primera vez aunque se hagan menos, los parches ya no son suficientes. Es necesario aplicar análisis de ciclo del producto que fácilmente probaría que mejor capacidad y calidad del producto bajaría significativamente los costos a lo largo de la vida útil de cualquier obra.
- Es de gran importancia crear un programa nacional de Monitoreo de las vulnerabilidades que tienen los sistemas de infraestructura ante los fenómenos de inundaciones, sequías, deslizamientos y levantamiento del nivel del mar que podrían agravarse con el cambio climático.



**Simbología**

**Estaciones TPDA**

- |                         |             |
|-------------------------|-------------|
| ○ Menos de 500          | ◇ 1993-1994 |
| ● 500 - 2000            | ☆ 1995-1996 |
| ● 2000 - 4000           | △ 1998-2002 |
| ● 4000 - 6000           | ○ 2005-2006 |
| ● 6000 - 9000           | □ 2007-2009 |
| ● 9000 - 13000          |             |
| ● 13000 - 25000         |             |
| ● Más de 25000          |             |
| — Carreteras GAM        |             |
| — Carreteras Nacionales |             |

Escala: 1:1.450.000

0 12,5 25 50 Kilómetros

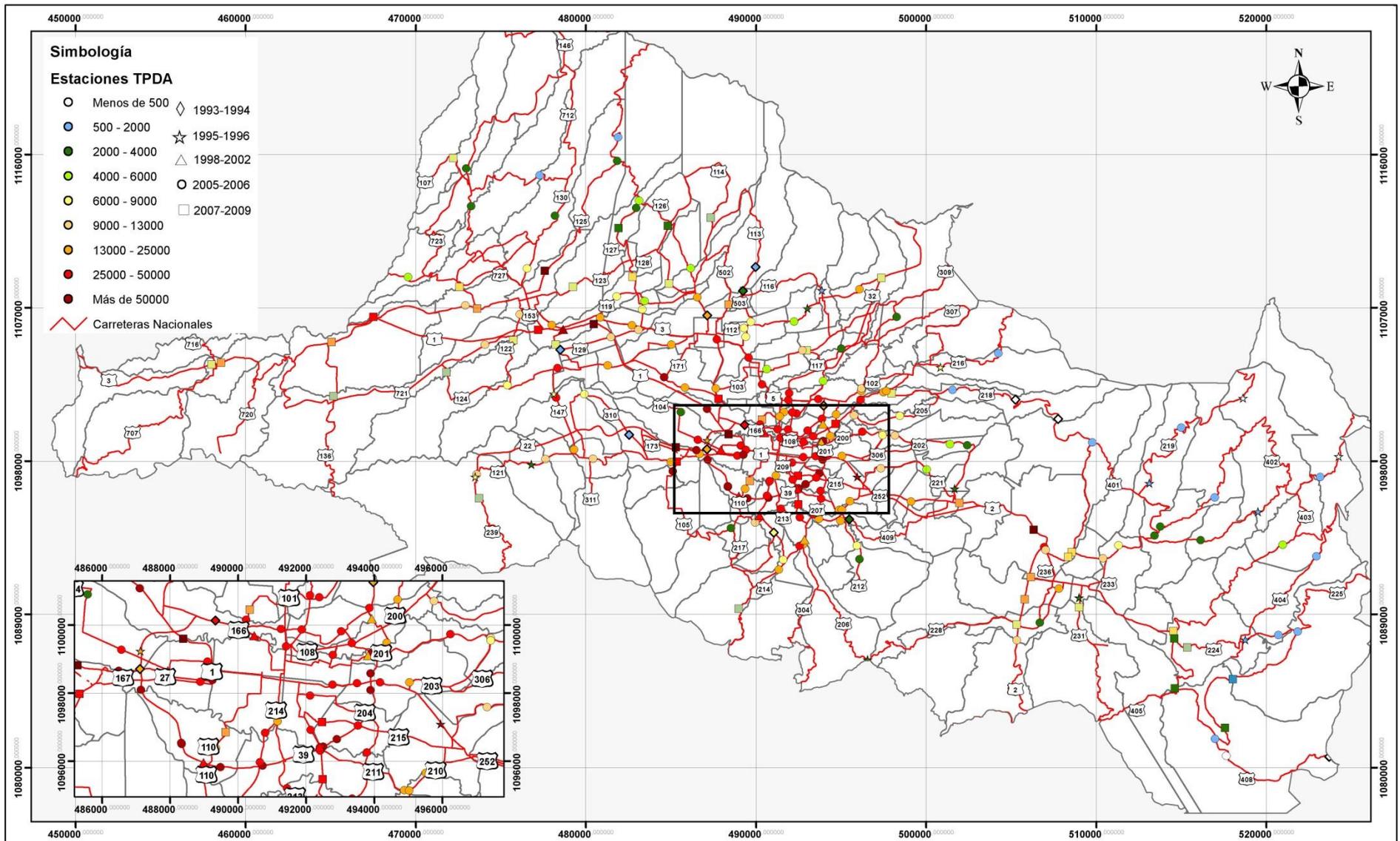
**Mapa 1. Estaciones de medición de TPDA**

Fuente: Planificación Sectorial, MOPT, 2009.

*Evaluación de la vulnerabilidad y adaptación de infraestructura ante el cambio climático*



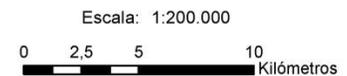
**Nota: La información correspondiente al área de la GAM se encuentra en el Mapa 2**

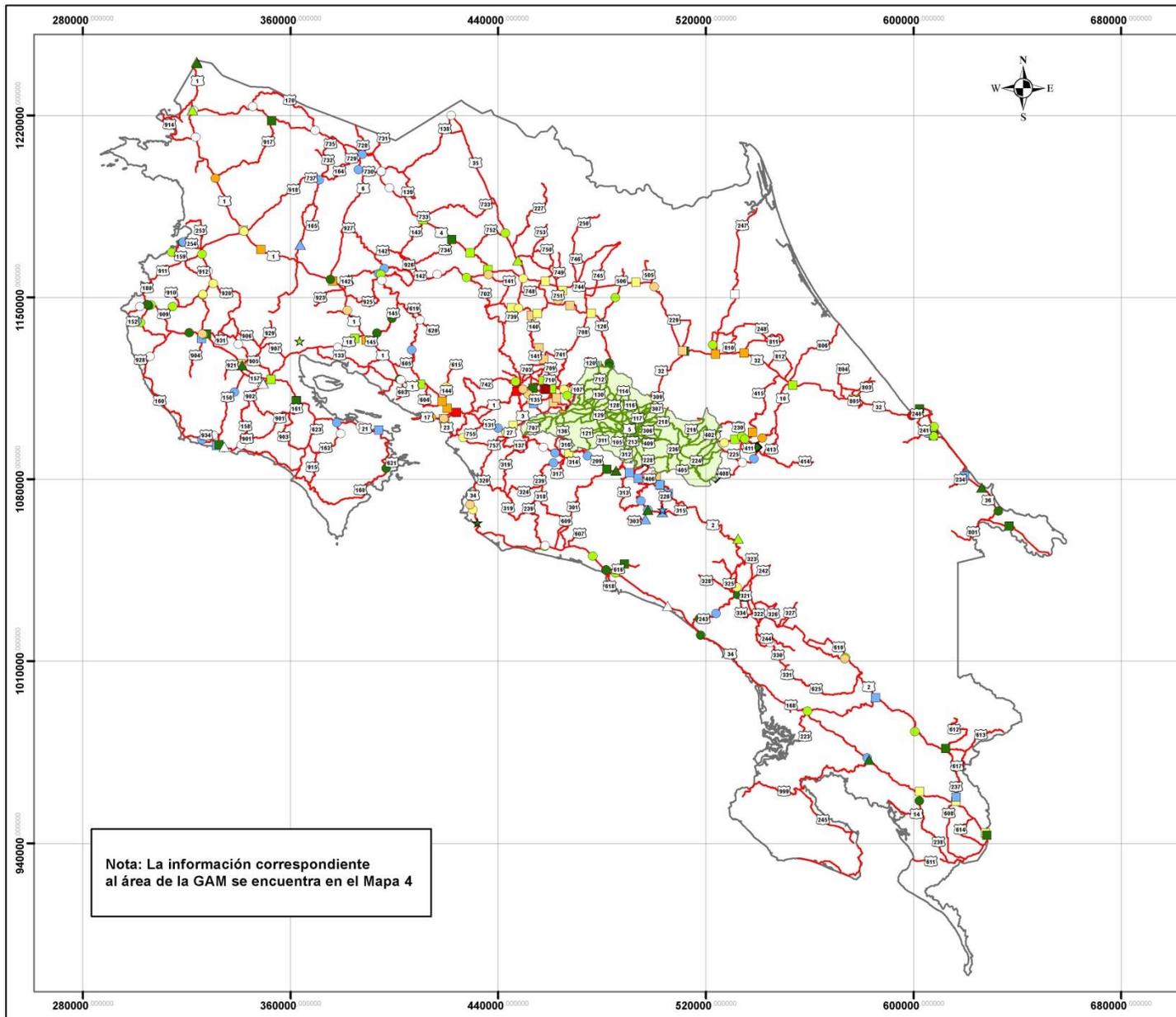


**Mapa 2. Estaciones de medición de TPDA en el Gran Área Metropolitana.**

*Evaluación de la vulnerabilidad y adaptación de infraestructura ante el cambio climático*

Fuente: Planificación Sectorial, MOPT, 2009.





Nota: La información correspondiente al área de la GAM se encuentra en el Mapa 4

**Simbología**

**Volumen de Pesados**

- Menos de 100
- 100 - 200
- 200 - 400
- 400 - 700
- 700 - 1000
- 1000 - 2000
- 2000 - 4000
- 4000 - 6000
- Más de 6000
- ◇ 1993-1994
- ☆ 1995-1996
- △ 1998-2002
- 2005-2006
- 2007-2009
- Carreteras GAM
- Carreteras Nacionales

Escala: 1:1.450.000

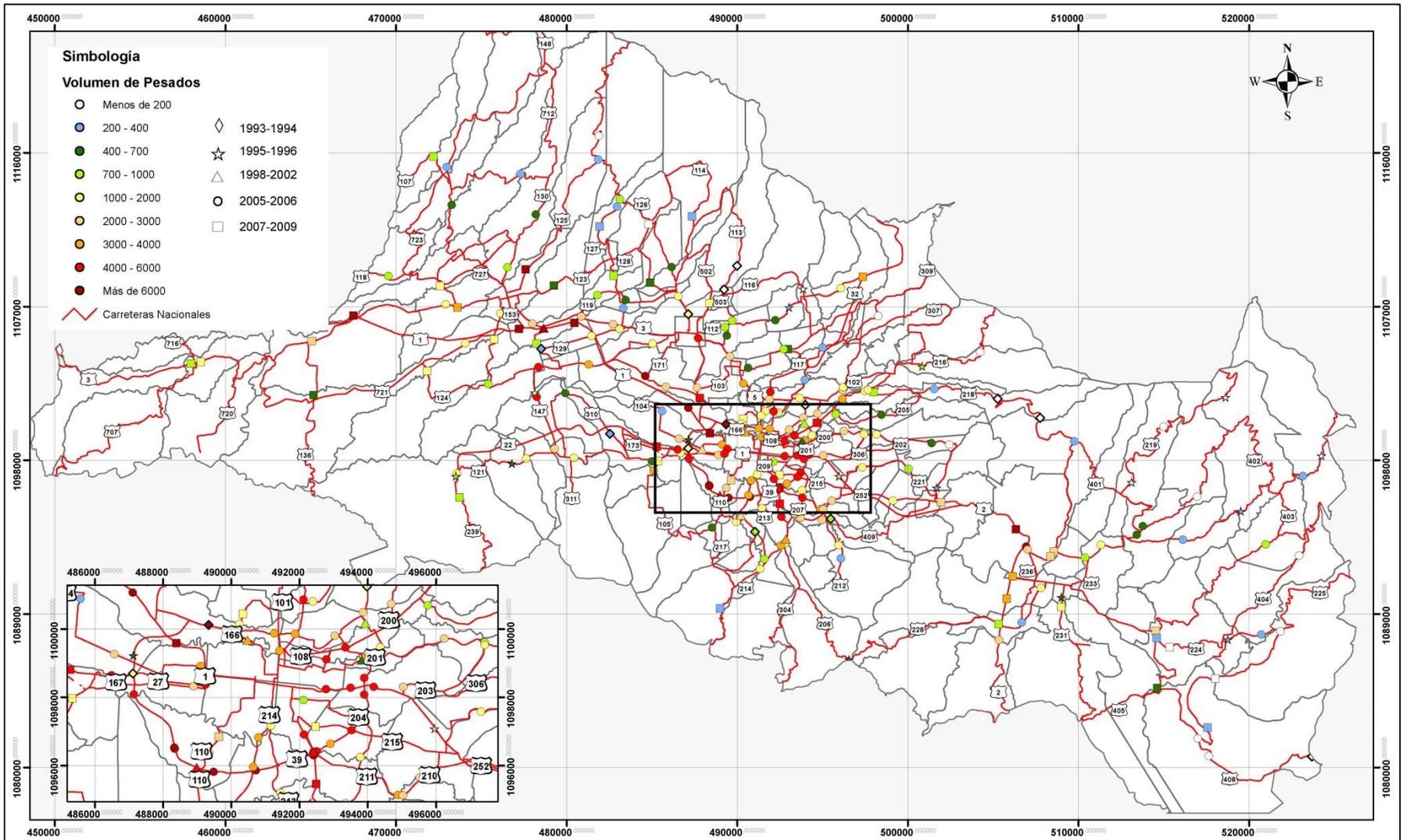
0 12,5 25 50 Kilómetros

**Mapa 3. Volumen diario de pesados según estaciones de medición**

Fuente: Planificación Sectorial, MOPT, 2009.

*Evaluación de la vulnerabilidad y adaptación de infraestructura ante el cambio climático*





**Mapa 4. Volumen diario de pesados según estaciones de medición de TPDA en el Gran Área Metropolitana.**

*Evaluación de la vulnerabilidad y adaptación de infraestructura ante el cambio climático*

Fuente: Planificación Sectorial, MOPT, 2009.



## **ANEXO**

### **Vulnerabilidad de centros educativos**

En el año 2013, se llevó a cabo una evaluación general de algunos centros educativos del país, en el tema de vulnerabilidad que estos presentan ante diferentes amenazas naturales. Este apartado se centra mayoritariamente en mostrar los resultados obtenidos de la evaluación realizada para la amenaza de inundación.

Para llevar a cabo el análisis de centros educativos vulnerables a inundaciones, se utilizaron dos fuentes de información, las cuales se superpusieron entre sí, con el fin de obtener diferentes niveles de vulnerabilidad, dependiendo del caso en que fuera clasificado cada centro educativo. La información utilizada es la siguiente:

- **Mapas de zonas de inundación de la CNE**

Se digitalizaron los mapas de zonas de inundaciones de la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE). Estos mapas no fueron generados a partir de modelación física, ni utilizando parámetros físicos que determinen la magnitud de esas inundaciones, sino más bien de eventos extremos ocurridos en el pasado.

El uso del conocimiento específico de los habitantes de las zonas tradicionalmente ha sido una técnica hidrológica legítima y los contactos de la CNE, a través de sus comités de emergencia con miembros de la comunidad, sugieren que estos mapas pueden representar aproximadamente las condiciones más extremas. Pero por otra parte, metodológicamente, existe el riesgo de que los eventos del pasado sobrestimen o subestimen la magnitud de las potenciales inundaciones. Adicionalmente, la escala de los mapas de inundación es relativamente grande por lo que no se pueden definir claramente los límites de las zonas de inundación.

Adicionalmente el país carece de información específica (curvas de nivel, mediación de caudales, estaciones meteorológicas, etc.) y metodologías sistematizadas y a niveles de detalle precisos que permitan generar modelos de inundación lo más cercanos a la realidad. Su elaboración conlleva gran cantidad de tiempo y recursos que escapan a esta investigación.

- **Encuesta del MEP a directores de los centros educativos**

El Ministerio de Educación Pública realiza una encuesta a los directores de todos los centros educativos. Dentro de esta, se incluye una pregunta para conocer la percepción de los directores en cuanto a la vulnerabilidad que presentan los centros educativos con respecto a diferentes amenazas naturales como inundaciones, deslizamientos, sismos y tsunamis.

Para esta sección de la investigación, se utilizó la información señalada para inundaciones. A partir de esta encuesta, se tienen tres casos: (a) el centro educativo **sí** es vulnerable, (b) el centro educativo **no** es vulnerable y (c) el centro educativo presentó encuesta pero no se registró respuesta para esa pregunta.

- **Cantones incluidos en el análisis**

No fue posible disponer de las zonas de inundación para todos los cantones del país. Ante este panorama, se tomaron los datos disponibles en ProDUS-UCR de algunos cantones trabajados previamente. Adicionalmente, se seleccionaron algunas zonas donde el tema de inundaciones es muy relevante, y para ellos se generaron las zonas de inundación a partir de los datos de la CNE.

Así, se tiene que para Región Chorotega se incluyeron los cantones de Liberia, Nicoya, Santa Cruz, Bagaces, Cañas y Carrillo. En la Región Pacífico Central están Garabito, Parrita y Aguirre; mientras que para la Región Brunca están Pérez Zeledón, Osa, Golfito y Corredores.

En la Región Atlántica se incluyeron los cantones de Limón, Matina y Siquirres. Por último, en la Gran Área Metropolitana (GAM) se generaron los datos para San José, Escazú, Desamparados, Goicoechea, Alajuelita, Moravia, Curridabat, Alajuela, Palmares, Cartago, Paraíso, La Unión, El Guarco, Heredia, Barva, Santo Domingo, Santa Bárbara, San Rafael y San Isidro.

#### *Resultados obtenidos*

A partir de la información anterior, se generaron mapas con la ubicación de cada centro educativo, identificados por el código de institución utilizado por el MEP. Además, se indica el caso en el que se encuentra cada escuela y colegio de los cantones incluidos en el análisis.

Al superponer las dos fuentes de información, se obtuvieron ocho casos en total. Sin embargo, se describen solamente los tres casos más representativos ya que contienen la mayor cantidad de centros educativos analizados

- **Caso A:** son los centros educativos que se encuentran dentro de una zona de inundación demarcada por la CNE y es vulnerable según la encuesta de percepción de los directores.
- **Caso B:** son los centros educativos que se encuentran dentro de una zona de inundación demarcada por la CNE y es no vulnerable según la encuesta de percepción de los directores.
- **Caso C:** son los centros educativos que se encuentran fuera de una zona de inundación demarcada por la CNE y es vulnerable según la encuesta de percepción de los directores.

En la Tabla 1 se presentan los resultados de las escuelas analizadas, que fueron 1570, correspondiendo a un 43% del total de escuelas que hay en el país. Como se puede observar, el caso C es el que presenta una mayor cantidad de centros educativos con casi el 30% de los casos.

De manera similar, en la Tabla 2 se presentan los resultados de los colegios analizados, que en este caso corresponden a 412, representando el 51% de total de los colegios del país. Al igual que las escuelas, el caso C es el que presenta la mayor cantidad de centros educativos, con el 27% de los casos.

**Tabla 1.** Cantidad de escuelas analizadas por región

Regiones	Total Escuelas	Escuelas Analizadas	%	Caso A			Caso B			Caso C		
				N°	% <sup>1</sup>	% <sup>2</sup>	N°	% <sup>1</sup>	% <sup>2</sup>	N°	% <sup>1</sup>	% <sup>2</sup>
Costa Rica	3639	1570	43.1	111	3.1	7.1	80	2.2	5.1	453	12.4	28.9
Central	1297	575	44.3	6	0.5	1.0	15	1.2	2.6	139	10.7	24.2
Chorotega	447	272	60.9	39	8.7	14.3	25	5.6	9.2	73	16.3	26.8
Pacífico Central	304	93	30.6	17	5.6	18.3	13	4.3	14.0	31	10.2	33.3
Brunca	642	424	66.0	30	4.7	7.1	22	3.4	5.2	111	17.3	26.2
Huetar Atlántica	525	206	39.2	19	3.6	9.2	5	1.0	2.4	99	18.9	48.1
Huetar Norte	424	0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

%<sup>1</sup>: porcentaje con respecto al total de centros educativos

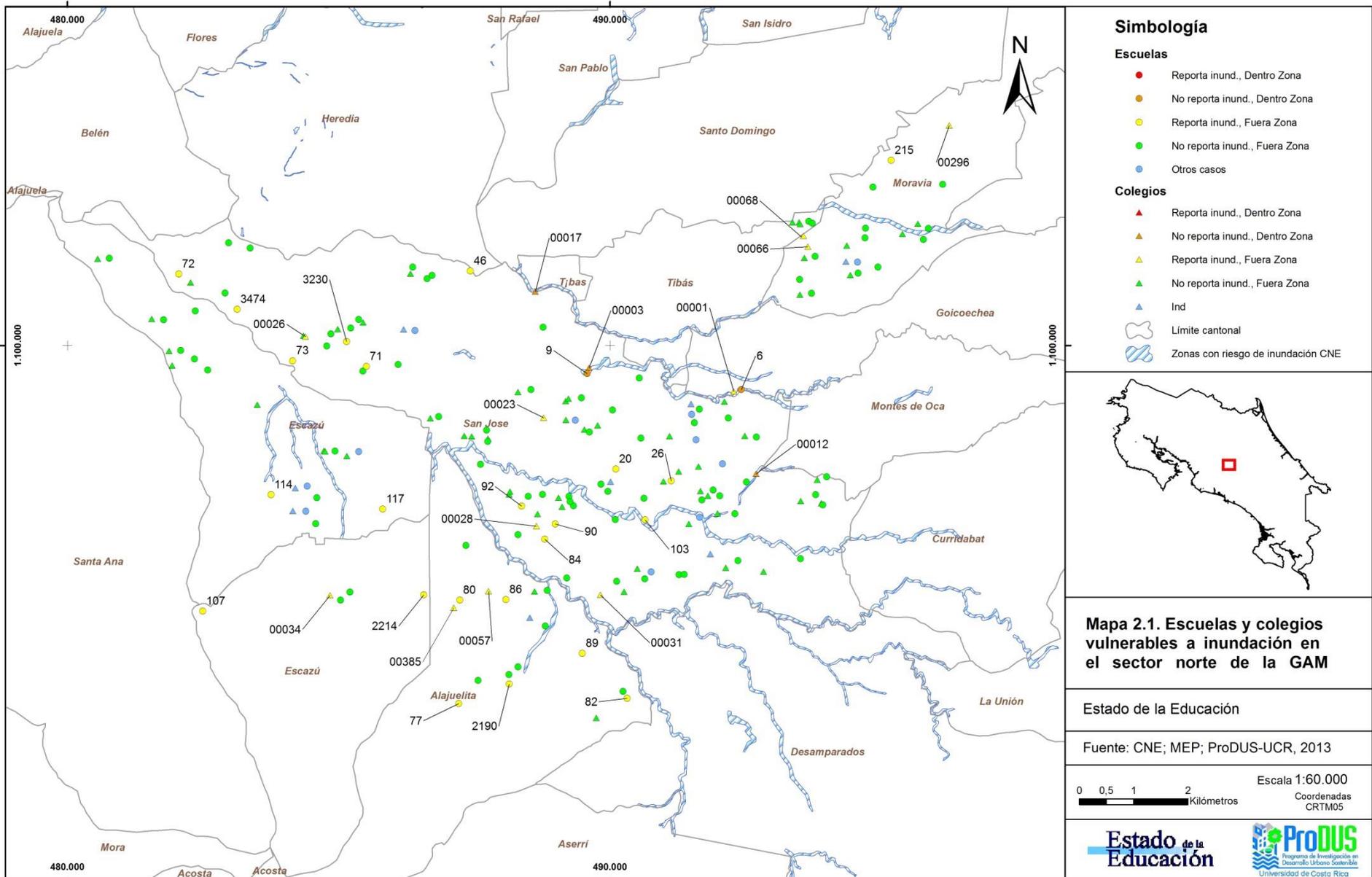
%<sup>2</sup>: porcentaje con respecto a los centros educativos analizados

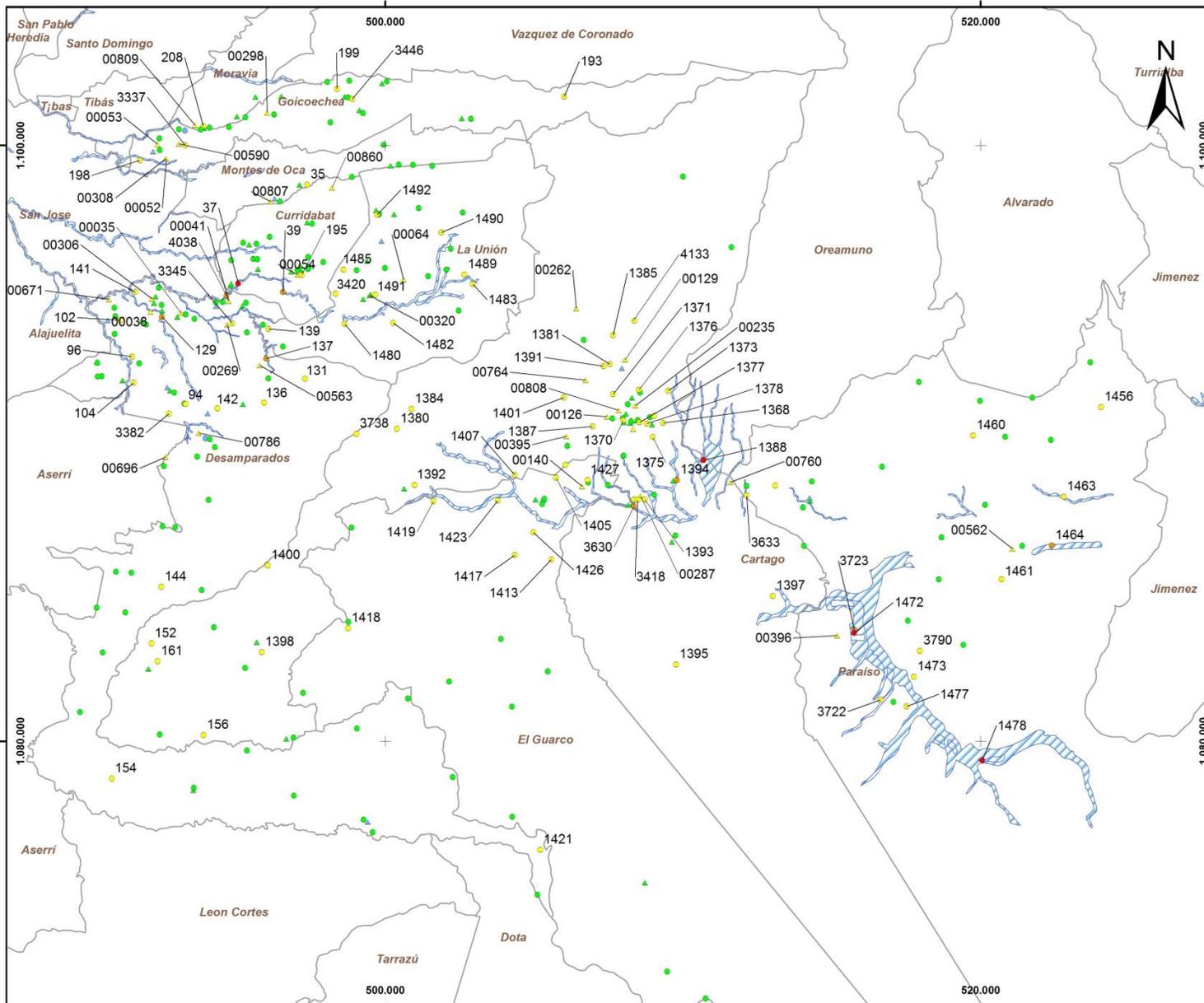
**Tabla 2.** Cantidad de colegios analizados por región

Regiones	Total Colegios	Colegios Analizados	%	Caso A			Caso B			Caso C		
				N°	% <sup>1</sup>	% <sup>2</sup>	N°	% <sup>1</sup>	% <sup>2</sup>	N°	% <sup>1</sup>	% <sup>2</sup>
Costa Rica	811	412	50.8	19	2.3	4.6	19	2.3	4.6	111	13.7	26.9
Central	435	254	58.4	1	0.2	0.4	5	1.1	2.0	57	13.1	22.4
Chorotega	78	51	65.4	7	9.0	13.7	9	11.5	17.6	14	17.9	27.5
Pacífico Central	56	17	30.4	6	10.7	35.3	1	1.8	5.9	6	10.7	35.3
Brunca	88	52	59.1	2	2.3	3.8	2	2.3	3.8	19	21.6	36.5
Huetar Atlántica	80	38	47.5	3	3.8	7.9	2	2.5	5.3	15	18.8	39.5
Huetar Norte	74	0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

%<sup>1</sup>: porcentaje con respecto al total de centros educativos

%<sup>2</sup>: porcentaje con respecto a los centros educativos analizados





### Simbología

- Escuelas**
- Reporta inund., Dentro Zona
  - No reporta inund., Dentro Zona
  - Reporta inund., Fuera Zona
  - No reporta inund., Fuera Zona
  - Otros casos
- Colegios**
- ▲ Reporta inund., Dentro Zona
  - ▲ No reporta inund., Dentro Zona
  - ▲ Reporta inund., Fuera Zona
  - ▲ No reporta inund., Fuera Zona
  - ▲ Ind
  - Limite cantonal
  - ▨ Zonas con riesgo de inundación CNE



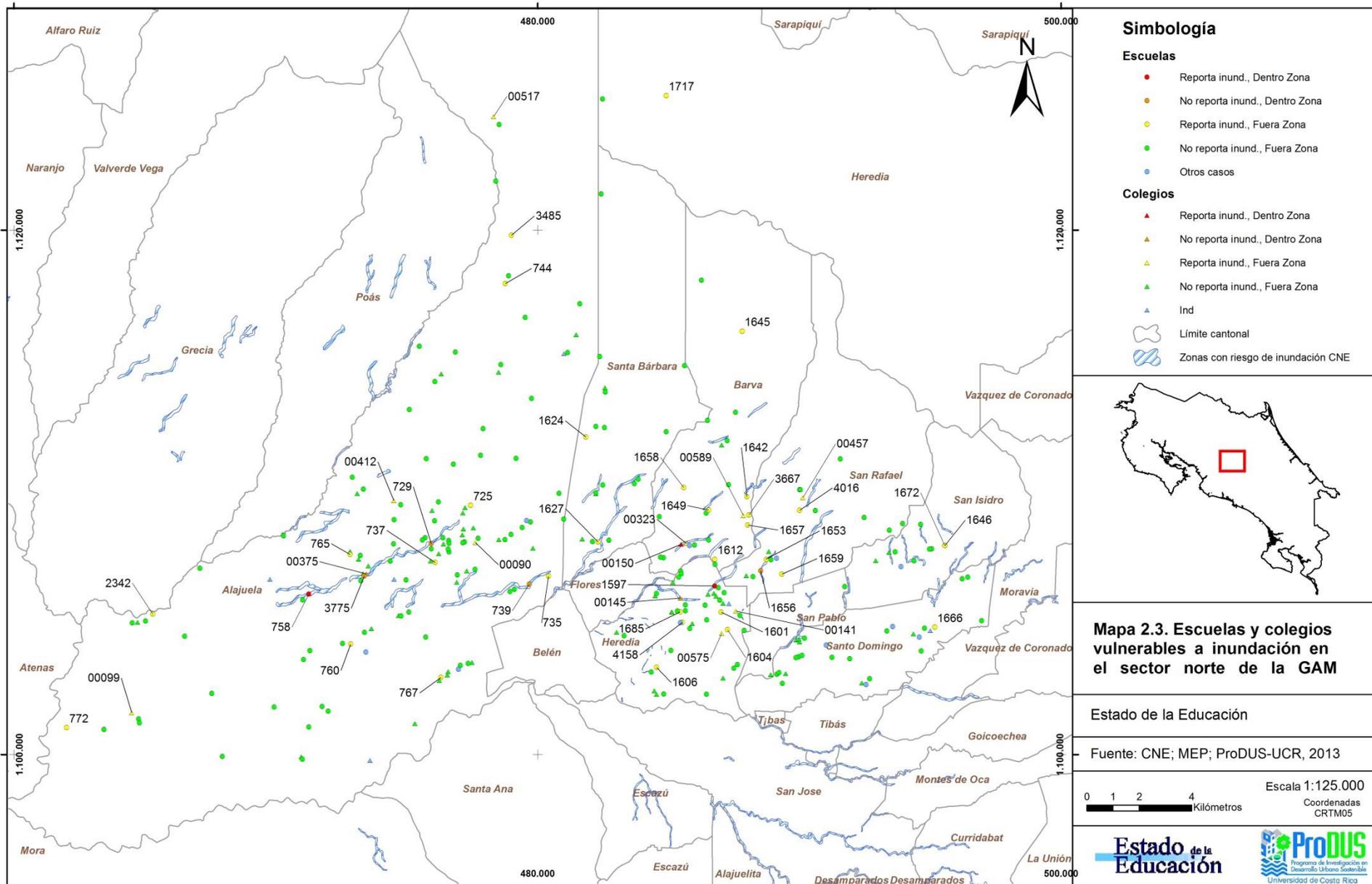
**Mapa 2.2. Escuelas y colegios vulnerables a inundación en el sector este de la GAM**

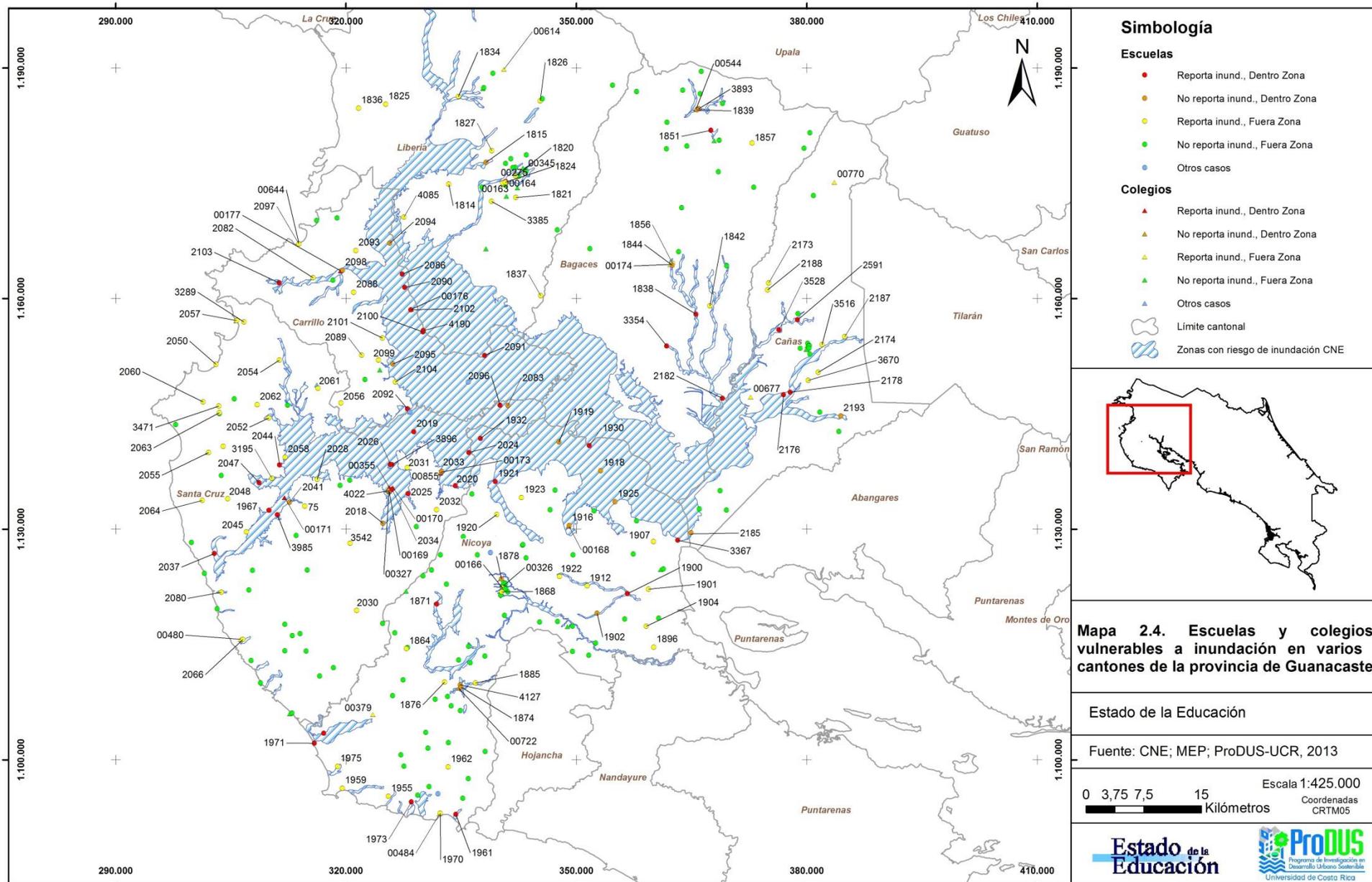
Estado de la Educación

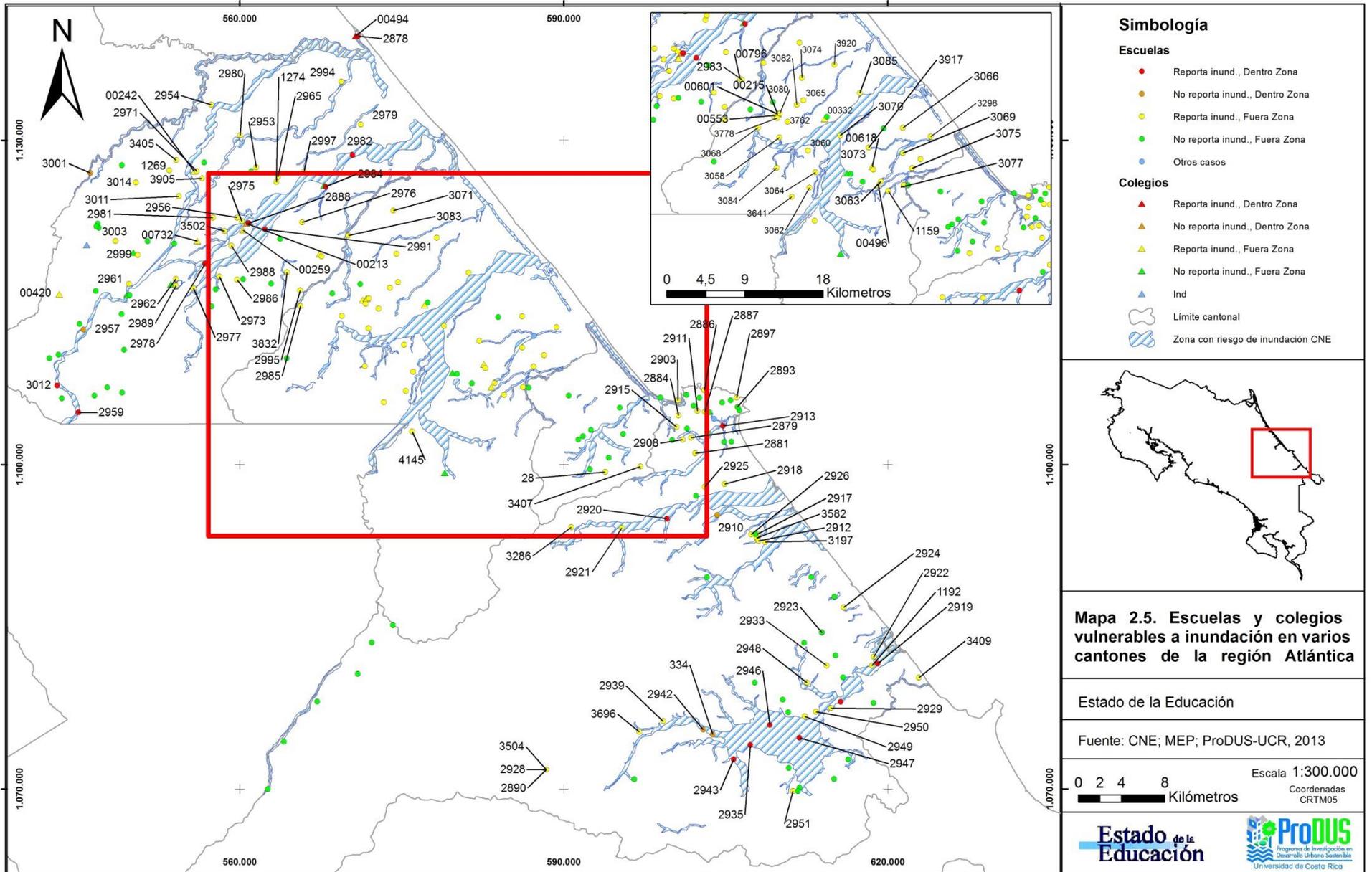
Fuente: CNE; MEP; ProDUS-UCR, 2013

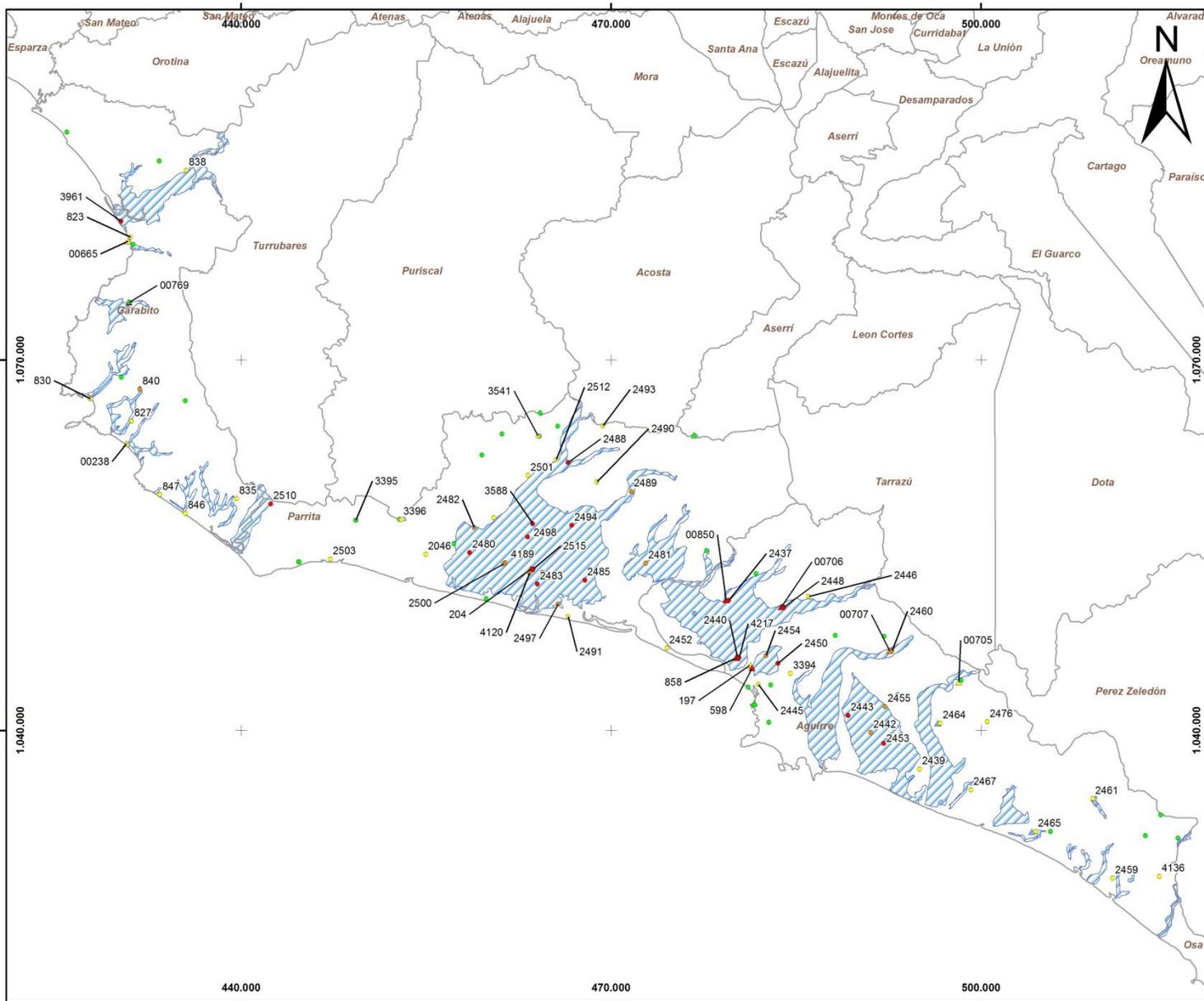
Escala 1:125.000  
 0 1 2 4 Kilómetros  
 Coordenadas CRTM05











### Simbología

#### Escuelas

- Reporta inund., Dentro Zona
- No reporta inund., Dentro Zona
- Reporta inund., Fuera Zona
- No reporta inund., Fuera Zona
- Otros casos

#### Colegios

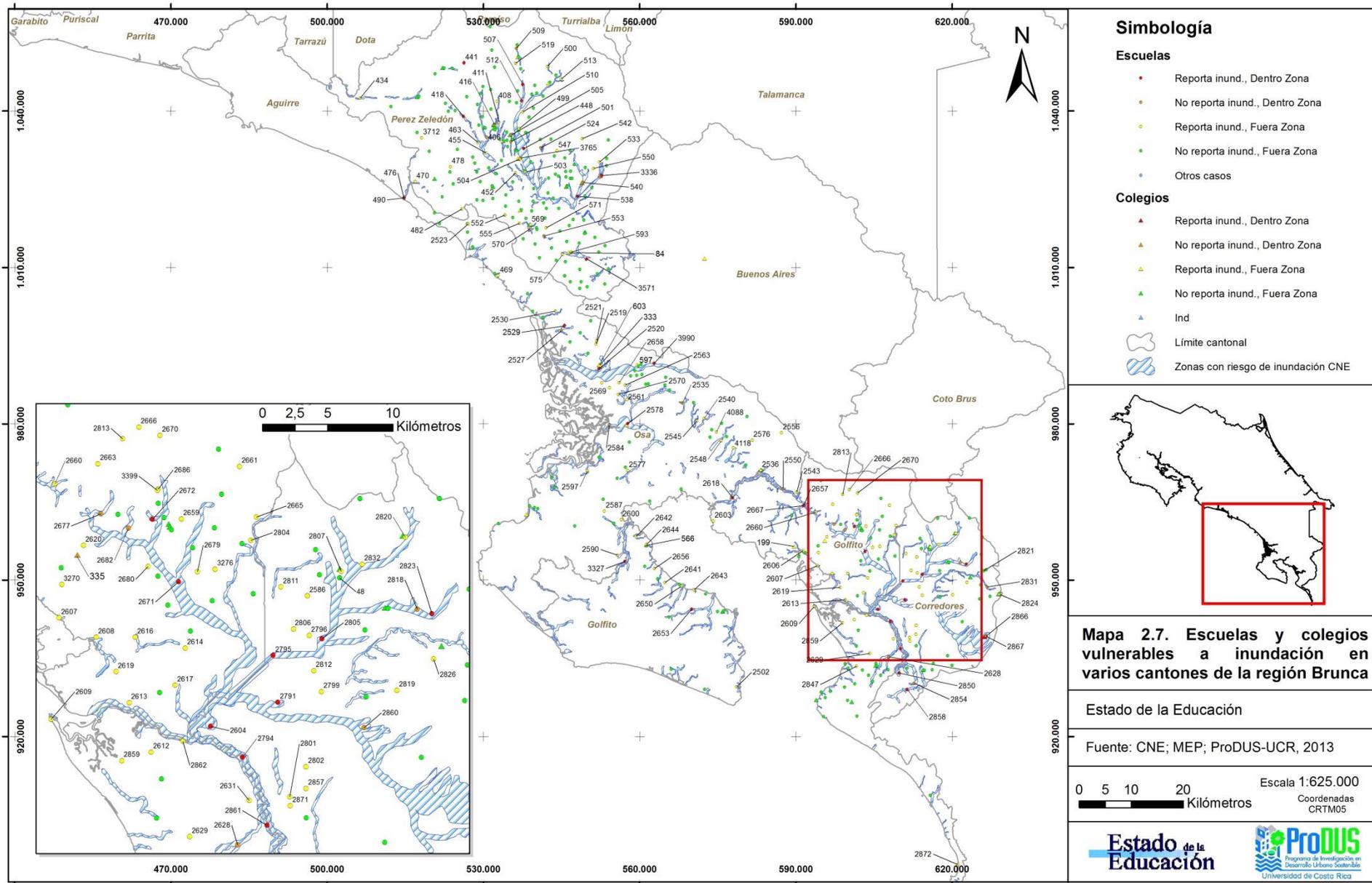
- ▲ Reporta inund., Dentro Zona
- ▲ No reporta inund., Dentro Zona
- ▲ Reporta inund., Fuera Zona
- ▲ No reporta inund., Fuera Zona
- ▲ Ind

- Límite cantonal
- ▨ Zonas con riesgo de inundación CNE



**Mapa 2.6. Escuelas y colegios vulnerables a inundación en varios cantones de la región Pacífico Central**

Estado de la Educación  
 Fuente: CNE; MEP; ProDUS-UCR, 2013.  
 Escala 1:300.000  
 0 2 4 8 Kilómetros  
 Coordenadas CRTM05



# FICHAS DE CASO

---

---

---

## Alcantarillas en carreteras y Puentes

La infraestructura vial en el país, ha sido impactada por múltiples problemas en los últimos años. El aumento en las lluvias extremas ha sido uno de los elementos que ha intensificado estos impactos.

Sin embargo, hay otros factores que también han intensificado la amenaza ante problemas de inundaciones o incomunicaciones en las vías, tales como, el cambio en el uso del suelo y la gran impermeabilización de terrenos en las cuencas por la falta de planificación urbana, lo que ha aumentado la escorrentía urbana, y ha generado mayores caudales que se dirigen rápidamente directamente a los ríos. También, la descarga de residuos sólidos a los cauces de los ríos o al alcantarillado pluvial, genera obstrucciones y reducciones de la capacidad de los cauces, lo que intensifica los problemas.

No se debe dejar de mencionar que la infraestructura vial del país ha tenido un rezago en aspectos de diseño (y rediseño), planificación y principalmente de mantenimiento y ampliación o modificación de estructuras, lo que ante los problemas emergentes, se han tenido soluciones a corto plazo con grandes inversiones.

El Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR), con el objetivo de aportar información a la Administración del Estado costarricense (sector transportes) para la toma de decisiones y la ejecución de trabajos de mantenimiento y de intervención, ha generado estudios de evaluación de las carreteras nacionales, principalmente para el Gran Área Metropolitana (GAM).

En estos estudios se han identificado elementos de la infraestructura que deben mejorarse, o incluso sustituirse, pues cuentan con una vulnerabilidad de moderada a muy alta y al estar ubicados en carreteras nacionales importantes, la interrupción del paso en estas vías, genera altos costos de recuperación para el país.

A nivel de las alcantarillas, recientemente (noviembre 2013) se presentó un estudio donde se evaluó la vulnerabilidad tanto de la estructura de las alcantarillas, como del sitio adonde están ubicadas. Para el caso de la estructura, se tomó en cuenta el cabezal de entrada y salida de la alcantarilla, así como el talud de relleno hasta la superficie de la calle. Para el caso de la vulnerabilidad del sitio, se tomaron en cuenta las variables: historial de inundaciones, área de la cuenca, obstrucciones del cauce, suelos del cauce, ángulo de entrada y Tránsito Promedio Diario (TPD). Cabe mencionar que la vulnerabilidad debido a la capacidad hidráulica de las alcantarillas con respecto al caudal de la cuenca, será valorada en un estudio posterior a éste (a realizarlo el LanammeUCR en conjunto con la Escuela de Ingeniería Civil), por lo que deberán considerarse ambos estudios para la priorización de las intervenciones en estas estructuras.

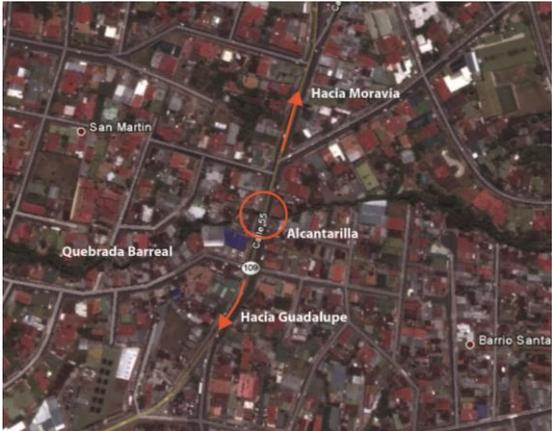
A nivel de puentes, un problema que se ha presentado comúnmente, es la falla de los rellenos de aproximación (accesos) al puente, los cuales están siendo afectados por los grandes caudales en eventos de lluvia extrema, que socavan el suelo y dejan sin acceso a la estructura. Por ejemplo, el caso del puente en la Ruta Nacional N°32 sobre el Río Parismina.

## ALCANTARILLAS EN CARRETERAS

Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático						Inundación
						N.1
<b>Nombre del caso:</b> Alcantarilla del Río Ocloro sobre Circunvalación (Ruta Nacional N°39)						
<b>Ubicación:</b> Alcantarilla en el tramo de la Rotonda de Zapote a la Fuente de la Hispanidad						
Tipo de Infraestructura						
	Puentes o Puertos	X	Carreteras		Acueductos	Otro: _____
Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad				Fotografía		
<p>A partir de un estudio realizado por el LanammeUCR, de 27 alcantarillas en carreteras, esta alcantarilla se ha catalogado con una <b>Vulnerabilidad Muy Alta</b>, pues además de estar ubicada en una ruta tan importante, podría causar problemas en caso de una crecida del río Ocloro. Según el informe, de todas las alcantarillas estudiadas, ésta es la que más atención requiere.</p> <p>Para definir el nivel de vulnerabilidad, el LanammeUCR estableció siete parámetros: tránsito promedio diario de vehículos (mayor a 30 mil), historial de inundaciones, área de la micro-cuenca, ángulo de entrada, tipo de suelo sobre el que se construyó la alcantarilla, material de los taludes del cauce (aguas arriba y aguas abajo) y las obstrucciones presentes tanto en el cauce como a entrada de la alcantarilla.</p> <p><b>Fuente:</b> LanammeUCR, La Nación y CRhoy.com</p>				 <p><b>Fuente:</b> <a href="http://www.nacion.com/nacional/Expertos-alcantarillas-GAM-propensas-colapsar_0_1382261807.html">http://www.nacion.com/nacional/Expertos-alcantarillas-GAM-propensas-colapsar_0_1382261807.html</a></p>		

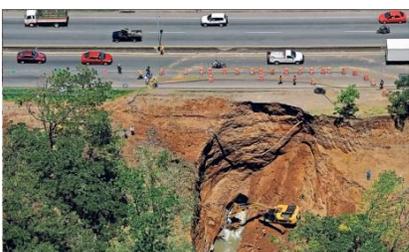
Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático						Inundación
						N.2
<b>Nombre del caso:</b> Alcantarilla del Río Torres sobre Circunvalación (Ruta Nacional N°39)						
<b>Ubicación:</b> Entre la Rotonda de la Bandera y el Walmart de Guadalupe						
Tipo de Infraestructura						
	Puentes o Puertos	X	Carreteras		Acueductos	Otro: _____
Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad				Fotografía		
<p>Estas alcantarillas han sido clasificadas por el informe del LanammeUCR, como de <b>Vulnerabilidad Alta</b>, pues son dos alcantarillas de metal corrugado, ubicadas en un sitio de alta vulnerabilidad, pues por ellas pasa el río Torres, el cual transporta grandes caudales de agua, y que además, hay acumulación de residuos sólidos y material orgánico (como troncos y hojas) provenientes de las partes altas de la cuenca.</p> <p>Según el informe, se recomendó a la administración (CONAVI) realizar un mantenimiento periódico en estas estructuras y realizar más estudios pertinentes.</p> <p><b>Fuente:</b> LanammeUCR, La Nación y CRhoy.com</p>				 <p><b>Fuente:</b> <a href="http://www.nacion.com/nacional/alcantarillas-ponen-riesgo-Circunvalacion_0_1365063531.html">http://www.nacion.com/nacional/alcantarillas-ponen-riesgo-Circunvalacion_0_1365063531.html</a></p>		

<b>Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático</b>		<b>Inundación</b>	
		<b>N.3</b>	
<b>Nombre del caso:</b> Alcantarillas (2) del Río Torres sobre Circunvalación (Ruta Nacional N°39)			
<b>Ubicación:</b> Bajo de los Ledezma, entre la General Cañas y el Boulevard Ernesto Rohrmoser			
<b>Tipo de Infraestructura</b>			
Puentes o Puertos	X	Carreteras	Acueductos
		Otro: _____	
<b>Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad</b>		<b>Fotografía</b>	
<p>Estas alcantarillas han sido clasificadas por el informe del LanammeUCR, como de <b>Vulnerabilidad Alta</b>, ubicadas en un sitio de alta vulnerabilidad, pues por ellas pasa el río Torres, el cual transporta grandes caudales de agua, y que además, hay acumulación de residuos sólidos y material orgánico (como troncos y hojas) provenientes de las partes altas de la cuenca.</p> <p>Según el informe, la mayoría de estas alcantarillas deben ser sustituidas para que cumplan con su función. Se recomendó a la administración de las obras (CONAVI) realizar un mantenimiento periódico en estas estructuras y realizar más estudios pertinentes.</p> <p><b>Fuente:</b> LanammeUCR, La Nación y CRhoy.com</p>		 <p><b>Fuente:</b> <a href="http://www.nacion.com/nacional/infraestructura/Circunvalacion-hundimiento-MOPT-alcantarilla_7_1364533534.html">http://www.nacion.com/nacional/infraestructura/Circunvalacion-hundimiento-MOPT-alcantarilla_7_1364533534.html</a></p>	

<b>Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático</b>		<b>Inundación</b>	
		<b>N.4</b>	
<b>Nombre del caso:</b> Alcantarilla de la Quebrada Barreal, entre Moravia y Guadalupe (Ruta Nacional N°109)			
<b>Ubicación:</b> Barrio Pilar, 700m Sur del Colegio Saint Francis, contiguo a Panadería Trigo Bueno			
<b>Tipo de Infraestructura</b>			
Puentes o Puertos	0	X	Carreteras
		Acueductos	
		Otro: _____	
<b>Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad</b>		<b>Fotografía</b>	
<p>Esta alcantarilla ha sido clasificada por el informe del LanammeUCR, como de <b>Vulnerabilidad Alta</b>.</p> <p>Está ubicada en un sitio de alta vulnerabilidad, pues muy cerca de ella se encuentran viviendas construidas al margen de la Quebrada, y es una zona muy transitada.</p> <p>Según el informe, la mayoría de estas alcantarillas deben ser sustituidas para que cumplan con su función. Se recomendó a la administración de las obras (CONAVI) realizar un mantenimiento periódico en estas estructuras y realizar más estudios pertinentes.</p> <p><b>Fuente:</b> LanammeUCR, La Nación y CRhoy.com</p>		 <p>Alcantarilla de la Quebrada Barreal, entre Moravia y Guadalupe</p> <p><b>Fuente:</b> Imagen aérea de Google Earth</p>	

Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático						Inundación	
						N.5	
<p><b>Nombre del caso:</b> Alcantarillas sobre la Carretera General Cañas (Ruta Nacional N°1)</p> <p><b>Ubicación:</b> Río Bermúdez, Quebrada Seca, Quebrada Guaría.</p>							
Tipo de Infraestructura							
Puentes o Puertos		X		Carreteras		Acueductos	
						Otro: _____	
Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad						Fotografía	
<p><b>1. Alcantarilla del Río Bermúdez, sobre la Carretera General Cañas (Ruta Nacional N°1)</b> ubicada del Puente Peatonal de Los Arcos, 850m sentido Alajuela - San José. Esta alcantarilla ha sido clasificada por el informe del LanammeUCR, como de <b>Vulnerabilidad Alta</b>.</p> <p><b>2. Alcantarilla de Quebrada Seca, sobre Autopista General Cañas (Ruta Nacional N°1)</b>, del puente de la Firestone 800m sentido Alajuela -San José. Esta alcantarilla ha sido clasificada por el informe del LanammeUCR, como de <b>Vulnerabilidad Moderada</b>.</p> <p><b>3. Alcantarilla de Quebrada Guaría, sobre Autopista General Cañas (Ruta Nacional N°1), alcantarilla de Los Arcos.</b> A pesar de que en el 2012 se colocó una nueva infraestructura por el fallo de la alcantarilla existente cerca del Residencial Los Arcos, según una inspección en campo realizada por el LanammeUCR, se advierte que actualmente la alcantarilla tiene una <b>Vulnerabilidad Moderada</b>, pues la cantidad de agua y el deficiente estado del suelo han generado desprendimientos de material, lo que pone en riesgo la infraestructura. El LanammeUCR ha solicitado a CONAVI la estabilización del suelo, pues podría socavar la estructura.</p> <p>Según el informe, la mayoría de estas alcantarillas deben ser sustituidas para que cumplan con su función. Se recomendó a la administración de las obras (CONAVI) realizar un mantenimiento periódico en estas estructuras y realizar más estudios pertinentes.</p> <p><b>Fuente:</b> LanammeUCR, La Nación y CRhoy.com</p>						 <p>Alcantarilla sobre Quebrada Guaría</p> <p><b>Fuente:</b> <a href="http://www.nacion.com/nacional/Suelos-inestables-alcantarilla-General-Canas_0_1366663356.html">http://www.nacion.com/nacional/Suelos-inestables-alcantarilla-General-Canas_0_1366663356.html</a></p>	

Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático					Inundación	
					N.6	
<b>Nombre del caso:</b> Alcantarilla sobre Ruta Nacional N°2 (Florencio del Castillo y Curridabat)						
<b>Ubicación:</b> Quebrada Zopilote, Quebrada Quirazú, Río Ocloro, Río Chagüite, y Río Sin nombre						
Tipo de Infraestructura						
Puentes	0	X	Carreteras		Acueductos	Otro: _____
Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad				Fotografía		
<p><b>1. Alcantarilla sobre Quebrada Zopilote, en Curridabat, del BAC San José 250m sentido Noreste, contiguo Finca de los Figueres.</b> Esta alcantarilla ha sido clasificada por el informe del LanammeUCR, como de <b>Vulnerabilidad Alta</b>. Esta clasificación principalmente porque su estructura se considera muy vulnerable.</p> <p><b>2. Alcantarilla sobre Quebrada Quirazú, Florencio del Castillo, Cuesta del Fierro, de la Bomba Cristo Rey 600m Este.</b> Esta alcantarilla ha sido clasificada por el informe del LanammeUCR, como de <b>Vulnerabilidad Alta</b>.</p> <p><b>3. Alcantarilla sobre Río Ocloro, contiguo a la venta de carros Auto Star y Yamuni.</b> Esta alcantarilla ha sido clasificada por el informe del LanammeUCR, como de <b>Vulnerabilidad Alta</b>.</p> <p><b>4. Alcantarilla sobre Río Chagüite, Florencio del Castillo, de paso peatonal frente a PASOCA de San Juan de Tres Ríos, 400m Oeste.</b> Esta alcantarilla ha sido clasificada por el informe del LanammeUCR, como de <b>Vulnerabilidad Alta</b></p> <p><b>5. Alcantarilla sobre Río Sin nombre en Cuesta del Fierro, contiguo a la Bomba Cristo Rey.</b> Esta alcantarilla ha sido clasificada por el informe del LanammeUCR, como de <b>Vulnerabilidad Moderada</b>.</p> <p>Según el informe, la mayoría de estas alcantarillas deben ser sustituidas para que cumplan con su función. Se recomendó a la administración de las obras (CONAVI) realizar un mantenimiento periódico en estas estructuras y realizar más estudios pertinentes.</p> <p><b>Fuente:</b> LanammeUCR, La Nación y CRhoy.com</p>				 <p>Alcantarilla sobre el Río Ocloro, debajo de la carretera de Circunvalación <b>Fuente:</b> <a href="http://www.nacion.com/nacional/Expertos-alcantarillas-GAM-propensas-colapsar_0_1382261807.html">http://www.nacion.com/nacional/Expertos-alcantarillas-GAM-propensas-colapsar_0_1382261807.html</a></p>  <p>Alcantarilla sobre Río Chagüite, 400 oeste PASOCA <b>Fuente:</b> Imagen aérea de Google Earth</p>		

Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático						Inundación
						N.7
<b>Nombre del caso:</b> Alcantarillas sobre Circunvalación (Ruta Nacional N°39)						
<b>Ubicación:</b> Quebrada Negritos y Río María Aguilar						
Tipo de Infraestructura						
Puentes o Puertos	X	Carreteras		Acueductos		Otro: _____
Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad				Fotografías		
<p><b>1. La alcantarilla de Quebrada Negritos, ubicada en Circunvalación, entre la Rotonda de la Bandera y la Fuente de la Hispanidad, contiguo entrada a la UCR, ha sido clasificada por el informe del LanammeUCR, como de Vulnerabilidad Alta.</b></p> <p><b>2. Alcantarilla Río María Aguilar, contiguo a la Y Griega, lado Este, ha sido clasificada por el informe del LanammeUCR, como de Vulnerabilidad Alta.</b></p> <p><b>3. Alcantarillas (3) del Río María Aguilar sobre Circunvalación (Ruta Nacional N°39) ubicadas en Hatillo 8 hacia Pavas.</b></p> <p>Las alcantarillas de acero corrugado que se encontraban en este paso del río, colapsaron en agosto del 2013, por motivo de las fuertes lluvias. El caudal del río se incrementó por encima de la capacidad de las alcantarillas, las cuales fallaron por su pequeña área transversal, lo que se conoce como “estrangulamiento del cauce del río”.</p> <p>En noviembre 2013 se abrió la ruta con una solución provisional de 4 puentes Bailey, sin embargo, está en proceso la construcción de dos puentes de concreto de 75m de largo, como solución a largo plazo.</p> <p>Según el informe, la mayoría de estas alcantarillas deben ser sustituidas para que cumplan con su función. Se recomendó a la administración de las obras (CONAVI) realizar un mantenimiento periódico en estas estructuras y realizar más estudios pertinentes.</p>				 <p>Alcantarilla en Quebrada los Negritos <b>Fuente:</b> <a href="http://www.nacion.com/nacional/infraestructura/Circunvalacion-hundimiento-MOPT-alcantarilla_7_1364533534.html">http://www.nacion.com/nacional/infraestructura/Circunvalacion-hundimiento-MOPT-alcantarilla_7_1364533534.html</a></p>  <p>Alcantarilla Río María Aguilar contiguo a la Y Griega <b>Fuente:</b> <a href="http://www.nacion.com/nacional/infraestructura/Circunvalacion-hundimiento-MOPT-alcantarilla_7_1364533534.html">http://www.nacion.com/nacional/infraestructura/Circunvalacion-hundimiento-MOPT-alcantarilla_7_1364533534.html</a></p>  <p>Alcantarilla Río María Aguilar, paso de Circunvalación por Hatillo 8 <b>Fuente:</b> <a href="http://www.elfinancierocr.com/economia-y-politica/Lanamme-MOPT-conavi-fallos_vinculantes-laboratorios-universidad_de_Costa_Rica-abogados_0_389361093.html">http://www.elfinancierocr.com/economia-y-politica/Lanamme-MOPT-conavi-fallos_vinculantes-laboratorios-universidad_de_Costa_Rica-abogados_0_389361093.html</a></p>		
<b>Fuente:</b> LanammeUCR, La Nación y CRhoy.com						

Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático						Inundación	
						N.8	
<b>Nombre del caso:</b> Alcantarillas cerca del cruce de la República (Ruta Nacional N°32)							
<b>Ubicación:</b> Quebrada Cangrejos, Quebrada Rivera, Sin nombre							
Tipo de Infraestructura							
Puentes Puertos		X		Carreteras		Acueductos	
						Otro: _____	
Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad				Fotografía			
<p><b>1. La alcantarilla de Quebrada Cangrejos, ubicada sobre Ruta 32 del cruce de la República 50m Norte, ha sido clasificada por el informe del LanammeUCR, como de Vulnerabilidad Alta.</b></p> <p><b>2. La alcantarilla de Quebrada Rivera, ubicada sobre Ruta 32, del paso a desnivel a Llorente 200m Sur, en dirección a la intersección la República, ha sido clasificada por el informe del LanammeUCR, como de Vulnerabilidad Moderada.</b></p> <p><b>3. La alcantarilla de Quebrada Sin Nombre, ubicada sobre Ruta 32 del cruce de La República 800m Norte, frente a estación de servicio Ruta 32, ha sido clasificada por el informe del LanammeUCR, como de Vulnerabilidad Alta.</b></p> <p>Según el informe, la mayoría de estas alcantarillas deben ser sustituidas para que cumplan con su función. Se recomendó a la administración de las obras (CONAVI) realizar un mantenimiento periódico en estas estructuras y realizar más estudios pertinentes</p>				<p>Alcantarilla sobre Quebrada Cangrejos <b>Fuente:</b> Imagen aérea de Google Earth</p>			
<b>Fuente:</b> LanammeUCR, La Nación, Teletica.com y CRhoy.com							

Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático						Inundación	
						N.9	
<b>Nombre del caso:</b> Alcantarillas sobre Carretera Bernardo Soto (Ruta Nacional N°1)							
<b>Ubicación:</b> Río Siquiars, Río Sin Nombre							
Tipo de Infraestructura							
Puentes o Puertos		X		Carreteras		Acueductos	
						Otro: _____	
Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad				Fotografía			
<p><b>1. Alcantarilla del Río Siquiars ubicada en el Coyol de Alajuela, 350m Este de la entrada a Zona Franca BES sobre la Bernardo Soto. Esta alcantarilla ha sido clasificada por el informe del LanammeUCR, como de Vulnerabilidad Alta.</b></p> <p><b>2. Alcantarilla del Río Sin Nombre, ubicada 800m Oeste de la Subestación de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL) sobre la Bernardo Soto. Esta alcantarilla ha sido clasificada por el informe del LanammeUCR, como de Vulnerabilidad Moderada.</b></p> <p>Según el informe, la mayoría de estas alcantarillas deben ser sustituidas para que cumplan con su función. Se recomendó a la administración de las obras (CONAVI) realizar un mantenimiento periódico en estas estructuras y realizar más estudios pertinentes.</p>				<p>Alcantarilla sobre 800m oeste CNFL <b>Fuente:</b> Imagen aérea de Google Earth</p>			
<b>Fuente:</b> LanammeUCR, La Nación y CRhoy.com							

Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático						Socavación
						N.10
<b>Nombre del caso:</b> Alcantarilla sobre rutas en Heredia						
<b>Ubicación:</b> Quebrada Guaria, Río Pirro, Río Bermúdez						
Tipo de Infraestructura						
Puentes o Puertos	X	Carreteras		Acueductos		Otro: _____
Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad				Fotografía		
<p><b>1. Alcantarilla de la Quebrada Guaria, 350m Este de la Zona Franca Metro, Barreal de Heredia.</b> Esta alcantarilla ha sido varias veces reparada con soluciones a corto plazo. Como se muestra en la fotografía de la derecha, la solución ha sido la colocación de un puente Bailey. Sin embargo, esta estructura también es vulnerable, pues el terreno se ha socavado por el paso de agua.</p> <p>Esta alcantarilla ha sido clasificada por el informe del LanammeUCR, como de <b>Vulnerabilidad Alta</b>.</p> <p><b>2. Alcantarilla del Río Pirro en Heredia (Ruta Nacional N°3),</b> ubicada de la intersección de la Avenida 8 y Calle 7 en Heredia, 150m sentido Heredia – San José. Esta alcantarilla ha sido clasificada por el informe del LanammeUCR, como de <b>Vulnerabilidad Moderada</b>.</p> <p><b>3. Alcantarilla del Río Bermúdez cerca de Los Lagos de Heredia (Ruta Nacional N°3),</b> ubicada 200m Sur de la Entrada a Los Lagos de Heredia. Esta alcantarilla ha sido clasificada por el informe del LanammeUCR, como de <b>Vulnerabilidad Moderada</b>.</p> <p>Según el informe, la mayoría de estas alcantarillas deben ser sustituidas para que cumplan con su función. Se recomendó a la administración de las obras (CONAVI) realizar un mantenimiento periódico en estas estructuras y realizar más estudios pertinentes.</p> <p><b>Fuente:</b> LanammeUCR, La Nación y CRhoy.com</p>				 <p><b>Fuente:</b>  <a href="http://periodico.nacion.com/doc/nacion/la_nacion-06julio2012.pdf/2012070601/5.html#4">http://periodico.nacion.com/doc/nacion/la_nacion-06julio2012.pdf/2012070601/5.html#4</a></p>		

Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático						Inundación	
						N.11	
<p><b>Nombre del caso:</b> Alcantarilla del Río Sin Nombre, frente al Proyecto Gol, San Rafael de Alajuela (Ruta Nacional N° 147)</p> <p><b>Ubicación:</b> Frente al Proyecto Gol, San Rafael de Alajuela</p>							
Tipo de Infraestructura							
Puentes o Puertos	X	Carreteras		Acueductos		Otro: _____	
Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad					Fotografía		
<p>Esta alcantarilla ha sido clasificada por el informe del LanammeUCR, como de <b>Vulnerabilidad Moderada</b>.</p> <p>Según el informe, la mayoría de estas alcantarillas deben ser sustituidas para que cumplan con su función. Se recomendó a la administración de las obras (CONAVI) realizar un mantenimiento periódico en estas estructuras y realizar más estudios pertinentes.</p> <p><b>Fuente:</b> LanammeUCR, La Nación y CRhoy.com</p>					 <p>Alcantarilla frente Proyecto Gol <b>Fuente:</b> Imagen aérea de Google Earth</p>		

Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático						Inundación	
						N.12	
<p><b>Nombre del caso:</b> Alcantarillas (3) del Río Torres sobre la Radial de Concreto (Ruta Nacional N°108)</p> <p><b>Ubicación:</b> 500m Oeste de la Intersección de La República. Radial de Concreto que comunica Barrio México con Barrio Tournón</p>							
Tipo de Infraestructura							
Puentes o Puertos	X	Carreteras		Acueductos		Otro: _____	
Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad					Fotografía		
<p>Esta alcantarilla ha sido clasificada por el informe del LanammeUCR, como de <b>Vulnerabilidad Moderada</b>.</p> <p>Según el informe, la mayoría de estas alcantarillas deben ser sustituidas para que cumplan con su función. Se recomendó a la administración de las obras (CONAVI) realizar un mantenimiento periódico en estas estructuras y realizar más estudios pertinentes.</p> <p><b>Fuente:</b> LanammeUCR, La Nación y CRhoy.com</p>					 <p><b>Fuente:</b> <a href="http://www.nacion.com/nacional/infraestructura/Circunvalacion-hundimiento-MOPT-alcantarilla_7_1364533534.html">http://www.nacion.com/nacional/infraestructura/Circunvalacion-hundimiento-MOPT-alcantarilla_7_1364533534.html</a></p>		

Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático						Inundación
						N.13
<b>Nombre del caso:</b> Alcantarillas en Lindora (Ruta Nacional N° 147)						
<b>Ubicación:</b> Quebrada Los Rodríguez, Río Sin Nombre						
Tipo de Infraestructura						
Puentes	o	X	Carreteras		Acueductos	Otro: _____
Puentes o Puertos						
Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad				Fotografía		
<p>1. Alcantarilla Quebrada Los Rodríguez, contiguo a Matra y Servicio Red Total Lindora. Esta alcantarilla ha sido clasificada por el informe del LanammeUCR, como de <b>Vulnerabilidad Moderada</b>.</p> <p>2. Alcantarilla en Río Sin Nombre, ubicada 600m Norte de la entrada de Bosques de Lindora, contiguo a Texaco. Esta alcantarilla ha sido clasificada por el informe del LanammeUCR, como de <b>Vulnerabilidad Moderada</b>.</p> <p>Según el informe, la mayoría de estas alcantarillas deben ser sustituidas para que cumplan con su función. Se recomendó a la administración de las obras (CONAVI) realizar un mantenimiento periódico en estas estructuras y realizar más estudios pertinentes.</p> <p><b>Fuente:</b> LanammeUCR, La Nación y CRhoy.com</p>				 <p>Alcantarilla contiguo a Texaco, Lindora <b>Fuente:</b> Imagen aérea de Google Earth</p>		

Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático						Inundación
						N.14
<b>Nombre del caso:</b> Alcantarilla del Río Cucubres cerca de la Clínica Marcial Fallas (Ruta Nacional N° 209)						
<b>Ubicación:</b> De la Clínica Marcial Fallas 600m Sur, frente al Bar Garibaldi						
Tipo de Infraestructura						
Puentes o Puertos		X	Carreteras		Acueductos	Otro: _____
Puentes o Puertos						
Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad				Fotografía		
<p>Esta alcantarilla ha sido clasificada por el informe del LanammeUCR, como de <b>Vulnerabilidad Moderada</b>.</p> <p>Según el informe, la mayoría de estas alcantarillas deben ser sustituidas para que cumplan con su función. Se recomendó a la administración de las obras (CONAVI) realizar un mantenimiento periódico en estas estructuras y realizar más estudios pertinentes.</p> <p><b>Fuente:</b> LanammeUCR, La Nación y CRhoy.com</p>				 <p>Alcantarilla 600m Sur Clínica Marcial Fallas <b>Fuente:</b> Imagen aérea de Google Earth</p>		

<b>Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático</b>						<b>Socavación</b>	
						<b>N.15</b>	
<b>Nombre del caso:</b> Hundimiento en la carretera frente al Colegio Universitario de Cartago							
<b>Ubicación:</b> Frente al Colegio Universitario de Cartago (CUC) en barrio El Molino.							
<b>Tipo de Infraestructura</b>							
Puentes o Puertos	X	Carreteras		Acueductos		Otro: _____	
<b>Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad</b>				<b>Fotografía</b>			
<p>Las causas de este hundimiento fueron principalmente la gran cantidad de residuos sólidos en las alcantarillas que generaron el colapso de la alcantarilla por su reducida capacidad en época lluviosa.</p> <p>Este hundimiento se presentó en setiembre 2013, en una calle muy importante que comunica muchos sitios como: el CUC, ASEMBIS, el polideportivo, el colegio Jorge Volio, el Registro Civil y el acceso a muchas urbanizaciones así como al Tejar de El Guarco.</p> <p><b>Fuente:</b> La Nación, Diario Extra</p>				 <p><b>Fuente:</b>  <a href="http://www.nacion.com/nacional/infraestructura/Transito-Cartago-sufre-hueco-carretera_0_1365663539.html">http://www.nacion.com/nacional/infraestructura/Transito-Cartago-sufre-hueco-carretera_0_1365663539.html</a></p>			

<b>Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático</b>						<b>Inundación</b>	
						<b>N.16</b>	
<b>Nombre del caso:</b> Inundación en la Autopista General Cañas (Ruta Nacional N°1)							
<b>Ubicación:</b> Frente a Los Arcos							
<b>Tipo de Infraestructura</b>							
Puentes o Puertos	X	Carreteras		Acueductos		Otro: _____	
<b>Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad</b>				<b>Fotografía</b>			
<p>El colapso de los taludes afectó la capacidad de las alcantarillas que se encuentran en este sitio, provocando el desborde de la quebrada por sobre la pista, afectando el tránsito fluido de los vehículos.</p> <p><b>Fuente:</b> La República</p>				 <p><b>Fuente:</b>  <a href="https://www.larepublica.net/app/cms/www/index.php?pk_articulo=533305082">https://www.larepublica.net/app/cms/www/index.php?pk_articulo=533305082</a></p>			

## PUENTES

<b>Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático</b>				<b>Socavación</b>	
				<b>N.17</b>	
<b>Nombre del caso:</b> Puente sobre el Río Parismina, en la Ruta Nacional N°32					
<b>Ubicación:</b> Cerca de las comunidades de Guácimo y Pocora					
<b>Tipo de Infraestructura</b>					
X	Puentes o Puertos	X	Carreteras		Acueductos
			Otro: _____		
<b>Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad</b>			<b>Fotografía</b>		
<p>En octubre de 2013, las fuertes lluvias socavaron los rellenos de aproximación al puente sobre el río Parismina, por lo que quedó incomunicada la Ruta 32 de San José a Limón. Además, esta ruta comunica las comunidades de Guácimo y Pocora.</p> <p>Esto se debió a que el Río Parismina tuvo una fuerte crecida debido a las fuertes lluvias, por lo que el gran caudal que transportaba, socavó la estructura que da acceso al puente, ubicada detrás del bastión.</p> <p>Aunque todavía no se sabe si tiene daño estructural, el río destruyó los accesos, también conocidos como rellenos de aproximación. Maquinaria del Conavi ya está camino a la zona para iniciar las reparaciones a primera hora de este jueves. Se estima que el paso de vehículos por el puente estará cerrado entre 24 y 48 horas, dependiendo del comportamiento del río y de las lluvias de las próximas horas.</p> <p><b>Fuente:</b> La Nación y Teletica.com</p>					
			<p><b>Fuente:</b> <a href="http://www.teletica.com/Noticias/27231-Ruta-32-cerrada-tras-colapso-del-puente-sobre-el-rio-Parismina.note.aspx">http://www.teletica.com/Noticias/27231-Ruta-32-cerrada-tras-colapso-del-puente-sobre-el-rio-Parismina.note.aspx</a></p>		

Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático					Socavación	
					N.18	
<b>Nombre del caso:</b> Puente sobre el Río Chirripó, en la Ruta Nacional N°32						
<b>Ubicación:</b> Matina, Limón						
Tipo de Infraestructura						
X	Puentes o Puertos		Carreteras		Acueductos	Otro: _____
Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad				Fotografías		
<p>El puente sobre el Río Chirripó (Matina, Limón), ha sido evaluado por instituciones técnicas como el LanammeUCR (en 2010) y de la Agencia de Cooperación Japonesa (en el 2007), y en ambos casos se han indicado el acelerado deterioro de la estructura, misma que se encuentra en estado de vulnerabilidad alta, sin embargo aún no se inician las obras para mitigar el problema.</p> <p>El puente arrastra las secuelas del Terremoto de Limón en 1991, cuando colapsó interrumpiendo el paso vehicular. Además, la estructura cuenta con avanzada corrosión, grietas en el asfalto, exceso de sedimento en las pilas que le dan soporte, entre otros aspectos, consecuencias de escaso mantenimiento que recibe por parte de las autoridades del CONAVI.</p> <p>El problema se agrava aún más dado que por las barandas del puente pasan las líneas del poliducto que lleva combustible a los planteles de RECOPE, así como la fibra óptica para las telecomunicaciones del ICE.</p> <p>Ante el aumento de los eventos extremos, se acumulará mayor cantidad de sedimento en los soportes, lo que incrementará la vulnerabilidad de la estructura.</p> <p>Hasta octubre 2013 no se tenía fecha de inicio de los arreglos de la estructura, la empresa a cargo es CHEC, constructora china a cargo además, de la ampliación de la Ruta 32.</p> <p><b>Fuente:</b> Teletica.com, La Nación</p>				  <p><b>Fuente:</b>  <a href="http://www.nacion.com/nacional/Corrosion-abandono-debilitan-puente-exportaciones_0_1373462658.html">http://www.nacion.com/nacional/Corrosion-abandono-debilitan-puente-exportaciones_0_1373462658.html</a></p>		

## DESLIZAMIENTOS

Nuestro país posee una serie de características que lo hacen propenso a la ocurrencia de deslizamientos en muchas partes del territorio. La combinación de un relieve diverso, con cadenas montañosas extensas en donde se alcanzan pendientes elevadas; formaciones geológicas recientes con rocas meteorizadas; y elementos de disparo para este tipo de fenómenos como lo son condiciones climáticas de precipitación alta durante varios meses, así como un nivel de sismicidad importante, hacen de muchos lugares de Costa Rica sitios con vulnerabilidad alta ante este tipo de fenómenos.

En condiciones naturales, el riesgo de deslizamientos aumenta debido a la acción antrópica. Es por esto que herramientas como el ordenamiento territorial son fundamentales con el fin de proteger las áreas más sensibles. Gracias a esto, se puede evitar la presencia de asentamientos en lugares con alto grado de vulnerabilidad y promover usos de suelo poco intensivos en las partes altas de las montañas que no propicien deforestación y erosión en las laderas.

Por otra parte, la intervención de montañas con obras de infraestructura necesarias para la comunicación y el desarrollo del país crean otra serie de puntos sensibles donde se presentan derrumbes con frecuencia. Al respecto, la falta de diseños adecuados en muchas de las carreteras se convierte posteriormente en un factor que hace aún más vulnerable algunos tramos; esto se debe principalmente a que algunas de estas rutas fueron trazadas históricamente para otro tipo de medios de transporte (caballos, carretas) por lo que en la actualidad es necesario intervenirlas de manera tal que cumplan con las condiciones adecuadas.

En el caso de la construcción de carreteras nuevas, ampliación y reparación de existentes, es necesario que se tomen las medidas adecuadas sobre todo en la construcción de taludes, los cuales deben tener los ángulos de inclinación necesarios, terrazas u obras de estabilización necesarias para garantizar un factor de seguridad suficiente. Muchas veces se opta por reducir costos en la realización de las obras a cambio de disminución en las condiciones de seguridad (taludes empinados, trazado de carretera alrededor de las montañas en lugar de crear viaductos o puentes) que con el paso del tiempo terminan significando un gasto mayor debido al precio que representa las reparaciones continuas, limpieza de tramos, cierres de vías y, en el peor de los casos, pérdidas de vidas humanas.

Con el cambio climático, diversos estudios han demostrado que nuestro país está experimentando una serie de variaciones que están llevando a un aumento de la temperatura promedio, consecuentemente es de esperarse que las condiciones meteorológicas vayan a cambiar. A pesar de que con los datos disponibles aún no se ha podido demostrar un aumento significativo en la magnitud de las lluvias, los especialistas indican que es probable que haya una mayor frecuencia en los eventos extremos. Al ser este uno de los principales elementos de disparo para deslizamientos, es de esperar entonces una mayor ocurrencia de este tipo de fenómenos también.

Es por esto que se hace aún más importante el adecuado manejo de las aguas pluviales en las cercanías a taludes (tanto en carreteras como en zonas urbanas y rurales), ya que actualmente es un problema latente en varios de los sitios con mayor vulnerabilidad, por lo que se deben hacer las intervenciones necesarias con el fin de que este tipo de

estructuras tengan una capacidad hidráulica adecuada, que les permita ayudar a disminuir el riesgo. La construcción de puentes, alcantarillas y cunetas con la sección adecuada, basada en estudios que tomen en cuenta la escorrentía en las respectivas cuencas; así como la construcción de obras de retención de aguas pluviales, son prácticas que deben llevarse a cabo, sobre todo teniendo en consideración el desarrollo que está experimentando el país, de manera tal que se garantice la seguridad y se trate de disminuir la vulnerabilidad en la que se encuentran muchas de las zonas.

A continuación se presentan fichas resumen de los principales casos de deslizamientos a lo largo del país. La información para su elaboración fue recopilada con base en estudios académicos, de instituciones gubernamentales y en reportajes periodísticos.

<b>Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático</b>						<b>Deslizamiento</b>		
						<b>N.1</b>		
<b>Nombre del caso: Deslizamientos en las partes altas del Distrito de Salitral, Santa Ana</b>								
<b>Ubicación: parte sur de Salitral de Santa Ana</b>								
<b>Tipo de Infraestructura</b>								
X	Puentes Puertos	0	X	Carreteras		Acueductos	X	Otro: <u>Infraestructura en general</u>
<b>Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad</b>						<b>Fotografía</b>		
<p>Las condiciones de altas pendientes, geología y cauces de ríos en las partes altas de las montañas al sur del poblado de Salitral en Santa Ana las hacen propensas a deslizamientos, especialmente del tipo flujos de lodos. Dentro de los cerros con vulnerabilidad alta se encuentra el Chitariá (que ya presentó un evento en 2010) y el Tapezco. Se considera de gran importancia debido a la presencia de asentamientos humanos en las partes bajas, donde eventualmente se depositaría el material deslizado.</p>								

<b>Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático</b>						<b>Deslizamiento</b>		
						<b>N.2</b>		
<b>Nombre del caso: Deslizamientos en la ruta 32</b>								
<b>Ubicación: Tramo de la carretera Braulio Carrillo cercano al túnel zurquí</b>								
<b>Tipo de Infraestructura</b>								
X	Puentes Puertos	0	X	Carreteras		Acueductos	X	Otro: Alcantarillas
<b>Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad</b>						<b>Fotografía</b>		
<p>Las condiciones de topografía y meteorológicas (como factor disparador) hacen que la vulnerabilidad a deslizamientos sea alta. Asimismo existe infraestructura de evacuación de aguas pluviales que presentan vulnerabilidad muy alta (LANAMME, 2009) por falta de capacidad. Los cierres en esta ruta nacional se han presentado constantemente durante la época lluviosa; siendo de gran importancia debido a que representa el principal acceso para productos de importación y exportación desde el puerto de Moín.</p>								
(Fuente: CRHoy, 2013)								

<b>Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático</b>					<b>Deslizamiento</b>	
					N.3	
<b>Nombre del caso: Deslizamientos en la ruta 2</b>						
<b>Ubicación: Tramo desde San Isidro del Guarco hasta La Ese de Pérez Zeledón</b>						
<b>Tipo de Infraestructura</b>						
X	Puentes Puertos	o	X	Carreteras	Acueductos	Otro:
<b>Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad</b>				<b>Fotografía</b>		
<p>La localización de este tramo de carretera se caracteriza por taludes con altas pendientes a lo largo del trazado.</p> <p>Presenta vulnerabilidad alta debido a que los eventos de lluvia extremos son un factor disparador de derrumbes, y la zona cercana al Cerro de la Muerte presenta condiciones de precipitación muy alta. Sumado a esto existe una deficiencia de infraestructura para evacuar el agua pluvial adecuadamente.</p> <p>Se tienen identificados alrededor de 155 sitios con altas probabilidades de ocurrencia de un derrumbe o hundimiento (LANAMME, 2009)</p> <p>En la ruta 2 se han dado problemas por cierre de la carretera en numerosas ocasiones; esta vía es la principal de acceso a la zona sur del país, principalmente a Pérez Zeledón.</p>				 <p>Fuente: aldía, 2008</p>		

<b>Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático</b>		<b>Deslizamiento</b>	
		N.4	
<b>Nombre del caso: Deslizamiento en la ruta 209</b>			
<b>Ubicación: Tramo de la carretera cercano al poblado de Potrerillos y el caserío Ortiga</b>			
<b>Tipo de Infraestructura</b>			
Puentes	0	X	Carreteras
Puertos			Acueductos
		Otro:	
<b>Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad</b>		<b>Fotografía</b>	
<p>La ruta 209 posee condiciones topográficas de pendientes altas y numerosas curvas. En este tramo en específico se tiene evidencia de la existencia de un mega deslizamiento denominado “Ortiga-Potrerillos” que a lo largo del tiempo ha dado signos de inestabilidad sobre todo en períodos de lluvias fuertes y eventos sísmicos (la más reciente la tormenta Tomas en 2010).</p> <p>Según informes de INGEOTEC (2012) se tiene una vulnerabilidad en los poblados de Ortiga y Potrerillos, así como en líneas de acueductos de la ASADA de San Luis de Acosta, y en tendidos telefónicos y eléctricos de la ciudad de Acosta.</p>			
		Fuente: Ingeotec, 2012	

<b>Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático</b>						<b>Deslizamiento</b>
						<b>N.5</b>
<b>Nombre del caso: Deslizamientos en la ruta 613</b>						
<b>Ubicación: Carretera entre San Vito de Coto Brus y Las Mellizas</b>						
<b>Tipo de Infraestructura</b>						
	Puentes o Puertos	X	Carreteras		Acueductos	Otro:
<b>Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad</b>					<b>Fotografía</b>	
<p>En este tramo de la ruta existe vulnerabilidad por flujos de lodos y detritos que provocarían daños en la infraestructura vial y cierres en la carretera. En la actualidad incluso existen tramos donde ya se han presentado problemas relacionados.</p> <p>Un informe del LANAMME (2011) indica que el sector con susceptibilidad más alta se ubica entre el kilómetro 23.5 y 24.5, cerca del poblado de La Lucha.</p> <p>Además existen alcantarillas con vulnerabilidad alta y muy alta debido a la falta de capacidad hidráulica.</p>					 <p>Fuente: <a href="http://coclanis.blogspot.com">coclanis.blogspot.com</a></p>	

Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático						Deslizamiento		
						N.6		
<b>Nombre del caso: Deslizamientos en la ruta nacional 141</b>								
<b>Ubicación: Tramo entre Naranjo y Florencia</b>								
Tipo de Infraestructura								
<input type="checkbox"/>	Puentes Puertos	<input type="checkbox"/>	X	Carreteras	<input type="checkbox"/>	Acueductos	<input type="checkbox"/>	Otro:
Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad				Fotografía				
<p>En un estudio realizado por LANAMME (2012) se identificó amenaza por flujos de lodo, así como en sistemas de drenaje, a lo largo de los 59 kilómetros de esta ruta. Se llegó a la conclusión de que existen varios puntos identificados con vulnerabilidad alta a deslizamientos, principalmente debido a la alta pendiente en los taludes de corte.</p> <p>Bajo condiciones de lluvia extrema se pueden dar cierres en la ruta, tal y como ha ocurrido en diversas ocasiones anteriores (por ejemplo en el alto de Tapezco), impidiendo así la principal vía de comunicación entre poblados importantes como Florencia, Ciudad Quesada, Zarceros y Naranjo.</p>								
				Fuente: Aldía, 2010				

Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático						Deslizamiento		
						N.7		
<b>Nombre del caso: Deslizamientos en la ruta 27</b>								
<b>Ubicación: Carretera que comunica San José con Caldera en Puntarenas</b>								
Tipo de Infraestructura								
<input type="checkbox"/>	Puentes Puertos	<input type="checkbox"/>	X	Carreteras	<input type="checkbox"/>	Acueductos	<input type="checkbox"/>	Otro:
Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad				Fotografía				
<p>Esta carretera, inaugurada en enero de 2010, es de gran importancia ya que actualmente concentra la mayor cantidad de flujo de vehículos desde el Valle Central hacia la zona pacífico central y norte del país.</p> <p>A lo largo de su trazado existe una serie de taludes con pendientes altas, lo que posibilita la presencia de deslizamientos, especialmente caída de bloques de piedra.</p> <p>Además en el kilómetro 47 ya se presentó un hundimiento que provocó el cierre de la vía y una intervención del tramo con obras de estabilización.</p> <p>Es importante la construcción de obras de retención y drenaje de aguas pluviales para así disminuir la vulnerabilidad a deslizamientos en esta vía.</p>								
				Fuente: La Prensa Libre, 2013				

Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático						Deslizamiento	
						N.8	
<p><b>Nombre del caso:</b> <i>Deslizamientos en la ruta 126</i></p> <p><b>Ubicación:</b> <i>Tramo Carrizal de Alajuela - Varablanca</i></p>							
Tipo de Infraestructura							
X	Puentes Puertos	0	X	Carreteras		Acueductos	Otro:
Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad				Fotografía			
<p>Esta carretera tiene potencial turístico como vía de acceso alterna al volcán Poás y a la zona de la catarata de La Paz.</p> <p>A lo largo de la ruta se encuentran tramos con altas pendientes.</p> <p>En el pasado terremoto de Cinchona ocurrieron diversos derrumbes en la vía que dejaron incomunicadas a varias personas. Posteriormente se rehabilitó el paso por la ruta, sin embargo la pendiente alta de los taludes formados pone en vulnerabilidad alta a la vía, principalmente cuando ocurran episodios de precipitación extrema.</p> <p>Además, el puente que pasa por la catarata de La Paz ha sido arrastrado por cabezas de agua en varias ocasiones.</p>				 <p>Fuente: Aldía</p>			

Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático							Deslizamiento	
							N.9	
<p><b>Nombre del caso:</b> Deslizamientos en Orosí</p> <p><b>Ubicación:</b> Jucó de Orosí</p>								
Tipo de Infraestructura								
	Puentes	0	X	Carreteras	X	Acueductos	X	Otro: Infraestructura en general
Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad						Fotografía		
<p>El poblado de Orosí en Cartago está ubicado en un valle con laderas de alta pendiente en sus bordes, esto aunado a la presencia de varias fallas geológicas en la zona, hace propensa a la ocurrencia de deslizamientos en los que se podría ver afectadas viviendas, carreteras, y demás infraestructura urbana.</p> <p>En el pasado ya han ocurrido eventos, como en el 2004, cuando ocurrieron flujos de lodo a lo largo del río Jucó. Al respecto, la Escuela Centroamericana de Geología, en un informe de ese mismo año concluyó que “los flujos de lodo y rocas se seguirán presentando, pues existen sitios que por su inestabilidad, pueden alimentar eficientemente la dinámica del medio en función de la generación de flujos densos”.</p> <p>La población con vulnerabilidad más alta es la que vive cerca del cauce de la quebrada Granados.</p> <p>Además Parra (2004) identificó a la quebrada Los Tanques y Alto Loaiza como los sectores con mayor amenaza; así como a Alto Loaiza como la comunidad con mayor vulnerabilidad</p>						 <p>Fuente: Aldía</p>		

<b>Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático</b>							<b>Deslizamiento</b>	
							<b>N.10</b>	
<b>Nombre del caso: Deslizamientos en Escazú</b>								
<b>Ubicación: Calle Lajas</b>								
<b>Tipo de Infraestructura</b>								
	Puentes	0	X	Carreteras	X	Acueductos	X	Otro: Infraestructura en general
<b>Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad</b>						<b>Fotografía</b>		
<p>En la zona se generó un deslizamiento importante el 3 de noviembre de 2010, a causa de la combinación de 3 factores importantes: período de precipitación intensa, fuertes pendientes en el terreno y el establecimiento del poblado muy cerca del cauce de la quebrada Lajas.          Como consecuencia murieron 24 personas.          En la actualidad continúa siendo una zona de vulnerabilidad alta, y algunas personas siguen viviendo dentro del área de amenaza.</p>								
						Fuente: nación.com		

## INUNDACIONES

Las inundaciones son eventos en los cuales se da un aumento del nivel de agua como resultado de lluvias intensas, donde dado que los cauces de los ríos presentan una capacidad hidráulica insuficiente para contener este incremento el agua termina desbordándose, afectando las áreas aledañas e inclusive reactivando viejos cauces. Los terrenos hacia donde se desborda el río es lo que se conoce como **zona de inundación**.

Según Varhson (1996) existen dos tipos distintos de inundaciones según la elevación y las condiciones topográficas de las zonas en la que se den, estas son conocidas como inundaciones **lentas** o **rápidas**. Sin embargo, a estos dos se le puede agregar un tercer tipo, el cual se puede definir como inundaciones **urbanas**. Las inundaciones lentas y rápidas tienden a ser producto de las condiciones físicas naturales, mientras que las urbanas son provocadas más que todo por condiciones antrópicas.

### Inundaciones Lentas

Estas se dan en las llanuras, normalmente provocadas por lluvias prolongadas (temporales), donde el nivel del agua está normalmente subiendo lentamente y las pérdidas son en primer lugar pérdidas económicas, porque en la mayoría de los casos, la gente tiene tiempo para evacuar. Se caracterizan por un elevado nivel del agua (mayor a 1,5 metros en las planicies fuera de los cauces en muchos casos) y varios días de duración. Las velocidades del flujo son bajas (menores o cercanas a 1m/s).

Para estos casos, generalmente las zonas con riesgo de inundación corresponden a grandes áreas a ambos lados del cauce principal. La vulnerabilidad aumenta debido a la ocupación de estas llanuras de inundación, provocando que haya hasta poblados enteros que usualmente sufren de inundaciones lentas o “llenas” producto del desbordamiento de los ríos cercanos. Los ejemplos más notables en nuestro país son: Parrita, Filadelfia, Siquirres, Matina, Sixaola, entre otros.

En el caso de las inundaciones de llanura y zonas bajas, se puede emplear infraestructura de protección (diques por citar algún caso) y arquitectura adecuada (sobre basas y pilotes) para evitar los daños, ya que en este caso el enfoque de la solución está dado a controlar los efectos del elevado tirante del agua fuera del cauce.

### Inundaciones Rápidas

Estas se presentan en las montañas y en los pies de monte principalmente, provocadas por tormentas locales severas, donde las lluvias intensas muchas veces disparan deslizamientos y se transforman en avalanchas. Estas inundaciones repentinas son las que cobran normalmente vidas humanas. Se caracterizan por un nivel medio a bajo del tirante del agua (muchas veces menor a un metro fuera de los cauces), pero con velocidades de flujo muy altas y destructivas (hasta 5 m/s).

En las inundaciones de zonas montañosas (conocidas como “cabezas de agua”) el agua presenta velocidades muy altas, las cuales son destructivas, al mismo tiempo que arrastra objetos de gran tamaño como rocas y árboles, y en este caso el tiempo para poder realizar acciones de evacuación es mucho menor, por lo cual el peligro es mayor.

En una inundación las condiciones normales del río cambian radicalmente. El área requerida para el escurrimiento del agua es sustancialmente mayor, lo cual afecta la infraestructura que se encuentra en las márgenes. Algunos ejemplos de esto se han presentado en Rivas de Pérez Zeledón o La Tigra de San Carlos.

### **Inundaciones Urbanas**

Las inundaciones urbanas, como su nombre lo indica, se presentan en las zonas urbanas y son producto de varios factores, entre los que se puede destacar la impermeabilización del suelo, la canalización de la escorrentía pluvial y la obstrucción de esas canalizaciones. Por lo general se ven involucradas cuencas pequeñas.

La *impermeabilización del suelo* a través de techos, calles y aceras, el agua que previamente se infiltraba en el suelo, ahora pasa a los alcantarillados pluviales (en caso de haber) o escurre de manera superficial por canales hasta los ríos y quebradas. El aumento de la urbanización exige cada vez más capacidad de las secciones de alcantarillado, ya que se aumentan los caudales pico.

Precisamente, el aumento en los caudales de escorrentía provoca que se vaya sobrepasando la capacidad del alcantarillado pluvial, alcantarillas de paso y puentes cortos. Adicional a esto, hay que sumar otros factores que disminuyen aún más la capacidad de esta infraestructura, como por ejemplo los residuos sólidos, la falta de mantenimiento y las construcciones ubicadas en espacios naturales de escurrimiento de los excedentes pluviales, generando además riesgos para la población.

Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático					Inundación	
					N.1	
<p><b>Nombre del caso:</b> <i>Desbordamiento del Río Parrita</i>  <b>Ubicación:</b> <i>Parrita</i></p>						
Tipo de Inundación						
X	Lenta		Rápida		Urbana	
Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad					Fotografía	
<p>El evento meteorológico (noviembre del 2010) que originó esta situación son las fuertes lluvias que se dieron en las partes altas de la cuenca del Río Parrita. Esto provocó el desbordamiento del mismo, el cual se vio agravado debido a la ruptura del dique ubicado en la margen derecha del río. Esto hizo que el río se abriera en tres brazos, anegando una extensión de dos kilómetros de ancho hasta su desembocadura. Se vieron afectados las vías de la ciudad y todos sus servicios básicos, además de las viviendas.</p> <p><b>Fuente:</b> La Nación (5/11/10)</p>					 <p><b>Fuente:</b> nación.com</p>	

Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático					Inundación	
					N.2	
<p><b>Nombre del caso:</b> <i>Desbordamiento del Río Tempisque</i>  <b>Ubicación:</b> <i>Carrillo y Liberia</i></p>						
Tipo de Inundación						
X	Lenta		Rápida		Urbana	
Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad					Fotografía	
<p>Sistemas de baja presión, como el que afectó en octubre del 2007, provocan de manera recurrente problemas en la zona de Guanacaste, debido a las crecidas o "llenas" del Río Tempisque y otros. Los poblados principalmente afectados son Filadelfia, Belén, Corralillo y Guinea, lugares donde la población debió ser evacuada.</p> <p><b>Fuente:</b> La Nación (16/10/07)</p>					 <p><b>Fuente:</b> nación.com</p>	

<b>Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático</b>					<b>Inundación</b>				
					<b>N.3</b>				
<b>Nombre del caso: Desbordamiento del Río Sixaola</b>									
<b>Ubicación: Limón Centro y carretera al Caribe Sur</b>									
<b>Tipo de Inundación</b>									
X	Lenta		Rápida		Urbana				
<b>Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad</b>						<b>Fotografía</b>			
<p>Durante las dos últimas décadas la cuenca del Río Sixaola ha presentado un incremento considerable en el grado de inestabilidad. Esta situación se ve reflejada en las recurrentes y periódicas inundaciones de los terrenos aledaños, muchas comunidades que se ubican a ambos lados de la carretera Bribri-Sixaola se ven seriamente afectadas.</p> <p>Tales desbordamientos generan pérdidas económicas con afectaciones a la actividad agrícola y económica de la región, así como la propiedad física de los habitantes y la infraestructura en general.</p> <p><b>Fuente:</b> SENARA. Resumen del Proyecto: Levantamiento topográfico del Cauce del Río Sixaola. 2009.</p>						 <p style="text-align: center;"><b>Fuente:</b> nación.com</p>			

<b>Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático</b>					<b>Inundación</b>				
					<b>N.4</b>				
<b>Nombre del caso: Desbordamiento de los Ríos Bananito y Estrella</b>									
<b>Ubicación: Limón Centro y carretera al Caribe Sur</b>									
<b>Tipo de Inundación</b>									
X	Lenta		Rápida		Urbana				
<b>Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad</b>						<b>Fotografía</b>			
<p>Doce horas de intensas lluvias causaron el desbordamiento de los ríos Bananito y Estrella, dejando incomunicadas comunidades como Puerto Viejo, Cahuita, Sixaola, Valle de la Estrella, entre otras, debido al paso del agua sobre la carretera.</p> <p>En el centro de Limón, hubo gran cantidad de barrios afectados por inundaciones: Cieneguita, Limoncito, Santa Fe, Ceibón, Atlántida, Los Corales y Trinidad.</p> <p>Este evento ocurrió en enero del 2005 y según el reporte del IMN en esa ocasión, se debió a la interacción de varios fenómenos atmosféricos, llevando a que la CNE declarara alerta roja para la zona afectada.</p> <p><b>Fuente:</b> Al Día (10/1/05)</p>						 <p style="text-align: center;"><b>Fuente:</b> aldia.cr</p>			

<b>Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático</b>				<b>Inundación</b>	
				<b>N.5</b>	
<b>Nombre del caso: Desbordamiento de los Ríos Chirripó y Barbilla</b>					
<b>Ubicación: Matina</b>					
<b>Tipo de Inundación</b>					
X	Lenta		Rápida		Urbana
<b>Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad</b>				<b>Fotografía</b>	
<p>Los desbordamientos se dieron debido a los aguaceros provocados por un frente frío que afectó el Caribe y la Zona Norte del país.</p> <p><b>Fuente:</b> La Nación (10/11/07)</p>				 <p style="text-align: center;"><b>Fuente:</b> aldia.cr</p>	

<b>Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático</b>				<b>Inundación</b>	
				<b>N.6</b>	
<b>Nombre del caso: Desbordamiento del Río San Carlos</b>					
<b>Ubicación: Muelle de San Carlos</b>					
<b>Tipo de Inundación</b>					
X	Lenta		Rápida		Urbana
<b>Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad</b>				<b>Fotografía</b>	
<p>Las inundaciones fueron provocadas debido al exceso de lluvias que imperó sobre la región norte de nuestro país, afectando el cantón de San Carlos, con "llenas" en las partes planas del mismo.</p> <p>La principal mancha de inundación que existe se extiende por el Río San Carlos, entre los poblados de Santa Clara y Muelle, lo cual corresponde con la zona de depósito de materiales del río, y en donde existen una gran cantidad de concesiones de materiales.</p> <p><b>Fuente:</b> ProDUS-UCR. Diagnóstico de PR-San Carlos, 2011. <a href="http://www.nortilinea.com">www.nortilinea.com</a></p>				 <p style="text-align: center;"><b>Fuente:</b> <a href="http://www.nortilinea.com">www.nortilinea.com</a></p>	

<b>Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático</b>				<b>Inundación</b>	
				<b>N.7</b>	
<b>Nombre del caso: Inundación Río La Tigra</b>					
<b>Ubicación: La Tigra de San Carlos</b>					
<b>Tipo de Inundación</b>					
Lenta	X	Rápida		Urbana	
<b>Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad</b>				<b>Fotografía</b>	
<p>Los fuertes aguaceros que se presentaron en la comunidad de La Tigra en San Carlos, provocaron varias cabezas de agua, derrumbes y caída de árboles que afectaron a gran cantidad de viviendas y vías en esa comunidad</p> <p>Las cabezas de agua bajaron por los ríos Esteller, Las Palmas y La Tigra, dichos ríos atraviesan el centro de la población, por lo que el agua pasó sobre los puentes arrastrando troncos y piedras. Se falseó el puente sobre el río La Tigra, dañó uno de los bastiones en el río Las Palmas y provocó el cierre en el puente sobre el río Esteller</p> <p><b>Fuente:</b> La Nación (3/8/13)</p>				 <p style="text-align: center;"><b>Fuente:</b> nación.com</p>	

<b>Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático</b>				<b>Inundación</b>	
				<b>N.8</b>	
<b>Nombre del caso: Inundación Río General</b>					
<b>Ubicación: Rivas de Pérez Zeledón</b>					
<b>Tipo de Inundación</b>					
Lenta	X	Rápida		Urbana	
<b>Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad</b>				<b>Fotografía</b>	
<p>La generación en el océano Pacífico de la Tormenta Tropical Alma, llegó a afectar con una intensa actividad lluviosa a Costa Rica; de acuerdo con datos del Instituto Meteorológico Nacional (IMN), durante el periodo de 2 días se llegó a registrar un considerable aumento en las precipitaciones.</p> <p><b>Fuente:</b> Casos Frecuentes de Amenaza y Vulnerabilidad, 2da Edición. ProDUS-UCR. 2012.</p>					

<b>Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático</b>				<b>Inundación</b>	
				<b>N.9</b>	
<b>Nombre del caso: Inundación Río Reventado</b>					
<b>Ubicación: Taras de Cartago</b>					
<b>Tipo de Inundación</b>					
Lenta		X	Rápida	Urbana	
<b>Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad</b>				<b>Fotografía</b>	
<p>Esta cuenca presenta la particularidad de estar alterada geomorfológicamente por la actividad del Volcán Irazú. Se han registrado eventos de lahares (“cabezas de agua” con ceniza) en muchas ocasiones, ocurriendo la más grande en 1963. A partir de ahí, se construyeron diques, sin embargo estos han sido ocupados, por lo que la vulnerabilidad se ve aumentada.</p> <p><b>Fuente:</b> Castillo, G. Percepción y Prevención del Riesgo por lahar en los Diques de Cartago. 2008.</p>				 <p><b>Fuente:</b> <a href="http://www.cartagovirtual.com/historia/cartagodelayer.php">http://www.cartagovirtual.com/historia/cartagodelayer.php</a></p>	

<b>Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático</b>				<b>Inundación</b>	
				<b>N.10</b>	
<b>Nombre del caso: Daños en carretera por inundaciones y deslizamientos</b>					
<b>Ubicación: Zona Sur del país</b>					
<b>Tipo de Inundación</b>					
Lenta		X	Rápida	Urbana	
<b>Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad</b>				<b>Fotografía</b>	
<p>Un sistema de baja presión generó un exceso de lluvias durante el mes de octubre del 2011. Este exceso, según el IMN, ha sido de por lo menos un 50% más que el promedio de la zona, debido a que la duración de la tormenta fue de 11 días.</p> <p>Este exceso provocó daños en aproximadamente 20 mil hectáreas de pasto y cultivos inundados.</p> <p>Sin embargo, el tema más importante es el de infraestructura, esta tormenta causó el colapso de 5 puentes y 118 deslizamientos, afectando 1589 Km de carreteras. Como es usual, se trabajó en recuperación de emergencia de la infraestructura.</p> <p><b>Fuente:</b> infosurhoy.com</p>				 <p><b>Fuente:</b> infosurhoy.com</p>	

Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático					Inundación
					N.11
<b>Nombre del caso:</b> Inundación de viviendas en San Antonio de Belén					
<b>Ubicación:</b> Urbanización La Amistad, San Antonio de Belén, Heredia					
Tipo de Inundación					
Lenta	X	Rápida	X	Urbana	
Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad			Fotografía		
<p>En setiembre 2013, a raíz de las fuertes lluvias, 20 familias de la Urbanización La Amistad en San Antonio de Belén, se vieron afectadas por una inundación rápida debido a la crecida de la Quebrada Seca y el desbordamiento del sistema de alcantarillado pluvial.</p> <p>Los vecinos ya se han manifestado al Consejo Nacional de Vialidad (Conavi) para que solucione la situación.</p> <p>“Lo que necesitamos es un plan de emergencia, no sabemos si volverá a caer otra cabeza de agua y se nos van a volver a inundar las casas. El Conavi tiene que hacer un drenaje para darle otra salida al río”, expresó Greivin González</p> <p><b>Fuente:</b> La Nación y CRhoy.com.</p>			 <p>Puente sobre la Quebrada Seca en la radial a Santa Ana.</p> <p><b>Fuente:</b> <a href="http://www.crhoy.com/10-viviendas-se-inundaron-en-san-antonio-de-belen/">http://www.crhoy.com/10-viviendas-se-inundaron-en-san-antonio-de-belen/</a></p>		

Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático					Inundación
					N.12
<b>Nombre del caso:</b> Incapacidad de alcantarillado pluvial					
<b>Ubicación:</b> Alajuela Centro					
Tipo de Inundación					
Lenta		Rápida	X	Urbana	
Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad			Fotografía		
<p>La ciudad de Alajuela ha sufrido un proceso de urbanización, ocasionando que el exceso de escorrentía, no pueda conducirse por medio del sistema de alcantarillado pluvial.</p> <p>El volumen que llega a los pozos sobrepase la capacidad de transporte de las tuberías, acumulándose el agua en el pozo. Como resultado, el agua se sale por los pozos y los tragantes y fluye por la calle, inundando el sector noreste de la ciudad de Alajuela.</p> <p><b>Fuente:</b> Oreamuno, R. Diseño hidráulico del sistema de disposición de aguas pluviales del sector noreste de la ciudad de Alajuela. 2008.</p>			 <p><b>Fuente:</b> nación.com</p>		

<b>Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático</b>					<b>Inundación</b>	
					<b>N.13</b>	
<b>Nombre del caso: Incapacidad de alcantarillado pluvial</b>						
<b>Ubicación: Desamparados</b>						
<b>Tipo de Inundación</b>						
Lenta		Rápida	X	Urbana		
<b>Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad</b>					<b>Fotografía</b>	
<p>El Cantón de Desamparados posee una red fluvial bien definida, la misma cuenta con un grupo de ríos y quebradas que se pueden considerar el punto focal de las amenazas hidrometeorológicas del cantón. Estos ríos y quebradas han disminuido el periodo de recurrencia de inundaciones a un año, y algunos a periodos menores, lo anterior por causa de la ocupación de las planicies de inundación, y el desarrollo urbano en forma desordenada y sin ninguna planificación. Desamparados es el cantón del país con más reportes de inundaciones a nivel nacional, según un estudio realizado por la Universidad Nacional.</p> <p><b>Fuente:</b> La Nación (23/4/10) y www.cne.go.cr</p>					 <p><b>Fuente:</b> nación.com</p>	

<b>Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático</b>					<b>Inundación</b>	
					<b>N.14</b>	
<b>Nombre del caso: Incapacidad de alcantarillado pluvial</b>						
<b>Ubicación: Paso Canoas</b>						
<b>Tipo de Inundación</b>						
Lenta		Rápida	X	Urbana		
<b>Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad</b>					<b>Fotografía</b>	
<p>Debido a factores antrópicos, como crecimiento sin planificación, así como mala proyección del crecimiento en los poblados, se generan inundaciones en zonas urbanas o semiurbanas, las cuales son producto de la inexistente construcción de sistemas de drenaje como el caso de los alcantarillados pluviales o una red de acequias adecuada. Uno de los ejemplos más claros de esto es el caso de Paso Canoas, desde el Barrio San Martín hasta La Cuesta, se dan niveles importantes de urbanización, los cuales al ser sin una planificación previa, generan una carencia de infraestructura básica como alcantarillados pluviales.</p> <p><b>Fuente:</b> ProDUS-UCR. Diagnóstico de PR-Corredores, 2009.</p>					 <p><b>Fuente:</b> nación.com</p>	

## AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR Y OLEAJES

Debido al cambio climático se ha determinado por estudios, que el nivel del mar aumentará, esto debido al aumento del calentamiento del océano y una mayor pérdida de masa de los glaciares y capas de hielo (Quinto Reporte del IPCC, 2013).

En Costa Rica, se generará un retroceso de la línea de la costa, por lo que se ampliarán las áreas de inundación causadas por el mar, principalmente en marea alta. Además, esto implicará un aumento de la erosión de la costa, principalmente del Pacífico Central (IMN, 2012).

Según estudios del Instituto Meteorológico, las zonas más afectadas por inundación serán las zonas costeras de Puntarenas, Garabito y Aguirre. La vulnerabilidad a amenaza por inundación se intensificará especialmente en aquellos sitios donde se ha construido infraestructura al margen del mar o en zonas ya establecidas como de inundación. Tal es el caso de Caldera (Esparza), donde en los últimos años se han presentado casos de inundación en marea alta.

Cabe mencionar que ligado al problema de la falta de planificación urbana en las costas, están las deficiencias en el diseño y mantenimiento de la infraestructura de aguas pluviales y aguas residuales, los problemas se intensifican en época lluviosa, pues en ciudades como Puntarenas, los sistemas de aguas pluviales colapsan y se desbordan generando inundaciones que afectan tanto a viviendas como comercios.

Como medidas de adaptación al cambio climático en estos sitios, se ha determinado la necesidad de inspección por parte de las Municipalidades respectivas, de que las construcciones se realicen lo más alejadas del mar posible, y no permitir ningún tipo de asentamiento en las áreas de inundación conocidas. Se deben realizar estudios para determinar las áreas que se verán más afectadas por el aumento del nivel del mar a futuro, determinando los nuevos alineamientos de la costa, siendo esto un insumo para la planificación urbana y el otorgamiento de los permisos de construcción.

Por otro lado, aquella infraestructura para la recolección, tratamiento y disposición de aguas residuales, ubicada cerca de las costas (por ejemplo la Planta de Tratamiento de Barranca-Puntarenas y el Emisario Submarino de Limón) debe ser protegida ante el aumento del nivel del mar y fuertes oleajes, pues es infraestructura que además de reducir los impactos al medio ambiente por tratar las aguas residuales, reduce las enfermedades a las personas, tanto por bacterias y nematodos intestinales como por vectores, mejorando la salud y en general la calidad de vida de las personas.

A continuación se muestran los casos críticos de vulnerabilidad al tema del aumento del nivel del mar y oleajes.

Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático						Inundación
						N.1
<b>Nombre del caso:</b> Inundación de construcciones en Caldera						
<b>Ubicación:</b> Costa del Océano Pacífico, Caldera, Esparza, Puntarenas.						
Tipo de Infraestructura						
Puentes o Puertos	X	Carreteras		Acueductos	X	Otro: <u>Viviendas y construcciones en general</u>
Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad				Fotografía		
<p>En agosto del 2012, se presentaron inundaciones en construcciones cercanas a la costa, se vieron afectadas tanto viviendas como locales comerciales.</p> <p>Con el cambio climático, el nivel del mar tenderá a subir, por lo que se verán afectadas cada vez más construcciones.</p> <p>El Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) impulsa la creación de un código de construcción enfocado en los niveles de agua de ríos y costas. Así las personas podrían verificar el nivel de riesgo de propiedades y como los afectara el cambio climático en el futuro.</p> <p><b>Fuente:</b> La Nación y CRhoy.com.</p>				 <p><b>Fuente:</b> <a href="http://marcosoto34.wordpress.com/2012/08/09/caldera-esparza-podria-desaparecer-en-diez-anos-segun-expertos/">http://marcosoto34.wordpress.com/2012/08/09/caldera-esparza-podria-desaparecer-en-diez-anos-segun-expertos/</a></p>		

Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático						Inundación
						N.2
<b>Nombre del caso:</b> Inundación de construcciones en Puntarenas						
<b>Ubicación:</b> Entre la costa del Océano Pacífico y el Estero de Puntarenas.						
Tipo de Infraestructura						
Puentes o Puertos	X	Carreteras		Acueductos	X	Otro: <u>Viviendas y construcciones en general</u>
Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad				Fotografía		
<p>En julio de 2013, se presentaron inundaciones en la ciudad de Puntarenas, y según funcionarios de la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE), esta situación se da cuando se presenta marea alta y a la vez fuertes lluvias, pues el estero se desborda e inunda calles, casas y comercios del centro de la ciudad de Puntarenas. Se hace una evacuación preventiva, pero luego las familias se devuelven a sus hogares para limpiar y secar todo, y vuelven a habitar las construcciones.</p> <p>Con el aumento del nivel del mar producto del cambio climático, sumado al aumento de las lluvias, se incrementarán las inundaciones en esta zona, por lo que deberá tomarse las previsiones necesarias.</p> <p>Cabe mencionar que también deberá evaluarse la vulnerabilidad de los sistemas de recolección, tratamiento y disposición de aguas residuales, que puedan verse afectados por estas inundaciones y oleajes.</p> <p><b>Fuente:</b> La Prensa Libre</p>				 <p><b>Fuente:</b> <a href="http://www.prensalibre.cr/nacional/87134-lluvias-y-mareas-inundan-varias-partes-del-pais.html">http://www.prensalibre.cr/nacional/87134-lluvias-y-mareas-inundan-varias-partes-del-pais.html</a></p>		

Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático					Inundación	
					N.3	
<p><b>Nombre del caso:</b> Potenciales problemas en Sistema de Recolección, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales, Caso Específico la Estación de Pre-Acondicionamiento (EPA) del Emisario Submarino Limón.</p> <p><b>Ubicación:</b> Ciudad de Limón.</p>						
Tipo de Infraestructura						
	Puentes o Puertos		Carreteras		Acueductos	X Otro: <u>Alcantarillado sanitario, Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales</u>
Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad					Fotografía	
<p>El Sistema de Recolección, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales de Limón, es parte de la infraestructura vulnerable al cambio climático.</p> <p>Según el estudio realizado por el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA) en conjunto con otras instituciones, se determinaron aspectos de vulnerabilidad en esta infraestructura.</p> <p>Con respecto al aumento en el nivel del mar y oleajes, se mencionan los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El muro que protege la parte superior de la Planta de Pre-tratamiento (utilizada como Parque), debe ser levantado, para protección contra oleajes.</li> <li>• Se menciona que para un escenario futuro, deben hacerse análisis más profundos con respecto a la afectación por cambios en el oleaje.</li> <li>• A partir de nueva información oceanográfica, se debe reforzar y dar adecuado mantenimiento a la infraestructura colocada en el mar como anclajes y tuberías, para proteger al emisario submarino de algún evento extremo (huracán, marejadas, entre otros).</li> <li>• Se debe hacer un análisis exhaustivo y minucioso de la capacidad hidráulica real de todo el alcantarillado pluvial de Limón, y valorar la necesidad de ampliar su capacidad, a la luz de los resultados.</li> </ul> <p><b>Fuente:</b> CFIA, AyA, IMN, UPADI, Engineers Canada (2011). Análisis de vulnerabilidad de la infraestructura al Cambio Climático: Sistema de Recolección, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales de la Ciudad de Limón, Costa Rica.</p>					 <p>Vista desde el mar del muro para protección contra oleaje, EPA del Emisario Submarino Limón</p>  <p>Zona adaptada para parque, ubicada sobre la EPA del Emisario Submarino Limón</p> <p><b>Fuente:</b> <a href="http://www.bvs.sa.cr/AMBIENTE/textos/ambiente28.pdf">http://www.bvs.sa.cr/AMBIENTE/textos/ ambiente28.pdf</a></p>	

## SEQUIAS

Las sequías son eventos en los cuales la disponibilidad de agua está muy por debajo del requerimiento en una zona. La causa principal de todas las sequías es la falta de lluvias o precipitaciones, este tipo es conocido como sequía meteorológica. Cuando esta se hace más extensa en tiempo, se le llama sequía hidrológica. Otros tipos son la sequía agrícola y la subterránea.

La *sequía meteorológica* se produce a partir de una escasez en las precipitaciones. Da origen a los otros tipos de sequía y por lo general afecta a zonas de gran extensión. El origen de la escasez de las precipitaciones está relacionado con el comportamiento atmosférico, el cual se puede ver influenciado por factores como naturales (años naturalmente secos) como antrópicos (deforestación, aumento de gases de efecto invernadero).

La *sequía hidrológica* se refiere a las deficiencias en las disponibilidades de agua tanto superficial como subterránea. Esta es medida como la baja en el caudal de ríos, los niveles en lagos, embalses y los niveles en acuíferos. Hay un retraso entre la falta de lluvia y la reducción de agua en quebradas, ríos, lagos y embalses. Como tal, las mediciones hidrológicas no son los primeros indicadores de sequía. Cuando la precipitación es reducida o deficiente durante un período prolongado de tiempo, esta escasez se refleja en la disminución de los niveles de agua en embalses y los niveles de las aguas subterráneas.

En términos de infraestructura, el tipo de sequía más importante es la sequía hidrológica, ya que afecta de manera el abastecimiento de agua potable para la población. En Costa Rica se realizó un estudio de análisis de tendencias<sup>1</sup> para determinar si la sequía hidrológica se ha vuelto más frecuente y severa. Los resultados de dicho estudio hallaron que en la Zona Norte y el Pacífico Central muestran una tendencia positiva al aumento en la frecuencia y la severidad.

Sin embargo, hacen falta más cantidad de datos y series históricas más largas para poder determinar si estas tendencias son resultado de una fluctuación climática natural de largo plazo o de una influencia humana de corto plazo. Por lo tanto, de acuerdo al estudio, estas tendencias no pueden tomarse como una prueba de un cambio climático inducido, pero sí para encontrar cambios en el comportamiento hidrológico correspondiente al periodo con datos.

---

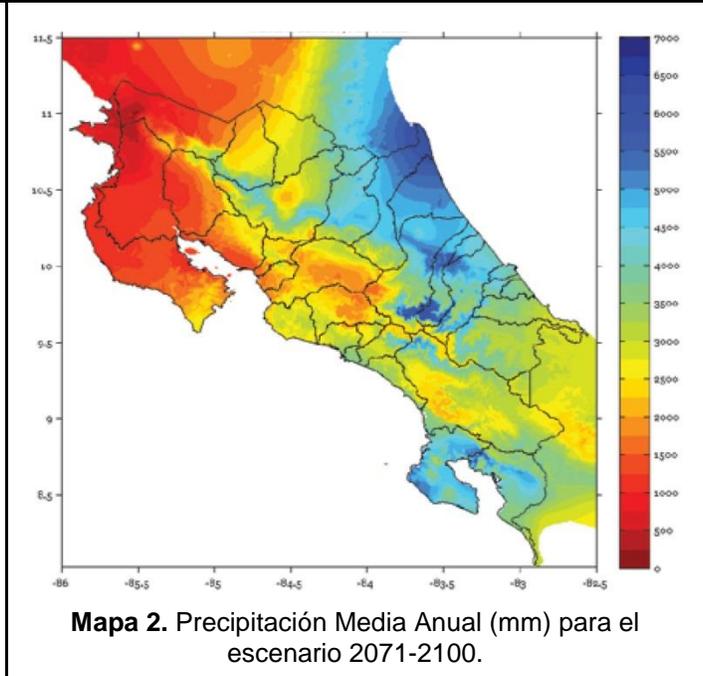
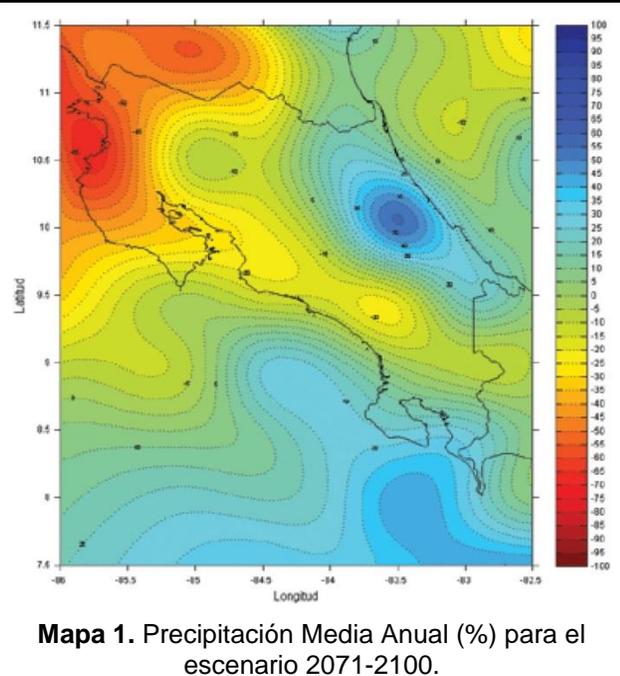
<sup>1</sup> Birkel, C. Sequía hidrológica en Costa Rica ¿Se han vuelto más severas y frecuentes en los últimos años?. Universidad de Costa Rica. 2006.

<b>Casos críticos a nivel nacional de infraestructura vulnerable al Cambio Climático</b>	<b>Sequía</b>
	<b>N.1</b>

**Nombre del caso:** Escenarios de cambio climático

**Ubicación:** Costa Rica

<b>Tipo de amenaza, importancia y vulnerabilidad</b>	<b>Fotografía</b>
--	-------------------



El Instituto Meteorológico Nacional llevó a cabo el estudio “Escenarios de cambio climático regionalizados para Costa Rica” en el año 2012. En dicho estudio, se generaron nuevos escenarios climáticos aplicando una técnica de reducción de escala a las proyecciones obtenidas con los modelos climáticos globales y regionales. El estudio se basó en cinco modelos climáticos, cuatro de los cuales fueron globales y uno regional. Mediante esta técnica de reducción de escala se logró reducir la resolución de todos ellos a una de un km en latitud longitud, produciendo escenarios futuros hasta el 2100, para diferentes escenarios de emisiones. Las variables meteorológicas que consideró este estudio fueron la precipitación y la temperatura media. Como valor agregado a los datos producidos, se incluyeron las explicaciones físicas e hipótesis del comportamiento de los escenarios futuros. Así por ejemplo se pudo concluir que tanto la variabilidad climática como la circulación general de la atmósfera experimentarán cambios muy significativos de una temporada a otra, tal es el caso en la actividad de ciclones tropicales, los frentes fríos, vientos alisios, la zona de confluencia intertropical, etc.

En el **Mapa 1** se muestra el cambio porcentual de la precipitación media anual para el escenario 2071-2100. El modelo “estima aumentos en precipitación de 10 a 50% en la Vertiente Caribe. En la Zona Norte y la mayoría de la Vertiente del Pacífico se estima una disminución en la precipitación, con porcentajes que oscilan de un 10% en el Valle Central y Zona Norte, 20% en el Valle del General y hasta un 65% en el Pacífico Norte. La excepción se presentaría al sur de la Fila Costeña, con un incremento de 30% aproximadamente.”

En el **Mapa 2** se muestran los valores absolutos de precipitación para el mismo escenario (2071-2100). En Guanacaste hay sectores con “precipitaciones menores a los 1000 mm, en particular el cantón de La Cruz, donde se observan cantidades de 500 mm o menos, lo cual es una condición sumamente seca, prácticamente el de un clima semiárido.”

Tal y como se señala en la introducción, la sequía hidrológica puede afectar la infraestructura principalmente de abastecimiento de agua. De acuerdo a la información anterior, en la zona del Pacífico Norte es una situación potencial que pone en riesgo a la población de ese sector, por lo que se debe trabajar en disminuir la vulnerabilidad desde ahora, y así evitar complicaciones futuras.

## ENTREVISTAS

Se propuso en un inicio realizar seis entrevistas a diferentes actores involucrados en varias áreas de la infraestructura, ya sea en investigación, diseño o planificación de la misma. La lista inicial fue la siguiente:

**Tabla 1.** Lista de actores para entrevista

Institución	Siglas	Encargado(a)	Cargo / Función
Universidad de Costa Rica	UCR	Ing. Carlos Fernández	Ing. Estructural especialista en puentes
		Ing. William Vargas	Lanamme. Ingeniería de Suelos
		Ing. Rolando Castillo	Coordinador Unidad de Puentes
Consejo Nacional de Vialidad	CONAVI	Ing. Daniel Gutiérrez	Departamento de Planificación CONAVI
Ministerio de Obras Públicas y Transporte	MOPT	Ing. Mario Loría Galagarza	Director: Dirección de Puentes
		Lic. Tomás Figueroa Malavassi	Director: Planificación Sectorial

Sin embargo, a pesar de múltiples intentos por medio de teléfono y correo electrónico, no fue posible lograr la colaboración de todos los actores. A pesar de esto, se realizaron dos entrevistas de las cuales se pueden sacar conclusiones muy importantes para el objetivo del estudio. A continuación se presentan las respuestas obtenidas en las entrevistas realizadas.

### Entrevista realizada al Ing. William Vargas

1. ¿Cuáles son los disparadores más significativos para que se den los deslizamientos en carretera?

En Costa Rica son dos: lluvias y sismos. Enfocándose en el tema de clima, sería la lluvia. Básicamente, el terreno se satura en periodos largos de baja intensidad de lluvia, más que en lluvias de alta intensidad en corta duración. Esto debido a que en suelos finos, al tener menor tamaño de poro, el agua se mueve más lento, por lo que la condición de lluvia intensa de corta duración crea un “sello” en la parte superficial del suelo. Debe enfocarse la atención en las lluvias de larga duración, como temporales, que saturan progresivamente, y en algunas ocasiones se debe a condiciones de aguas subterráneas. A partir del cambio climático, ahora es más normal que se tengan periodos anómalos de lluvias, aumentando la cantidad de deslizamientos.

Otro factor importante es la vulnerabilidad, la falla de un talud de corte o relleno es producto de descuido o un mal diseño. Nuestras carreteras no fueron propiamente diseñadas de manera ingenieril, sino que son muchas veces herencia de antiguos caminos de mulas y carretas, que atraviesan gran parte de zonas montañosas. Otros proyectos como la ruta 27 o la ruta 32, se deben a problemas de diseño propiamente. Anteriormente se creía que las obras de ingeniería, como las carreteras, se iban equilibrando progresivamente con su entorno debido a la imposibilidad de diseñar metro a metro un talud, y en el sitio se encontraban condiciones diferentes a las que se contemplaron en el diseño, produciendo fallas. El cambio climático es más bien un desequilibrio extra en el escenario. Se debe tener claro que durante la construcción se debe tener un control continuo de lo que se encuentre en campo, para verificar que el diseño se ajusta a esa realidad. En estos casos, la vulnerabilidad es más alta que la amenaza en sí.

2. ¿Existen zonas donde son más frecuentes los deslizamientos? ¿Cuáles son los factores que aumentan la frecuencia? ¿Podrían aparecer nuevas zonas de deslizamientos?

En el caso de las carreteras, las zonas donde se presentan más problemas son las que atraviesan terrenos con características geológicas de dos tipos: rocas sedimentarias muy meteorizadas o rocas volcánicas y cenizas muy recientes, agravándose donde hay más humedad, ya sea el Caribe o las estribaciones altas del Pacífico. El factor que más agrava es el cambio en el uso de la tierra, por ejemplo la deforestación en las zonas rurales. Más que el cambio climático, es el factor antrópico el que afecta más y genera “nuevas zonas” de peligro.

3. ¿En qué zonas y/o tramos de vía son más graves los deslizamientos? ¿Cuáles son los factores que aumentan la gravedad?

En evaluaciones que se realizaron entre el 2003 y el 2008, se determinó una relación entre la cantidad de deslizamientos y la sinuosidad de la carretera. La razón es que las carreteras que atraviesan zonas montañosas con rocas sedimentarias, eran caminos de mulas que requerían pendientes muy bajas y puentes muy cortos, adentrándose en los cañones de los ríos, atravesando todo el perfil de suelo residual, aumentando la inestabilidad de los cortes. Además, estos puentes cortos están expuestos a sufrir daños por flujos de lodos. Otro factor importante es que históricamente el país ha tenido humedad en los suelos, y a partir de la mecánica de suelos, se sabe que esa humedad provoca succión interna en los poros del suelo, aumentando su resistencia, esto hacía que los taludes con cortes verticales se mantuvieran estables durante mucho tiempo. Sin embargo, la saturación de agua en los suelos elimina esa condición de resistencia, y en esto el cambio climático ha jugado un papel importante.

4. ¿Cuál cree usted que es la mejor manera de arreglar adecuadamente el problema de los deslizamientos?

En nuestras carreteras el control de las aguas sobre los taludes de corte se ha abandonado. Inicialmente, las carreteras tienen un diseño hidráulico como cunetas en la parte inferior, contra-cunetas en la parte superior, sin embargo se pierde rápidamente debido al poco mantenimiento. Por lo tanto, una de las cosas que se debe mejorar es el control del agua en los taludes. En el caso de los rellenos, son utilizados más que todo para rellenar cauces con poco caudal, acompañados con una alcantarilla. Sin embargo,

las alcantarillas muchas veces se llenan de sedimentos y otras cosas que disminuyen su capacidad hidráulica, por lo que el agua busca una salida, provocando por lo general la falla del relleno debido a la tubificación. Esto, una vez más, lleva a la disyuntiva sobre que provoca estos eventos extremos, si el cambio climático o el cambio en el uso de la tierra, siendo este último catalogado como el más impactante. Hay que mejorar los diseños contemplando estos cambios. Se deben hacer evaluaciones de carreteras prioritarias de intervención, de acuerdo a la importancia de las rutas y tratar de agregar la gestión del riesgo en la agenda política, sin embargo esto ha sido imposible.

5. ¿Debería adecuarse el diseño de taludes y obras complementarias a los cambios que se han presentado en comportamiento del clima en nuestro país? ¿Por qué? ¿Cuál es la manera más eficaz de hacerlo?

Un diseñador de carreteras responsable debe consultar a un geotecnista para que el diseño sea lo mejor posible. Sin embargo, lo que hay que cambiar es el empirismo con el cual se ha trabajado en algunas ocasiones anteriores, tomando decisiones en campo que no corresponden a ningún diseño. Hay que llegar a la etapa de construcción después de más tiempo de diseño. Si el diseño se hace de manera apurada, se deben hacer muchos cambios durante la construcción, bajando la calidad de la obra. Ejemplos de obras iniciadas sin tener el diseño terminado son Sifón-La Abundancia y Bajos de Chilamate-Vuelta de Kooper. Se debe mejorar el trabajo en los diseños, aumentar la investigación y así disminuir el riesgo a la hora de construir la obra.

6. ¿En qué área es prioritario invertir para mejorar la calidad de la información necesaria para la toma de decisiones?

La información climática es poco accesible hasta ahora. En el pasado había boletines, sin embargo ahora se debe pagar por la información. El Gobierno debería ser el que financie esa información y no los usuarios. Uno de los datos que más faltan son los caudales.

### **Entrevista realizada al Ing. Daniel Gutiérrez**

1. ¿Qué criterios técnicos se toman en cuenta para definir las prioridades de inversión en infraestructura?

Todo proyecto debe estar inscrito al banco de proyectos de inversión pública. Para dicha inscripción existe una guía con un componente de riesgo. Se debe hacer una evaluación básica de amenazas, principalmente en deslizamientos e inundaciones (o avalanchas).

2. ¿Qué sub-sector de la infraestructura en general y principalmente vial cree usted que es más vulnerable ante los eventos climáticos?

Las alcantarillas y algunos puentes. Las alcantarillas no son malas por sí mismas, sin embargo se debe darles mayor atención, y además las municipalidades permitan que se impermeabilice casi el 100% en los alrededores, aumentando de manera considerable las escorrentías que pasan por las alcantarillas. Es común que fallen por socavación debido a falta de disipadores y cabezales adecuados. En el caso de puentes, se debe realizar una inspección minuciosa para así asegurarse cuál es el grado de riesgo real que presenta determinada estructura y así priorizar cuáles deben ser intervenidos. Por ejemplo el SIAP es un proyecto de la Dirección de Puentes del MOPT, que se ha dedicado a realizar este

tipo de trabajos.

3. ¿Cuál debe ser la planificación a seguir en una institución dedicada al mantenimiento de la infraestructura vial para evitar que se sigan presentado emergencias similares a los de los últimos meses/años?

Fortalecer la evaluación y formulación de proyectos, incluyendo la variable de riesgo de manera generalizada en todos los proyectos. Hace falta más investigación, hace falta información en algunos aspectos. Muchas veces la información se encuentra en diferentes instituciones, se deben unificar bases de datos, generar convenios entre instituciones, con el fin de tener más cantidad de información para tomar decisiones. La priorización es muy importante debido a los recursos limitados.

4. ¿En qué área es prioritario invertir para mejorar la calidad de la información necesaria para la toma de decisiones?

Debe ser más fácil obtener información de curvas de nivel por parte de Catastro, datos de las estaciones para el cálculo de intensidad, duración, frecuencia de parte del IMN o coordinación por parte del MOPT y el Conavi en cuanto a bases de datos de las infraestructuras, o incluso entre las mismas gerencias de una institución.

### Conclusiones Importantes

- Los principales disparadores para eventos en diferentes zonas del país son la precipitación y los sismos.
- Los deslizamientos se producen por dos factores principales: la saturación del suelo por el agua de lluvia (natural) y taludes con diseños y construcciones inapropiadas.
- No siempre el riesgo es provocado por la naturaleza. Como bien se sabe, el riesgo es la multiplicación de los factores de amenaza y vulnerabilidad. Esos dos factores se ven fácilmente incrementados por acciones antrópicas.
- Por ejemplo, la amenaza se puede ver aumentada por el aumento en la cobertura del uso del suelo en las partes urbanas, generando picos de caudal más altos y en menos tiempo en las microcuencas, degradación del suelo, entre
- Por otro lado, la vulnerabilidad se ve aumentada cuando la infraestructura se construye en sitios no aptos para hacerlo, como por ejemplo laderas de montañas con altas pendientes, zonas de protección de ríos y mares.

## BIBLIOGRAFÍA

Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible, et al. 2012. Casos Frecuentes de Amenaza y Vulnerabilidad: Medidas de Reducción. 2da Ed. Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias. San José, Costa Rica.

Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible. 2013. Borrador del Plan Regulador para el cantón de Santa Ana. Costa Rica.

Arias, M., Fuente, O. & Fallas J.; 2011: Criterios utilizados para la microzonificación de la micro cuenca Lajas, Cantón de Escazú, Costa Rica. Rev. Entorno a la prevención. Diciembre, N 7.

Mora, R. 2004. Reporte de Inspección: Deslizamientos y Flujos Asociados, Jucó, Orosí, Cantón de Paraíso, Cartago. Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica.

Arias, M., Fuente, O. & Fallas J.; 2011: Criterios utilizados para la microzonificación de la micro cuenca Lajas, Cantón de Escazú, Costa Rica. Rev. Entorno a la prevención. Diciembre, N 7.

Parra, Y. 2004. Análisis de vulnerabilidad a deslizamientos en el distrito de Orosí, Provincia de Cartago, Costa Rica. Tesis para optar por el grado de Magister Scientiae. Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales. 2009. Evaluación de la vulnerabilidad ante amenazas naturales, Ruta Nacional 32, tramo San José – Río Sucio. Costa Rica.

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales. 2011. Evaluación de la vulnerabilidad ante amenazas naturales, Ruta Nacional 613, San Vito – Las Mellizas. Costa Rica.

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales. 2012. Evaluación de la vulnerabilidad ante amenazas naturales del tramo entre los kilómetros 0+000 y 59+000 (Naranjo - Florencia) de la Ruta Nacional 141. Costa Rica.

INGEOTEC S.A. 2012. Desarrollo de escenarios por inestabilidad de laderas para la implementación de restricciones en el uso de la tierra en las áreas de influencia del deslizamiento de Potrerillos - Acosta, San José. Informe Final para la Comisión Nacional de Emergencias.

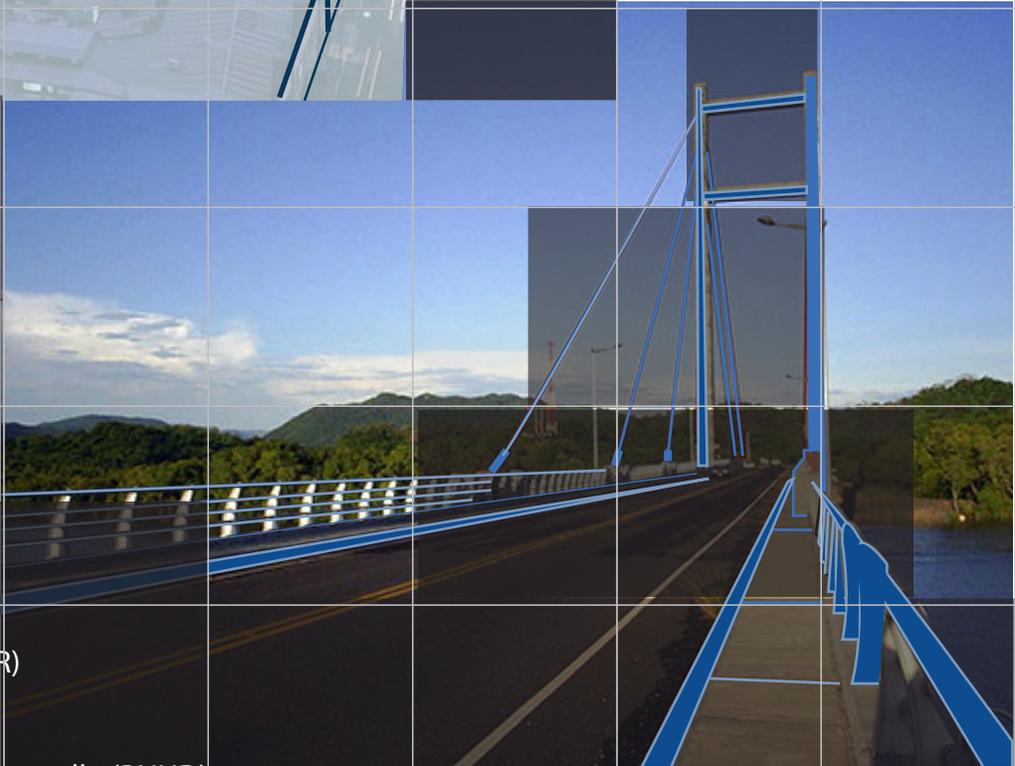
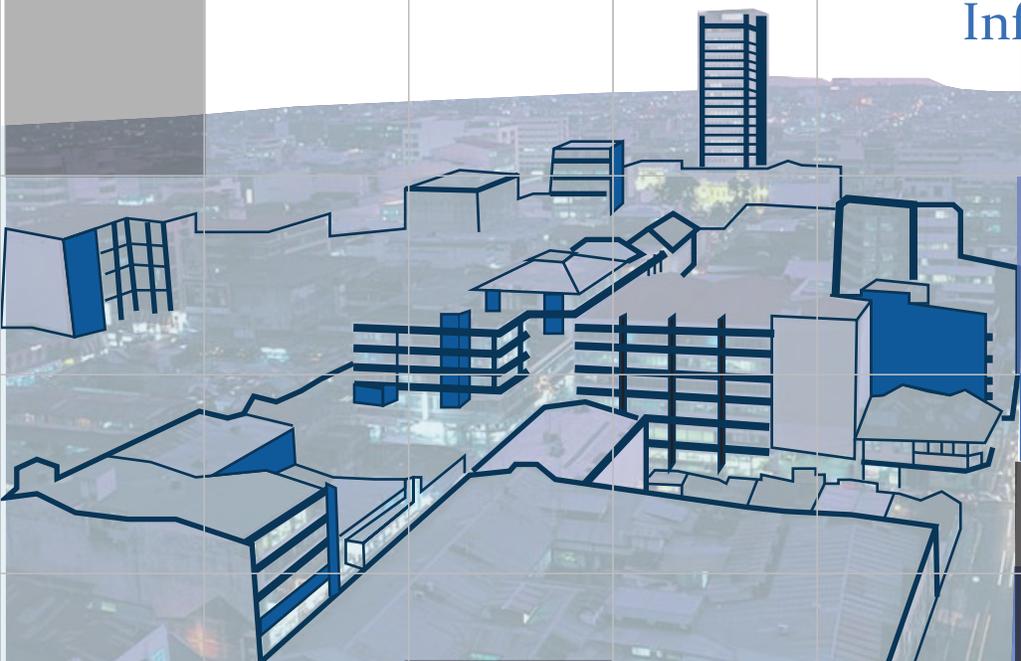
Ulloa, A. Vargas, W. 2007. Metodología simplificada para la evaluación de vulnerabilidad geotécnica de terraplenes en carreteras de montaña de Costa Rica. LANAMME. Costa Rica.

Cordero, D. et al. 2010. Metodologías de evaluación de la vulnerabilidad de la infraestructura vial nacional. En Revista Ingeniería 20 (pp 123-141). San José, Costa Rica.

# Proyecto Evaluación de la vulnerabilidad y adaptación de infraestructura ante el cambio climático

## Informe de Avance

Octubre 2013



Elaborada por:  
Programa de Investigación en  
Desarrollo Urbano Sostenible (ProDUS - UCR)

Para:  
Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)

Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible (ProDUS-UCR),  
de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica  
teléfonos: 2283 4815 / 2283 4927 Fax 2283 7634  
correo electrónico: [produs@ucr.ac.cr](mailto:produs@ucr.ac.cr)  
página en internet: [www.produs.ucr.ac.cr](http://www.produs.ucr.ac.cr)



## INTRODUCCIÓN

En este informe se presenta una compilación de la información existente relacionada con el cambio climático y sus impactos a la infraestructura, ya sean estudios, convenciones, documentos, investigaciones o proyectos que señalan esos impactos y proponen diferentes maneras de prevenirlos o mitigarlos.

Dentro del tema que se está estudiando, se definieron tres ejes principales. El primero de ellos es la infraestructura relacionada con transportes, el cual abarca las carreteras, puentes, alcantarillas y puertos principalmente. El segundo eje es el de infraestructura urbana, el cual incluye los sistemas de agua potable, aguas residuales y aguas pluviales, centros educativos y de salud. Mientras, el tercer eje se refiere a los diferentes aspectos institucionales y económicos que se relacionan con los problemas en la infraestructura del país ocasionados por el cambio climático.

La información revisada se clasificó de acuerdo a estos ejes, para mantener un mayor orden de la misma. Además, para una mejor lectura, se elaboraron fichas que explican de manera sencilla el contenido de los documentos y estudios revisados. Cada ficha contiene el título, el año de creación, la autoría y la indicación del eje temático al cual pertenece.

Adicionalmente, en este informe se exponen los resultados del taller para la identificación de las principales vulnerabilidades que presenta la infraestructura del país, además de las propuestas y recomendaciones para adaptarla al cambio climático.

Dicho taller se planteó con el fin de generar un espacio en el que se pudiera reflexionar en colectivo sobre los ejes temáticos definidos, tomando en cuenta la importancia de escuchar las diferentes opiniones generadas por actores vinculados al tema, y la necesidad de definir medidas que se puedan poner en práctica efectivamente.

El taller se realizó el martes 17 de setiembre del año en curso en el salón Góndola del Hotel Crowne Plaza Corobicí en San José. Tuvo una duración de 4 horas y contó con la participación de representantes de diferentes sectores, los cuales se presentan más adelante.

### **Referencias relacionadas con la infraestructura vial**

Esta sección consta de una recopilación de documentos y estudios nacionales e internacionales relacionados con la infraestructura de transporte y su vulnerabilidad frente al cambio climático.

Se definieron dos sub-temas principales dentro del tema de infraestructura vial, que son los puentes y las carreteras. Dentro del sub-tema de carreteras se destaca una sección de estudios de carreteras realizados en Costa Rica.

En cada ficha se detalla el sub-tema al cual pertenece el documento, además de un resumen del contenido relacionado con la vulnerabilidad y adaptación de este tipo de infraestructura al cambio climático.

### **Contenido de la Sección:**

#### Sección: Estudios de carreteras realizados en Costa Rica

1. Evaluación de la vulnerabilidad de obras de drenaje intermedias, Ruta Nacional 1, tramo Barranca – Liberia. 2009.
2. Evaluación de la vulnerabilidad ante amenazas naturales, Ruta Nacional 32, tramo San José – Río Sucio. 2009.
3. Evaluación de la vulnerabilidad ante amenazas naturales, Ruta Nacional 613, San Vito – Las Mellizas. 2011.
4. Evaluación de la vulnerabilidad ante amenazas naturales del tramo entre los kilómetros 0+000 y 59+000 (Naranjo - Florencia) de la Ruta Nacional 141. 2012.

#### Sección: Estudios generales relacionados con el tema

5. El cambio climático en la infraestructura para el transporte. 2012.
6. Roads and climate change in mountainous regions: Keeping a cool head when resolving a hot issue. 2008.
7. New options for mobility and transport infrastructure in the post-carbon society. 2012.
8. Report “Risk associated with Natural Disasters, Climate Change, Man-made Disasters and Security Threats”. 2013.
9. Climate Change Vulnerability Assessment for the Quesnell Bridge (City of Edmonton, Alberta, Canada) Final Report. 2008.
10. Adaptación al cambio climático para los puentes. 2011.

### Contenido de la Sección:

11. Climatic Change And Debris Flows In High Mountain Regions: The Case Study Of The Ritigraben Torrent (Swiss Alps). 1997.
12. Climate Change and Transportation: Potential Interactions and Impacts. 2012.
13. Impactos sobre los riesgos naturales de origen climático. Riesgo de inestabilidad de laderas. 2008.
14. Impacts of Climate Change on Australia's Roads and Bridge Infrastructure. 2008.
15. The Potential Impacts of Climate Change on U.S. Transportations. 2008.
16. Surface Transportation Safety and Operations: The Impacts of Weather within the Context of Climate Change. 2002.
17. Manual centroamericano de gestión del riesgo en puentes. 2010.
18. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras con enfoque de gestión de riesgo y seguridad vial. 2010.

**1. Título:**

Evaluación de la vulnerabilidad de obras de drenaje intermedias, Ruta Nacional 1, tramo Barranca – Liberia

**2. Año:** Noviembre, 2009

**3. Autores**

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR)

**4. Ejes relacionados al Cambio Climático**

	Puentes o Puertos		Infraestructura Urbana
X	Carreteras		Institucional o Instrumentos Económicos

**5. Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático**

*(La siguiente información fue aportada por el Departamento de Evaluación de la Red Vial, PITRA, LanammeUCR)*

- En el informe se analiza específicamente el tramo de Ruta Nacional N°1, entre la estación: Est. 117+000 a 238+000 (Ver Figura 1).
- El parámetro analizado es la Vulnerabilidad de los drenajes intermedios (pasos de agua y alcantarillas).
- Se evaluaron 34 pasos de agua y alcantarillas, de los cuales, el 6% presenta una vulnerabilidad muy baja, 6% presenta una vulnerabilidad baja y el 88% presentan una vulnerabilidad muy alta, lo que refleja que la secciones transversales son insuficientes para evacuar el caudal calculado para los diferentes períodos de retorno.
- Se pudo identificar teóricamente que cerca del 90% de las alcantarillas analizadas presentan problemas de capacidad hidráulica.
- Durante la visita de campo realizada se pudo observar que a pesar de que las obras de drenaje analizadas tienen asignada una vulnerabilidad alta o muy alta, estas no mostraban prueba del paso de caudales extremos asociados a tales niveles de vulnerabilidad.
- En el documento se pueden encontrar mapas de las secciones del tramo, donde se le asigna a cada alcantarilla el grado de vulnerabilidad correspondiente.



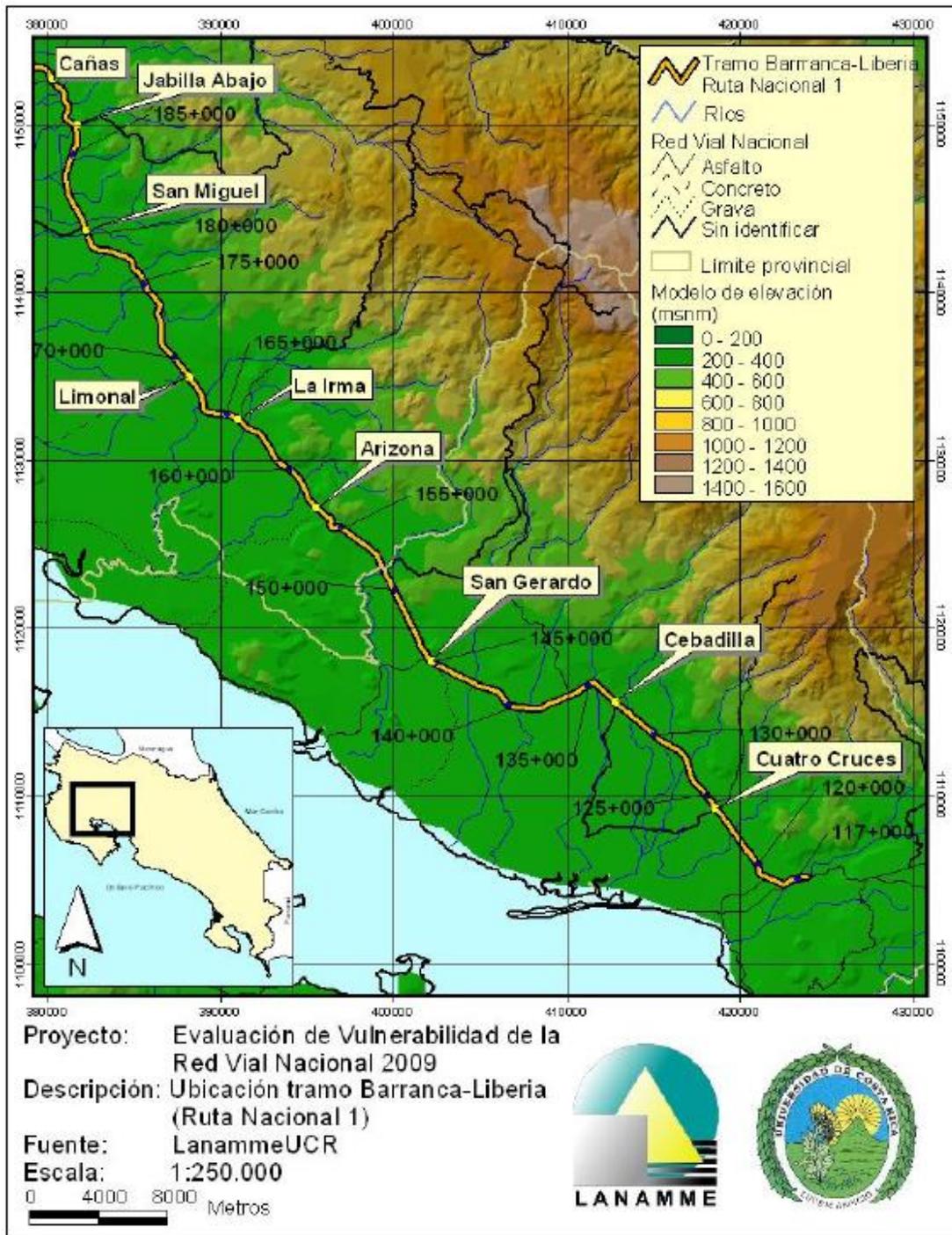


Figura 1. Tramo analizado de la Ruta Nacional N°1, Est. 117+000 a 238+000  
Fuente: LanammeUCR, 2009.



**1. Título:**

Evaluación de la vulnerabilidad ante amenazas naturales, Ruta Nacional 32, tramo San José – Río Sucio

**2. Año:** Diciembre, 2009

**3. Autores**

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR)

**4. Ejes relacionados al Cambio Climático**

	Puentes o Puertos		Infraestructura Urbana
X	Carreteras		Institucional o Instrumentos Económicos

**5. Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático**

*(La siguiente información fue aportada por el Departamento de Evaluación de la Red Vial, PITRA, LanammeUCR)*

- En el informe se analiza específicamente el tramo de Ruta Nacional N°32, entre las estaciones: Est. 0+000 a 37+500. Puente sobre el Río Sucio (Ver Figura 1).
- Los parámetros analizados son: la vulnerabilidad de obras de drenaje intermedio, la susceptibilidad ante flujos de lodos y detritos, la susceptibilidad de deslizamientos, y la vulnerabilidad ante amenaza sísmica.
- La principal amenaza que afecta el corredor es la amenaza sísmica, agente disparador de deslizamientos de suelo y roca.
- De las siete obras de drenaje intermedio evaluadas, una presenta vulnerabilidad alta y cinco presentan muy alta, lo que refleja que la secciones transversales son insuficientes para evacuar el caudal calculado para los diferentes periodos de retorno analizados (i.e, 20 y 100 años).
- Las cuencas analizadas tienen obras de drenaje intermedio que presentan una vulnerabilidad alta y muy alta por falta de capacidad hidráulica, (cuencas 2, 3, 4, 5, 7 y 8), presentan una susceptibilidad a flujos de lodos y detritos de media a baja, esto principalmente por la baja inclinación de las laderas y de los canales de drenaje.
- Según el resultado obtenido para el puente sobre el Río Sucio a partir de la aplicación de la metodología RMS, este sufriría un daño menor y moderado en caso de sismo para periodos de retorno de 100 y 500 años respectivamente.
- En la actualidad se está presentando un proceso de sedimentación en el sitio del puente, generando una mayor exposición de los elementos de la subestructura del puente a los efectos de un evento extremo, como consecuencia de la reducción de la sección transversal del cauce por parte de la fuerte depositación de materiales en el lecho del río.



- En el documento se pueden encontrar mapas de las secciones del tramo, donde se le asigna a las obras de drenaje intermedio, el grado de vulnerabilidad correspondiente.

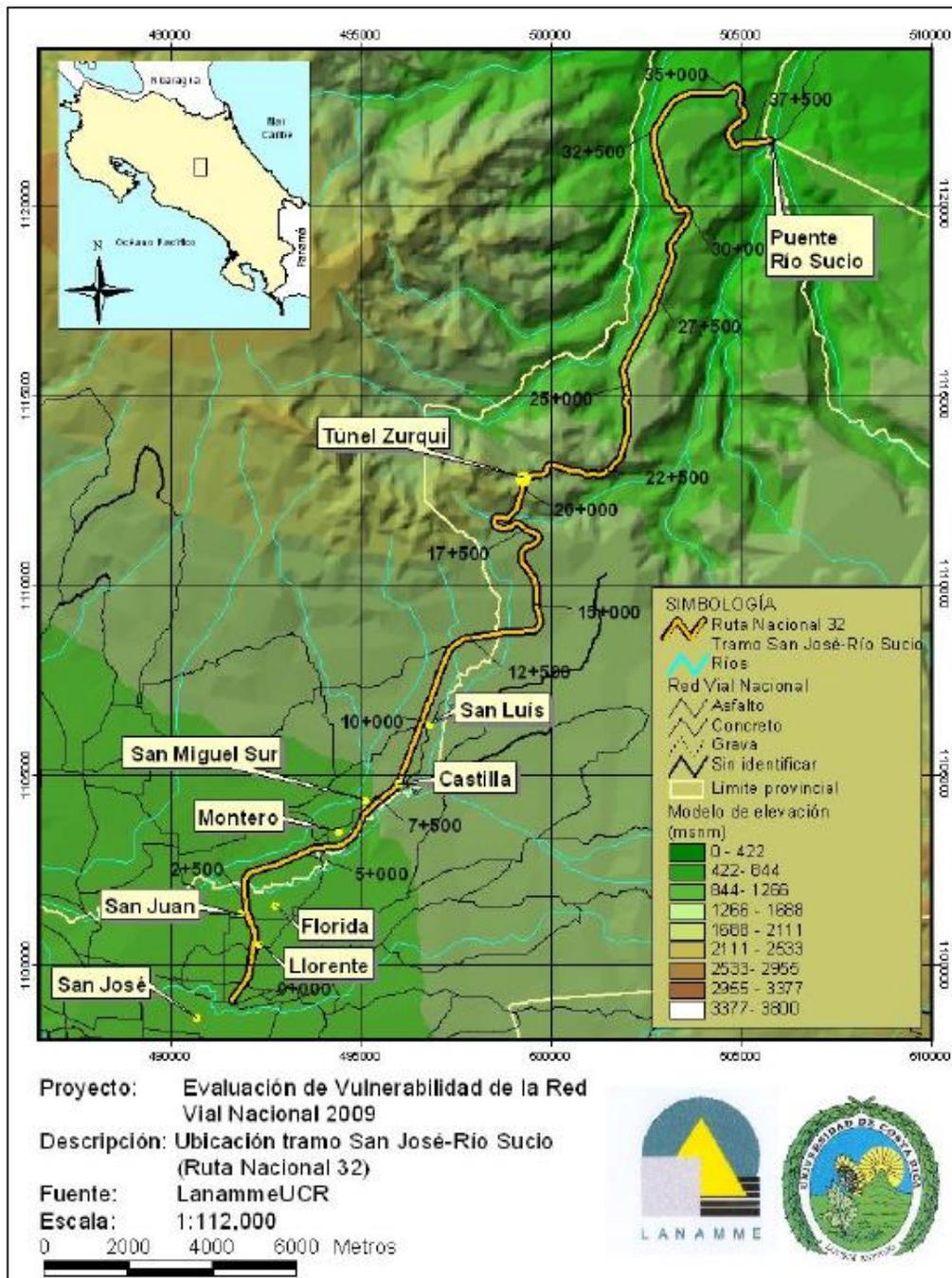


Figura 1. Tramo analizado de la Ruta Nacional N°32, Est. 0+000 a 37+500  
Fuente: LanammeUCR, 2009.

**1. Título:**

Evaluación de la vulnerabilidad ante amenazas naturales, Ruta Nacional 613, San Vito – Las Mellizas

**2. Año:** Noviembre, 2011

**3. Autores**

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR)

**4. Ejes relacionados al Cambio Climático**

	Puentes o Puertos		Infraestructura Urbana
X	Carreteras		Institucional o Instrumentos Económicos

**5. Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático**

*(La siguiente información fue aportada por el Departamento de Evaluación de la Red Vial, PITRA, LanammeUCR)*

- En el informe se analiza la Ruta Nacional N°613 San Vito-Las Mellizas (Figura 1).

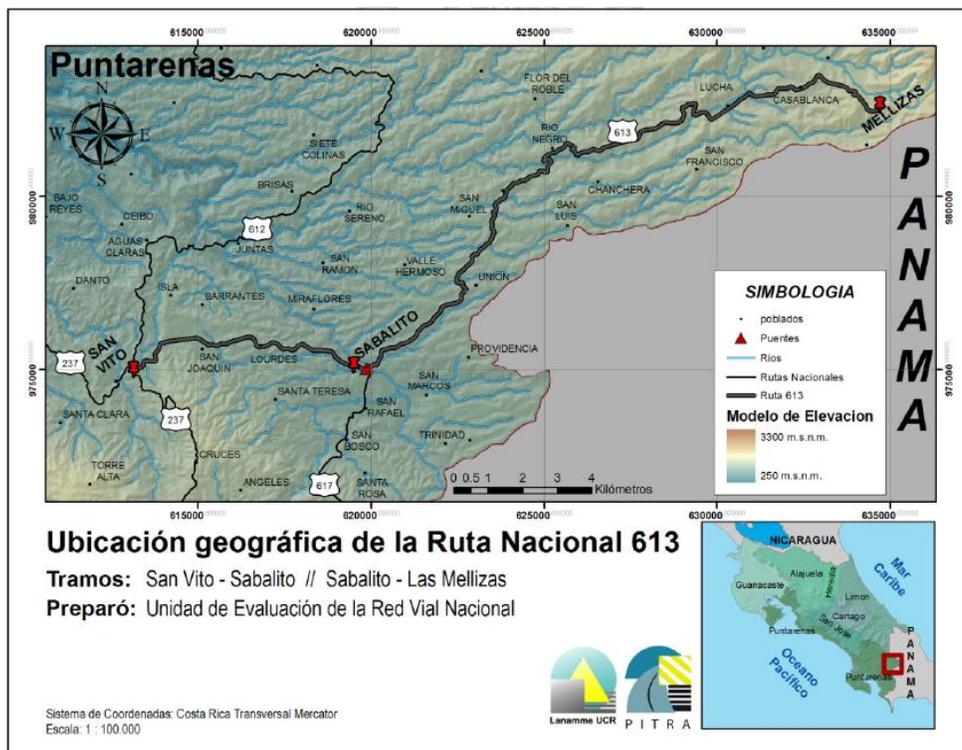


Figura 1. Tramo analizado de la Ruta Nacional N°613, de San Vito a Las Mellizas  
 Fuente: LanammeUCR, 2011.

- En la introducción del informe, se menciona la importancia de evaluar la vulnerabilidad en la infraestructura vial ante eventos naturales. Esto principalmente para que los encargados de la toma de decisiones a nivel técnico y político, puedan asignar los recursos públicos de manera óptima. En la *Tabla 1*, se muestra un resumen de amenazas relacionadas con fenómenos naturales en función de los posibles efectos negativos sobre componentes de infraestructura vial en general, según la investigación “*Gestión de riesgos naturales en infraestructura vial*” (W.Vargas y J.Garro, 2003).

*Tabla 1. Efectos destructivos potenciales de las amenazas naturales sobre la infraestructura vial*  
Fuente: W. Vargas y J. Garro, 2003.

Evento	Tipo de amenaza	Componente de la infraestructura	Efectos directos	Consecuencias sobre el tránsito
Huracanes (vientos fuertes)	Vibraciones fuertes	Señales aéreas, cables (electricidad y teléfono, TV, etc.)	Voladura	Interrupción
		Puentes colgantes	Daños estructurales, posible colapso	Restricción
Huracanes y tormentas (lluvias intensas)	Carga de agua y sedimento, tránsito de avenidas, inundación	Paso bajo nivel	Inundación	Interrupción
		Terraplenes y puentes pequeños	Arrastre o demolición, deslizamiento, falla	Interrupción
		Taludes de corte	Falla, deslizamiento, arrastre	Interrupción
		Puentes	Socavación de pilas, accesos y cimientos, destrucción de las bases	Restricción o interrupción temporal, interrupción
		Caminos	Inundación temporal, erosión y arrastre	Interrupción temporal
		Sistemas de desagüe	Obstrucción, destrucción, desplome	Interrupción
	Movimientos de masa (deslizamientos), flujo de detritus, flujos de lodo	Terraplenes	Fracturas en el suelo	Interrupción
		Caminos	Fracturas, aluviones	Interrupción
Terremotos	Vibraciones fuertes, deformaciones permanentes del terreno	Túneles	Obstrucción de entrada	Interrupción
		Puentes y pasos	Fallas en los cimientos, columnas, desplazamiento de las plataformas (losas)	Interrupción

- Los parámetros analizados en el informe son: vulnerabilidad de los sistemas de drenaje menores (pasos de agua, alcantarillas) ante caudales torrenciales extremos y a flujos de lodos y detritus, de puentes ante aceleraciones sísmicas y la susceptibilidad a deslizamientos en los taludes de corte.
- Por medio de información histórica e información levantada por el LanammeUCR, se constató que las principales amenazas que afectan el corredor son los caudales extremos y los flujos de lodo.
- De las setenta obras de drenaje intermedio evaluadas, cinco presentan vulnerabilidad alta y tres media, lo que refleja que la secciones transversales son insuficientes para evacuar el caudal calculado para los diferentes períodos de retorno analizados (i.e, 20 y 100 años) y hace recomendable, por parte de la Administración, la modificación de su sección transversal.



- Las cuencas analizadas, asociadas a obras de drenaje intermedio principales y que presentan una vulnerabilidad alta y media por falta de capacidad hidráulica, (cuencas 1, 3, 6, 7, 11, 18, 19 y 20), presentan una susceptibilidad a flujos de lodos y detritus de media a alta, lo cual hace necesario revisar, bajo ambas premisas (vulnerabilidad ante caudales extremos y ante flujos de lodos y detritus), la capacidad y configuración de las obras de drenaje.
- Según el resultado obtenido para los puentes sobre el río Sabalito a partir de la aplicación de la metodología RMS, este sufriría un daño menor y moderado en caso de sismo para periodos de retorno de 100 y 500 años respectivamente.
- La zonificación realizada con esta metodología indica que el sector más propenso (susceptibilidad alta) a deslizamientos es el ubicado entre los kilómetros 23+500 al 24+500, cerca de la población de La Lucha.
- Los puntos anteriores permiten concluir que la ruta analizada requiere, por parte de la Administración, atención en aspectos de capacidad hidráulica de las alcantarillas que se ubican a lo largo de la ruta, revisión de los puentes y revisión de los taludes de corte y rellenos, aspectos a los que debe ponerse atención a la mayor brevedad posible para disminuir la vulnerabilidad de la infraestructura.
- En la Figura 2 se muestra el mapa indicando la clasificación de las alcantarillas según su vulnerabilidad.

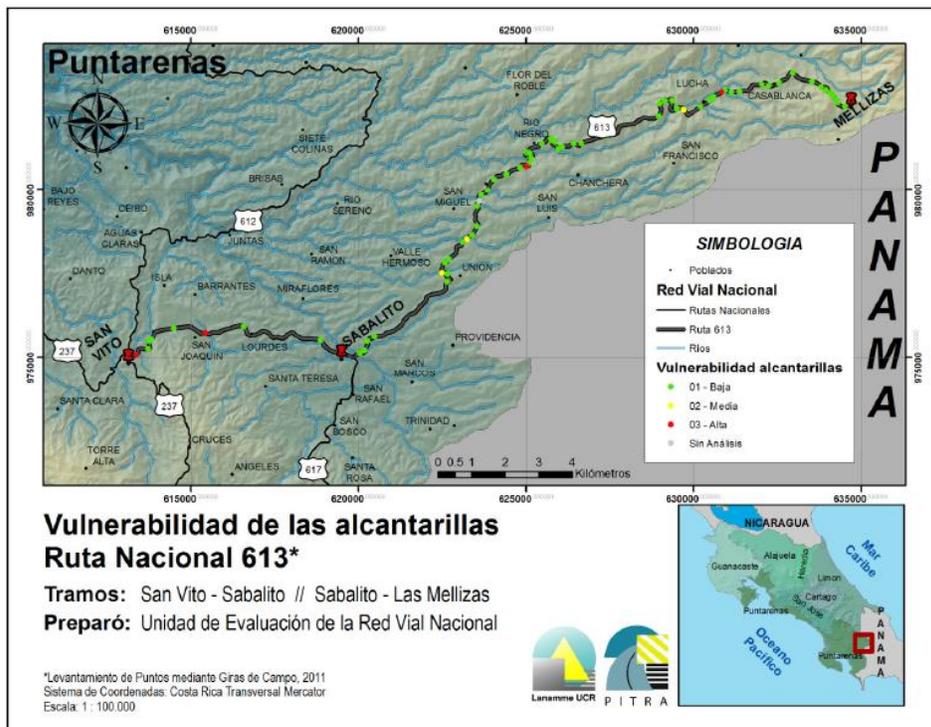


Figura 2. Vulnerabilidad de las alcantarillas en el Tramo analizado de la Ruta Nacional N°613  
 Fuente: LanammeUCR, 2011.

**1. Título:**

Evaluación de la vulnerabilidad ante amenazas naturales del tramo entre los kilómetros 0+000 y 59+000 (Naranjo - Florencia) de la Ruta Nacional 141

**2. Año:** Julio, 2012

**3. Autores**

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR)

**4. Ejes relacionados al Cambio Climático**

	Puentes o Puertos		Infraestructura Urbana
X	Carreteras		Institucional o Instrumentos Económicos

**5. Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático**

***(La siguiente información fue aportada por el Departamento de Evaluación de la Red Vial, PITRA, LanammeUCR)***

- En el informe se analiza específicamente el tramo de Ruta Nacional N°141, tramo ubicado entre los kilómetros 0+000 y 59+000 (Ver Figura 1).
- Los parámetros analizados son: Vulnerabilidad de los sistemas de drenaje menores (pasos de agua, alcantarillas) ante caudales torrenciales extremos y a flujos de lodos y detritus, de puentes ante aceleraciones sísmicas y la susceptibilidad a deslizamientos en los taludes de corte.
- Por medio de la información levantada por el LanammeUCR se constató que las principales amenazas que afecta el corredor son los caudales extremos, los flujos de lodo y la vibración sísmica.
- De las diez obras de drenaje menores principales evaluadas, seis presentan vulnerabilidad muy alta, lo que refleja que la secciones transversales son insuficientes para evacuar el caudal calculado para los diferentes periodos de retorno analizados (i.e, 20 y 100 años) y hace recomendable, por parte de la Administración, la modificación de su sección transversal.
- Las cuencas analizadas, asociadas a obras de drenaje menores principales y que presentan una vulnerabilidad muy alta por falta de capacidad hidráulica (cuencas 3, 8, 10, 11, 12 y 18), presentan una susceptibilidad a flujos de lodos y detritus de media a alta, lo cual hace necesario revisar, bajo ambas premisas (vulnerabilidad ante caudales extremos y ante flujos de lodos y detritus), la capacidad y configuración de las obras de drenaje.
- La zonificación realizada indica que existen múltiples sectores propensos (susceptibilidad alta o muy alta) a deslizamientos.

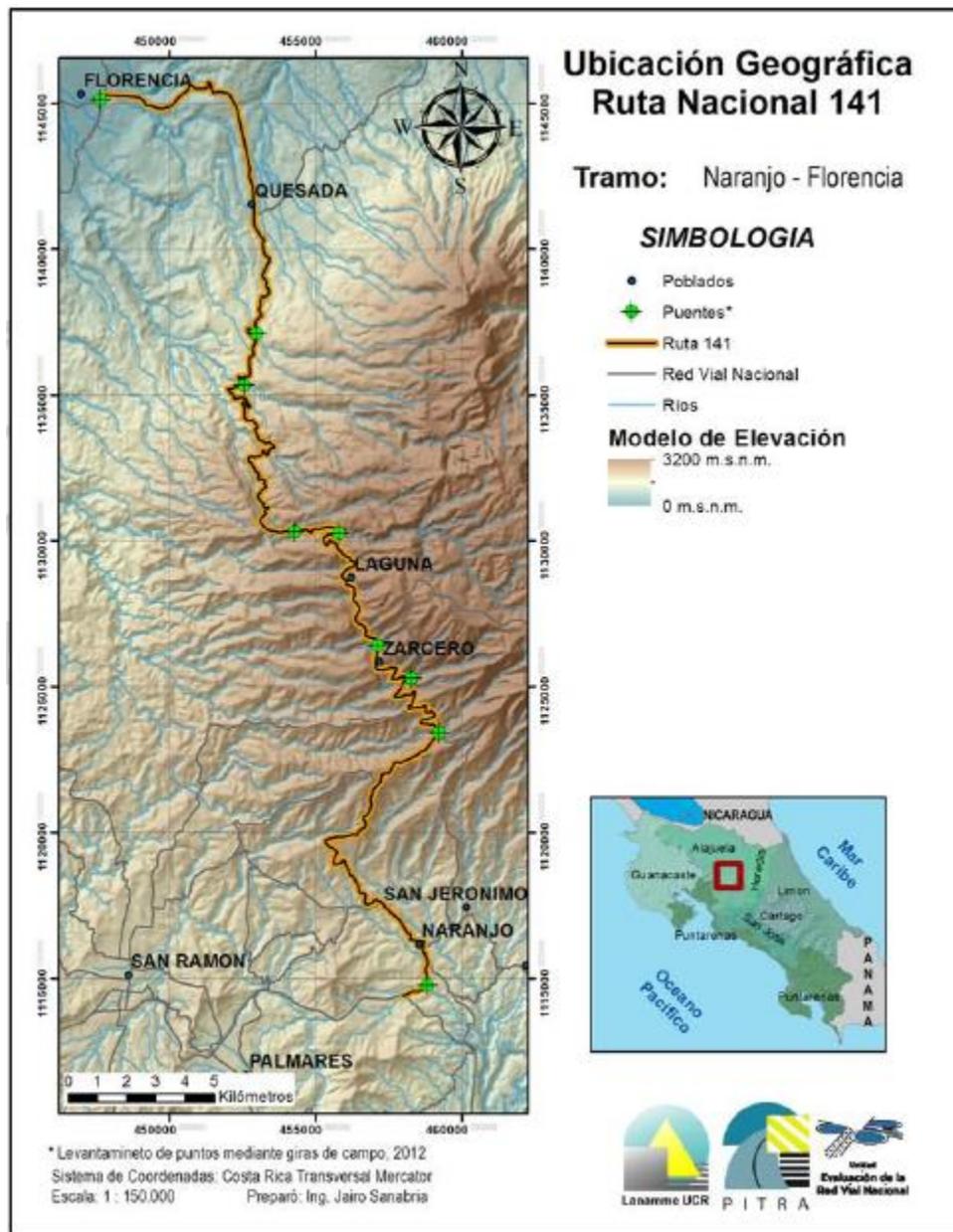


Figura 1. Tramo analizado de la Ruta Nacional N°141, de Naranjo-Florencia  
Fuente: LanammeUCR, 2012.

- A los puentes sobre los ríos Pilas, Zarcero, La Vieja y Peje Nuevo se les asignó una vulnerabilidad alta, mientras que a los puentes sobre los ríos Barranca, Espino, Tapezco, Jilguero y Peje se les asignó una vulnerabilidad muy alta.
- Los puntos anteriores permiten concluir que la ruta analizada requiere, por parte de la Administración, de atención en aspectos de capacidad hidráulica de las alcantarillas que se ubican a lo largo de la ruta y de revisión del diseño sismo-resistente de los puentes, aspectos a los que debe ponerse atención a la mayor brevedad posible para disminuir la vulnerabilidad de la infraestructura.

- Con respecto a los taludes de corte y rellenos, se requiere contar con una topografía de menor escala (e.g., 1:25000 o 1:10000) que permita realizar de forma más precisa un nuevo análisis para poder representar, de forma más realista, las condiciones en campo. No obstante, por lo observado durante las giras de campo, se considera que los taludes de corte presentan una pendiente muy alta, que bajo condiciones de lluvia intensa o sismo, pueden resultar en deslizamientos que pueden obstruir de forma parcial o total la carretera.



**1. Título:**

El cambio climático en la infraestructura para el transporte

**2. Año:** 2012

**3. Autores**

Colegio de Ingenieros Civiles de Mexicali (CICM)

**4. *Ejes relacionados al Cambio Climático***

	Puentes o Puertos		Infraestructura Urbana
X	Carreteras		Institucional o Instrumentos Económicos

**5. *Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático***

- Debido a que una gran parte de las emisiones en México es generada por el sector transporte, se han buscado acciones concretas para minimizar el impacto. El siguiente artículo repasa algunas de las medidas tomadas al respecto.
- La vulnerabilidad de la infraestructura del transporte se ha incrementado por los fenómenos naturales asociados al cambio climático. El incremento de las tormentas se visualiza como una problemática futura ya que afecta la seguridad en el transporte carretero, ya que además de las inundaciones, éste puede ser afectado por la baja visibilidad de los dispositivos para el control del tránsito, la injerencia de los vientos en la estabilidad de los vehículos, caída de árboles, mayor presencia de agua en la superficie de rodamiento, erosión de cauces.  
La precipitación excesiva provoca una alta penetración de agua en las laderas naturales, cortes y terraplenes en carreteras, lo que genera derrumbes y deslizamientos. El aumento de precipitación trae consigo como consecuencia cambios en los periodos de retorno para el diseño de puentes y obras de drenaje, y que los puentes actuales carezcan de la capacidad necesaria para soportar flujos de agua crecientes.  
La sequía provoca asentamientos en las diversas capas que componen los pavimentos, los cuales llegan a presentar desde grietas hasta hundimientos.
- Se requiere fortalecer la investigación en el tema y vincular de manera más sólida el sector Ambiental y el sector transporte para que, en conjunto, realicen acciones que permitan mitigar el cambio climático.



**1. Título:**

*Roads and climate change in mountainous regions: Keeping a cool head when resolving a hot issue*  
 (Camino y el cambio climático en regiones montañosas: manteniendo la cabeza fría en la solución de problemas)

**2. Año:** 2008

**3. Autores**

Aurèle Parriaux

**4. Ejes relacionados al Cambio Climático**

	Puentes o Puertos		Infraestructura Urbana
X	Carreteras		Institucional o Instrumentos Económicos

**5. Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático**

- Este artículo presenta los peligros involucrados con los escenarios climáticos globales en las regiones con terreno montañoso o accidentado. El documento también está destinado a proporcionar algunas pistas al ingeniero para tratar el problema. Sin embargo, para ser eficaz los ingenieros necesitan adoptar un enfoque razonable que implica la incorporación del cambio climático en cualquier proyecto de carretera. El objetivo de este documento es evaluar las modificaciones prácticas para su uso en carreteras inducidas por el cambio climático en el transcurso del ciclo de vida de la carretera.
- Una serie de características climáticas, topográficas y geológicas sirven para justificar un enfoque distinto hacia las regiones montañosas en materia de cambio climático, por ejemplo:
  - Alturas más elevadas.
  - Temperaturas más bajas.
  - El agua se presenta en forma de lluvia, nieve y hielo.
  - La presencia de microclimas.
  - La presencia de regiones con glaciares del periodo Cuaternario.
  - La erosión activa.
  - Laderas empinadas.
  - Intensa actividad sísmológica.
- Las carreteras montañosas tienen un conjunto de características distintas de las carreteras de las

regiones planas, que las hacen más vulnerables. Por ejemplo: fuerte exposición a riesgos naturales, margen de estabilidad limitado para el pavimento, mantenimiento complicado debido a los altos costos, baja densidad de red vial con ausencia de rutas alternas, volúmenes de tráfico turísticos elevados durante ciertas épocas.

- Los principales factores que afectan la seguridad de la estructura de una carretera son el agua (superficial y subterránea) y la nieve. Durante el invierno en presencia de fuertes nevadas, los flujos de percolación al subsuelo implican un mayor riesgo de deslizamientos profundos. En cambio, en inviernos con fuertes heladas y sin presencia de nieve el agua de fusión se concentrará en la parte superior del suelo, produciendo un mayor riesgo de deslizamientos superficiales. Los deslizamientos superficiales son altamente peligrosos para los usuarios de las carreteras, mientras que los deslizamientos profundos son menos peligrosos para los usuarios, sin embargo son más costosos de estabilizar. Por lo tanto, los inviernos más secos son una amenaza mayor para la seguridad vial.

Se realizaron modelos de escenarios para determinar el efecto del cambio climático con respecto a las amenazas que producen el agua y la nieve. Cuando la temperatura aumenta, en montañas de elevación intermedia el espesor de capa de nieve se reduce, por lo que aumenta el peligro de congelamiento del suelo. En montañas de elevaciones altas, el calentamiento no es suficiente para provocar una disminución en el espesor de la capa de nieve.

- Ante el panorama actual, el ingeniero debe adaptarse a las nuevas condiciones inducidas por el cambio climático. Las condiciones de frontera han cambiado, no hay nuevos fenómenos hidrológicos o geológicos, pero sí nuevos lugares en donde puedan ocurrir. De la misma forma la relación entre intensidad y probabilidad ha cambiado.

Por lo tanto, algunas reglas básicas pueden ser propuestas para incorporar dichos cambios en el diseño y mantenimiento de carreteras.

Fase de diseño:

- Considerar la carretera dentro de un contexto más amplio.
- Empezar por la realización de encuestas preliminares de los riesgos geológicos e hidrológicos.
- Enfatizar la secuenciación de los riesgos.
- Ejercer una mayor cautela en la elección del trazado de la carretera para hacer adaptaciones al contexto geológico e hidrológico, que conlleve a un enfoque de trabajo multidisciplinario (ingeniero - geólogo - hidrólogo).
- Aumentar los factores de seguridad estructural por medio de pruebas de su estabilidad en varios escenarios posibles que pueden resultar desventajosa.

Mantenimiento de las carreteras:

- Establecer una red de observación local (meteorológica, hidrológica y geológica) con factores de alerta en las zonas de alto riesgo.
- Procesar estos datos, determinar las tendencias reales en curso, y si es necesario mejorar la seguridad de las estructuras y su entorno.
- Prestar especial atención al control del estado de funcionamiento de la infraestructura de drenaje.



**1. Título:**

*New options for mobility and transport infrastructure in the post-carbon society*

(Nuevas opciones para la movilidad y la infraestructura del transporte en la sociedad post-carbono)

**2. Año:** 2012

**3. Autores**

Yves Ennesser y Jean-Jacques Fadeuilhe

**4. Ejes relacionados al Cambio Climático**

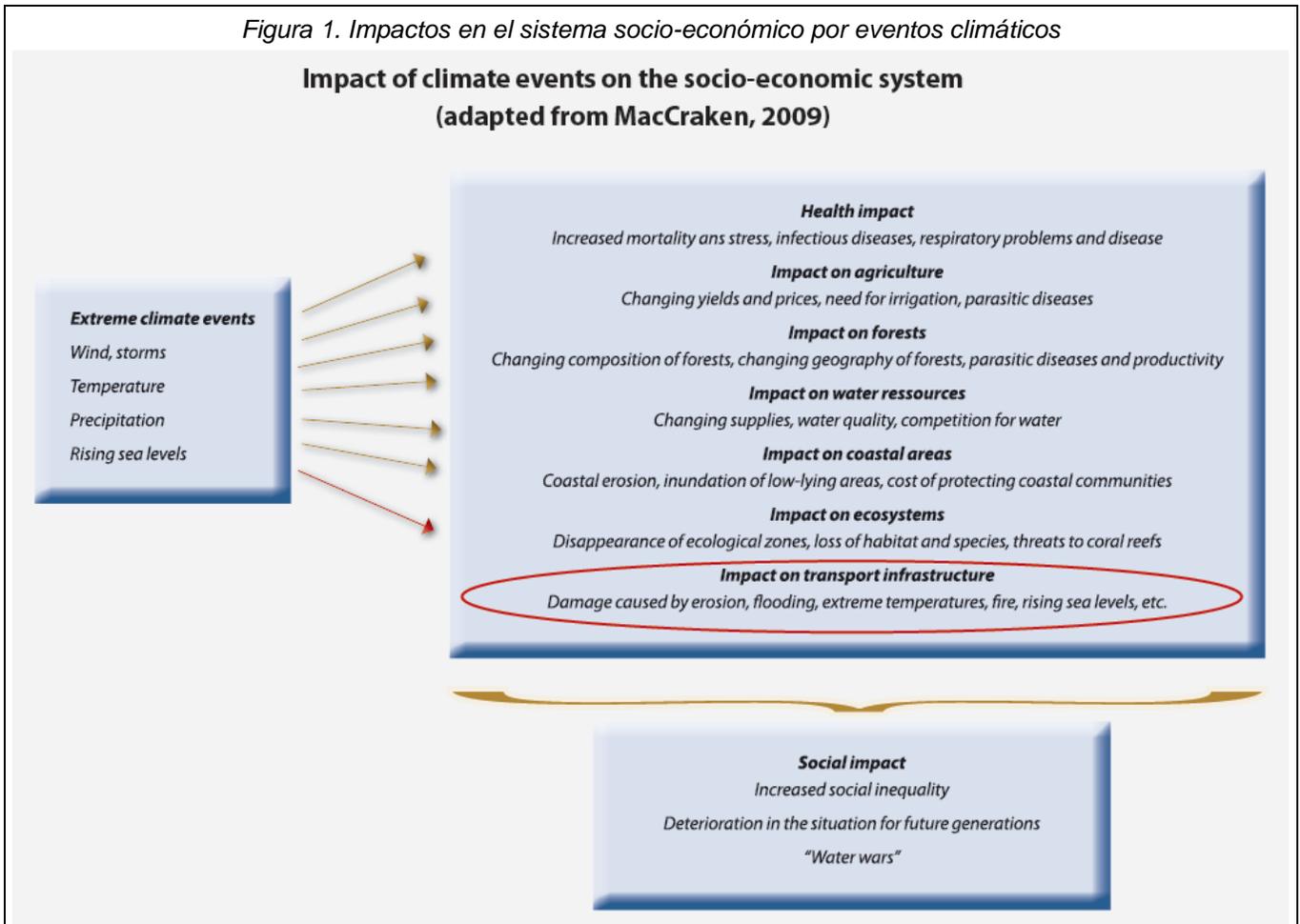
	Puentes o Puertos		Infraestructura Urbana
X	Carreteras		Institucional o Instrumentos Económicos

**5. Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático**

- La estrategia a implementar en los programas de protección de los riesgos del cambio climático, incluye cuatro componentes: prevención, protección, respuesta y recuperación.
  - La **prevención** se utiliza para predecir, detectar o reducir los peligros, de manera que se proteja la vida y la propiedad.
  - La **protección** se utiliza para reducir la vulnerabilidad y/o minimizar las consecuencias de un evento extremo. Va desde el fortalecimiento de una sección específica hasta la reconstrucción de la sección de la estructura de una manera más apropiada.
  - La **respuesta** son actividades planeadas para permitir una reacción inmediata ante una emergencia causada por un evento climático extremo. Ésta incluye compilar planes de respuesta, ejercicios de entrenamiento, adquirir equipo necesario para emergencias, entre otros.
  - La **recuperación** es para implementarse después de un evento. El objetivo es reactivar el sistema de transporte. Esta acción incluye reparación o reconstrucción y análisis de eventos pasados, como actualizando la prevención, protección y mediciones de respuesta de otras secciones de la carretera.
- El cambio climático además de impactar la infraestructura del transporte, impacta el sistema completo socio-económico de los países. En la Figura 1, se muestra los principales impactos potenciales.

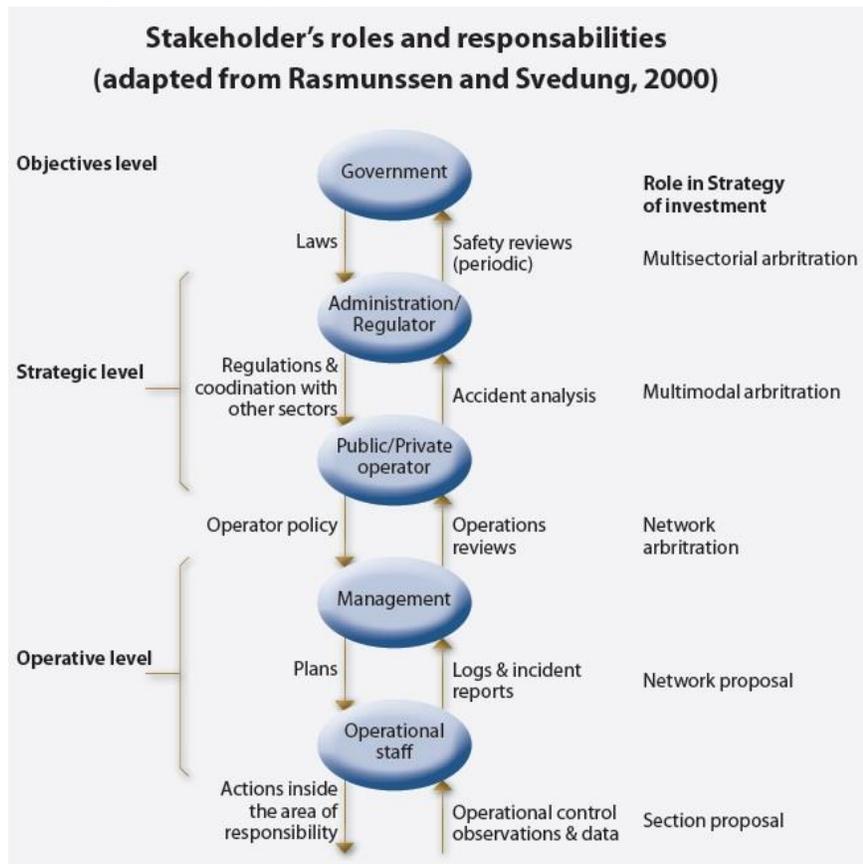


Figura 1. Impactos en el sistema socio-económico por eventos climáticos



- Debido a la gran incertidumbre que se tiene en la magnitud y el tiempo en que ocurrirán los eventos, esto implica riesgos en la programación.
- En aspectos de presupuestos, es necesario que cada país, luego de escoger las soluciones técnicamente factibles, tomen las decisiones financieras más relevantes. En la Figura 2 se muestran los roles y responsabilidades de las partes interesadas según los niveles estratégicos y operativos del sector público y privado.
- Los estudios de nuevas estrategias de inversión para redes existentes, deben formar parte de un enfoque sistémico: la preocupación debe ser para el funcionamiento de todo el sistema de transporte y no sólo para la red de carreteras por sí sola. Estos estudios deben incluir también análisis de redundancia modal y multimodal.
- La acción adoptada sistemáticamente debe evaluarse y compararse con las posibles consecuencias, y debe tener en cuenta la política nacional (o la competente), en cuanto a la aceptabilidad del riesgo (en términos económico, social, jurídico, político y moral), así como el principio de precaución. El riesgo residual también debe tenerse en cuenta en los cálculos.
- Se debe hacer una priorización de la infraestructura vial, mediante una estrategia proactiva, clasificándola según su importancia en: prioritaria y semi-prioritaria. Por ejemplo, las carreteras de acceso a hospitales, aeropuertos y plantas de energía, son prioritarias.

Figura2. Roles y responsabilidades de las partes interesadas



- Carreteras dañadas generalmente son reparadas a la condición original (sin cambios en las especificaciones). Sin embargo, una vez que se alcanza cierto punto, los costos de mantenimiento pueden llegar a ser exorbitantes en comparación con las ventajas del uso de una carretera. Puede ser necesario dejar de salvaguardar la carretera y las funciones que presta deberán ser transferidas a rutas alternas. Sin embargo, esta opción implica redundancia en el sistema vial.
- Hay un momento "óptimo" para abandonar una infraestructura, en función de su estado actual, uso futuro y costo de mantenimiento o renovación. Por ejemplo, es posible esperar hasta que una estructura "esté cerca de la ruina" antes de la reconstrucción, a fin de cumplir plenamente con las nuevas condiciones. También es posible posponer una inversión, realizando un mantenimiento adaptado, esto debido a la gran incertidumbre del momento en que ocurrirán los nuevos eventos.
- Todas las estrategias aplicables deberán ser revisadas a medida que se adquieran más conocimientos sobre el cambio climático. Esto generará un incentivo para ampliar la curva de aprendizaje en el tema de análisis del riesgo.
- La implementación de los planes de inversión a largo y corto plazo, asegurar que la infraestructura continúa en operación, al tiempo que permite a las autoridades encargadas mantener una capacidad de respuesta ante situaciones no previstas en el futuro.

**1. Título:**

Report “Risk associated with Natural Disasters, Climate Change, Man-made Disasters and Security Threats”

(Riesgos asociados a los desastres naturales, Cambio Climático, desastres antropológicos y amenazas de seguridad)

**2. Año:** 2013

**3. Autores**

World Road Association, Technical Committee C.3 Managing Operational Risk in Road Operations

**4. Ejes relacionados al Cambio Climático**

X	Puentes o Puertos		Infraestructura Urbana
X	Carreteras		Institucional o Instrumentos Económicos

**5. Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático**

- Este reporte tiene como propósito:

- Describir la metodología para evaluar los riesgos asociados con todas las amenazas.
- Destacar prácticas técnicas para administrar los riesgos asociados con desastres naturales.
- Proveer esfuerzos instantáneos para la gestión de los riesgos del cambio climático y la adaptación de la infraestructura del transporte en todo el mundo.
- Proveer la transformación de la Caja de herramientas de Gestión de Riesgos, desarrollada por el comité del ciclo anterior, a una herramienta de aplicación web.

- En este documento se presenta un enfoque metodológico desarrollado en Estados Unidos según CAPTA Costing Asset Protection: An all Hazards Guide for Transportation Agencies, (*Costeo de protección de activos: Una Guía de los peligros para las agencias de transporte*), el cual proporciona un medio para evaluar una amplia gama de activos y modos de transporte sobre la base de atributos de activos genéricos. La metodología CAPTA evalúa las amenazas, riesgos y sus posibles consecuencias en un marco de trabajo común. Se incluye en el informe, el plan de acción paso a paso para que los usuarios lo implementen.

Específicamente se trata el tema de cambio climático en el Capítulo 4 del documento: “**Riesgos en el cambio de clima y estrategias de adaptación**”. El cual será descrito a continuación:

**Objetivo del capítulo:** este capítulo tiene como meta demostrar el creciente flujo de conocimiento sobre la adaptación de la infraestructura del transporte en Estados Unidos, a los riesgos del cambio climático.



Durante los últimos años, como respuesta a los eventos catastróficos como lo fueron los huracanes Katrina y Rita, se ha visto lo vulnerable que es la infraestructura a estos fenómenos. Sumando a la creciente probabilidad de que estos eventos ocurran de nuevo por el cambio climático, ha despertado una necesidad de generar metodologías para la evaluación de la infraestructura.

El Departamento de Transportes de los Estados Unidos (*United States Department of Transportation - USDOT*) identificó tres cambios que afectarán al planeta: de temperatura, de precipitación y del nivel del mar. Estos cambios tienen a su vez una subdivisión de posibles daños que pueden provocar en las infraestructuras [ver apéndice B, tabla 1 del documento original]. Estos potenciales efectos están siendo evaluados por la comunidad internacional para generar herramientas de mitigación o adaptación.

Actualmente en Europa y Norte América, se han preocupado por el cambio climático y su potencial impacto negativo sobre la infraestructura. En Europa tenemos que la Conferencia de Directores de Carreteras de Europa (*Conference of European Directors of Roads - CEDR*) ha realizado un reporte sobre las cuestiones del cambio climático y muestra una serie de eventuales desafíos y herramientas que se pueden tener con estos cambios. En Inglaterra, el gobierno publica "Infraestructura resiliente al clima: Preparación para el Cambio Climático" (*Climate Resilient Infrastructure: Preparing for a Changing Climate*) que establece el punto de vista del gobierno en adaptar la infraestructura. Este plan del gobierno inglés, abarca acciones de mitigación y adaptación.

También se tiene el programa de la Unión Europea (UE) con el comité de Administradores de Carreteras en Europa (*European Road Administrations - EraNet Road*) ha realizado proyectos de investigación en el campo de la adaptación al cambio climático. Entre esos proyectos está el de "Gestión de Riesgo de Carreteras ante el Cambio Climático" (*Risk Management for Roads in a Changing Climate - RIMAROCC*), el cual propone un método para el análisis y manejo de riesgo en el sector transporte ante el cambio climático.

El gobierno de Estado Unidos por medio de la Junta de Investigación de Transportes de EE.UU. (*U.S Transportation Research Board*) y la División de Estudios Terrestres y Vida del Consejo Nacional de Investigación (*Life Studies of the National Research Council*) publican el documento "Impactos Potenciales del Cambio Climático sobre el Transporte de EE.UU." (*Potential Impacts of Climate Change on U.S Transportation*), que se concentra en mostrar las consecuencias del cambio climático en transporte de este país. Canadá también tiene cierta investigación sobre la capacidad de las carreteras a cambios climáticos.

Aunque varios países y regiones geopolíticas de la comunidad internacional han hecho esfuerzos en evaluar los efectos en la infraestructura producidos por el cambio ambiental, desarrollar un enfoque holístico ha sido difícil. Sin embargo, una vez que todos los participantes trabajen para un objetivo en común, un enfoque integral para la adaptación al cambio climático comienza a surgir.

Existe un acuerdo unánime en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (*United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC*) y el Grupo del Banco Mundial (*World Bank Group*) que la infraestructura en países menos desarrollados va a ser mucho más impactada por el cambio climático debido a su baja capacidad de adaptación. Tener un manejo del riesgo y establecimiento de herramientas para la adaptación al cambio climático es particularmente desafiante debido a limitación de datos colectados.



## Apéndice B: Ejemplos de Adaptación al cambio climático

Entre los principales proyectos de adaptación al cambio climático llevados a cabo en la actualidad, destacan los siguientes:

### **“Carreteras verdes como forma de adaptación ante el aumento en precipitaciones”**

-El callejón verde es un programa aplicado en Chicago para la mitigación y adaptación estratégica ante el cambio climático. Este impulsa el adecuado tratamiento de las aguas de lluvia mediante pavimento permeable, al tiempo que reduce el calor urbano (efecto de isla) y reduce la basura por medio del reciclaje.

- En Portland, Oregón, se lleva a cabo un plan similar al anterior, el cual tiene como objetivos disminuir el agua contaminada que entra a los ríos del lugar, desviar las aguas pluviales del sistema de alcantarillado y reducir inundaciones, mejorar la calidad del aire y reducir las temperaturas, así como reducir la demanda que tiene actualmente el alcantarillado sanitario.

### **“Construcción de carreteras para hacer frente el deshielo provocado por el cambio climático”**

- En Alaska se lleva a cabo un plan para la construcción de carreteras que ayuden de una forma más eficiente a hacer frente al deshielo producto de los cambios climáticos de las últimas décadas, lo cual ha afectado considerablemente las carreteras, en especial las de zonas montañosas. Al aumentar la temperatura, también se ve afectada la forma como se dan las tormentas a la vez que se dan más deslizamientos y erosiones. Por su parte, el deshielo contribuye al aumento del caudal de los ríos, haciendo que estos se desborden con más frecuencia. Todo lo anterior afecta directa o indirectamente las carreteras, por tanto se pretende un plan que determine nuevos diseños, construcción y mantenimiento de estructuras frente a estos cambios climáticos, el cual se ha iniciado con la recolección de datos de precipitaciones, registros de caudales y demás relacionados con el clima.

### **“Adaptación de puertos de acuerdo al nivel creciente del mar”**

-En Chicago se realizan estudios para tratar de mitigar o al menos controlar el efecto del cambio climático sobre los puertos (por aumento en el nivel de mar), ya que se estima que en 100 años el nivel del mar incrementará en casi 1.3m afectando considerablemente la zona y con ello las actividades que ahí se lleven a cabo.

### **“Planes de adecuación del transporte para hacer frente al cambio climático”**

-El impacto generado en el medio ambiente y con él, el cambio climático, ha traído consigo técnicas de adaptación en lo que a sistemas de transporte concierne, así por ejemplo para el caso específico de la empresa “New York City’s MTA” esta adaptación incluye: limpieza de las calles antes de las grandes tormentas para minimizar la obstrucción de alcantarillas, aumento de la capacidad de la estación de bombeo fija, proporcionar la capacidad de bombeo móvil, entre otras.



Finalmente se concluye que para llevar a cabo los proyectos mencionados con anterioridad, se requiere de información acerca de los eventos naturales que están sucediendo, así como instituciones especializadas que se encarguen de analizar dicha información acorde a las necesidades de cada proyecto.

## **Gestión de riesgos para las carreteras en un clima cambiante**

Ante el cambio en el clima, los fenómenos naturales han ido en aumento, así por ejemplo en Europa el número y frecuencia de inundaciones ha crecido considerablemente en las últimas décadas.

Como se mencionó, uno de los sectores que más se ha visto afectado por los efectos del clima ha sido el de transportes, dado que las carreteras han sufrido daños considerables producto de las inundaciones, deslizamientos, entre otros, por tanto, la atención principal se enfoca a idear planes que ayuden a mejorar las condiciones y respuesta de dichas obras ante estos fenómenos. Estos planes de adaptación deben basarse en el análisis de la información correspondiente a los cambios que se han estado dando en el clima. De esta manera se eligen las estrategias a realizar y se analiza el costo monetario de ellas, anteponiéndolo al beneficio que se podría obtener.

Así pues, se ha creado la Guía RIMAROCC, misma que se basa en los cambios que se podrían realizar para mejorar el estado de carreteras ante el cambio climático, sin embargo, para usarlo deben considerarse factores climáticos propios de la zona donde se efectuará el proyecto, entre otros.

En esta guía se mencionan algunos parámetros del cambio del clima que afectan las carreteras, y que deben considerarse para la mejora de las mismas, entre ellas destacan el aumento del nivel del mar, incremento en precipitación, inundaciones, nieve excesiva, etcétera.

Dentro de los pasos a seguir para llevar a cabo el método RIMAROCC destacan el análisis del contexto, identificación, análisis, evaluación y mitigación del riesgo y por último implementación de los planes de acción.

Se concluye del documento que ante los cambios constantes en el clima y con esto, las múltiples afecciones a la infraestructura (en especial lo referente a puertos, puentes y carreteras en este documento), se hace necesaria la idealización y puesta en marcha de programas y proyectos que mejoren la calidad de estas estructuras, mismas que dependen del estudio y análisis de los cambios climáticos que se han estado dando.



**1. Título:**

*Climate Change Vulnerability Assessment for the Quesnell Bridge (City of Edmonton, Alberta, Canada) Final Report* (Reporte Final de la Evaluación de la Vulnerabilidad ante el Cambio Climático para el Puente Quesnell)

**2. Año:** 31 marzo, 2008

**3. Autores**

Engineers Canada, Public Infrastructure and Engineering Vulnerability Committee (PIEVC)

**4. Ejes relacionados al Cambio Climático**

X	Puentes o Puertos		Infraestructura Urbana
	Carreteras		Institucional o Instrumentos Económicos

**5. Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático**

- El protocolo del comité PIEV fue desarrollado con el fin de proporcionar una plataforma uniforme en la evaluación de vulnerabilidad de la infraestructura al cambio climático. El Gobierno Federal Canadiense ha identificado la necesidad de ofrecer una evaluación a escala nacional de la vulnerabilidad de la infraestructura pública de Canadá ante los impactos del cambio climático y su capacidad de adaptación a estos impactos.

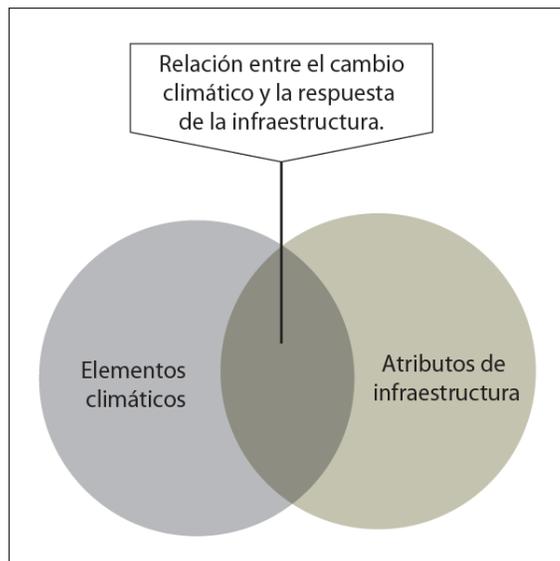


Figura 1. Diagrama que explica el objetivo del Protocolo PIEVC

- Se realiza el protocolo desarrollado por PIEVC que evalúa la vulnerabilidad al cambio climático para el puente Quesnell, en la Ciudad de Edmonton. El Protocolo establece un marco para definir, evaluar y dar prioridad a la información y las relaciones con respecto a los impactos del cambio climático en la infraestructura.

- Efectos del cambio climático, incluida la variabilidad del clima y las temperaturas extremas, pueden imponer cargas o condiciones a la infraestructura que no fue diseñada para mantener, lo que resulta en un aumento de riesgo. La infraestructura puede tener la capacidad inherente para adaptarse a tales efectos adversos, o puede exhibir respuesta a la vulnerabilidad. Este protocolo facilita la toma de decisiones sobre las futuras operaciones, mantenimiento, planificación y desarrollo o posible mejora o rehabilitación de la infraestructura.

- El protocolo describe los siguientes cinco pasos en el proceso de evaluación:

Paso 1: Definición del proyecto

Paso 2: Recolección y cantidad suficiente de datos

Paso 3: Evaluación de la vulnerabilidad

Paso 4: Análisis de Indicadores

Paso 5: Recomendaciones

- Para el caso del puente Quesnell, se identificó cada parte de la infraestructura, incluyendo: cubierta, juntas de expansión, rodamientos, vigas, pilares, sistema de drenaje, accesorios, orilla del río, infraestructura adyacente, entre otras.

- Se analizan las características climáticas específicas, series históricas de datos y bases históricas de eventos extremos, para tener una línea base del clima. Además, se examinan escenarios de cambio climático.

- Luego de identificar todos los elementos y características propias del puente, se aplica una metodología de priorización, con el propósito de escalar o dar prioridad a los efectos del clima en cada componente mediante el cálculo de un valor numérico que representa la **prioridad de la relación (Pc)** y, posteriormente, para determinar el grado de vulnerabilidad basada en la experiencia y el juicio profesional.

**Pc= Sc x Sr**, donde:

**Sc**= Factor de escala de probabilidad para el efecto climático. Probabilidad de que algún elemento de la infraestructura pierda la funcionalidad o tenga una reacción adversa en el rendimiento, ante una condición climática extrema.

**Sr**= Factor de escala para efecto de respuesta a la gravedad de las consecuencias de la pérdida de rendimiento o de la funcionalidad de algún componente de la infraestructura.

Para esta parte se crea una Matriz de priorización donde se tabula cada paso del proceso de priorización. Una vez completada la Matriz, se revisa y se ordenan las relaciones identificadas de acuerdo al valor de Pc, clasificándolas en tres grupos:

- **Pc <16 (\*): No se identifica vulnerabilidad**

El efecto climático no tiene un impacto significativo en el componente de infraestructura, por lo tanto, no requiere evaluación adicional.

- **17 <Pc <36: Potencialmente vulnerable**

Se requiere un análisis más detallado (Realizar paso 4 del Protocolo).



• **Pc > 36: Se indica vulnerabilidad**

Se requieren Recomendaciones particulares (Realizar paso 5 del Protocolo).

Cada uno de los rangos de esta clasificación están basados en juicio de profesional experto. En el caso de la primera clasificación (\*) el valor fue cambiado de 12 a 16 para el puente Quesnell.

Infrastructure Components	Rainfall – Intensity				Flooding				Live Load Combo_2 (Heavy Winter Snow + Early Spring + Heavy Rain = Major Flooding) (including debris)			
	Y/N	S <sub>C</sub>	S <sub>R</sub>	P <sub>C</sub>	Y/N	S <sub>C</sub>	S <sub>R</sub>	P <sub>C</sub>	Y/N	S <sub>C</sub>	S <sub>R</sub>	P <sub>C</sub>
Deck	Y	6	3	18					Y	6	5	30
Deck drainage	Y	6	2	8	Y	6	5	30	Y	6	5	30

16 < P<sub>c</sub> < 36

P<sub>c</sub> ≥ 36

Figura 2. Ejemplo de Matriz aplicada a la cubierta del puente

- Para el caso del puente, los parámetros del cambio climático que fueron más significativos en la contribución a las posibles vulnerabilidades en los componentes de la infraestructura fueron:

- Ciclos de congelación / descongelación
- Acumulación de hielo
- Intensidad y frecuencia de nevadas
- Intensidad de las precipitaciones
- Inundaciones
- Combinaciones de Carga para análisis y diseño estructural

- Otras particularidades del Puente Quesnell:

Se someterá a rehabilitación y ampliación para satisfacer la demanda vehicular y normas de diseño actuales. Algunos de los cambios que se proyectan son:

- La ampliación de un carril adicional en cada sentido
- Sustitución de la cubierta del puente de concreto
- Ampliación de las tapas y los pilares del muelle existentes
- Incorporación de nuevas vigas de concreto a cada lado

Otro trabajo propuesto incluye:

- Nuevo sistema de impermeabilización del agua y nueva cubierta
- Nuevo sistema de drenaje y estanque de retención
- Nuevas juntas de expansión
- Exterior postensado para vigas existentes
- Envoltura de fibra de refuerzo para vigas existentes
- Exterior de postensado para las tapas del muelle
- Posible nuevo sistema de deshielo



**1. Título:**

Adaptación al cambio climático para los puentes

**2. Año:** 2011

**3. Autores**

Asociación Mundial de la Carretera (AIPCR-PIARC)

**4. *Ejes relacionados al Cambio Climático***

<b>X</b>	Puentes o Puertos		Infraestructura Urbana
	Carreteras		Institucional o Instrumentos Económicos

**5. *Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático***

- El alcance de este estudio es investigar cómo definen el cambio climático los distintos países y qué políticas pueden haber implantado, qué condiciones meteorológicas extremas pueden haber sufrido y si eso ha redundado en una alteración metodológica a la hora de diseñar sus puentes. La investigación se realizó a través de un cuestionario repartido en varios países. Las respuestas contribuirán al entendimiento del impacto del cambio climático y su efecto en el diseño, construcción y gestión de las estructuras de los puentes.
- La mayoría de las respuestas de los ingenieros de puentes de los países consultados, relaciona el cambio climático en sus definiciones con incrementos en las frecuencias de eventos naturales tales como precipitaciones, sequías, inundaciones, cambios de temperatura, entre otros. Mientras que en otros casos la respuesta brindada era la definición propuesta de alguna entidad como la ONU o la IPCC. También cabe destacar que muchas de las respuestas atribuyen el cambio climático a factores humanos.
- En relación con el impacto del cambio climático se realizaron dos consultas a los países, la primera verificar si el país tiene alguna preocupación en relación con el posible impacto en el sistema de transportes, especialmente en puentes y segundo sobre las experiencias que cada país tenía respecto a las condiciones climáticas adversas debidas al cambio climático.

De los trece países que respondieron, cinco indicaron que estaban preocupados con el cambio climático y combinaron la respuesta con algunas de sus experiencias. Es de resaltar que la respuesta de Italia indica que no hay preocupación en cuanto a los efectos del cambio climático en el sistema de transportes. La respuesta de Bélgica indica que las autoridades no disponen de planificación ni proyectos para enfrentar estos retos en el campo de los puentes. Suiza y Noruega están preocupadas con los efectos secundarios del cambio climático que creen que ha incrementado la probabilidad de inundaciones, erosión, desprendimientos, avalanchas y

deslizamientos de lodos, y apoyan la necesidad de planes de emergencia mejorados. Australia Occidental por otro lado no ve el cambio climático como un problema que afecte a la infraestructura de puentes.

Los sucesos más comunes experimentados por la mayoría de los países que han supuesto un impacto en el parque de puentes son las inundaciones, intensidades crecientes de lluvias y temperaturas más altas. El único país que ha modificado las cargas de diseño ha sido Japón, que revisó la resistencia sísmica requerida basándose en las experiencias del sismo del sur de Hyogo en 1995. Si esto es o no consecuencia del cambio climático se desconoce.

- También se realizaron siete preguntas sobre los impactos del cambio climático en las infraestructuras de carreteras. El ascenso de la temperatura media se ha advertido en muchos países, en Australia Occidental altas temperaturas parecen más normales que antes, en Bélgica el ascenso es más importante en verano y en Finlandia lo es en invierno, en España se ha observado un ascenso de las máximas temperaturas en primavera y verano, así como un descenso de los días fríos.

En Italia y el oeste de Australia el ascenso de temperatura registrado no ha llegado sin embargo a afectar a las estructuras ni al tráfico. Algunos países (Lituania, Noruega y Suiza) informan de afecciones de diferencias extremas entre el día y la noche. En Noruega se han registrado algunos desprendimientos en días con variaciones térmicas muy amplias. También ahí los altos niveles del mar durante las tormentas locales han causado problemas en túneles sumergidos y carreteras, con rotura de olas sobre la calzada. En Sudáfrica algunas áreas costeras han sufrido pleamares muy vivas, que han derivado en inundaciones.

La precipitación media y los fuertes chubascos parecen haberse incrementado globalmente. En algunas extensas áreas del oeste de Australia se informa de la reducción generalizada en las precipitaciones, así como, localmente, en Hawai y en partes del suroeste de los Estados Unidos.

Se ha informado de gruesas nevadas en Finlandia, Alemania, Noruega, Suiza y Virginia, EEUU. Algunos lugares sin tradición de nevadas han estado recibiendo nieve durante los años pasados, causando problemas de mantenimiento invernal (Italia y España).

- En cuanto a los impactos especiales del cambio climático en las estructuras de los puentes, en muchos casos no son perceptibles. El mayor riesgo parece ser el incremento de frecuencia e intensidad de las fuertes precipitaciones que afectan a las inundaciones y socavación en torno a las cimentaciones de los puentes. Algunos países señalan que ha habido varios colapsos de puentes debidos a inundaciones.

Pueden aparecer problemas en los apoyos o rótulas, debido a amplios rangos de temperatura (como en Lituania) y una aceleración en el deterioro de puentes de hormigón, especialmente en las vigas de borde. Es difícil ligar clara y exclusivamente los daños en estructuras al cambio climático, pero para evitar mayores daños en el futuro hay una posible necesidad de revisión de los códigos de diseño.

- Aunque el cambio climático se ha constituido en una fuente global de preocupación en muchos de los países que fueron consultados y se han identificado cambios en sus condiciones climáticas, no todos han establecido políticas gubernamentales en relación al cambio climático.

El gobierno de Australia ha iniciado algún trabajo delimitando áreas de trabajo vulnerables y



económicas. Todavía no se ha definido una estrategia de adaptación al cambio climático. En Finlandia se está respondiendo a la directiva de inundaciones de la UE que también se preocupa de puentes y carreteras. Además se está redactando un plan de gobernanza de riesgos para salir al paso de los nuevos problemas. En Alemania se está siguiendo la Estrategia Nacional de Adaptación al Cambio Climático.

En Italia la última Norma de Construcción ratifica mayores necesidades de incorporar nuevas cargas de viento y nieve. En Japón se ha promovido el refuerzo de la resistencia de los puentes ante los terremotos. En Lituania el encargado de realizar las políticas gubernamentales es el Ministerio de Medio Ambiente.

En Noruega el gobierno ha iniciado algún trabajo delimitando áreas de trabajo vulnerables y económicas. Además la administración de carreteras ha puesto en marcha un programa de I+D para la adaptación al cambio climático.

En Sudáfrica luego de celebrarse una cumbre respecto al cambio climático en marzo del 2009, se ha comprometido a pesar de ver crecer sus emisiones de GEI entre 2020 y 2025, después estabilizarlas durante una década, y reducirlas en términos absolutos antes de mediados de siglo. El Gobierno intenta formular las bases de su política de transición a una economía sin carbón.

En España se ha elaborado el Plan Nacional para la Adaptación al Cambio Climático (PNACC) en conjunción con el Primer Programa de Trabajo en julio de 2006 por el Comité de Coordinación Política del Cambio Climático y el Consejo Nacional del Clima. El segundo Programa de Trabajo se adoptó en julio de 2009. El Plan Nacional para la Adaptación al Cambio Climático es un órgano de coordinación entre las Administraciones Públicas para las actividades de consideración del impacto, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático.

El gobierno federal de Suiza ha empezado un amplio programa en relación a los “peligros naturales” en el que no sólo la Oficina Federal de Carreteras (FEDRO) está involucrada, lo están también las oficinas federales de medio ambiente y energía. Varios programas de I+D están también en marcha en asuntos sobre gestión de riesgo. Además se está preparando una ley sobre la fiscalidad del CO2.

En Virginia, Estados Unidos el Gobernador creó en 2007 una Comisión para elaborar un Plan de Acción ante el Cambio Climático, el cual fue desarrollado y publicado el 15 de Diciembre de 2008.

- En términos de cambios de códigos de diseño de puentes o implantación de regulaciones para la gestión del parque de puentes, todos los países consultados indicaron que no existe un procedimiento formal en curso, con la excepción de Suiza.
- Al planteamiento de gastos adicionales para la inspección y los cambios de diseño, de nuevo muchos países, con la excepción de Lituania, indicaron que ellos no incurrieran en nuevos gastos. Los países que dedican un gasto adicional lo hacen respondiendo a un suceso ocurrido, como por ejemplo daños por inundaciones actuando de manera reactiva más que proactiva.
- Las enseñanzas de este estudio muestran que la relación entre el deterioro y daño de los puentes existentes y el cambio climático se desconoce en la actualidad. Sin embargo un estudio más avanzado del cambio climático nos llevará ciertamente a una mayor comprensión de los distintos impactos causados por el cambio climático en las estructuras de puentes.



**1. Título:**

*Climatic Change And Debris Flows In High Mountain Regions: The Case Study Of The Ritigraben Torrent (Swiss Alps). En: Climate Change, vol 36, num 3-4, p. 371-389*

Cambio climático y flujos de escombros en regiones altas de montaña: Caso de estudio del Río Ritigraben (Alpes Suizos)

**2. Año:** 1997

**3. Autores**

Rebetez, Martine; Lugon, Ralph y Baeriswyl, Pierre-Alain

**4. Ejes relacionados al Cambio Climático**

	Puentes o Puertos		Infraestructura Urbana
X	Carreteras		Institucional o Instrumentos Económicos

**5. Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático**

- El artículo presenta un análisis de una zona en los Alpes Suizos donde generalmente ocurren flujos de depósitos, en relación con factores climáticos y meteorológicos.
- Se tiene como factores disparadores para la ocurrencia del fenómeno la lluvia abundante y el derretimiento de nieve; existen estudios que cuantifican estos fenómenos para las condiciones actuales y se trata de predecir qué tanto se verán afectados debido al cambio climático, esto porque en los últimos años se ha visto un aumento en las condiciones lluviosas.
- El artículo podría servir como insumo para tratar de replicar el estudio en zonas de nuestro país dónde se determine que pueda haber mayor frecuencia en ocurrencia de fenómenos de este tipo.



**1. Título:**

*Climate Change and Transportation: Potential Interactions and Impacts.*

*En: The Potential Impacts of Climate Change on Transportation Research Workshop, p 77-90.*

(Cambio climático y transportes: Interacciones e impactos potenciales)

**2. Año: 2002**

**3. Autores**

Brian Mills, Jean Audrey

**4. Ejes relacionados al Cambio Climático**

X	Puentes o Puertos		Infraestructura Urbana
X	Carreteras		Institucional o Instrumentos Económicos

**5. Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático**

- Se mencionan ejemplos de infraestructura que puede verse afectada, entre ellos: caminos, vías de tren, aeropuertos, autopistas, puertos y puentes.
- Se mencionan susceptibilidades relacionadas con la temperatura, por ejemplo calor o frío extremos, ciclos de descongelamiento, reducciones de la cobertura de hielo, duración y calidad de las temporadas de construcción.
- Posibles impactos del aumento del nivel del mar y marejadas.
- Susceptibilidades relacionadas con la precipitación
- Factores relacionados con la operación de los sistemas de transporte, tales como seguridad, movilidad, eficiencia y externalidades ambientales.
- Además se tiene un apartado relacionado con la demanda de transporte.



**1. Título:**

Impactos sobre los riesgos naturales de origen climático. Riesgo de inestabilidad de laderas. (31 pág)  
 En: Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático

**2. Año: 2008**

**3. Autores**

Corominas, Jordi.

Colaboradores: F. J. Ayala, A. Cendrero, J. Chacón, J. R. Díaz de Terán, A. González, J. Moya, J. M. Vilaplana.

**4. Ejes relacionados al Cambio Climático**

	Puentes o Puertos		Infraestructura Urbana
X	Carreteras		Institucional o Instrumentos Económicos

**5. Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático**

- El documento contiene un inventario de los principales deslizamientos ocurridos en España en los últimos 150 años, con víctimas y daños de relevancia.
- Se menciona la lluvia como factor desencadenante en la ocurrencia de deslizamientos, se tienen ciertas condiciones meteorológicas que sirven como disparador ante estos fenómenos. Incluso presentan expresiones para estimar roturas en lugares determinados, en función de la intensidad y duración de tormentas.
- Muestran la distribución espacial y estacional de la inestabilidad de laderas en España, así como cambios en la frecuencia que han ocurrido en los últimos años debido a cambios en los patrones del clima.
- Mencionan impactos previsibles debido al cambio climático, basados en escenarios previstos; tanto en la aparición de nuevas roturas, como en la magnitud y frecuencia según tipos de movimientos. Así como también las zonas más vulnerables.
- Además proponen algunas medidas de adaptación para reducir los impactos.



**1. Título:**

*Impacts of Climate Change on Australia's Roads and Bridge Infrastructure. (21 pág)*  
 Impactos por cambio climático en la infraestructura de puentes y carreteras de Australia

**2. Año:** 2008

**3. Autores**

Maunsell Australia Pty Ltd

**4. Ejes relacionados al Cambio Climático**

X	Puentes o Puertos		Infraestructura Urbana
X	Carreteras		Institucional o Instrumentos Económicos

**5. Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático**

- Se presenta información relacionada con cambio climático que pueda presentarse en Australia basada en dos condiciones: usuales y mitigación fuerte. Así como también un estimado de la magnitud de los impactos (a manera cualitativa) para tres períodos de tiempo y en 7 escenarios climáticos.
- Para carreteras y puentes se tiene un esquema con variables climáticas, impactos posibles de cada una de ellas e implicaciones que podrían presentarse.
- En cada uno de los siete escenarios climáticos planteados se presentan cambios esperados y posibles efectos que podrían tener en regiones determinadas, de acuerdo con la vulnerabilidad de estas.
- Se mencionan algunas oportunidades para adaptación al cambio climático.
- Por último se presentan 3 estudios de caso: colapso de carreteras debido a inundaciones, costos estimados de derrumbes y necesidad de adaptación debido al cambio climático.



**1. Título:**

*The Potential Impacts of Climate Change on U.S. Transportations. Transportation Research Board Special Report 290. (298 pág)*

Impactos potenciales del cambio climático en los transportes de Estados Unidos.

**2. Año: 2008**

**3. Autores**

Committee on Climate Change and U.S. Transportation  
 Transportation Research Board  
 Division on Earth and Life Studies  
 National Research Council of the National Academies

**4. Ejes relacionados al Cambio Climático**

X	Puentes o Puertos		Infraestructura Urbana
X	Carreteras		Institucional o Instrumentos Económicos

**5. Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático**

- En el reporte se presentan las principales consecuencias que se podrían esperar en el sistema de transporte de los Estados Unidos debido al cambio climático; tanto en infraestructura como en operación.
- Se tiene un análisis de algunos estudios relacionados con el cambio climático, para ver las limitaciones de los mismos, enfocados principalmente en predecir el tiempo, magnitud y localización geográfica de los cambios climáticos que puedan presentarse en territorio estadounidense.
- Se prevé que el cambio climático afecte en factores como la planificación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de la infraestructura de transporte.
- Como principales cambios climáticos que pueden afectar la infraestructura se tienen: incremento en la cantidad de días calurosas y ondas de calor; aumento de temperaturas en el Ártico, elevación del nivel del mar, mayor intensidad en los eventos de precipitación e incremento en la intensidad de huracanes.
- Se presentan además estrategias de adaptación de acuerdo con los cambios esperados, incluyendo implicaciones en el diseño de infraestructura que deben ser tomadas en cuentas, principalmente en las zonas donde se espera que el impacto sea mayor.



**1. Título:**

*Surface Transportation Safety and Operations: The Impacts of Weather within the Context of Climate Change. En: The Potential Impacts of Climate Change on Transportation Research Workshop, p 165-184.*

Operación y seguridad en la superficie de transporte: Los impactos del estado del tiempo en el contexto del cambio climático.

**2. Año: 2002**

**3. Autores**

Pisano, Paul; Goodwin, Lynette y Stern, Awdrew

**4. Ejes relacionados al Cambio Climático**

	Puentes o Puertos		Infraestructura Urbana
X	Carreteras		Institucional o Instrumentos Económicos

**5. Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático**

- En el artículo se presenta un análisis de las principales afectaciones que podría sufrir el sistema de transporte mediante superficies (como carreteras) en los Estados Unidos, ya que este representa el principal medio para la movilización de personas y comercio.
- Se mencionan riesgos que se podrían ver intensificados, tales como problemas de visibilidad, precipitaciones, vientos, temperaturas extremas y tormentas eléctricas, que podrían afectar las capacidades del conductor.
- Aparecen estrategias de mitigación para mejorar la seguridad, movilidad y productividad, tanto para situaciones de emergencia, administración del tráfico, operación del sistema.
- En un apartado se mencionan parámetros climáticos que podrían afectar la seguridad y la operación.



**1. Título:**

Manual centroamericano de gestión del riesgo en puentes

**2. Año:** 2010

**3. Autores**

Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA)

Secretaría Ejecutiva del Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (SE-CEPREDENAC)

Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID)

**4. Ejes relacionados al Cambio Climático**

<b>X</b>	Puentes o Puertos		Infraestructura Urbana
	Carreteras		Institucional o Instrumentos Económicos

**5. Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático**

- El manual describe las acciones necesarias para la gestión de riesgo durante el ciclo del proyecto conformado por las siguientes etapas: planificación (pre-inversión), diseño (pre-inversión), construcción (inversión) y operación y mantenimiento (post-inversión). Sin embargo, aunque considera todas las etapas del ciclo del proyecto, enfatiza las etapas de planificación y diseño.

El objetivo del manual es homologar la normativa sobre la conservación de la infraestructura vial regional de Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá, para mitigar los efectos transnacionales de desastres en la región, a fin de aumentar la seguridad de las personas, cargas, vehículos y otros bienes.

Además se busca que los países conozcan los conceptos asociados a la gestión de riesgos, reduzcan la vulnerabilidad de las carreteras por situaciones de desastres, apliquen nuevas tecnologías en la gestión de puentes que permitan mitigar y reducir los daños por desastres, mitiguen y reduzcan daños al ambiente e incorporen los factores de seguridad vial en el diseño, construcción, mantenimiento y operación de puentes en carreteras regionales.

- En Centroamérica las carreteras y puentes no cuentan en su mayoría de medidas de seguridad vial, lo que aumenta la vulnerabilidad y el riesgo de accidentes de tránsito, los cuales anualmente generan costos elevados en concepto de gastos médicos, medicinas, seguros de vehículos, seguros de mercadería transportada y otros. Mejorar los diseños geométricos de proyectos viales, adoptando mejores políticas y estrategias de mantenimiento y educación vial, e incrementar la señalización de las carreteras y puentes, son elementos que pueden reducir la vulnerabilidad y por lo tanto el riesgo de accidentes de tránsito.

La red vial centroamericana cuenta con aproximadamente 5500 puentes, los cuales han sido afectados en ocasiones por el impacto de los desastres. Por lo tanto, la incorporación de los factores de la gestión del riesgo del presente manual colaborará a reducir la vulnerabilidad y a disminuir los daños de los puentes ante desastres.

- Se han detectado deficiencias en las distintas fases del ciclo del proyecto. En la etapa de planificación es notoria la falta de identificación de zonas inestables y de obras complementarias que colaboren con la protección del cauce y de la estructura del puente. En cuanto al diseño de la estructura existen deficiencias en el cálculo de asentamientos diferenciales, diseños geométricos, cálculo de la profundidad de socavación de las pilas y estribos.

En la fase de construcción se presentan deficiencias en los controles de calidad de los materiales utilizados, compactaciones ineficientes en los accesos de los puentes que generan asentamientos. Algunas de las deficiencias más notorias en la etapa de operación y mantenimiento son: destrucción de barandales, aceras y deterioro de apoyos causado por accidentes de tránsito y sobrecarga de vehículos, fisura de las vigas longitudinales por sobrepeso, deterioro de las juntas de los puentes, señalización inadecuada o inexistente, limpieza inadecuada del cauce.

- Se deben desarrollar distintas actividades dentro de cada etapa del ciclo del proyecto en materia de gestión de riesgo, las cuales se detallan a continuación.

En la etapa de planificación se deben realizar distintas actividades que permitan determinar la opción más conveniente para el proyecto. Dichas actividades se detallan a continuación:

- Identificación del proyecto: se debe determinar la ubicación geográfica a través de coordenadas, identificar la cuenca y sus características donde se ubicará la estructura.
- Consulta del plan de ordenamiento territorial: determinar si existen restricciones de tipo social, ambiental, político y económico.
- Estudio topográfico especial: deberá tener una longitud mínima de 100 m aguas arriba y aguas abajo a partir de la línea longitudinal central del puente, la longitud de las secciones dependerá del ancho del río y del periodo de retorno de las crecidas máximas. La topografía se debe dibujar en escala 1:100 y 1:250 con curvas cada 50 cm.
- Estudio hidrológico e hidráulico: se debe determinar la crecida máxima, crecida extraordinaria, flujos mínimos, velocidades, nivel normal del río con el fin de determinar la sección hidráulica que tendrá el puente. Se debe incluir el cálculo de socavación general en el estudio hidráulico.
- Estudios geológico y geotécnico: establecer la estratigrafía del lugar, identificar el tipo de suelos, identificar el nivel freático.
- Estudio de sismicidad: se determinará si la zona es vulnerable mediante mapas de isoaceleración.



- Estudio de prefactibilidad ambiental: se debe identificar la vulnerabilidad del área de influencia así como el impacto que causará la construcción del puente. Se especifica que se debe aplicar lo establecido en el Manual Centroamericano de Normas Ambientales para el Diseño, Construcción y Mantenimiento de Carreteras.

Dentro de las actividades de las etapas de planificación se hace especial énfasis al análisis de riesgo, el cual se detalla a continuación:

- Evaluación del emplazamiento: se debe evaluar la interacción de las amenazas con la sociedad con el fin de poder evaluar los beneficios y/o perjuicios para el desarrollo del puente y de la sociedad. El diseño del puente no debe desfavorecer el desencadenamiento de eventos que produzcan daños a la estructura del mismo y a su entorno.
- Análisis de vulnerabilidad: se debe identificar las debilidades del puente y de la comunidad donde se ubique, así como la fragilidad y riesgos ante amenazas naturales y antropogénicas.
- Balance de riesgo promedio: se debe realizar un balance productos de la evaluación del emplazamiento y del análisis de vulnerabilidad, que permita definir y concluir si el proyecto es viable en términos de amenaza y vulnerabilidad.
- Definir alternativas para la ejecución del proyecto: se deben definir alternativas tomando en cuenta el nivel de incidencia en la solución del problema y verificando la factibilidad de su implementación.

Posterior al análisis de riesgo, se debe continuar con las siguientes actividades dentro de la etapa de planificación:

- Selección de alternativas: se deben seleccionar aquellas que den solución al problemas planteado y que reduzcan los riesgos a desastres
- Evaluación económica y financiera: se debe realizar un análisis económico y financiero que permita determinar la relación beneficio-costos, con el fin de determinar la rentabilidad del proyecto.
- Coordinación intersectorial e interinstitucional: el Ministerio de Transportes debe coordinar reuniones con representantes de la municipalidad, líderes comunitarios y la comunidad en las que se trate temas relacionados con la vialidad del puente, así como los beneficios y perjuicios que generará.

Posterior a la etapa de planificación, se definen las características de diseño del puente:

- Dimensionamiento: en el sentido longitudinal deberá ser al menos la dimensión horizontal del obstáculo que deba salvar, y el ancho será el de la sección típica de la carretera más el área destinada para los peatones, mientras que la altura es definida por los estudios hidráulicos.
- Posición: dependerá de la forma en que se intercepte con el río u obstáculo que deba superar.



- Material de construcción: se determinará dependiendo de la disponibilidad local del mismo, las sustancias nocivas a las que estará expuesto, dimensiones y las cargas que deberá soportar.
- Cimentación: se deberá realizar al menos una perforación para determinar el valor de soporte del suelo y la cota de cimentación.
- Obras de protección de la estructura: se debe diseñar obras de protección extras al puente y cauce del río, cuando la forma o característica del río o el relleno de la carretera así lo requiera.
- Seguridad vial: se debe diseñar toda la señalización tanto horizontal como vertical acerca de la cercanía del puente, así como las dimensiones y tipo de cargas del puente.
- Normas ambientales: se debe cumplir con lo establecido en el Manual Centroamericano de Normas Ambientales para el Diseño, Construcción y Mantenimiento de Carreteras y con las normas nacionales.

Para la etapa de construcción del puente, se deben desarrollar las siguientes acciones para la gestión del riesgo de la estructura en cuanto a la contratación de la empresa constructora:

- Estimación de costos: se debe prepara una estimación de costos, incluso tomando en cuenta la distancia de la obra, la dificultad para trasladar los materiales y el equipo necesario.
- Términos de referencia: se debe definir las especificaciones especiales, la tecnología que se debe emplear, la calidad de los materiales y de las obras, los ensayos y forma de presentar los resultados.
- Contratación: se debe cotizar o licitar la obra y tener la seguridad que de la empresa seleccionada tenga la capacidad técnica y financiera para concluir el proyecto.

Procesos importantes: se debe identificar la zona de campamento de la empresa y de que al final del proyecto dicha zona que en condiciones similares o mejoradas a su estado inicial. Debe haber un ingeniero civil en la obra que supervise los trabajos. Además debe existir un control estricto de los materiales utilizados y verificar que éstos cumplan con los requerimientos de diseño mediante ensayos establecidos por las normas ASTM. Debe haber suficiente señalización para la identificación de la obra en los alrededores, con el objetivo de proveer de protección a los trabajadores y usuarios de la ruta.

Las acciones que se deben desarrollar para la etapa de operación y mantenimiento del puente son:

- Mantenimiento rutinario: incluye reparaciones y remates de barandales, limpieza de drenajes y cauces, señalización horizontal y vertical, pintura del puente entre otros.
- Mantenimiento preventivo: se realiza con el fin de prevenir las fallas.

- Procedimiento de mantenimiento: debe seguirse el procedimiento conforme al Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras.
- En el manual se presenta una metodología recomendada para la evaluación de puentes. Inicialmente se debe realizar una evaluación de emplazamiento de proyectos, la cual se realizará mediante el llenado de histogramas contenidos en un formulario. Los histogramas contienen componentes y cada componente un conjunto de variables. La evaluación de cada componente se hará valorando todas las variables que lo integran, para ello contando con la información de las características físicas naturales donde se emplazará el proyecto, se rellenará de los valores obtenidos en escala que va desde un valor 1 hasta 3 por cada objeto de estudio. La evaluación final del sitio vendrá dada por un promedio de los valores por todos los componentes.
- La evaluación del ciclo de vida de proyectos para el análisis de vulnerabilidad se realizará mediante histogramas adjuntos en formularios. El histograma contiene componentes y cada componente se desglosa en un conjunto de variables.

La evaluación de cada componente de vulnerabilidad se realizará por medio de la valoración de todas las variables que lo integran, haciendo uso de la información sobre las características del territorio donde se emplazará el proyecto para completar con los valores obtenidos en una Escala (E) que va desde un valor de 1 hasta 3 por cada variable objeto de estudio. Se debe determinar además el peso o importancia así como la frecuencia del problema.



**1. Título:**

Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras con enfoque de gestión de riesgo y seguridad vial

**2. Año:** 2010

**3. Autores**

Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA)

**4. *Ejes relacionados al Cambio Climático***

	Puentes o Puertos		Infraestructura Urbana
X	Carreteras		Institucional o Instrumentos Económicos

**5. *Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático***

- El presente manual muestra la normativa para el mantenimiento de carreteras utilizando la contratación con base en precios unitarios, con los conceptos vertidos en la edición del 2004 actualizados, y agregando aportes de países que manejan dentro de sus procesos de contratación esta metodología de conservación de carreteras. También se han incorporado herramientas para la evaluación de riesgos y factores para reducir la vulnerabilidad ante diversos escenarios.

**Capítulo 1**

**Sección 50: *Gestión de riesgo***

Esta sección describe la vulnerabilidad del istmo ante los desastres naturales, y la necesidad de seguir prácticas adecuadas de prevención y mitigación. Enlista una serie de las amenazas que más impactan la región centroamericana: las naturales, socio naturales, antropogénicas y antrópicas.

Enfatiza como la gestión de riesgo en la seguridad vial, requiere de condiciones políticas y administrativas de parte de los gobiernos. Sin embargo, esta no es solamente una tarea de estos pues se necesita de la participación de la comunidad para poder realizar dicha tarea.

Se nombran algunos antecedentes de política regional en cuanto a la gestión de riesgo. Entre los que están:

- Consejo sectorial de ministros de transporte de Centroamérica (COMITRAN).
- Declaración de la XX Cumbre ordinaria de presidentes de Centroamérica.



- Estudio centroamericano de transporte (ECAT – 2001)
- El marco de acción de Hyogo.
- Plan Regional de Reducción de Desastres (PRRD) 2006-2015, 4ta versión.
- Política Centroamericana de Gestión Integral de Riesgo de Desastres (PCGIR) (Pendiente de aprobación Presidencial).
- Carta de entendimiento entre el Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC) y la Secretaria de Integración Económica Centroamericana (SIECA).

Adicionalmente, se detallan términos que van a ser necesarios para la gestión de riesgo. Se puede tomar como un glosario en la perspectiva de reducción de desastres.

## **Capítulo 1**

### **Sección 60: Gestión Ambiental**

Un estudio de impacto ambiental sirve como herramienta para la reducción y mitigación de daños al ambiente ocasionados por el desarrollo de un proyecto. Funciona como un instrumento técnico para para la planificación y ejecución ordenada y sistemática de medidas ambientales de prevención, corrección, mitigación, minimización o compensación de distintas actividades.

A continuación se detallan las etapas generales de un estudio de impacto ambiental:

- Descripción del proyecto: localización del proyecto, actividades para la ejecución del proyecto, materias primas que se van a utilizar, mano de obra, cronograma.
- Descripción del medio ambiente: consiste en realizar un inventario de las condiciones del sitio antes de implementar el proyecto. Incluye: descripción del uso del suelo, división de la propiedad, topografía; ubicación y extensión de la flora y fauna; análisis de la geología, geomorfología, hidrogeología, niveles de ruido, radiación; índices demográficos, sociales, económicos, de mortalidad, ocupación laboral, entre otros.

Para cada proyecto se debe identificar y predecir los impactos ambientales que ocasionará. En el manual se adjuntan tablas con las medidas recomendadas para implementar como corrección a los impactos ambientales ocasionados.

Se debe ejecutar un plan de prevención de riesgos para evitar que ocurran accidentes que afecten la integridad de los empleados, y de las comunidades ubicadas en el radio de influencia del proyecto, al igual que los recursos naturales de la zona. Además se debe implementar un programa donde se definan indicadores y parámetros de control que permitan controlar los impactos del proyecto, y consecuentemente poder asignar responsabilidades para asegurar el cumplimiento del programa.



## **Capítulo 2**

### **Sección 701: Mantenimiento de taludes de corte**

Se requiere de programas de mantenimiento preventivo de taludes con el fin de evitar derrumbes y deslizamientos que ocasionen el cierre de vías, como parte del programa de mitigación de desastres. Para ello se recomienda una serie de medidas durante la época seca:

- Limpieza de los drenajes superficiales.
- Limpieza de zonas asolvadas o sedimentadas.
- Limpieza de obras de protección de taludes.
- Protección de las laderas y taludes a través de medidas como la reforestación, colocación de mallas para desprendimientos, capas de mortero lanzado para evitar la erosión.

Cuando el grado de vulnerabilidad de una zona sea alto, se debe realizar investigaciones geológicas para poder diseñar y construir obras preventivas, o reubicar el trazado de la carretera.

## **Capítulo 2**

### **Sección 702: Mantenimiento de taludes de relleno**

Se debe proteger las áreas de taludes de relleno con el fin de evitar la socavación o erosión y evitar posibles derrumbes. Dentro de las medidas preventivas está la estabilización agregando material de relleno en sitios que lo requieran así como sembrar vegetación compatible con la zona, o incluso colocar bordillos para controlar y dirigir el flujo superficial de la carretera una vez construidos.

Otras medidas para reducir la vulnerabilidad son:

- Colocar señalizaciones necesarias para anunciar la actividad.
- Realizar un programa de mantenimiento periódico y rutinario.
- Inspección calificada.
- Mano de obra especializada.
- Control de calidad de materiales.
- Análisis del entorno ante posibles asentamientos.
- Comunidades en riesgo
- Mapeo de zonas vulnerables



## **Capítulo 2**

### **Sección 802: Limpieza de alcantarillas y otras estructuras de drenaje**

Se deben desarrollar las siguientes medidas para reducir la vulnerabilidad:

- Colocar señalizaciones necesarias para anunciar la actividad.
- Colocar señalización vertical que indique el estado del pavimento.
- Realizar un programa de mantenimiento periódico y rutinario.
- Inspección calificada.
- Mano de obra especializada.
- Control de calidad de materiales.

## **Capítulo 2**

### **Sección 1001: Mantenimiento de puentes**

Con el fin de reducir la vulnerabilidad se deben aplicar las siguientes actividades:

- Ejecutar las labores de mantenimiento y reparaciones menores.
- Limpieza del cauce.
- Reconstrucción de barandas.
- Reparación de daños en la superestructura de concreto reforzado.
- Reparación y pintura de puentes metálicos.
- Conservación de juntas de construcción.
- Reparación de accesos al puente.
- Mantenimiento de puentes peatonales.

## **Capítulo 2**

### **Sección 1002: Limpieza y restitución del cauce en ríos y canales**

Consiste en la limpieza de todos los materiales que se hayan depositado en la zona adyacente a las pilastras y estribos del puente, que no permita el flujo libre del agua a través de la estructura. Para garantizar la estabilidad en el comportamiento hidráulico del río existen medidas tales como la construcción de diques, desarenadores, estructuras de gavión, concreto ciclópeo entre otros. También se debe modificar la pendiente longitudinal natural con el objetivo de favorecer el arrastre de sólidos.



## **Capítulo 2**

### **Sección 1101: Reparación y mantenimiento de estructuras menores y obras de protección**

Consisten en la reparación y mantenimiento de muros de contención, tablaestacas, diques, salidas de aguas, y demás estructuras que se encuentren dañadas o sean inexistentes a lo largo de la carretera.

## **Capítulo 2**

### **Sección 1401: Lineamientos para la mitigación de daños provenientes de inundaciones**

Es común que algunas obras de drenaje estén descuidadas o submantenidas, por lo que es necesario tomar medidas para establecer un correcto comportamiento de las obras de drenaje y de la obra vial. Es necesario tener un inventario con información básica relativa al diseño, así como el registro de las inspecciones y reparaciones que se hayan realizado. A continuación se detallan algunas de dichas obras:

- Alcantarillas: se deben realizar inspecciones de mantenimiento, contar con registros de crecidas, reparar o construir en caso de daños. Algunas de las actividades a realizar en cuanto al mantenimiento son: limpieza del acueducto, identificación de la nivelación del agua, reparación de protecciones, remoción de arrastres y basura en las proximidades de la obra, verificación de la sección hidráulica, inspección relativo a la erosión, sedimentación, corrosión y abrasión
- Cunetas y zanjas: dado que las cunetas dañadas son peligrosas para el tránsito, se debe contar con un programa integral de mantenimiento que incluya reparaciones e inspecciones periódicas y reparaciones extraordinarias luego de grandes lluvias. Se debe verificar la sección hidráulica, el perfilado de la sección transversal, reparación de revestimiento y protección de márgenes, reparación de aliviadores, inspección sobre erosión, sedimentación y limpieza.

Para controlar la erosión existen alternativas tales como cubiertas vegetales, revestimientos de canales con piedra, protección de márgenes y lechos. En periodos de lluvia se debe verificar con el fin de controlar la erosión durante la construcción:

- Las lagunas de sedimentación están construidas y limpias.
- Las barreras de sedimentos se han colocado.
- Mallas de alambre reparadas.
- La aplicación de fertilizantes a las protecciones de vegetales si fuera necesario.
- Reposición de superficies protegidas con piedra.



- Reparación de obras como por ejemplo diques.
- Los accesos a las alcantarillas y puentes están protegidos.

## **Capítulo 2**

### **Sección 1402: Lineamientos para la mitigación de daños provenientes de derrumbes y deslizamientos**

Cada proyecto debe contar con un inventario geológico-geotécnico actualizado con el fin de identificar las zonas de riesgo por la inestabilidad de los taludes. De esta forma se podrá tener un mejor control para el mantenimiento y prevención de los deslizamientos.

Se recomienda que para la época seca se realicen las siguientes actividades:

- Limpieza de los drenajes superficiales.
- Limpieza de la alcantarilla.
- Limpieza de zonas de asolvamiento.
- Limpieza de las bermas.
- Protección de las laderas y taludes mediante la reforestación, colocación de mallas para el desprendimiento, concreto lanzado con malla.



### **Referencias relacionadas con la infraestructura urbana**

Esta sección consta de una recopilación de documentos y estudios nacionales e internacionales relacionados con la infraestructura urbana y su vulnerabilidad frente al cambio climático.

En este tema se busca obtener información de la infraestructura urbana esencial para la calidad de vida de la población de un país, como por ejemplo los sistemas de agua potable, aguas residuales y aguas pluviales, centros de salud o educativos principalmente.

#### **Contenido de la Sección:**

1. Water at a crossroads (Interview to a Climate and water expert Pavel Kabat). 2012.
2. Cambio Climático. 2003.
3. Cambio Climático y sus repercusiones en el diseño y vida útil de las infraestructuras civiles. 2011.
4. Análisis de vulnerabilidad de la infraestructura al Cambio Climático: Sistema de Recolección, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales de la Ciudad de Limón, Costa Rica. 2011.
5. Proyecto Costa Rica 2025. 2011.
6. Desafíos y propuestas para la reducción de la vulnerabilidad. 2012.
7. Evaluación del Riesgo y Soluciones de Adaptación para la Infraestructura Pública afectada por el Cambio Climático en Centroamérica: Caso de Estudio – Ciudad de Portage la Prairie, Canadá, Infraestructura de Agua Potable. 2013.
8. Honduras bridges assessment climate change vulnerability project. 2013.
9. Inundaciones en Costa Rica: Esbozo tipológico y estrategias de mitigación. 2009.
10. Políticas públicas detrás de las inundaciones en Guanacaste. 2009.
11. Inundaciones y gestión del riesgo de desastres. Retos para su reducción y mitigación. 2009.
12. Fundación Madre Verde: Trabajando en Palmares. 2009.
13. Identificación de vulnerabilidades en centros educativos del país ubicados en zonas de riesgo por amenaza de inundación, deslizamiento y atropellos. 2013.

**1. Título:**

*Water at a crossroads (Interview to a Climate and water expert Pavel Kabat)*

El agua en una encrucijada (Entrevista al experto en clima y agua Pavel Kabat)

**2. Año:** 2012

**3. Autores**

Macmillan Publishers

**4. Ejes relacionados al Cambio Climático**

	Puentes o Puertos	X	Infraestructura Urbana
	Carreteras		Institucional o Instrumentos Económicos

**5. Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático**

- El experto en agua y clima Pavel Kabat, director y CEO del Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas en Austria, exige un enfoque sistemático a largo plazo para la investigación del agua, afianzar nuevas asociaciones con el mundo en desarrollo para abordar los problemas del agua y clima.
- Según Kabat, actualmente por año se está utilizando en el mundo casi 6000 km<sup>3</sup> de agua dulce, de los cuales el 70% se destina a la agricultura en especial en Asia. Debido a que se espera un incremento de dos mil millones de personas para el año 2050, de los cuales la mayoría estarán en Asia, es por esto que para Kabat los puntos críticos de agua dulce en el mundo están en Asia. Además Asia actualmente confronta la problemática de la salinidad, que se está entrometiendo a 100 km de la costa ocasionando enfermedades. El cambio climático agravará dicho problema ya que el nivel del mar se levantará e incrementará la intrusión de la salinidad. Además la recarga de agua dulce de los glaciares del Himalaya cambiará, por lo que países como India y China construirán más presas y por lo tanto se reducirá la afluencia de agua dulce en las zonas aguas abajo. Por lo que podría haber impactos devastadores en las poblaciones costeras.
- Además cree que el agua es más valiosa que el petróleo, ya que no existen alternativas para el agua contrario al petróleo. También insiste en que con el esperado crecimiento de la población en las próximas décadas, nos enfrentaremos a una escasez de alimentos debido a la falta de agua para riego.
- El manejo de las aguas superficiales y subterráneas debe gestionarse de una manera efectiva con una visión de sistema integrado. No puede concentrarse solo en la superficie del agua, ya que está conectada a las aguas subterráneas ecológicamente y en términos de uso. Por ejemplo, en India alrededor del 60% del agua para riego proviene de aguas subterráneas.



- Para Kabat, los ingenieros deben variar sus distribuciones estadísticas calculadas con base en registros de flujo de agua y lluvia, ya que durante mucho tiempo han utilizado estadísticas hidrológicas del pasado, ignorando las variaciones del cambio climático. Los diseñadores de infraestructura deben aceptar que tienen que trabajar con distribuciones de descarga de agua en diferentes escenarios, para que puedan incorporar el cambio climático en sus análisis y encontrar soluciones adecuadas.

Un buen ejemplo es el nuevo programa en Holanda elaborado para proteger de las inundaciones a una gran parte de la tierra alrededor del Rin-Mosa-Escalda. Anteriormente se utilizaban soluciones tales como barreras o diques, pero ha quedado claro que se trata de un enfoque rígido con repercusiones en los costos si el aumento del nivel del mar resulta ser diferente de lo esperado.

Por lo tanto, actualmente se utilizan soluciones como la fortificación de la costa por la excavación de arena del fondo del canal. Si el aumento del nivel del mar resulta ser menor de lo esperado, sólo se tiene que dejar de cavar la arena. Soluciones flexibles que puedan ir de la mano con el control de la incertidumbre son la respuesta a la adaptación de la infraestructura.

- Además existe una necesidad urgente de construir infraestructura básica de almacenamiento de agua y protección contra las inundaciones en países en desarrollo, incluso antes de empezar a planificar las inversiones para el desarrollo. La infraestructura básica de almacenamiento de agua en el mundo sigue estando ausente. La gran culpa es de los países donantes que han tendido a buscar los impactos a corto plazo y los beneficios visibles, como el envío de ayuda después de un desastre.

Los gobiernos tienen un enfoque a corto plazo, por lo que no hay voluntad de invertir a largo plazo para construir la infraestructura faltante y darle mantenimiento. Lo anterior es un problema político y no se debe a falta de dinero, sino a la búsqueda de imagen. Además muchas de estas donaciones están a menudo condicionadas a la obtención de beneficios económicos para los donantes.



**1. Título:**

Cambio Climático

**2. Año:** 2003

**3. Autores**

Consejo Latinoamericano de Iglesias / Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

**4. *Ejes relacionados al Cambio Climático***

	Puentes o Puertos	X	Infraestructura Urbana
	Carreteras		Institucional o Instrumentos Económicos

**5. *Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático***

- ¿Qué podemos y qué debemos hacer? Se dan recomendaciones en cuanto a la disminución de la producción de gases en efecto invernadero para varios sectores como el energético, transporte, agrícola e institucional.
- Entre las recomendaciones dadas se cuenta con la protección de cuencas y riberas de ríos, reforestación de laderas cercanas a poblados, entre otros.



**1. Título:**

Cambio Climático y sus repercusiones en el diseño y vida útil de las infraestructuras civiles

**2. Año:** 2011

**3. Autores**

Nidia Cruz, CEGESTI

**4. *Ejes relacionados al Cambio Climático***

	Puentes o Puertos	X	Infraestructura Urbana
	Carreteras		Institucional o Instrumentos Económicos

**5. *Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático***

- El diseño estructural se ha basado en patrones climáticos del pasado, donde los eventos extremos en vientos, precipitaciones y temperaturas se contemplan, pero sin considerar las posibles alteraciones más allá de los patrones considerados como “normales”.
- Los eventos extremos se presentaban en períodos de retorno de hasta cientos de años. Sin embargo, la situación ha cambiado, pues cada vez se vuelven más frecuentes según los registros recientes. El problema es que esos eventos alcanzan niveles muy cercanos o incluso sobre los parámetros de diseño de las estructuras, lo cual es muy preocupante, sobre todo para aquellas obras que son críticas para el funcionamiento de las comunidades y para la misma atención de las emergencias.
- La vulnerabilidad se define por la incapacidad de la infraestructura para absorber los efectos negativos del clima sobre ella. La aplicabilidad de predecir el comportamiento futuro del clima a partir de datos pasados ha disminuido, el reto está ahora en predecir el comportamiento que vendrá.
- El cambio climático, además, puede acelerar el desgaste de la estructura por el uso en condiciones desfavorables, y puede afectar tanto la carga como la capacidad de la estructura, lo que evidencia la necesidad de implementar cambios prácticos en el mantenimiento y efectuar constantes evaluaciones y monitoreo de las condiciones de esta.



**1. Título:**

Análisis de vulnerabilidad de la infraestructura al Cambio Climático: Sistema de Recolección, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales de la Ciudad de Limón, Costa Rica

**2. Año:** 2011

**3. Autores**

CFIA, AyA, IMN, UPADI, Engineers Canada.

**4. Ejes relacionados al Cambio Climático**

	Puentes o Puertos	X	Infraestructura Urbana
	Carreteras		Institucional o Instrumentos Económicos

**5. Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático**

- El impacto de los desastres se ha incrementado considerablemente en las últimas décadas según señalan las estadísticas mundiales. En los países de menor desarrollo, la atención de los desastres se ha centrado en reconstruir la infraestructura dañada, en muchos casos construyendo las obras de reposición en los mismos sitios y con las mismas condiciones antecedentes al desastre, dando paso a ciclos reiterados de daños a las mismas; en lo que se ha denominado popularmente como la *reconstrucción de la vulnerabilidad*.
- El Protocolo PIEVC (Public Infrastructure Engineering Vulnerability Committee) ha sido aplicado en varios países y ha demostrado ser un instrumento adecuado para contar con conocimiento adecuado sobre las implicaciones del cambio climático sobre diversos tipos de infraestructura civil pública.
- El Protocolo consiste en un proceso paso a paso, diseñado para conducir estudios ingenieriles de vulnerabilidad en infraestructura debido a los efectos esperados como consecuencia del cambio climático; permitiendo identificar las interacciones más relevantes entre clima e infraestructura, en el diseño, la construcción y la gestión de infraestructura ya existentes; con el fin de que se tomen las medidas necesarias para incorporar la adaptación al cambio climático.
- Se describen las etapas del Protocolo. La primera etapa es la definición del proyecto, la segunda es la obtención y suficiencia de los datos, la tercera es la evaluación del riesgo, la cuarta es el estudio técnico, donde interaccionan las dos etapas anteriores y por último la quinta etapa que se refiere a las recomendaciones.
- Para el desarrollo de la evaluación, se requiere desagregar cada una de las infraestructuras civiles en sus componentes que son susceptibles a sufrir el efecto potencial del Cambio Climático, al variar las condiciones del clima histórico conocido, en un plazo definido.

1. **Título:** Proyecto Costa Rica 2025
2. **Año:** 2011
3. **Autores:** Ing. Luis Llach Cordero

**4. Ejes relacionados al Cambio Climático**

	Puentes o Puertos	X	Infraestructura Urbana
	Carreteras		Institucional o Instrumentos Económicos

**5. Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático**

- La infraestructura principal del país evidencia un retraso importante en su desarrollo, tanto en atención al mantenimiento y operación de la existente, como en lo relacionado con la expansión y mejoramiento de la misma.
- Hay una ausencia de procesos de planificación estratégica nacional que fijen las pautas y directrices a los diferentes entes responsables de su ejecución. Esta situación conduce a que ciertas áreas de la infraestructura no reciban la atención requerida ni el sentido de urgencia que ameritan.
- La limitación de recursos económicos y opciones financieras que el sector público tiene a disposición para la inversión en infraestructura es importante mencionar la limitada utilización de mecanismos financieros diferentes a los usados tradicionalmente, y que posiblemente permitirían una mayor tasa de inversión.
- Un elemento crítico y que, adicionalmente a los anteriores, gravita sobre el tema, es la complejidad legal y normativa por la que debe pasar todo proceso de inversión en el país, particularmente en lo concerniente a la inversión en el sector público. El entramamiento que se debe superar hace muchas veces inviable y poco atractivo.
- Otro elemento que se destaca como factor adverso al desarrollo de la infraestructura, es la limitada capacidad de gestión de parte de los entes gubernamentales que, con el discurrir del tiempo, han visto disminuidas sus capacidades de gestar proyectos de inversión en el campo de la infraestructura, principalmente por la reducción de sus planillas técnico-profesionales, la burocrática tramitología y la desgastante maraña normativa jurídica.



1. **Título:** Desafíos y propuestas para la reducción de la vulnerabilidad

2. **Año:** 2012

3. **Autores:** Marcos Adamson Badilla y Federico Castillo Fallas.

4. **Ejes relacionados al Cambio Climático**

	Puentes o Puertos	X	Infraestructura Urbana
	Carreteras		Institucional o Instrumentos Económicos

5. **Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático**

- En el caso de Costa Rica, el Estado históricamente no ha potenciado la producción social de la reducción de vulnerabilidad, como una prioridad transversal en sus variadas instituciones a cargo de la planificación y ejecución de estrategias apropiadas de desarrollo (Ministerios; Instituciones Autónomas, entre otras). Lo anterior a pesar de que el país enfrenta una amplia variedad de amenazas sobre su territorio y provisión de servicios asociados a líneas vitales como las comunicaciones, electricidad y agua, entre otros, y que están viendo exacerbadas sus vulnerabilidades por la presencia de riesgos globales.
- Tan solo para el periodo 1988-2010, Costa Rica acumuló pérdidas por poco más de 1.600 (mil seiscientos) millones de dólares constantes del 2006 (esto sin contar el valor del dinero en el tiempo). A pesar de que los sismos generan importantes pérdidas económicas, los eventos de tipo hidrometeorológico generan el 50% de las pérdidas económicas y cerca del 90% de la afectación social. Por lo tanto, más allá de la aparente sensación de seguridad relativa que pueda experimentar la población después del reciente periodo liberación de energía sísmica en Nicoya (2012), es relevante redoblar esfuerzos para lograr reducciones sostenidas de la vulnerabilidad local. En particular, considerando los crecientes niveles de vulnerabilidad asociados a la variable climática y el cambio global asociado.
- Los pronósticos evidencian que las pérdidas futuras crecerán a una tasa acelerada. La situación se agrava al considerar que Costa Rica no cuenta con instrumentos económicos endógenos que posibiliten el financiamiento de la inversión en prevención y mitigación, y que permitan que los recursos para la atención de desastres provengan de los principales sectores que amplifican los niveles de riesgos, así como de los sectores productivos beneficiarios del servicio público de reducción de vulnerabilidad.
- El documento presenta diversos capítulos relacionados con el tema de la vulnerabilidad y estrategias de cómo mejorar en los sub-temas que cada uno trata. A continuación se presenta un listado de los capítulos que componen el documento:



1. Desastres y desarrollo en Costa Rica.
  2. Reducción de riesgo por desastres de la inversión pública en Costa Rica.
  3. Vulnerabilidad de los sistemas vitales de Costa Rica, con énfasis en la infraestructura vial, de energía eléctrica y de telecomunicaciones.
  4. Promoción de la ciencia, tecnología y capacitación de la prevención.
  5. Abastecimiento y vulnerabilidad al cambio climático del sector eléctrico en Costa Rica
  6. Ordenamiento territorial para enfrentar amenazas naturales.
  7. Activación de la carta internacional del espacio y grandes desastres y uso de sensores remotos en la estimación de daños del sismo de Cinchona.
  8. Gestión del riesgo operativo en instituciones bancaria de Costa Rica.
  9. Manejo de cadáveres en situaciones de desastre: La contribución de la patología forense.
  10. Efectos del terremoto de Cinchona en la línea de transmisión Cariblanco-San Miguel: Soluciones inmediatas aplicadas.
  11. Análisis de gestión de riesgo de inundación en la ciudad de Santo Domingo.
  12. Actividad del volcán Turrialba en el periodo 2007-2011 y perspectivas de su amenaza.
  13. Externalidades y economía de los desastres: Una propuesta de indicadores de vulnerabilidad.
  14. El cambio climático, los eventos extremos y la migración: Un marco para la investigación.
  15. La información satelital para la gestión ante desastres: La carta internacional del espacio, los grandes desastres y la experiencia del USGS.
  16. El impacto de los desastres naturales y el gran reto del sector asegurador durante los próximos años.
  17. Producción aerofotográfica posterior al mega terremoto de Chile 2010: Soluciones inmediatas aplicadas.
- El Capítulo 2 analiza la importancia de incorporar la reducción del riesgo ante desastres (RRD) en la preinversión y ejecución de proyectos de inversión, como un factor estratégico para el desarrollo, en un contexto de aumento del grado de exposición asociado a las diversas amenazas y la fragilidad, pérdidas y daños económicos potenciales dada la posición geográfica y geológica que presenta Costa Rica. Se profundiza en la relevancia de la inversión pública en el crecimiento y desarrollo, y la necesidad de establecer mecanismos y procedimientos de mitigación y prevención del riesgo, los cuales permitirán incrementar la vida útil de los bienes o servicios, con el fin de evitar consecuencias a la población y reducir sobrecostos por mantenimiento, reposición y reparación de las inversiones.
  - El Capítulo 3 pretende responder a la pregunta del I Congreso Nacional, “¿Estamos preparados para enfrentar un gran desastre?”, replanteándola desde las perspectivas de la ingeniería civil y la prevención y mitigación de desastres. Es evidente por el desempeño en los eventos recientes



(tormenta Alma, 2008; terremoto de Cinchona, 2009 y huracán Tomas, 2010), que la infraestructura vial es la más vulnerable de las analizadas y las de servicios eléctricos y de telecomunicaciones son las menos vulnerables.

La vulnerabilidad de la infraestructura vial es atribuible solo en parte al abandono del pasado y es actualmente en gran medida el resultado de la reconstrucción sin corrección o, peor aún, de la implementación de soluciones erróneas que incluso agravan las deficiencias pre-existentes. La vulnerabilidad de la infraestructura vial constituye un problema importante porque se propaga a otros sistemas que utilizan el mismo derecho de vía para sus propias infraestructuras. También la vulnerabilidad y el daño resultante de la infraestructura vial en caso de eventos afecta la capacidad de respuesta de otros sistemas vitales haciendo que los efectos negativos se propaguen y amplifiquen.

Es evidente la relación entre la relativamente baja vulnerabilidad y alta capacidad de recuperación demostrada por los sectores electricidad y telecomunicaciones ante eventos destructivos con la existencia de políticas institucionales específicas para la administración y mitigación del riesgo. Es necesario que cada institución gestione su propio proceso de reducción de riesgos, físicos, funcionales y administrativos siguiendo un modelo similar al implementado por el ICE desde el año 2004 y que ha producido los resultados esperados en un lapso de apenas 5 años.

- En el Capítulo 4 se analiza el estado actual de los proyectos y avances científicos, así como las tecnologías modernas que permiten disminuir la vulnerabilidad a los grandes desastres. Se analiza las experiencias acumuladas en prevención de los desastres por medio del uso y aplicación de nuevas tecnologías, las limitaciones y las metas que como país se deben alcanzar para mejorar la prevención en los grandes desastres naturales. Además, se analizan los esfuerzos realizados en materia de investigación, desarrollo e innovación y la necesidad de impulsar en mayor medida estos aspectos para disminuir la vulnerabilidad a los desastres, en particular en el tema de la capacitación y entrenamiento especializado.
- El Capítulo 5 procura realizar una reflexión sobre la vulnerabilidad de la infraestructura eléctrica nacional al cambio climático y otros eventos. Bajo este objetivo, se hace un análisis sobre el estado del Sistema Eléctrico Nacional y sus perspectivas, posteriormente, se procede a explorar los riesgos, las acciones realizadas, así como las preventivas que se encuentran en proceso de avance, con el fin de garantizar el abastecimiento eléctrico nacional.

Para la inversión en acciones preventivas es determinante necesidades a corto plazo, tales como: sistemas de información en tiempo real (hidrología, meteorología, entre otras), auscultación de obras (geohidráulica, topografía, estructural, entre otras), exploración subterránea. A largo plazo es necesario: valoración permanente de riesgos, programa permanente de capacitación para enfrentar catástrofes naturales, inventarios de seguridad, alianzas estratégicas con proveedores, actualización de protocolos y normas de seguridad operativa, mejora y ampliación de los sistemas de comunicación.

- En el Capítulo 6 discute las diversas formas en que el Ordenamiento Territorial (OT) puede ayudar en Costa Rica a manejar más efectivamente las amenazas naturales, en particular las



inundaciones y deslizamientos. Los planes reguladores a través de los reglamentos de zonificación, fraccionamiento y renovación urbana pueden ayudar a disminuir las vulnerabilidades de los asentamientos humanos a amenazas naturales.

Se recomienda mejorar la recolección de información que pueda alimentar apropiadamente modelos de amenazas y sus características territoriales. Se debe clarificar las diversas amenazas naturales que afectan cada zona del país. Así mismo, se debe mejorar las prácticas de ordenamiento territorial, especialmente en no permitir desarrollos importantes en zonas amenazadas por fenómenos naturales, si no aprovechar dichas áreas para la recreación con instalaciones fáciles de evacuar y de baja inversión.

También es conveniente agilizar la revisión de planes reguladores por parte de SETENA y el INVU, con el fin de avanzar significativamente en el ordenamiento territorial. Se debe buscar un modelo similar al Código Sísmico de Costa Rica que permita que los avances en el conocimiento queden incorporados con la mayor rapidez y eficacia en la regulación.

- Una de las tecnologías con mayores aplicaciones y aportes durante los últimos años en los países de América Latina, ha sido la de los sensores remotos, la cual ha enriquecido los estudios de ordenamiento del territorio, detección de cambios, así como lo de valoración de los efectos generados por los procesos naturales, antrópicos y tecnológicos, con consecuencias de desastre en el ambiente y la sociedad. En el Capítulo 7 del presente documento, se recopila la experiencia de Costa Rica al solicitar por vez primera la activación del Charter (“La Carta Internacional del Espacio y Grandes Catástrofes”) durante la Emergencia Nacional durante el sismo de Cinchona. Con esos recursos así como propios (ICE y Preventec-UCR) se aplicó dicha tecnología para estimar pérdidas causadas por el sismo en la infraestructura de líneas vitales, como por ejemplo líneas de transporte y distribución de electricidad, telefonía, entre otros, los cuales apoyaron procesos decisivos postdesastre.

Se determinó que para una región como la de Cinchona, se necesitan imágenes de sensores remotos con un tamaño de pixel de 2 metros o menos. Además es necesario contar con personal en el país, que adquiera conocimientos en el uso avanzado de aplicaciones de sistemas de radar de apertura sintética (SAR). También es relevante que en el país exista un organismo o institución que almacene y ordene la información histórica de imágenes capturadas por los diferentes sensores remotos comerciales disponibles.

Meses después de la emergencia, se utilizaron sensores remotos con mayor resolución espacial, como por ejemplo el LiDAR e imágenes del sensor TERRASAR X. De esta experiencia se concluyó que se debe planear la captura de la información tomando en cuenta zonas con pendientes fuertes o cañones profundos, factores como la topografía, hora y día debido a la posición del sol, entre otros.

- En el Capítulo 8 se explican los conceptos básicos de Basilea relacionados con el Riesgo Operativo (RO) o Riesgo Operacional, sus fuentes, procesos y tipos de eventos que se identifican como generadores de ese riesgo, así como el alcance y ámbito de aplicación de Basilea, los avances en implementación de metodologías y la gestión del Riesgo Operacional en Costa Rica.

La preparación de este capítulo presentó una dificultad de fondo que se comprueba fácilmente a través de la simple observación del porcentaje de entidades que han realizado prácticas de estimación de riesgo operativo (RO): solamente un 30%. Esta cifra arroja una realidad clara sobre de la situación de gestión del RO en Costa Rica.



- La Sección de Patología Forense del Poder Judicial de Costa Rica, es la que se encarga en eventos naturales o producidos por el hombre de establecer la identidad de las víctimas, la causa y manera de su muerte y de entregar el cuerpo a sus respectivos familiares. Para ello existe un protocolo de manejo que establece la forma en que se realiza el trabajo de Patología Forense ante un caso de desastre con múltiples víctimas mortales. Ese protocolo se aplicaría tanto en la morgue judicial como en un posible Centro de Atención Forense externo, tal y como se realizó en el año 2009 durante el terremoto de Cinchona. En el Capítulo 9 se trata el manejo de cadáveres en situaciones de desastre.

- En el Capítulo 10 se aborda las soluciones implementadas en la línea de transmisión Cariblanco-San Miguel debido a los efectos del terremoto de Cinchona. Los daños ocasionados provocaron seria afectación en la línea de transmisión, lo cual evidenció el tipo de vulnerabilidad a sismos que puede presentar el Sistema de Transmisión Eléctrica Nacional.

La conformación de un grupo interdisciplinario de parte del ICE permitió implementar medidas transitorias y posteriormente definitivas mantener un nivel de confiabilidad aceptable para el sistema, combinando todos los recursos disponibles en la Institución. Se recomienda analizar el papel de instituciones afines con estos proyectos de infraestructura, pues aunque de inicio se ofreció un apoyo irrestricto, este fue limitado y casi nulo.

La tecnología de uso como el LiDAR ofrecen un soporte valioso en la restauración del recurso eléctrico y generación de alternativas que aseguren su continuidad en calidad y cantidad lo cual, en situaciones de emergencia es particularmente relevante para la sociedad.

- El análisis de la gestión de riesgo de desastre por inundación en Santo Domingo de Heredia, se muestra en el Capítulo 11, donde dicho problema se acrecienta con el tiempo. La magnitud y frecuencia de las inundaciones ha aumentado fundamentalmente por impermeabilización de los suelos. La impermeabilización de la cuenca del río Bermúdez ha pasado de 26% a 53% de 1975 a 2005, lo cual contribuye significativamente al desbordamiento de quebradas y ríos.

La vulnerabilidad física y el riesgo por inundación son evidentes en el barrio Fátima de Santo Domingo de Heredia, la existencia de este vecindario viola tres leyes, a saber: la Ley Forestal, la Ley General de Salud y la Ley Nacional de Emergencias y Gestión de Riesgos. La vulnerabilidad económica también es alta allí.

La gestión de riesgo de inundación en Santo Domingo ha sido deficitaria, desde 1991 se declaró inhabitable y reubicables viviendas del barrio Fátima pero hasta el momento tal reubicación no ha sido posible. Como medida de mitigación, se hizo un muro en la zona de protección del río que resultó ineficiente para su propósito. El Ministerio de Salud es la institución que mejor ha manejado el riesgo de desastre por inundación en Santo Domingo de Heredia, con firmeza ha hecho lo que le corresponde como es declarar casas inhabitables.

La solución al problema de las inundaciones del barrio Fátima, y probablemente de otros barrios del cantón, es de corte netamente preventivo, es la reubicación del barrio. Hay que eliminar las casas de la zona de protección del río Bermúdez y desarrollar actividades forestales allí, acordonando tal zona y evitando a ultranza que la gente habite allí. Además es necesario cuantificar la pendiente de la ladera adyacente al río Bermúdez en el barrio Fátima y hacer un estudio geotécnico, debido a la posibilidad de un deslizamiento en esa ladera.



- El Capítulo 12 se centra en los cambios observados durante el periodo 2007-2011 y sobre las proyecciones futuras de amenaza. Sus objetivos son: a) mostrar una síntesis de la actividad en el periodo 2007-2011; b) presentar una retrospectiva sobre las áreas afectadas durante sus pasadas erupciones, en particular en el Valle Central; y c) con base en el registro geológico y lo observado en este último ciclo de actividad intensa, proponer una proyección empírico-determinística de las áreas amenazadas por la actividad venidera y posibles erupciones futuras del volcán.

Las observaciones de los productos gaseosos emitidos durante este último periodo, y la comparación con depósitos de erupciones pasadas, han permitido construir un mapa de peligros volcánicos por balística, caída de ceniza y lluvia ácida, que muestran que las áreas más susceptibles de ser afectadas por erupciones futuras serían hacia el oeste y suroeste del volcán, incluyendo el Valle Central occidental, con hasta 1,5 millones de personas afectadas.

- El Capítulo 13 presenta una contribución para avanzar en tres importantes tareas planteadas en el Marco de Acción de Hyogo (WCDR, 2005). Ofrece una readecuación utilizando un marco teórico económico que explica los importantes niveles de vulnerabilidad que se generan en mercados bajo presencia de externalidades y riesgos. Con base en dicha formulación este capítulo propone un análisis económico que muestra que la provisión de reducción de vulnerabilidad debe tratarse como uno de provisión de un bien (en sentido económico) público y muestra la relevancia del logro de la endogenización de los mecanismos económicos para la sostenibilidad de su financiamiento.
- El Capítulo 14 desarrolla un marco de trabajo que analiza el impacto de los eventos extremos en los patrones de migración observados cuando uno de estos eventos afecta una región o a un grupo de individuos. El marco de análisis incluye no solamente aspectos socio económicos sino también características geofísicas del evento extremo tales como la naturaleza del mismo, la duración, la magnitud y otros. La primera sección del capítulo discute la relación entre eventos extremos y cambio climático.
- En el Capítulo 15 se muestra la experiencia de la Carta Internacional del Espacio y del Servicio Geológico de EE.UU. (USGS) ante grandes desastres. El USGS es responsable de proporcionar la evaluación de peligros, riesgos y seguimiento de los terremotos, las advertencias de posibles peligros volcánicos, las evaluaciones de riesgo y las previsiones de los deslizamientos de tierra y apoya una red sísmica utilizada en el programa de alerta NOAA de maremotos. Además ante otros riesgos, el USGS desarrolla actividades relacionadas con la provisión de una red de flujo de mediciones, junto con los monitoreos de mareas de tempestad para apoyar en caso de inundación y las advertencias de clima severo.  
El USGS también proporciona la información geoespacial para apoyar las operaciones de respuesta de emergencia de inundaciones, incendios, huracanes, terremotos y muchos otros desastres, así como los de origen antropocéntrico, a través de un acceso rápido y oportuno a muchos tipos de sensores remotos.
- El Capítulo 16 analiza el impacto de los desastres naturales y el gran reto que enfrentará el sector asegurador durante los próximos años. Además, describe la historia de los desastres desde la óptica del sector asegurador y la evolución de los siniestros durante las últimas décadas. Se abordan las razones que explican el incremento de costos de los siniestros catastróficos y el efecto de este incremento sobre el la industria de seguros.

Costa Rica puede avanzar en el diseño de instrumentos como fondos catastróficos y fondos de



prevención. En el caso de Costa Rica, es indispensable modernizar lo que denominan fondo de emergencia en un instrumento que permita diversificar riesgos. Se requiere un avance significativo en fondos de pre-inversión en prevención, y un decidido apoyo en inversión en planificación de medio plazo para la prevención, que permita enfrentar los crecientes niveles de vulnerabilidad que un país tropical como Costa Rica tendrá que enfrentar ante los significativos desafíos que está planteando el cambio climático.



**1. Título:**

Evaluación del Riesgo y Soluciones de Adaptación para la Infraestructura Pública afectada por el Cambio Climático en Centroamérica: Caso de Estudio – Ciudad de Portage la Prairie, Canadá, Infraestructura de Agua Potable

**2. Año:** 2013

**3. Autores:** Roger Rempel, & Jeff O’Driscoll

**4. Ejes relacionados al Cambio Climático**

	Puentes o Puertos	X	Infraestructura Urbana
	Carreteras		Institucional o Instrumentos Económicos

**5. Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático**

- Las condiciones climáticas de la zona constituyen un factor de relevancia a considerar para la implementación de proyectos de este tipo. El estudio requiere la selección de las variables climática.
- Se utilizan modelos climáticos para prever el comportamiento de la obra en este aspecto
- Para un proyecto de esta índole se deben identificar las relaciones entre la infraestructura, el clima y otros factores que conducen a la vulnerabilidad
- se debe determinar la relación entre la carga de respuesta de rendimiento y la capacidad de la infraestructura. Existe una vulnerabilidad de si la carga supera la capacidad de la infraestructura
- con base en los estudios no se espera que exista una mayor vulnerabilidad debido a inundaciones o altas temperaturas, sin embargo el criterio se basa en pocos datos.



1. **Título:** "Honduras bridges assessment climate change vulnerability project"
2. **Año:** 2013-Marzo
3. **Autores:** CICH ENGINEERS CANADA

**4. Ejes relacionados al Cambio Climático**

	Puentes o Puertos	<b>X</b>	Infraestructura Urbana
	Carreteras		Institucional o Instrumentos Económicos

**5. Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático**

La infraestructura civil en los países latinoamericanos y del Caribe se considera en riesgo a los impactos del clima actual, así como el clima futuro provocada por el cambio climático. Dentro de esta área, Honduras se considera como uno de los países donde la infraestructura se ve más afectada por el cambio climático.

Para el estudio de los riesgos asociados al impacto en el cambio climático en los diferentes tipos de infraestructura, se usa el Protocolo de Ingeniería (PIEVC), el cual permite una identificación detallada de esos riesgos, al mismo tiempo que promueve prácticas para el mantenimiento, gestión de operaciones y procedimientos.

Como principal objetivo se pretendía desarrollar conocimiento en el país y la capacidad para la evaluación de las vulnerabilidades y los riesgos relacionados con el clima, y para el desarrollo de medidas de adaptación, lo cual se hizo mediante la información y capacitación a los ingenieros.

Dentro de los criterios de selección y análisis de las infraestructuras (puentes en este caso) destacan como más importantes la disponibilidad de datos actuales, los datos meteorológicos disponibles (estaciones meteorológicas), ocurrencia del medio ambiente de los fenómenos ambientales extremos, precipitaciones en el lugar de estudio (donde se encuentra la construcción y la variedad de la infraestructura).

Se procede a la investigación de documentos y bases, así como visitas a los diferentes puentes en estudio, para de esta forma tomar en consideración sus limitaciones y qué partes están en mayor riesgo. Se obtiene información del Ministerio de Ambiente de Honduras, el Servicio Meteorológico Hondureño, entre otras, sin embargo la información es limitada para algunas estructuras, principalmente por la falta de datos como la fecha de construcción, por ejemplo.

Se realizaron matrices que consideraban aspectos de los puentes en estudio como la posición del puente y el tipo de río, ubicación de fallas (y otros aspectos geológicos). Con base en estas matrices, se procede a identificar los riesgos para cada uno de los puentes bajo el clima actual y futuro, definido a partir de la vida útil restante estimada de la estructura.



Como conclusiones de la evaluación de riesgo se obtuvo que el protocolo PIEVC representa una excelente oportunidad para adquirir conocimiento que involucra aspectos relacionados con el cambio climático, esto a su vez contribuye a tener una mayor y mejor comprensión de la información climatológica, así como la forma en la que influye el cambio climático en las diferentes estructuras. Asimismo la aplicación del proyecto permitió identificar las deficiencias de la información relativa a los datos de la infraestructura y el clima, mismas que tendrán que ser corregidas para futuros estudios relacionados con la vulnerabilidad de la infraestructura al cambio climático.

Se definió que los parámetros climáticos que contribuyen en mayor medida a una vulnerabilidad potencial de las infraestructuras son tormentas tropicales, huracanes, inundaciones repentinas y los frentes fríos. Los datos y los registros de la evidencia histórica de estos acontecimientos sirvieron de base para el análisis de las interacciones del clima con los componentes de la infraestructura para el presente y también para el futuro. Sin lugar a dudas, es imposible predecir con exactitud la intensidad y la frecuencia de estos eventos en el futuro, sin embargo se pueden modelar a partir de las bases de datos.

Se determina que los estudios geotécnicos deben llevarse a cabo en cada sitio, así como la obtención de muestras de núcleos de concreto de cada puente, los cuales deben ser verificados con los componentes de la superestructura y la subestructura. Estos datos deben permitir el análisis cuantitativo para el comportamiento de la estructura contra las cargas producidas por fenómenos climáticos. A su vez, los códigos y manuales pueden ser modificados de manera que se incluyan los estudios de evaluación de vulnerabilidad de la infraestructura ante cambios climáticos.



1. **Título:** *Inundaciones en Costa Rica: Esbozo tipológico y estrategias de mitigación*
2. **Año:** 2009, Agosto
3. **Autores:** Luis Nelson Arroyo

**4. Ejes relacionados al Cambio Climático**

	Puentes o Puertos	X	Infraestructura Urbana
	Carreteras		Institucional o Instrumentos Económicos

**5. Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático**

El artículo habla acerca de la vulnerabilidad en la que viven algunas familias en ciertas partes del país, casas construidas en terrenos que son propensos a inundaciones, terraplenes u otros fenómenos naturales, sin acatar con las regulaciones de construcción pertinentes. Esto en muchos casos se debe a la situación económica que arrastran, así como a sus limitaciones, sin embargo debe ponerse en una balanza el riesgo que se está tomando al construir de esta forma.

Expone como el crecimiento poblacional ha aumentado la tendencia a construir en estos terrenos, poniendo en peligro inminente a quienes habitan esas zonas, sin embargo, plantea que esto se debe más a esa falta de conciencia al construir en esos terrenos que al fenómeno como tal, porque si bien es cierto, algunas cuencas han debilitado su cauce y esto hace que el peligro de inundabilidad sea leve, son espacios no óptimos para construir.

Asimismo, plantea que aquellos territorios que se han creado bajo el influjo de procesos naturales (como las faldas de los volcanes) son los más ricos en ciertos recursos naturales, por lo tanto debe contraponerse eso ante el peligro de vivir en esas zonas. Ante esto se hace necesaria la formulación de medidas tendientes a mitigar el daño causado por dichos fenómenos. Así pues, una solución podría ser la construcción de diques, los cuales proveen protección preliminar ante inundaciones, sin embargo las grandes inversiones que estas significan, ha llevado al convencimiento de que las inundaciones no pueden ser completamente evitadas.

Como una segunda estrategia plantea que las personas se movilicen hacia zonas seguras y desprovistas de la posibilidad de una inundación, lo cual significaría que deben evitarse desarrollos en aquellas áreas susceptibles a inundarse. Empero, plantea que esto es imposible dado que muchas ciudades importantes se desarrollan en las planicies, lugares que son los más propensos a estos efectos del clima, lo que sí puede hacerse es un plan que regule cómo y dónde construir en estos lugares. Ante esto, es de suma importancia “contar con referencias precisas que muestren la extensión de las áreas inundables, de manera que las tierras afectadas posean límites certeros y que, de acuerdo a ello, sea posible un planeamiento apropiado”. A su vez, en aquellos lugares ya establecidos, donde no se pueda “reordenar”, es necesario crear medidas de tipo no estructural, como alarmas para la población, para citar un ejemplo.

Por último, una tercera estrategia sería reconocer que las inundaciones son inevitables, por tanto, la comunidad debe adoptar las medidas necesarias para que en caso de una eventual inundación, las consecuencias sean mínimas. Esto se lograría mediante un plan informativo hacia la población.

Concluye que para cualquier estrategia de mitigación se deben considerar las tres estrategias expuestas, pues entre ellas se complementan. Comenta además que el mapa de la planicie es un elemento esencial para para el planeamiento y desarrollo seguro de la tierra en esas zonas.

“Todas las estrategias para la prevención de riesgos inducidos por inundaciones deben ser desarrolladas empezando de las siguientes inferencias: la planicie aluvial es el área que es inundada por el río y es inevitable que tarde o temprano ésta será inundada, a pesar de la erección de costosas obras de defensa estructural. Esto necesita ser manejado con este punto en mente y ello significa, en particular, el control del desarrollo en la planicie”. Es por esta razón que el cuidado de la cuenca puede reducir el riesgo de inundaciones, aunque no mitigarlas.

La ayuda luego del desastre debe ser incluida dentro del plan realizado por la comunidad.



1. **Título:** Políticas públicas detrás de las inundaciones en Guanacaste
2. **Año:** 2009, Agosto
3. **Autores** Yanina Pizarro, Jorge Marchena

**4. Ejes relacionados al Cambio Climático**

	Puentes o Puertos	X	Infraestructura Urbana
	Carreteras		Institucional o Instrumentos Económicos

**5. Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático**

El artículo tiene como principal objetivo estudiar las políticas públicas así como a las leyes de emergencia que han guiado el trabajo de la Comisión Nacional de Emergencias (CNE) en la atención de eventos climáticos y desastres naturales, poniendo énfasis en la parte de Guanacaste que comprende la cuenca del Tempisque, la cual es muy propensa a estos eventos.

Esta comisión surge en la década de los sesenta y tiene como principal objeto en ese entonces suplir “necesidades urgentes o imprevistas en casos de guerra, conmoción interna o calamidad pública”, ha dependido desde siempre del Poder Ejecutivo, pues son ellos quienes designan la directiva de tal comisión. Luego con cambios en las leyes, se modificaron ciertos aspectos, dentro de los cuales destaca la definición de estado de emergencia y la creación de programas de atención de emergencias.

Los programas se basan en 3 aspectos primordiales, en primer lugar, el rescate de las personas en peligro, el segundo, la habilitación de vías de acceso y el tercero, la reparación de infraestructura dañada por el desastre. La declaración de emergencia se establece una vez superadas estas 3 fases.

Cabe resaltar la creación del fondo nacional de emergencias, el cual se abastece principalmente por donaciones tanto del sector público como del privado.

Actualmente con la ley vigente, una de las principales medidas recomendadas ha sido la prevención así como la reducción del riesgo, sin embargo no se cuenta con un protocolo concreto. A su vez, se fortaleció el trabajo y aporte de los comités asesores técnicos.

Ante las limitaciones de la CNE, se crearon los comités locales de emergencia, que funcionan como organismos comunitarios en las localidades afectadas periódicamente por desastres y sin fines de lucro, sin embargo para que ellas puedan funcionar requieren el aval del poder ejecutivo y de la CNE además de contar con una declaratoria de emergencia nacional y un plan de emergencias. Si solo se establece la declaratoria en el área regional eso implica un menor despliegue de recursos y puede arrojar que el Estado no intervenga directamente, ya que la ley no ha contemplado con detalle las emergencias que no sean de nivel “nacional”.

Asimismo, en las mismas comunidades se tienen planes de riesgo adicionales y se cuenta con una lista de personas voluntarias en caso de desastre así como de entidades que podrían ayudar dado el caso. Sin embargo para el caso específico de Guanacaste se ha incurrido en el error de que se le ha dado más importancia al terremoto predicho para la zona que a las inundaciones que se dan con más frecuencia.

Dentro del plan, se ha fijado 3 fases, el antes, que consiste principalmente en estar preparado (con ropa, alimentos y demás), el durante y el después. Además, otras entidades han ofrecido ayudas, más concentradas en la atención emocional y psicológica. También se han concentrado en el mantenimiento y habilitación de infraestructura así como en el establecimiento de dragados de los ríos y el mejoramiento de las vías de comunicación.

Por otra parte, han existido proyectos para paliar las consecuencias de las inundaciones del Tempisque, tales como el proyecto de canalización de las aguas de 1999, sin embargo, el proyecto no prosperó por la aparente dificultad para la adquisición de los recursos monetarios, los escasos estudios sobre el manejo de cuencas y el riesgo de elevar la degradación ambiental.

Tras lo expuesto queda evidente que la problemática va más allá de las recurrentes inundaciones, y que ha estado ligada a la planificación y la prevención (o falta de éstas) en torno a los denominados desastres naturales, que, por mucho, también han sido responsabilidad humana.



1. **Título:** Inundaciones y gestión del riesgo de desastres. Retos para su reducción y mitigación
2. **Año:** 2009, Agosto
3. **Autores:** Douglas Salgado

**4. Ejes relacionados al Cambio Climático**

	Puentes o Puertos	X	Infraestructura Urbana
	Carreteras		Institucional o Instrumentos Económicos

**5. Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático**

Centroamérica actualmente cuenta con una gran cantidad de retos, dentro de los cuales destacan desafíos en materia de infraestructura, ambiental, política y sobre todo en la forma como se enfrenten las manifestaciones crecientes de los desastres.

Los devastaciones por fenómenos naturales que se han dado en la zona en las últimas décadas, unido a los procesos de ocupación del territorio han demostrado la vulnerabilidad regional. La problemática de los desastres guarda una estrecha relación con el crecimiento de los asentamientos humanos y su desarrollo económico. Es en este punto donde entra en juego la economía en la forma como se enfrentan los desastres, pues, es más fácil para un país como Costa Rica afrontar las consecuencias de un fenómeno de este tipo que para Honduras, por ejemplo, que cuenta con un PIB cuatro veces más bajo.

Se suma a esto el hecho de que casi un 50% del territorio centroamericano está bajo un mal uso del suelo, lo cual potencia los peligros por causas humanas o naturales. Así pues, los desastres, en los últimos 10 años, evidenciaron la ausencia de planificación socio-territorial unido a un síndrome sostenido de deterioro ambiental y a un incremento exponencial de la vulnerabilidad regional.

Referente al estado de las cuencas, afirma que “tienen usos de la tierra en conflicto; estos territorios presentan cambios agresivos en sus vocaciones, aptitudes y capacidades de uso y, consecuentemente, una construcción histórica de riesgos por inundación, con una fuerte responsabilidad humana.”

Menciona además que (como es sabido), los huracanes, inundaciones y de más, contribuyen directamente en las formaciones naturales, por tanto son necesarias, sin embargo, debido a la explotación de recursos llevada a cabo por el ser humano se han afectado dichas formaciones, haciendo que dichos fenómenos se conviertan en amenazas.

En lo que a la GAM respecta, se sabe que tiene una gran concentración poblacional y de infraestructura, además de ser la zona del país con mayor flujo de servicios. El problema radica en que cada vez la población de esta zona crece más, producto principalmente de los bienes raíces, sin contar con una planificación adecuada y ambientalmente sostenible.

Fuera de la GAM (Pacífico y Caribe principalmente), se cuenta con cuencas de gran importancia, aunadas a una mala planificación, lo cual también aumenta el riesgo de desastres.

En el país, la situación se agrava por la falta de trabajo en equipo por parte de las municipalidades para el manejo integral de las cuencas en común. Esto hace que se produzcan sucesos hidrometeorológicos caracterizados por procesos de remoción de masas, inundaciones locales debidas principalmente al deficiente alcantarillado urbano y los desechos,

En este sentido, los planes reguladores constituyen una buena herramienta para las municipalidades, a fin de evitar situaciones como la impermeabilización de suelos, la evacuación de aguas servidas y pluviales sin control y el manejo inadecuado de todo tipo de desechos.

“Estas políticas locales con soporte de organismos gubernamentales con ámbito de cuencas deberá abocarse a resolver los siguientes aspectos para la reducción de desastres en los siguientes 10-15 años:

- (1) Adopción de la cuenca como una unidad de planificación territorial
- (2) Desarrollo de mecanismos para evitar el *proceso de ocupación espontáneo*. Requiere un mayor control sobre la ocupación de espacios inadecuados para el desarrollo de viviendas
- (3) En las áreas que ya cuentan con un historial de eventos de inundaciones y deslizamientos, promover políticas de seguros de riesgos
- (4) Ejercicio de fiscalización territorial y denuncia, especialmente de entidades que propician el desarrollo habitacional en áreas con una alta propensión a las amenazas naturales
- (5) Desarrollo de procesos de negociación y mayor articulación con los programas de reducción de pobreza y de otorgamiento de bonos sociales, como el de vivienda, con el fin de evitar la consolidación de asentamientos humanos informales en áreas con alta propensión y recurrencia a inundaciones y deslizamientos.
- (6) Inserción en la educación comunitaria de los ríos y quebradas como un patrimonio por recuperar y revalorar, incluyendo la vigilancia ambiental e hidrometeorológica. Al respecto es importante impulsar un sistema de alerta anticipada desde una perspectiva inclusiva en la cual las comunidades participen activamente y “empoderen” localmente los procesos de gestión del riesgo procurando su sostenibilidad.
- (7) Finalmente, es importante entender que la administración municipal debe asumir que la reducción de los desastres no está basada en la obtención de recursos para atender la emergencia o el daño provocado por el riesgo manifiesto, sino en una concepción más amplia de la protección humana actual y futura.”



1. **Título:** *Fundación Madre Verde: Trabajando en Palmares*
2. **Año:** 2009, Agosto
3. **Autores:** *Cindy Rodríguez, Liz Brenes*

**4. Ejes relacionados al Cambio Climático**

	Puentes o Puertos	X	Infraestructura Urbana
	Carreteras		Institucional o Instrumentos Económicos

**5. Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático**

Es necesario el desarrollo sostenible, el cual se refiere a “la integración de la conservación en el proceso para alcanzar un desarrollo justo y sin destrucción”, para lograrlo, es necesario tener estrategias en el ámbito económico, social y ambiental, propiciando la participación de la población.

Así pues, destaca a nivel de la zona de occidente, la Fundación Madre Verde, fundada en 1999 por vecinos palmareños, quienes se dedicaron a la compra y reforestación de terrenos. Actualmente cuenta con el apoyo de voluntarios, donantes, investigadores, estudiantes, patrocinadores, instituciones y organizaciones comunales.

Se menciona que “Su plan de trabajo se sustenta en tres pilares: autosostenibilidad financiera, ambiente y cultura, y su objetivo general es recuperar y conservar tierras de vocación forestal, de relevante importancia hidrológica y biológica, mediante un programa de manejo y protección para la recuperación gradual de la biodiversidad y de las zonas de recarga de agua de los montes del Aguacate.” Además se pretende con ello garantizar el suministro de agua de calidad a los vecinos de la zona.

Se pretende además desarrollar el agroconservacionismo a la vez que se desarrollen programas de información y educación hacia la población y promover el ecoturismo.

“Este tipo de reservas permiten distribuir el manejo entre varias instituciones u organizaciones de individuos, lo que fortalece su existencia en el presente y en el futuro. Además, permiten la inclusión y manejo de áreas que por lo general no tienen cabida dentro de las categorías de protección estatales, ya sea por su pequeño tamaño o por el grado de alteración de su biota, aunque presenten rasgos biológicos o significado económico, científico y cultural que justifiquen su conservación.”

Según el autor “la importancia de la investigación en el desarrollo sostenible se debe a la necesidad de disponer de información sobre el ambiente en el que el hombre se desenvuelve para que el desarrollo sea, en efecto, un aumento armonioso en el nivel económico, cultural y social dentro de un marco de estabilidad del ambiente en el que la sociedad existe.”

**1. Título:**

Identificación de vulnerabilidades en centros educativos del país ubicados en zonas de riesgo por amenaza de inundación, deslizamiento y atropellos.

**2. Año:** 2013

**3. Autores**

ProDUS-UCR

**4. Ejes relacionados al Cambio Climático**

Puentes o Puertos	<b>X</b>	Infraestructura Urbana
Carreteras		Institucional o Instrumentos Económicos

**5. Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático**

En este trabajo se analizó la vulnerabilidad de escuelas y colegios del país a tres amenazas naturales: inundaciones fluviales, deslizamientos y maremotos. También se analizó la vulnerabilidad de la circulación de personas cerca de las instalaciones educativas debido al tráfico vehicular.

En cuanto a las inundaciones fluviales, se tomó en consideración la información de dos fuentes. La primera es la ubicación del centro educativo con respecto a los mapas de zonas con riesgo de inundación de la CNE, la segunda es la percepción del riesgo a inundarse expresado por los directores de cada centro educativo, de acuerdo a la encuesta realizada por el MEP. Cruzando la información, se obtuvieron 4 resultados principales, en el que se consideró como casos críticos a los centros educativos que se encontraban dentro de las zonas delimitadas por la CNE y respondían de manera positiva en la encuesta de directores. A continuación se muestra una tabla ejemplo de las escuelas analizadas y encontradas en cada caso. En la siguiente página se muestran los mapas con la ubicación de los centros educativos con cada caso.

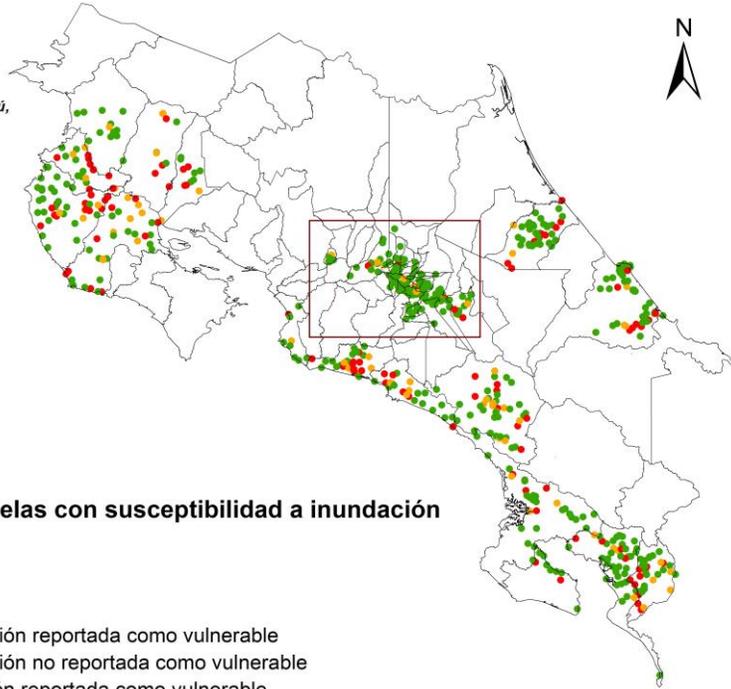
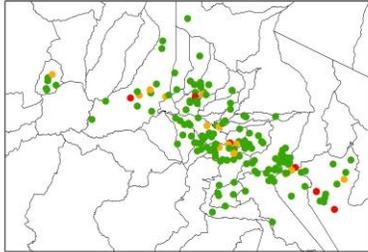
Regiones	Total Escuelas	Escuelas Analizadas	%	Caso A			Caso B			Caso C		
				N°	% <sup>1</sup>	% <sup>2</sup>	N°	% <sup>1</sup>	% <sup>2</sup>	N°	% <sup>1</sup>	% <sup>2</sup>
Costa Rica	3639	1570	43.1	111	3.1	7.1	80	2.2	5.1	453	12.4	28.9
Central	1297	575	44.3	6	0.5	1.0	15	1.2	2.6	139	10.7	24.2
Chorotega	447	272	60.9	39	8.7	14.3	25	5.6	9.2	73	16.3	26.8
Pacífico Central	304	93	30.6	17	5.6	18.3	13	4.3	14.0	31	10.2	33.3
Brunca	642	424	66.0	30	4.7	7.1	22	3.4	5.2	111	17.3	26.2
Huetar Atlántica	525	206	39.2	19	3.6	9.2	5	1.0	2.4	99	18.9	48.1
Huetar Norte	424	0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

%<sup>1</sup>: con respecto al total de escuelas. %<sup>2</sup>: con respecto a las escuelas analizadas

Dentro del trabajo se mostró que existen grandes limitaciones en este momento en el conocimiento sobre el nivel de las amenazas y las vulnerabilidades físicas. Para mejorar esto, se hace indispensable mejorar la calidad de la información con la que se cuenta. El uso de la información de amenazas y vulnerabilidades es muy importante para la gestión del riesgo pero eso no basta. Es necesario generar información y conocimiento ojalá compartido que permita mejorar la toma de decisiones y la definición de prioridades de intervención.



**Cantones incluidos en el análisis:**  
 Liberia, Nicoya, Santa Cruz, Bagaces, Cañas, Carrillo, Garabito, Parrita, Aguirre, Pérez Zeledón, Osa, Golfito, Corredores, Limón, Matina, Siquirres, San José, Escazú, Desamparados, Goicoechea, Alajuelita, Moravia, Curridabat, Alajuela, Palmares, Cartago, Paraiso, La Unión, El Guarco, Heredia, Barva, Santo Domingo, Santa Bárbara, San Rafael y San Isidro.



**Simbología**

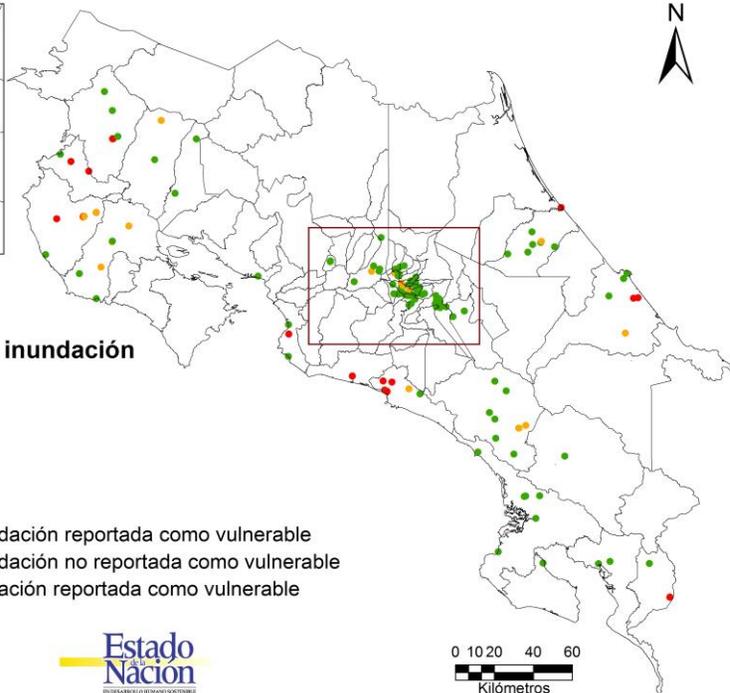
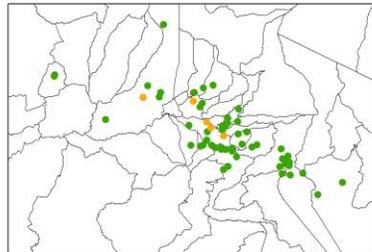
□ Límite cantonal

Escuelas

Niveles de vulnerabilidad

- Institución dentro de la zona de inundación reportada como vulnerable
- Institución dentro de la zona de inundación no reportada como vulnerable
- Institución fuera de la zona de inundación reportada como vulnerable

**Escuelas con susceptibilidad a inundación**



**Colegios con susceptibilidad a inundación**

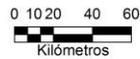
**Simbología**

□ Límite cantonal

Colegios

Niveles de vulnerabilidad

- Institución dentro de la zona de inundación reportada como vulnerable
- Institución dentro de la zona de inundación no reportada como vulnerable
- Institución fuera de la zona de inundación reportada como vulnerable



### **Referencias relacionadas con institucionalidad y economía**

En esta sección se recopilan documentos y estudios nacionales e internacionales relacionados con aspectos económicos o institucionales que pueden incidir sobre el estado de la infraestructura y aumentar su vulnerabilidad frente al cambio climático.

#### **Contenido de la Sección:**

1. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. 1992.
2. Panel sobre Institucionalidad e Infraestructura para el Cambio Climático. 2012.
3. Impacto económico de los eventos naturales y antrópicos extremos en Costa Rica, 1988-2009. 2010.
4. Plan Nacional de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. 2008.
5. Estrategia de adaptación al cambio climático en la zona noroccidental de GAM. 2007.
6. Estrategia de Cambio Climático para la región Huetar Norte. 2007.
7. El Cambio Climático y desarrollo en América Latina y el Caribe: una reseña. 2009.
8. Adaptándonos al cambio climático. Sesión especial. IV Diálogo Interamericano del agua. Ciudad de Guatemala. 2007.
9. Adaptación del Sector Hídrico al cambio climático. Vulnerabilidad actual. 2005.
10. Impactos regionales del cambio climático. Evaluación de la vulnerabilidad. América Latina. 2000.
11. Fijación de carbono en plantaciones de melina y pochote en los cantones de Hojancha y Nicoya. 2007.
12. América Latina y el Caribe, las amenazas naturales y los desastres: desafíos para el desarrollo sostenible. 2004.
13. Servicios de los ecosistemas forestales. ¿Podrían ellos pagar para detener la deforestación?. 2002.
14. Posibles efectos de un calentamiento global en el cultivo de arroz de secano en el Pacífico Norte de Costa Rica. 2009.
15. Diagnóstico Socioeconómico: Adaptación del Sector Hídrico al Cambio Climático. 2005.

**Contenido de la Sección:**

16. Estudio para la identificación y priorización de medidas de adaptación del sistema hídrico ante los efectos adversos del Cambio Climático en Costa Rica. 2012.
17. Incorporación de los resultados de los análisis de vulnerabilidad actual y futura y medidas de adaptación del sistema hídrico al cambio climático en el Plan Nacional de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos y los mecanismos de coordinación interinstitucional diseñados para dicha incorporación. 2012.
18. Generación de cinco estudios de caso en Costa Rica, incluyendo perfiles de proyecto de medidas de adaptación al cambio climático. 2012.

**1. Título:**

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

**2. Año:** 1992

**3. Autores**

Organización de las Naciones Unidas (ONU)

**4. Ejes relacionados al Cambio Climático**

	Puentes o Puertos		Infraestructura Urbana
	Carreteras	X	Institucional o Instrumentos Económicos

**5. Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático**

- *Artículo 3. Principios:*

Las Partes deberían tomar medidas de precaución para prever, prevenir o reducir al mínimo las causas del cambio climático y mitigar sus efectos adversos.

Las Partes tienen derecho al desarrollo sostenible y deberían promoverlo. Las políticas y medidas para proteger el sistema climático contra el cambio inducido por el ser humano deberían ser apropiadas para las condiciones específicas de cada una de las Partes y estar integradas en los programas nacionales de desarrollo, tomando en cuenta que el crecimiento económico es esencial para la adopción de medidas encaminadas a hacer frente al cambio climático.

- *Artículo 4. Compromisos de las partes:*

1.e. Cooperar en los preparativos para la adaptación a los impactos del cambio climático; desarrollar y elaborar planes apropiados e integrados para la ordenación de las zonas costeras, los recursos hídricos y la agricultura, y para la protección y rehabilitación de las zonas.

1.f. Tener en cuenta, en la medida de lo posible, las consideraciones relativas al cambio climático en sus políticas y medidas sociales, económicas y ambientales pertinentes y emplear métodos apropiados, con miras a reducir al mínimo los efectos adversos en la economía, la salud pública y la calidad del medio ambiente, de los proyectos o medidas emprendidos por las Partes para mitigar el cambio climático o adaptarse a él.



**1. Título:**

Panel sobre Institucionalidad e Infraestructura para el Cambio Climático

**2. Año:** 2012

**3. Autores**

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, República de Colombia

**4. *Ejes relacionados al Cambio Climático***

	Puentes o Puertos		Infraestructura Urbana
	Carreteras	X	Institucional o Instrumentos Económicos

**5. *Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático***

- En Colombia son notables las manifestaciones del cambio climático. Eventos extremos con el fenómeno de El Niño y de La Niña se han presentado cinco veces respectivamente en los últimos quince años. El 90% de las emergencias del país se relacionan con fenómenos hidroclimatológicos.

Los sectores de infraestructura vial y vivienda concentraron el 76% de los daños durante el fenómeno de la Niña en el 2010-2011. Además se vieron afectados 369 municipios con averías en el acueducto y alcantarillado, 2295 sedes educativas y 845 vías. No adaptarse al cambio climático tiene un costo muy alto.

- Se ha fortalecido la institucionalidad para el cambio climático mediante la escisión y fortalecimiento del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). Se creó la Dirección de Cambio Climático, la Dirección de Gestión Integral de Recurso Hídrico y la Dirección de Asuntos Marinos, Costeros y Recursos Acuáticos.

Además se crearon las Unidades Ambientales en los Ministerios, como equipos asesores para cada sector en materia de gestión del riesgo y adaptación al cambio climático.

A partir de la creación del MADS, el sector de infraestructura ha incorporado variables de cambio climático y gestión del riesgo. Se creó el Plan de Adaptación del Sector de Infraestructura para el Ministerio de Transporte, donde se definirán lineamientos de cambio climático para la planificación de la infraestructura vial del país.

La infraestructura ecológica es fundamental para la adaptación al cambio climático. Se ha delimitado y restaurado aproximadamente 1.5 millones de hectáreas con páramos para la regulación y la recarga hídrica. En zonas costeras se promueve el uso de manglar para mitigar la erosión costera y proteger costas contra tormentas y mareas altas. Para disminuir el riesgo de



inundaciones y sequías, se han restaurado y delimitado humedales.

El Plan Sectorial de Adaptación de Infraestructura, de contemplar herramientas de análisis de capas de información geográfica sobre riesgo, para la toma de decisiones sobre la construcción de infraestructura en el país.

También se creó la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) para contar con factores claros de licenciamiento que permitan planificar el proceso de licencias ambientales. Además se fortaleció el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) para contar con un centro de estudios sobre cambio climático y servicios para usuarios.

- La infraestructura existente puede ser resiliente al cambio climático, por medio de la incorporación de medidas de mantenimiento continuo que consideran aquellas variables climáticas que pueden afectar dicha infraestructura. La nueva infraestructura puede ser resiliente al cambio climático, asegurando que la planeación de los proyectos, su ubicación, diseño, construcción y operación se realice teniendo en cuenta el clima actual y futuro (amplios periodos de retorno).

Para aumentar la capacidad de recuperación de la infraestructura, tanto proyectos nuevos como existentes, se deben planificar y gestionar los impactos del cambio climático. Las obras de infraestructura pueden generar o potencializar los impactos del cambio climático.



**1. Título:**

Impacto económico de los eventos naturales y antrópicos extremos en Costa Rica, 1988-2009

**2. Año:** 2010

**3. Autores**

Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN)

**4. *Ejes relacionados al Cambio Climático***

	Puentes o Puertos		Infraestructura Urbana
	Carreteras	X	Institucional o Instrumentos Económicos

**5. *Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático***

- Costa Rica está ubicada en un escenario de multiamenaza, por lo que se ve afectada con recurrencia variable tanto por fenómenos sísmicos y volcánicos, como también, de manera estacional y frecuente por los fenómenos hidrometeorológicos.
- Se inventarió la información de los sectores establecidos por la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE), en los planes reguladores e informes institucionales que se generan post emergencias para los sectores de actividad como Agricultura, Obras Públicas, Acueductos y Alcantarillados, Salud, Vivienda, Educación, Energía, Sociales, Edificaciones Públicas, Atención de las Emergencias, Ferrovías, Industrias y Obras Privadas.
- El primer referente documental considerado data de 1988 y en éste se entrega la información del impacto provocado por el huracán Joan en el territorio nacional. El último evento que se incorporó en este estudio, corresponde a las lluvias intensas ocurridas en febrero del 2009. En algunos Planes Reguladores no aparece cuantificado el costo de atender las emergencias.
- Para efectos de hacer comparables los valores monetarios que representaron los daños ocasionados por los diversos tipos de emergencias consignados en este informe, los valores corrientes se transformaron en valores constantes del 2006, utilizando el Índice de Precios al Consumidor (IPC) y el Tipo de Cambio Promedio del dólar mensual o anual del 2006 dependiendo de la duración del evento.
- Esta sistematización histórica de la información permitirá, en posteriores trabajos, realizar una mayor caracterización de estos fenómenos, lo que redundará en una mejor y más eficaz toma de decisiones para enfrentar las emergencias provocadas por este tipo de eventos.



**1. Título:**

Plan Nacional de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, Octubre

**2. Año:** 2008

**3. Autores**

Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones (MINAET)

**4. *Ejes relacionados al Cambio Climático***

	Puentes o Puertos		Infraestructura Urbana
	Carreteras	X	Institucional o Instrumentos Económicos

**5. *Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático***

La falta de agua menoscaba el desarrollo humano y limita las capacidades el potencial de las personas. No es suficiente una buena disponibilidad de agua; es necesario que existan instituciones que permitan su aprovechamiento y aseguren su cantidad y calidad.

Países con hidrología más difícil generalmente requieren de mayores inversiones inmediatas en infraestructura, instituciones y capacidades a fin de poder lograr la seguridad del agua.

La generación hidroeléctrica tiene la posibilidad de generar un doble dividendo: económico y ambiental. La mayor inversión se da para obras en proyectos para generación hidroeléctrica en el país.

En el corto plazo se consideran proyectos y acciones que se encuentran en proceso de construcción avanzado. Cerca de un 55% de las iniciativas se sitúan en este plazo

En el mediano plazo, proyectos que podrían ser implantados entre 2011 y 2015, cerca de un 35% de las iniciativas se encuentran en este plazo.

En el largo plazo se ubican los proyectos y acciones cuya ejecución estaría entre 2016 y 2021. Solamente un 10% de las iniciativas se sitúan en este plazo.

La Política Hídrica Nacional señala que es función del Estado asegurar la colección y disseminación de la información básica climática, meteorológica, cartográfica e hidrológica necesaria para el manejo del recurso agua.

Las zonas bajas y planas del país y las zonas montañosas de Talamanca son las que muestran la mayor deficiencia de observaciones meteorológicas e hidrológicas.

**1. Título:**

Estrategia de adaptación al cambio climático en la zona noroccidental de GAM

**2. Año:** 2007

**3. Autores**

MINAET, IMN (basado en el estudio de ProDUS-UCR)

**4. *Ejes relacionados al Cambio Climático***

	Puentes o Puertos		Infraestructura Urbana
	Carreteras	X	Institucional o Instrumentos Económicos

**5. *Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático***

La infraestructura de conducción de la mayoría de los acueductos que sirven la zona, presenta problemas de distribución, fugas, rupturas, materiales obsoletos, conexiones ilícitas, deterioros entre otros problemas que afectan el abastecimiento de agua potable.

La adaptación al cambio climático debe estar incluida en las políticas del Plan Nacional de Desarrollo.

El mal uso del suelo promovido por la falta de un ordenamiento territorial y aplicación efectiva del marco legal relacionado con recurso hídrico explican el desequilibrio del sistema que se evidencia en la zona de estudio.

El cambio climático va a afectar la fisiología y confort de la población menor de 12 años y mayor de 64. Las viviendas de poblaciones pobres son las más vulnerables a desastres de origen hidrometeorológico.

La población adulta bajo condiciones de pobreza y problemas de salud tiende a ser el grupo social más vulnerable, y su atención representa un alto costo económico, principalmente en zonas donde la temperatura aumentará y la oferta hídrica disminuirá.

Se propone el establecimiento de modelos de construcción, considerando las condiciones biofísicas de los terrenos, así como materiales de construcción, que respondan de manera dinámica y eficiente a la variabilidad del clima.

Los sectores productivos mejoran sus capacidades de adaptación para responder de manera oportuna a la variabilidad climática, eventos extremos y cambio climático.

Los incentivos económicos son necesarios para la optimización de procesos y productos finales.



Se requiere un mejoramiento de los sistemas de información y alerta temprana sobre la variabilidad climática, eventos extremos y cambio climático hacia los sectores productivos con el objetivo de asegurar a la población la oferta de productos.

La gestión del riesgo y prevención de desastres producto de los cambios en el clima se fundamenta en la investigación, capacitación, innovación tecnológica y asistencia técnica oportuna.

Se debe mantener el papel del agua como motor del desarrollo, conforma a las condiciones que imponga la construcción de una sociedad justa y equitativa.

Se busca consolidar con criterios de sostenibilidad financiera, el marco jurídico e institucional para la gestión integrada de los recursos hídricos del país.



**1. Título:**

Estrategia de Cambio Climático para la región Huetar Norte

**2. Año:** 2007

**3. Autores**

MINAE

**4. *Ejes relacionados al Cambio Climático***

	Puentes o Puertos		Infraestructura Urbana
	Carreteras	X	Institucional o Instrumentos Económicos

**5. *Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático***

El objetivo principal de una estrategia de mitigación es la reducción de las emisiones o absorción por sumideros de gases de efecto invernadero con el fin de llegar a la neutralidad de las emisiones sin detrimento del crecimiento económico, social, ambiental y cultural del entorno.

La asignación de reducciones de emisiones está más asociada a un actor económico que a una región. También puede estar asociada a un programa comunitario ejecutado por un agente económico o a un gobierno municipal.

Los actores económicos en todos los sectores son de carácter público y privado. En el caso de los actores públicos, éstos podrían reducir emisiones por medio de directrices de ahorro energético por ejemplo.

También podría haber reducciones logradas por actores privados que no las incorporen en sus productos y que las comercialicen como una oferta privada en los mercados de carbono.

Los riesgos del cambio climático fundamentales son: físicos (daños a activos y atrasos en proyectos), regulatorios (regulaciones más estrictas), competitivos (disminuciones en la demanda y crecimiento en los costos de los procesos) y de reputación (por inacción percibida sobre el cambio climático).

Las empresas están desarrollando mejores modelos de negocios para tomar ventaja de las oportunidades y reducir riesgos.

La exposición al riesgo climático de cada sector y empresa es diferente.

Los inversionistas institucionales, para analizar el valor futuro de las empresas y su potencial de crecimiento, están requiriendo que las empresas indiquen su beneficio y riesgo respecto al cambio climático.



Para fortalecer la competitividad se puede recurrir a la diferenciación (desarrollar la marca C-Neutral para diferenciar al país).

Se espera que en la región tanto la temperatura mínima como la máxima aumenten, y que la precipitación anual disminuya.

Se debe aplicar el concepto de eficiencia energética en el diseño y construcción de edificios, incrementar el confort de las instalaciones y maximizar las medidas de ahorro de energía. Además de promover tecnologías más limpias en los edificios ya construidos.

Definir un marco común para calcular el desempeño energético de los edificios y proponer un sistema para inspección de los sistemas de aire acondicionado de los edificios como acciones específicas.



**1. Título:**

El Cambio Climático y desarrollo en América Latina y el Caribe: una reseña

**2. Año:** 2009

**3. Autores**

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)  
 Joseluis Samaniego (Coordinador)

**4. Ejes relacionados al Cambio Climático**

	Puentes o Puertos		Infraestructura Urbana
	Carreteras	X	Institucional o Instrumentos Económicos

**5. Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático**

Los efectos previstos del cambio climático son especialmente importantes en el sector primario, pero los intervalos de tiempo dificultan su percepción. El cambio de los ecosistemas es lento y las pérdidas esperadas al año 2020 aún son poco significativas.

El sector industrial no estará ajeno a los efectos del cambio climático, principalmente debido a la escasez de insumos del sector primario.

Se prevé que los efectos de los fenómenos meteorológicos extremos en la población pobre serán elevados, sobre todo en las zonas urbanas.

En el sector privado, los efectos tendrán importancia cuando se reflejen en las utilidades, pero aun así será difícil separar el cambio climático de la variabilidad climática experimentada en el pasado.

La adaptación oportuna permitirá un adecuado y gradual manejo de los costos, evitando el traspaso o externalización de productores a consumidores, del sector privado hacia el sector público y de las generaciones actuales a las futuras.

La implementación de un marco político que elijan los gobiernos de la región deberá ser complementada con la acción y ayuda de los organismos internacionales y donantes, lo que exige el compromiso de los países desarrollados en las actividades de adaptación. La adaptación también conlleva algunas oportunidades para seguir un desarrollo más sostenible, como mejor infraestructura, investigación y desarrollo de variedades de cultivos, el desarrollo del pago por servicios ambientales y el mejor manejo de cuencas hidrológicas, entre otros.

Entre los mecanismos de adaptación que podrían ser más efectivos está la exigibilidad de seguros para la producción y operación segura de infraestructura, como puertos, carreteras, transportes y telecomunicaciones. El comercio puede verse restringido en función del contenido de carbono de los bienes y servicios, incluido el transporte.

Los países en desarrollo deberán prever que la competitividad de productos basados en procesos productivos que exigen elevadas emisiones se verá afectada a medida que el precio creciente de emitir el carbono se vaya trasladando a sus costos operativos.

La inversión extranjera puede profundizar la especialización y la competitividad en sectores con más emisiones. Este patrón de inversiones puede tener consecuencias sobre los posibles costos futuros de transitar hacia patrones de producción más limpios en los países de la región.

Para la región es importante que en los mecanismos de pago de los servicios ambientales se reconozca la contribución de la conservación de bosques y del manejo adecuado del suelo a la seguridad climática y a los esfuerzos de mitigación de las emisiones.

Dada la débil presencia de la región en el contexto internacional, es preciso mejorar los mecanismos de coordinación a fin de participar en las negociaciones globales con una agenda regional propia.



**1. Título:**

Adaptándonos al cambio climático. Sesión especial. IV Diálogo Interamericano del agua. Ciudad de Guatemala

**2. Año:** 2007

**3. Autores**

Sistema de la Integración Centroamericana (SICA), Unión Europea (UE)

**4. *Ejes relacionados al Cambio Climático***

	Puentes o Puertos		Infraestructura Urbana
	Carreteras	X	Institucional o Instrumentos Económicos

**5. *Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático***

El potencial económico de mitigación en la industria se localiza predominantemente en las industrias intensivas en energía. Las actividades forestales de mitigación pueden reducir las emisiones e incrementar la captura de CO2 a bajo costo.

Los sectores claves para la reducción de GEI (Gases Efecto Invernadero) considerados por la estrategia en Costa Rica son: energía, transporte, agropecuario, industrial, desechos sólidos, turismo e hídrico.

En el ámbito del sector turismo se podría promover un turismo sostenible convirtiendo al país en un destino turístico carbono neutral.

El marco económico también se encuentra determinado por el grado de confianza que se tiene en las conclusiones científicas, tema donde aún persisten controversias y conflictos. También es controversial el asunto del costo de la adaptación respecto al beneficio a obtener el cual es difícil de calcular y podría ser inequitativamente distribuido.

Es necesario asignar un costo al impacto del cambio climático, a su mitigación y a la adaptación, ya que lo que no tiene costo no tiene valor.

En el público también radica la solución. No solo de científicos, académicos y ecologistas, ni de gobiernos, políticos e industriales.



**1. Título:**

Adaptación del Sector Hídrico al cambio climático. Vulnerabilidad actual.

**2. Año:** 2005

**3. Autores**

CATHALAC, PNUD, GEF

**4. *Ejes relacionados al Cambio Climático***

	Puentes o Puertos		Infraestructura Urbana
	Carreteras	X	Institucional o Instrumentos Económicos

**5. *Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático***

Una política debe ser sencilla y responder a un objetivo realizable. Los alcances de la política deben quedar claros y estos responderán a los objetivos que se plantean de forma que la evaluación es solo por sus resultados.

Algunos indicadores socioeconómicos, confirman que la región (zona Noroccidental del Valle Central) tiene muy buenos índices de desarrollo comparado con los promedios nacionales, lo que facilita los esfuerzos de adaptación al cambio climático.

En las empresas privadas, no existe una política concreta para atender problemas por cambio climático, pero sí existen programas para reducir el consumo del agua, por tres razones: ambientales (políticas de la empresa o para cumplir la legislación), por el prestigio de la empresa y por cuestiones económicas.

Existe una sensación de poca preparación para eventos extremos ocasionados por el Cambio Climático, sea por carencia de infraestructura adecuada (como alcantarillado) o por incapacidad institucional en la aplicación

Los problemas de financiamiento y adjudicación de obras, son un limitante para los proyectos de mejora en la operación de sistemas existentes ya sean vías, transporte público o plantas de tratamiento de aguas servidas. Existe una gran debilidad institucional, falta de métodos de control del uso del recurso hídrico y desconocimiento sobre la situación actual.

Es importante Promover que las políticas públicas se fundamenten en el conocimiento existente y el obtenible mediante esfuerzos relativamente poco costosos pero sostenidos de investigación de las implicaciones de los fenómenos de cambio climático en nuestro territorio.



**1. Título:**

Impactos regionales del cambio climático. Evaluación de la vulnerabilidad. América Latina

**2. Año:** 2000

**3. Autores**

Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático

**4. *Ejes relacionados al Cambio Climático***

	Puentes o Puertos		Infraestructura Urbana
	Carreteras	X	Institucional o Instrumentos Económicos

**5. *Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático***

Un aumento de los costos que, en términos de vidas humanas y capital, Impactos regionales del cambio climático: evaluación de vulnerabilidad 5 acarrear las crecidas, las tempestades y las sequías pone de manifiesto la vulnerabilidad actualmente existente.

En muchos países, las políticas y condiciones económicas (impuestos, subvenciones o reglamentaciones) que determinan las decisiones individuales, las estrategias de desarrollo y las pautas de utilización de los recursos dificultan la puesta en práctica de medidas de adaptación.

Las medidas de adaptación, pueden lograrse por distintos medios, en particular reforzando los marcos jurídicos e institucionales, eliminando las distorsiones existentes en el mercado (por ejemplo, las subvenciones), corrigiendo los fallos del mercado (por ejemplo, dejando que los daños medioambientales o el agotamiento de los recursos no repercutan en los precios, o haciendo una valoración económica inadecuada de la diversidad biológica), y fomentando la participación pública y la educación.

El creciente deterioro del medio ambiente en América Latina (en forma, por ejemplo, de cambios en la disponibilidad de agua, pérdida de tierras agrícolas o anegamiento de áreas costeras, ribereñas y llanas) provocado por la variabilidad y el cambio del clima, fomentarían la migración de las poblaciones rurales y costeras y recrudecerían los conflictos nacionales e internacionales.



**1. Título:**

Fijación de carbono en plantaciones de melina y pochote en los cantones de Hojancha y Nicoya.

**2. Año: 2007**

**3. Autores**

José Cubero y Susana Rojas

**4. Ejes relacionados al Cambio Climático**

	Puentes o Puertos		Infraestructura Urbana
	Carreteras	X	Institucional o Instrumentos Económicos

**5. Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático**

En Costa Rica, las tres fuentes principales de gases de efecto invernadero son: el sector energía (60.5%), uso de la tierra (27.5%) y procesos industriales (8.4%).

El Estado costarricense en las últimas dos décadas, por medio de incentivos ha promovido la reforestación con el apoyo del sector privado y organismos internacionales como parte de una estrategia para incrementar la cobertura forestal del país.

Se recomienda realizar estudios de biomasa en plantaciones forestales que incluya biomasa en follaje, ramas y raíces de las especies estudiadas con el propósito de obtener resultados más precisos.

Se recomienda que el uso de la madera proveniente de plantaciones forestales sea destinado a productos duraderos, de uso de largo plazo, como para la construcción y mueblería, reteniendo de esta manera el C durante períodos más prolongados después del aprovechamiento.

El gobierno costarricense debe incrementar el área anual a establecer en plantaciones forestales para mantener un stock disponible de C para la venta.



**1. Título:**

América Latina y el Caribe, las amenazas naturales y los desastres: desafíos para el desarrollo sostenible.

**2. Año:** 2004

**3. Autores**

Sergio Mora Castro

**4. Ejes relacionados al Cambio Climático**

	Puentes o Puertos		Infraestructura Urbana
	Carreteras	X	Institucional o Instrumentos Económicos

**5. Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático**

La expansión urbana ha sido desordenada, a veces *planificada*. Se espera que el 85% de la población en 2025 sea urbana.

Existe Gran ignorancia, indiferencia, negligencia y predominio de los intereses creados y particulares sobre los intereses colectivos.

Se propone orientar el proceso de toma de decisiones hacia la incorporación de la gestión del riesgo dentro de la planificación del Estado, los planes y proyectos de desarrollo.

La vulnerabilidad es un problema económico con profundas raíces sociales y que debe resolverse pronto. De lo contrario, la inversión para reparar o reponer las obras, bienes y servicios destruidos por los desastres se volverá inmanejable y costosa.

Se ha observado que los desastres inducen un incremento temporal en la formación de capital, sobre todo en el sector de la construcción, pero este incremento se realiza en detrimento de la formación de capital humano y del desarrollo de sus sectores.

El impacto de los desastres es capaz de extenderse y generalizarse en la mayor parte de la dinámica nacional, pues se nota una depresión consistente y coincidente en todos los indicadores representados, durante el año de cada desastre.

Conviene plantear, como consignas, que un verdadero proceso de gestión del riesgo debe comenzar y centrarse en la meta de no reconstruir la vulnerabilidad.



**1. Título:**

Servicios de los ecosistemas forestales. ¿Podrían ellos pagar para detener la deforestación?

**2. Año:** 2002

**3. Autor**

Centro Agronómico y Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

**4. *Ejes relacionados al Cambio Climático***

	Puentes o Puertos		Infraestructura Urbana
	Carreteras	X	Institucional o Instrumentos Económicos

**5. *Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático***

Los servicios de los ecosistemas forestales son cruciales para la supervivencia de los seres humanos. La contribución que hacen los bosques y sobre todo los bosques tropicales son los biomas terrestres que más contribuyen a los ciclos y procesos relevantes con el clima y la biodiversidad.

La valoración económica de los bosques además de incluir los productos de los bosques, incluye los servicios brindados por estos de almacenaje de carbono y protección del recurso hídrico. La valoración económica es un instrumento que se puede utilizar para solucionar el problema de conservación de los recursos naturales pero no necesariamente establece un valor que asegure la conservación de estos, más bien se refiere a un valor por los productos y servicios brindados.

Los estudios de valoración económica pueden ser herramientas útiles para determinar la estructura de costos y beneficios, y con frecuencia se han usado para ilustrar la dominancia de los elementos de servicio en el bosque, dentro del valor económico total del mismo. Sin embargo, los estudios de valoración deberían poner más atención a los valores por familia (más exclusivamente por hectárea), y a la posibilidad real de capturar este valor y la distribución de costos y beneficios entre los diferentes actores. La valoración económica de bosques es una herramienta para determinar que incentivos se pueden ofrecer para la conservación de los bosques por parte de los propietarios.



**1. Título:**

Posibles efectos de un calentamiento global en el cultivo de arroz de secano en el Pacífico Norte de Costa Rica

**2. Año:** 2009

**3. Autores**

MINAET, IMN, PNUD

**4. Ejes relacionados al Cambio Climático**

	Puentes o Puertos		Infraestructura Urbana
	Carreteras	X	Institucional o Instrumentos Económicos

**5. Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático**

Los sectores que más contribuyeron al crecimiento económico en el 2006 fueron la industria, el transporte, el comercio y el agrícola.

El consumo de energía eléctrica en el país ha venido creciendo. No obstante, la capacidad instalada del Sistema Interconectado Nacional para la generación de electricidad no ha variado en la misma proporción en que lo ha hecho la demanda.

La Estrategia Regional de Costa Rica considera las siguientes áreas programáticas: Vulnerabilidad y adaptación; mitigación; desarrollo institucional y de capacidades; educación concientización y sensibilización pública así como la gestión internacional.

El principal elemento transversal que se propone en las políticas es que estén focalizados sobre la reducción de emisiones de GEI. La propuesta incorpora el reconocimiento explícito de la relevancia de la política económica ambiental, por medio de una política económica de internalización.

Se incorpora un esquema interno, que generará un catalizador para incentivar a los empresarios y productores nacionales a avanzar en el proceso de Investigación y Desarrollo.

Las emisiones reducidas permitirán generar incentivos económicos y mercados para potenciar el carácter de transabilidad de reducciones autorizadas de emisiones entre aquellos agentes cuyo balance de emisión neto es negativo.



**1. Título:**

Diagnóstico Socioeconómico: Adaptación del Sector Hídrico al Cambio Climático.

**2. Año:** 2005

**3. Autores**

Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible de la Universidad de Costa Rica. (ProDUS-UCR).

**4. Ejes relacionados al Cambio Climático**

	Puentes o Puertos		Infraestructura Urbana
	Carreteras	X	Institucional o Instrumentos Económicos

**5. Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático**

No puede esperarse que el clima de Costa Rica responda de manera homogénea, por lo que el escenario futuro de un clima más seco en todo el país no es consistente y razonable con el conocimiento actual de la variabilidad climática.

La vulnerabilidad es una condición socialmente construida que implica la falta de resiliencia y fortaleza frente a extremos ambientales.

El escenario socio económico propuesto al año 2030, se basa en un alto desarrollo humano. Visualiza una sociedad costarricense que ha logrado avanzar por el camino del desarrollo sostenible, y que ha invertido en ampliar su sistema de áreas protegidas, logrando al mismo tiempo la protección de los recursos hídricos.

Hay buenas razones para pensar que el IDH puede reflejar la vulnerabilidad ya que la educación, la salud y los ingresos permiten tener acceso a herramientas para reducirla.

La alta densidad potencia el avance del lote residencial hacia las zonas de recarga y presiona el recurso en cuanto a la disponibilidad de agua por persona.

Las poblaciones vulnerables a futuro, se encuentran localizadas usualmente en aquellos cantones con bajo IDH y bajo IPG. Además los grupos con alguna discapacidad física o mental, los grupos dependientes y la mujer en condición de pobreza, son las características que terminan por definir las poblaciones más vulnerables en el futuro.

Los grupos de población de bajo IDH desde la frontera norte hasta el Caribe Sur, asociados a carencias en infraestructura, servicios y oportunidades, serán los grandes beneficiados sociales.



**1. Título:**

Estudio para la identificación y priorización de medidas de adaptación del sistema hídrico ante los efectos adversos del Cambio Climático en Costa Rica

**2. Año:** 2012

**3. Autores:** Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible de la Universidad de Costa Rica (ProDUS-UCR)

**4. Ejes relacionados al Cambio Climático**

	Puentes o Puertos	X	Infraestructura Urbana
	Carreteras	X	Institucional o Instrumentos Económicos

**5. Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático**

- En este proyecto se hizo una identificación de las medidas de adaptación del sistema hídrico al cambio climático. Se identificaron los principales vacíos y desafíos con que cuenta Costa Rica en este tema, a partir de los cuales se priorizaron medidas concretas, las cuales fueron retroalimentadas con dos talleres participativos donde se interactuó con especialistas de diferentes ámbitos y se complementó con una revisión exhaustiva de todas las medidas y políticas desarrolladas en el país en los últimos años por diferentes instituciones públicas y privadas.
- Dichas medidas identificadas, se priorizan de acuerdo a su importancia, inicialmente según la vulnerabilidad de los cantones de Costa Rica a eventos hidrometeorológicos extremos, y además, se tomó en cuenta el análisis sobre Riesgos del Sector Hídrico ante el Cambio Climático, realizado por el Instituto Meteorológico Nacional, donde se identificaron los cantones más vulnerables ante eventos extremos lluviosos y secos, mediante la selección de 14 indicadores relacionados con infraestructura, servicios y condición humana. De ahí que las medidas de adaptación fueron priorizadas también por la situación de pobreza y bajo desarrollo humano en los cantones más críticos del país en estos aspectos.
- El abordaje del Informe se realiza con base en los siguientes ejes temáticos: Abastecimiento de agua potable; Amenazas naturales de carácter hídrico; Sector Agropecuario; Instrumentos Económicos; Investigación; Sector Salud; Adaptación climática de edificios; Legal; Institucional; Educación, capacitación y sensibilización.
- Las medidas de adaptación propuestas en este documento tienen como objetivo que la población del país logre reducir los efectos adversos del cambio climático en el sector hídrico y los impactos de éste sobre los sectores sociales, económicos y ambientales.



**1. Título:**

Incorporación de los resultados de los análisis de vulnerabilidad actual y futura y medidas de adaptación del sistema hídrico al cambio climático en el Plan Nacional de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos y los mecanismos de coordinación interinstitucional diseñados para dicha incorporación

**2. Año: 2012**

**3. Autores:** Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible de la Universidad de Costa Rica (ProDUS-UCR)

**4. Ejes relacionados al Cambio Climático**

	Puentes o Puertos	X	Infraestructura Urbana
	Carreteras	X	Institucional o Instrumentos Económicos

**5. Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático**

- Este Informe consta de tres capítulos: Capítulo 1: Antecedentes, en el cual se mencionan aquellos detalles relacionados con el origen de las medidas de adaptación del recurso hídrico al cambio climático y una descripción de los aspectos generales del Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico (PNGIRH).
- En el Capítulo 2: Evaluación del PNGIRH, se evalúa el Plan desde dos distintas dimensiones: aspectos legales y escenarios socioeconómicos, estableciendo a su vez, en un tercer apartado, los aspectos positivos del Plan. La evaluación legal del Plan, abarca tres temáticas: (a) un análisis relacionado con el contexto jurídico en el cual se desenvuelve el PNGIRH y las posibilidades de una eficaz ejecución en la actual realidad costarricense; (b) la posibilidad de la implementación de las medidas de adaptación y sus respectivos requerimientos legales y (c) una reflexión en torno al tema de la rectoría en materia de recurso hídrico. En los escenarios socioeconómicos se hace una evaluación general de los supuestos económicos utilizados en los escenarios de desarrollo futuro del país y como éstos pueden afectar las estimaciones realizadas sobre las demandas futuras del recurso hídrico.
- En el Capítulo 3 se desarrolla puntualmente el tema de la Incorporación de las medidas de adaptación del recurso hídrico al cambio climático en el PNGIRH. Dicha incorporación se desarrolla partiendo de un análisis del Plan a efectos de determinar sus limitaciones en materia de adaptación al cambio climático. De esta manera, se van a presentar dos situaciones: los temas que si bien se mencionan en el Plan pero no se profundizan adecuadamente, y los temas que del todo no se mencionan, pero es fundamental su incorporación al Plan para tomar acciones integrales en la materia.

- Los temas que se mencionan con más énfasis que deben ser revisados en el PNGIRH son: Cambios en el sistema tarifario del agua potable; Fortalecimiento del Pago por Servicios Ambientales (PSA); Amenazas naturales de carácter hidrometeorológicas; Abastecimiento de agua potable y saneamiento; Protección del recurso hídrico; Gestión de las aguas subterráneas; Apoyo institucional a los entes administradores de acueductos; Problemática institucional; Gestión de la información; Red Nacional de Monitoreo Hidrometeorológico; Importancia de la investigación; Importancia de la capacitación, educación y sensibilización de la población; y el Caso específico del Sector Agropecuario.
- Finalmente se presentan las Conclusiones del Estudio, desde un enfoque general, legal, y conclusiones específicas de las medidas de adaptación a incorporar.



**1. Título:**

Generación de cinco estudios de caso en Costa Rica, incluyendo perfiles de proyecto de medidas de adaptación al cambio climático

**2. Año:** 2012

**3. Autores:** Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible de la Universidad de Costa Rica (ProDUS-UCR)

**4. Ejes relacionados al Cambio Climático**

	Puentes o Puertos	X	Infraestructura Urbana
	Carreteras	X	Institucional o Instrumentos Económicos

**5. Contenido relacionado con vulnerabilidad y adaptación de infraestructura al Cambio Climático**

- En este Informe se priorizan las acciones a seguir para el planteamiento de seis estudios de casos o perfiles de proyectos en los cantones con mayor probabilidad de afectación a los eventos hidrometeorológicos extremos, los cuales se verán exacerbados por el cambio climático. Estos perfiles de proyecto tendrán como objetivo final proveer a los tomadores de decisión de una herramienta financiera y capacidad de negociación.
- La creación de los perfiles de proyecto conllevó a una revisión de los resultados obtenidos en los análisis del documento de Riesgo actual y futuro (2011), realizado por el IMN, así como de los resultados obtenidos en la consultoría previa sobre medidas de adaptación del recurso hídrico al cambio climático elaborado por ProDUS-UCR (2012). Con ello, se identificaron las regiones más propensas a los efectos de los eventos hidrometeorológicos extremos y con bajo Índice de Desarrollo Humano. Posteriormente, en conjunto con el grupo de trabajo del IMN, se seleccionaron las zonas de afectación que fueron sujetas de análisis para los estudios de caso.
- Las seis propuestas de perfiles de proyectos son las siguientes:
  1. Propuesta de reordenamiento territorial en el cantón de Parrita para reducir los impactos de las inundaciones.
  2. Enfrentar la potencial crisis en el Área Metropolitana de San José por la sequía y las consecuencias en el suministro de agua.
  3. Implementación de estrategias de adaptación de los sistemas productivos- agropecuarios y de acceso al agua potable en los Territorios Indígenas frente a los impactos potenciales del cambio climático, incorporando sus conocimientos tradicionales sobre el medio.
  4. Fortalecimiento administrativo, técnico y legal para los entes administradores de acueductos (ASADAS, municipalidades y otras organizaciones) de la Cruz de Guanacaste, de manera que mejoren sus capacidades y la eficiencia de su operación.

5. Proyecto de investigación, extensión y educación para fomentar la adopción de nuevas prácticas y tecnologías de adaptación al cambio climático en el sector agrícola de los cantones de Los Chiles, Upala y Guatuso, Región Huetar Norte.
  6. Soluciones estructurales y arquitectónicas apropiadas para zonas sujetas a inundaciones lentas en la región Huetar Atlántica.
- En cada caso propuesto, se describieron los siguientes rubros: Título del Proyecto; Antecedentes y Justificación; Objetivo del Proyecto; Objetivos Específicos; Beneficiarios y Beneficios del Proyecto; Facilidad de Implementación; Facilidad de Replicabilidad; Oportunidades de Gran Impacto; Etapas del proyecto; Análisis Costo Efectividad.
  - El objetivo de los casos expuestos es desarrollar el conocimiento, enfrentar los desafíos de las zonas más vulnerables y mayor amenaza ante el cambio climático, así como proteger a los grupos con mayor vulnerabilidad, lo cual se convierte en una tarea esencial.
  - Los proyectos seleccionados presentan la oportunidad de adaptación directa e inmediata pero hay muchas oportunidades de invertir de manera más indirecta y con impactos a más largo plazo. Los proyectos seleccionados tienen localizaciones regionales con sugerencias específicas en algunos casos y cubren todas las regiones de planificación.



## **MEMORIA:**

### **Taller para la Evaluación de la Vulnerabilidad y Medidas de Adaptación de la Infraestructura al Cambio Climático**

#### **1. Metodología**

Para el desarrollo del taller, la metodología que se siguió estuvo orientada hacia la aplicación de técnicas que permitieran incorporar las experiencias que tienen las personas participantes en torno a la adaptación del sistema hídrico al cambio climático.

Por tanto la metodología seguida tuvo como base la integración de la participación de actores clave quienes mediante la reflexión y discusión conjunta pudieran llegar a proponer acciones concretas. Para ello se requiere que la gente se involucre e interese en los objetivos que se quieren alcanzar; así como también de su disposición para dialogar, negociar, ceder, escuchar, confrontar, exponer, argumentar y poner en práctica otra serie de acciones orientadas hacia la incorporación de experiencias particulares o de un sector determinado en iniciativas que serán para la mayoría.

Tomando como base lo anterior, se generó una lista de actores que se encuentren relacionados con el tema prioritario del taller. Para tener un control de la información personal, se generó una base de datos en la cual los participantes se ordenaron según los grupos de análisis propuestos.

Dentro de la información de contacto de la base están direcciones electrónicas, teléfonos, fax u otras indicaciones que permitieron eventualmente contactarlos para invitarlos al proceso. Las invitaciones de participación a la actividad se enviaron por correo electrónico, donde se indicó que en caso de que la persona a la cual iba dirigida no pudiera asistir, podría enviar a un representante.

La base de datos está integrada por representantes de centros de investigación y enseñanza, empresa privada e instituciones públicas, en cuyas labores se incorpore el trabajo de análisis y diseño de diferentes tipos de infraestructura. También se incluyeron ASADAS, gobiernos locales e instituciones que trabajan con el tema de desastres naturales.

#### **2. Desarrollo del taller**

La sesión comenzó con el recibimiento de las personas participantes, a quienes se les tomó los datos en listas de asistencia y se les entregó un cuestionario individual cuyos resultados se expondrán más adelante. Posteriormente se realizó una exposición introductoria que estuvo a cargo del señor Rosendo Pujol, director de ProDUS-UCR.

Seguidamente se dio paso al trabajo en tres grupos focales, los cuales fueron facilitados por profesionales del equipo de ProDUS-UCR. Éstos tuvieron a cargo orientar la discusión

entre los participantes, mediante la formulación de preguntas relacionadas con aspectos relevantes acerca de la evaluación y adaptación de la infraestructura ante los efectos de cambio climático.



Fotografías 1-2. Participantes del taller.

Por tanto a cada grupo focal se asignó una temática en particular que estuviera relacionada con el eje central del taller y el campo de acción de los integrantes de los mismos. De acuerdo con esto, los grupos de trabajo se dividieron de la siguiente forma:

- Grupo #1: Infraestructura vial. A cargo de los ingenieros Eduardo Vega y Eduardo Rodríguez.
- Grupo #2: Infraestructura urbana. A cargo de la Ing. Raily Solano.
- Grupo #3: Institucionalidad y economía. A cargo del economista Leonardo Sánchez.

## **2.2 Participantes**

Para este taller, se registró una asistencia de 23 personas. Se puede mencionar de manera general que acudieron representantes del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), Universidad de Costa Rica (UCR), Comisión para el Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Alta Río Reventazón (COMCURE), Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH), Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), Ministerio de Planificación (MIDEPLAN), Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI), entre otras. En el Anexo 1 se adjunta la lista de asistencia.

## **3. Resultados de los Grupos Focales**

A continuación se presenta un resumen de los resultados obtenidos a partir de la discusión en cada uno de los grupos focales, la cual se orientó mediante preguntas guía en torno al tema de interés.

Para una mejor lectura de las opiniones que dieron las personas, de manera introductoria a los resultados de cada grupo se presenta una lista de sus integrantes y la institución,

organización, empresa u otro ente al que representan; lo cual permite tener una idea sobre la variedad de respuestas y percepciones que hay sobre los temas de discusión.

### 3.1 Grupo Focal #1: Infraestructura vial (Carreteras y Puentes)

Integrantes del grupo e institución a la que representan:

Nombre	Institución o empresa
Rolando Mora Chinchilla	Geología - Universidad de Costa Rica (UCR)
Gilberto Rodríguez	Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT)
Fabrizio Mora Vargas	Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT)
Julio Masís Jiménez	Rivering de Costa Rica
Rolando Arias Herrera	Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI)



Fotografías 3-4. Grupo Focal #1

Se les aclara primeramente que el eje de la conversación será mostrar aquello que provoca la vulnerabilidad en la infraestructura, principalmente las asociadas al transporte. Destacan los siguientes puntos:

- La decisión equivocada del MOPT de cerrar su laboratorio de suelos, departamento que actualmente es indispensable para la ejecución de proyectos.
- Las personas que se encuentran en altos puestos y que les corresponden aprobar los proyectos, no toman en cuenta los estudios que los técnicos e ingenieros hacen. Por ejemplo señalan los estudios de planificación.
- Hay muchos departamentos y trámites burocráticos que frenan la formulación y ejecución de proyectos. Proponen que debería contemplarse un solo departamento que tenga al personal apropiado (ingenieros, técnicos, planificadores, gestores, entre otros.) y que agilice los trámites.
- Hay situaciones que requieren una solución inmediata y esta es designada a entidades que no son las adecuadas para resolverlas. Mencionan como toda la solución ante una emergencia se la retribuyen a la Comisión Nacional de Emergencias, cuando esta institución debería estar a cargo de tan solo una parte de la emergencia, no de su totalidad.
- No hay una adecuada gestión de los recursos.
- En la elaboración de estudios se aplican métodos que están descontextualizados, ya que son contruidos para aplicarse al contexto en países como Estados Unidos.

Surge la interrogante ¿Cuáles son los criterios para definir vulnerabilidad (volumen del tráfico, caudal máximo del río o quebrada, tipo de infraestructura existente)?

- El personal no está capacitado para las actuales necesidades.
- La infraestructura debería estar diseñada de acuerdo a los cambios climáticos de estos tiempos (caudal de río, velocidad de vientos, etc.)
- Agregan que se deberían realizar estudios (ya que no los hay) que muestren si realmente es el cambio climático lo que está afectando las infraestructuras. Igualmente que permitan ver la variación del cambio de clima.
- Los datos con los que actualmente cuentan las instituciones están desactualizados. Hablan que son datos sobre fenómenos de hace una década atrás.
- No hay una infraestructura que se adecue a los fenómenos actuales.
- La tecnología con la que se trabaja actualmente no es la adecuada, ya que la mayoría son equipos muy viejos.
- Los problemas son tratados cuando estos ya provocan daños y no desde el momento que se detectan. Por ejemplo: se sabe que puede haber un terreno propenso a un deslizamiento, pero hasta que este ocurra, no se hace nada para la prevención del mismo.
- Estos mismos desastres podrían evitarse si se contara con las herramientas tecnológicas adecuadas (y actualizadas). Pero lamentablemente, se invierte en soluciones inmediatas que no previenen, en lo mínimo, las cuestiones a futuro. Además de que hay intereses políticos y económicos de por medio. Lo ejemplifican con las empresas que su mayor interés es el que los problemas sean resueltos por partes, así ellos pueden seguir dándole continuidad, teniendo ganancias para la misma (por ejemplo: puentes o rellenos mal hechos).
- No hay interacción disciplinaria. Esto conlleva a que las infraestructuras se coloquen en lugares vulnerables (un puente que es colocado en la parte más propensa a inundarse, asunto que se pudo evitar si los estudios disciplinarios entre ingenieros y geólogos hubieran dialogado)
- Carencia de información que no permite un diseño adecuado.
- Las decisiones son un asunto político.
- Las construcciones se realizan sobre fallas tectónicas o lugares donde o se debería hacerse (punto en el que insisten a lo largo de la conversación). Esto a pesar de que estudios previos lo afirman. Sin embargo, no se toma en cuenta estas investigaciones.
- El problema de la vulnerabilidad no es tanto por el cambio climático o las infraestructura, es más que todo por culpa de las decisiones políticas que hay de por medio.
- Hay un aumento en la escorrentía<sup>1</sup>.
- El CONAVI debería cumplir adecuadamente sus funciones y no dejar a cargo de otras instituciones, las decisiones que le corresponden.
- Mejor cumplimiento de las funciones del LANAME
- La gestión de mantenimientos de carreteras debe ser un asunto de prioridad.

---

<sup>1</sup> La escorrentía es el agua generada por una cuenca en la forma de flujo superficial y por tanto constituye la forma más disponible del recurso. El estudio de la escorrentía reviste gran importancia en la planificación de recursos hídricos y en diseño de obras. En manejo de cuencas es muy importante puesto que ella es un reflejo del comportamiento y estado de una cuenca. Tomado de:

<http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/rojas.r/cap42303.pdf>

- Reforzar la unidad fluvial.
- Hay más personal administrativo que ingenieros o técnicos.
- Se hacen rellenos en los cauces de los ríos.
- La concepción teórica del IFA es deficiente.
- La ruta 32 presenta problemas muy serios en cuanto a la infraestructura.
- En países como Colombia, hacen túneles falsos, que es que en los lugares que hay cierta vulnerabilidad de desprendimiento de materiales en zonas muy altas, e hacen infraestructuras en forma de túneles para que el material caiga por estas formas de mitigación).
- Muchas de las sesiones que se toman no contemplan los riesgos a futuro.
- Las instituciones no capacitan a su personal, a pesar de que se les invita a los talleres y charlas que tratan los temas, estos no asisten.
- Se necesita un radar meteorológico, con el objetivo de obtener información sobre la localización e intensidad de la precipitación; obtener de forma sistemática magnitudes físicas de interés climatológico; se debe ampliar el conocimiento sobre la estructura de los sistemas Meteorológicos; ampliar la resolución espacial y temporal de las medidas hidrometeorológicas y obtener información sobre parámetros no relacionados con la precipitación, como viento o turbulencia.
- No hay monitoreo de los ríos.

### 3.2 Grupo Focal #2: Infraestructura Urbana

Integrantes del grupo e institución a la que representan:

Nombre	Institución o empresa
Jeannette Chávez Fernández	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA)
Francisco Brenes	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA)
Franz Ulloa Chaverri	Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH)
Luis Gámez	Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH)
Roberto Villalobos Flores	Instituto Meteorológico Nacional (IMN)
Gladys Jiménez Valverde	Instituto Meteorológico Nacional (IMN)



Fotografías 5-6. Grupo Focal #2

Principales ideas obtenidas en el grupo:

- La conversación inicia con la pregunta: ¿Cómo mejorar la calidad de información? Aquí responden que más allá de mejorar la calidad lo que se debería hacer es eliminar barreras y desacuerdos entre instituciones.
- Se recalca como la falta de infraestructura se debe a la cantidad de trámites burocráticos que imponen algunas instituciones del país, especialmente ARESEP.
- Agregan que también hay una falta de visión y poco apoyo aquellas personas o entidades que si la tienen.
- El país cuenta con excelentes técnicos que no son reconocidos por los altos jerarcas del país.
- El país actualmente está sufriendo las consecuencias de malas decisiones tomadas en el pasado.
- El crecimiento urbano provoca que las fuentes hídricas, al menos en Heredia, escaseen. Además que se les asigna este problema a ciertas instituciones, olvidando que es asunto que le acontece a todo el país.
- Falta de dialogo, planificación y acuerdos entre instituciones.
- Problemas con lo Fluvial, sanitario y el acceso a agua potable.
- Hay demasiados entes manejando el recurso hídrico. Ejemplo de ellos son las Municipalidades, ASADAS, Juntas de Desarrollo, Comités, Asociaciones, entre otros.
- Falta de interés de las personas en solucionar los problemas que les afectan.
- La gente que toma las decisiones deberían tener en cuenta el crecimiento urbanístico y el desarrollo que está viviendo el país.
- Que hay un ordenamiento territorial que contemple el buen uso de los recursos hídricos.
- Los Ministros se involucran poco en los talleres y capacitaciones en donde las diferentes instituciones exponen las problemáticas (y soluciones) que enfrenta el país (recalcan que cuando una persona en este rango asiste a una actividad como esta, no pone atención por estar con el celular).
- Los gobernantes no se involucran en las discusiones. Tan solo prestan atención cuando medios de comunicación como la radio, televisión o periódico, sacan a la luz estos problemas.
- Hay decisiones de ciertos organismos que afectan directamente a otros entes.
- Falta de localización de la nacientes de agua potable.
- Mapas de concesiones y fuentes que no resuelven los problemas de infraestructura.
- Leyes que no ayudan a la problemática del agua.
- Controlar las zonas de agua y las empresas que están cerca de estas áreas (Coca Cola, Dos Pinos, Florida Bebidas, entre otros)
- Se debería dar mejor manejo a ciertas políticas.

- Se les pregunta como algunas empresas o instituciones se han posicionado ante el cambio climático. Empresas como la ESPH tienen la tarifa hídrica, que es un monto (¢13 x m<sup>3</sup>) aparte de la mensualidad, que se les cobra por el servicio de agua y que está destinado para la conservación de nacientes. Recalcan que es un sistema de financiamiento muy importante.
- Hay asuntos que el gobierno le presta más atención y que no son prioridades del país.
- Existe FUNDECOR, un proyecto que quiere crear un fondo de agua para la gran área metropolitana.
- Perdidas económicas y de agua, provocado por el mal estado de la infraestructura.
- No hay inversión en hidrantes.
- Se debería poner más atención en políticas en pro de las plantas de tratamiento.
- Hay acciones que se deberían tomar instituciones como ESPH y el AyA juntos.
- La población costarricense ignora o se mal informa de los proyectos y problemas en relación con el agua.
- El colapso de algunos ministerios (MOPT).
- Falta de estudios previos para la construcción.
- Aumento de eventos naturales que ocasionan daños en las infraestructuras de las comunidades.
- Aumento en los costos directos (puentes nuevos) e indirectos (gasolina que se gasta por viaje).
- La gente le gusta pagar (en este caso, impuestos), pero le gusta ver resultados (buen estado de las carreteras, por ejemplo).
- Mal estado de viviendas Además estas se construyen en lugares de alto riesgo.
- Isotopos, estudios sobre zonas de recarga. Elaborado por ESPH y la U.N.A.
- Poco personal tratando un tema.
- Las instituciones no saben que es lo que hacen otras entidades similares, provocando así que se hagan varios estudios sobre el mismo aspecto.
- La información debería ser pública y no manejarse como hasta ahora (se cobra por saber los resultados de los estudios)
- El agua no se cobra, lo que se cobra es las tuberías, potabilización, mantenimiento entre otros aspectos.
- Involucramiento de otras instituciones que hasta ahora no se han hecho participes en aspectos relacionados con el agua, por ejemplo el I.C.E.
- Construcción de estaciones de bombeo (generalmente son estructuras de agua las estaciones se refieren como a casetillas para proteger diferentes cosas como pozos, bombas, plantas potabilizadoras, etc.)
- Proyecto del AyA y la Comisión Nacional de Emergencia, que se trata de alerta temprana ante eventos naturales. Tiene como antecedente ciertos eventos ocurridos años atrás.

### 3.3 Grupo Focal #3: Institucionalidad y Economía

Integrantes del grupo e institución a la que representan:

Nombre	Institución o empresa
Marilyn Astorga	Ministerio de Planificación (MIDEPLAN)
Guillermo Flores Marchena	Comisión para el Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Alta Río Reventazón (COMCURE)
Ismael Martínez Moreno	Unión Nacional de Aguas (UNAGUAS)
Ana Rita Chacón	Instituto Meteorológico Nacional (IMN)
Daniel Quesada Varela	Instituto Meteorológico Nacional (IMN)



Fotografías 7-8. Grupo Focal #3

- *¿Cómo decidir cuáles son las prioridades de inversión en el tema de cambio climático e infraestructura?*

Uno de los participantes comenta que es necesario hacer diagnóstico para conocer lo que es necesario, se depende de diferentes instituciones para poder implementar las acciones en infraestructura.

Sale a relucir que las ASADAS no poseen capacidad instalada para el suministro y almacenamiento de agua potable, el año pasado se realizaron racionamientos por la falta de capacidad. No todas las ASADAS poseen estudios que permitan saber cuáles son sus áreas de recarga y protección, las nacientes se encuentran en propiedad privada lo que las pone en mayor peligro de contaminación.

Para tratar de solventar este problema, se propone la posibilidad de integrar al cobro del recibo, un canon ambiental para poder comprar terrenos que poseen nacientes de agua. Sin embargo, para que una ASADA pueda acceder a esta opción debe tener un estudio tarifario, debe poseer una estructura administrativa básica por lo que se vuelve complicado para las ASADAS que no tienen la capacidad necesaria. Así mismo, muchas ASADAS no cobran la tarifa básica por que las personas de la comunidad no la pueden pagar, por lo que es aún más difícil aplicar el canon hídrico.

Dentro de contexto en el caso de la infraestructura, el AYA en los años 70 delega la administración del agua Comités de Agua formados por medio de las Asociaciones de

Desarrollo, hace una inversión en infraestructura de la cual se desliga posteriormente. Por tanto, en la mayoría de las ASADAS existe un rezago en la infraestructura de más de 30 años, hay poca información sobre nuevas tecnologías, la reglamentación sobre las ASADAS es poco clara y desordenada. Hay aspectos legales, jurídicos, administrativos y de capacitación que entraba la situación de mejorar las condiciones de infraestructura.

- *Papel de las instituciones para mejorar la situación*

Es necesario que las instituciones sepan y cumplan el papel que les corresponde, se da el ejemplo de la situación entre MINAET y AYA, donde el primero es el ente rector del agua y el segundo es como un asistente técnico que brinda el servicio.

Existe mucha burocracia en la gestión del AYA que entorpece la gestión comunitaria de las ASADAS, se da el ejemplo de un caso para acceder a cooperación internacional, donde los trámites dentro del AYA no dejaron surgir el proyecto. Se remarca que la expansión demográfica genera la destrucción de áreas boscosas de recarga acuífera al mismo tiempo que la población crece y demanda más servicios. Dentro de las soluciones propuestas, se especifica lograr la aprobación de la ley de Acueductos Comunales y el proyecto de ley de Gestión Integrada del Recurso, se tiene claro que existen muchos intereses en torno al tema del agua.

Las leyes anteriores procuran generar mayor autonomía en la gestión de los acueductos comunales, que ayudaría a agilizar los trámites burocráticos.

Una participante comenta que uno de los problemas más graves es el desconocimiento y desinformación acerca de lo que las diferentes instituciones realizan. Recalca también la necesidad de la realización de un diagnóstico de la infraestructura y la importancia de contar con representantes de todas las instancias implicadas. Recomienda acceder a los resultados de un foro organizado por la CNE llamado “Resilencia ante el Cambio Climático” donde uno de los ejes de acción en el Plan Nacional de Gestión del Riesgo fue la infraestructura pública.

La participante acota que La Dirección Nacional de Cambio Climático, ha hecho un acercamiento con el MIDEPLAN para la realización del Plan de Desarrollo del Próximo Gobierno, por lo que se deben dar recomendaciones concretas al MIDEPLAN sobre infraestructura. Cada institución, en la realización del Plan Nacional de Desarrollo del Próximo Gobierno, debe comunicar cuál de las acciones contribuye a la adaptación al cambio climático, para darle seguimiento específico con mayor facilidad en la cuestión de presupuesto. Es importante que si se da la identificación de necesidades de inversión prioritarias estos resultados deben comunicarse al MIDEPLAN.

Se debe integrar a las municipalidades en este tipo de espacios ya que, aspectos como Infraestructura comunal y local son su responsabilidad. La mayoría de municipalidades no cuentan con estudios diagnósticos que identifiquen las necesidades de inversión. Además las decisiones políticas juegan un papel importante dentro de las prioridades de inversión.

- *Medidas a tomar en el MIDEPLAN*

El MIDEPLAN en materia de financiamiento cuenta con el fondo de pre-inversión y la cooperación. En ninguno de los instrumentos que posee el MIDEPLAN se encuentra explícitamente el concepto de Cambio Climático.

El MIDEPLAN pide en sus estudios que se realicen análisis de amenazas y vulnerabilidad así como unas matrices para evaluar diferentes aspectos para determinar los riesgos. Se valora la inclusión de cambio climático dentro de las guías metodológicas del MIDEPLAN.

Hay poca comunicación entre entes. Es decir: si el ente cooperante no solicitan el requisito al MIDEPLAN, esta institución no se da cuenta de la formulación de ciertos proyectos.

- *Construcciones e infraestructura*

Mencionan como proyectos de interés económicos (zonas francas) ponen en peligro las nacientes de agua, ya que cuando las concesiones fueron dadas, entre lo estipulado no había ningún punto que referente al uso del agua.

- *Recursos económicos y tramites*

En la actualidad, la inversión económica disminuye pero aumenten las trabas burocráticas. Procesos que pueden llevarse a cabo en seis meses, aquí duran más de un año, lo que también conlleva a que los gastos económicos aumenten.

¿Cómo coordinar mejor? O ¿cómo lograr que se dé una comunicación entre organismos (ASADAS y AyA, por mencionar algunas) para que estas logren una mejora en la infraestructura?

Se debe buscar soluciones en común, no que solo beneficien a un organismo. Además, algunas de estas instituciones tiene el personal, el plan de manejo y los estudios que otras instituciones necesitan para sus propósitos; o peor aún, hacen los mismos estudios. Sin embargo, son pocas las veces que las entidades establecen dialogo entre ellas, a pesar de que los intereses son similares. Es por eso que una posible solución sería la creación de una plataforma de información a la que puedan acceder diferentes entes y mejorar las alianzas públicos-privadas.

Las comunidades quieren ver que el dinero que pagan en impuestos o que invierten sea utilizado para la construcción y el mejoramiento de las obras. Sin embargo, pocas veces se involucra o se les informa sobre estos proyectos, sobre el destino de este dinero.

Agregan como muchas iniciativas no toman en cuenta las cuencas y se basan solo en la construcción de infraestructura. Dejando de lado otros aspectos de suma importancia. Además hay incongruencias en las divisiones territoriales establecidas.

Por otro lado, mencionan como los convenios son instrumentos importantes para agilizar algunos trámites. Ejemplo de ello es COMCURE.

Proponen que se debería involucrar más a los estudiantes que están avanzados en las carreras afines a estos proyectos. Esto implicaría que los jóvenes se especialicen en temas actuales y prioritarios, además que se pueda ahorrar recursos económicos en consultorías.

Se debería crear una plataforma de información a la que puedan acceder diferentes entes.

#### **4. Análisis de Cuestionarios individuales**

*P.1A: ¿Podría mencionar acciones que se deben de emprender en su campo de trabajo en el tema de adaptación de la infraestructura costarricense al cambio climático?*

Dentro de las respuestas obtenidas se propone realizar diferentes tipos de estudios para determinar el grado de vulnerabilidad de la infraestructura. Por ejemplo, en el campo del abastecimiento de agua, los estudios deben ir orientados al monitoreo constante de las fuentes de agua, debido a la posible vulnerabilidad a los deslizamientos en zonas de nacientes o tomas de río, ubicación de los tanques, etc.

Otra observación muy importante es que se debe aumentar la investigación pública en el país con respecto al cambio climático, esto implica por ejemplo mayor y mejor instrumentación meteorológica, con el fin de tener un panorama más amplio de los cambios que se van dando en el comportamiento de la naturaleza y aplicarlos a los parámetros de diseño de nueva infraestructura.

*P.1B: ¿Qué limitaciones podrían afectar la gestión de las acciones mencionadas en la pregunta anterior y cómo se podría superar?*

A partir de las respuestas recibidas, se puede concluir que las principales limitantes para mejorar la gestión de la adaptación de la infraestructura al cambio climático son la falta de información y datos para llevar a cabo análisis más certeros para la toma de decisiones, la falta de presupuesto y que priven las decisiones políticas por sobre las técnicas en muchos de los casos.

*P.2A: ¿podría identificar algunas oportunidades que el país debería aprovechar para adaptar la infraestructura nacional al cambio climático?*

Se resaltan principalmente los conocimientos técnicos que se han venido adquiriendo en el país en la materia en los últimos años. Además se destaca que el país cuenta con las posibilidades de financiamiento para mejorar en muchos aspectos, el más importante de todo es la instrumentación para mejorar las bases de datos, que ayuden a la investigación y pronósticos de eventos.

*P.2B: ¿Qué limitaciones podrían impedir que se aprovecharan las oportunidades que tiene el país para lograr esta adaptación al cambio climático?*

Tal y como se indicó anteriormente, las decisiones políticas pueden interferir en mejoras y posponer temas diferentes estrategias de adaptación al cambio climático, la falta de presupuesto para atender las obras y mayor acceso a la información son las limitaciones principales que se indican en las encuestas realizadas.