

Plan Institucional para la Adaptación de la Red Vial Nacional ante amenazas de origen hidrometeorológico y climáticas en Costa Rica



Dirección de
Planificación Institucional

Enero 2022

Costa Rica. Consejo Nacional de Vialidad.

Plan institucional para la adaptación de la Red Vial Nacional ante amenazas de origen hidrometeorológico y climáticas en Costa Rica. / San José, C.R.: CONAVI, 2022

XX p.: il.; 21,59 x 27,94 cm.

ISBN

1. Caracterización 2. Diagnóstico 3. Levantamiento de Daños. 4. Cambio Climático. 5. Identificación y análisis 6. Acciones.

Créditos:**Elaboración:**

Unidad de Administración de Sistemas de Información (USI):

- **Ing. Ruth Quesada Valverde.**
- **Geógr. Pablo Arguedas Garro.**
- **Ing. Gabriel Corrales Jiménez.**

Departamento de Seguimiento y Evaluación

- **Ing. Rolando Arias Herrera.**

Revisión y validación: Ing. Rolando Arias Herrera – Jefe Departamento Seguimiento y Evaluación

Revisión y pre-aprobación: Ing. Andrea Soto Rojas – Directora de Planificación Institucional.



Ruta Nacional N.º 32 – Puente sobre río Sucio.

Agradecimientos

Dirección de Planificación Institucional

- Unidad de Control Interno

Gerencia de Contratación de Vías y Puentes

- Ing. Adriana Monge Chaves – Especialista en puentes y encargada del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes. Directora de Diseño de Vías y Puentes.
- Ing. Luis Villalobos Pacheco – Especialista en hidrología e hidráulica. Jefe del Departamento de Diseño de Puentes.
- Ing. Luis Brenes Robleto – Especialista en geotecnia. Jefe del Departamento de Diseño de Vías.
- Ing. Gustavo Méndez Leiva – Especialista en diseño geométrico.

Gerencia de Conservación de Vías y Puentes

- Ing. Jasón Pérez Anchía – Ingeniería de proyectos de conservación
- Ingenieros de zona, administradores viales e inspectores de las 22 zonas de conservación.

Gerencia de Construcción de Vías y Puentes

- Ing. Eugenia Sequeira Rovira – Ingeniería de proyectos de construcción.
- Ing. Gustavo Bolaños Leandro – Geotecnista e ingeniería de proyectos.
- Ing. Iván Fonseca Granados – Ingeniería de proyectos de construcción.
- Ing. Paulo Morales Solano – Ingeniería de proyectos de construcción.

Y a todos los que fueron parte del apoyo para la realización de este informe.

Listado de Siglas y Abreviaturas

| | | | |
|--------------------------|--|---------------|---|
| BPIB | Banco de Proyectos de Inversión Pública del MIDEPLAN | MOPT | Ministerio de Obras Públicas y Transportes |
| CGR | Contraloría General de La República | Plan | Plan Institucional para la Adaptación de la Red Vial Nacional ante eventos de origen hidrometeorológicos y climáticos - CONAVI, 2021. |
| CIT | Conectores de Integración Territorial | PNDIP | Plan Nacional de Desarrollo e Inversión Pública del Bicentenario 2019-2022 |
| CNE | Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias | PNGR | Plan Nacional de Gestión de Riesgo 2016-2020 |
| CONAVI | Consejo Nacional de Vialidad | PNT | Plan Nacional de Transportes 2011-2035 |
| DR | Distribuidores Regionales | POI | Plan Operativo Institucional |
| ENOS | El Niño - Oscilación del Sur | RAC | Red de Alta Capacidad |
| FWD | Deflectómetro de Impacto (Falling Weight Deflectometer) | RBA | Red Básica de Acceso |
| GEI | Gases de Efecto Invernadero | RCP | Trayectorias de Concentración Representativas (Representative Concentration Pathways) |
| Guía Metodológica | Guía Metodológica para el Seguimiento, Evaluación y Gestión de Riesgo en Desastres de CONAVI | RVC | Red Vial Complementaria |
| IMN | Instituto Meteorológico Nacional | RVE | Red Vial Estratégica |
| IPCC | Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Intergovernmental Panel on Climate Change) | RVN | Red Vial Nacional |
| IRI | Índice de Regularidad Internacional | SAEP | Sistema de Administración de Estructuras de Puentes |
| ITCR | Instituto Tecnológico de Costa Rica | SEVRI | Sistema Específico de Valoración del Riesgo Institucional |
| Lanamme-UCR | Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica | SIG | Sistemas Información Geográfica |
| MIDEPLAN | Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica | SINAC | Sistemas Nacional de Áreas de Conservación - MINAE |
| MINAE | Ministerio de Ambiente y Energía | TPD | Tránsito Promedio Diario |
| | | UNISDR | Oficina de las Naciones Unidad para la Reducción del Riesgo a Desastres |
| | | USI | Unidad de Administración de Sistemas de Información - CONAVI |

Tabla de Contenido

| | |
|---|----|
| Introducción | 1 |
| 1. Caracterización de la Red Vial Nacional | 4 |
| 1.1 Distribución de la RVN según el PNT | 5 |
| 1.2 Distribución de la RVN según su superficie de rodamiento | 6 |
| 1.3 Distribución de la RVN pavimentada según la clase de ruta..... | 7 |
| 1.4 Distribución de la RVN de lastre según la clase de ruta | 7 |
| 1.5 Distribución de la RVN secundaria según superficie de rodamiento..... | 8 |
| 1.6 Distribución de la RVN terciaria según superficie de rodamiento..... | 8 |
| 1.7 Estado de la RVN pavimentada según el IRI..... | 10 |
| 1.8 Estado de la RVN pavimentada según su capacidad estructural obtenida mediante FWD..... | 11 |
| 2. Diagnóstico Integral del Riesgo en la Red Vial Nacional..... | 14 |
| 2.1 Antecedentes | 14 |
| 2.2 Situación acontecida en el año 2017 | 15 |
| 2.3 Resultados obtenidos..... | 17 |
| 2.4 Conclusiones de los resultados obtenidos por la herramienta | 26 |
| 3. Levantamiento de daños en la Red Vial Nacional, nueva metodología..... | 29 |
| 3.1 Antecedentes | 29 |
| 3.2 Principios en el uso de la aplicación Survey123®..... | 31 |
| 3.3 Resultados obtenidos..... | 32 |
| 4. Consecuencias de la Variabilidad y el Cambio Climático | 55 |
| 4.1 Escenarios del cambio climático..... | 56 |
| 4.2 Incrementos en amenazas por variabilidad y cambio climático..... | 62 |
| 4.3 Impactos de los eventos hidrometeorológicos en la RVN y blindaje de la inversión pública..... | 69 |
| 4.4 Cambio climático, variabilidad climática y ordenamiento territorial..... | 72 |

| | |
|---|-----|
| 5. Metodología para la valoración y gestión de riesgos..... | 76 |
| 5.1 Valoración y gestión de riesgos ante amenazas de origen hidrometeorológico | 90 |
| 5.2 Metodología para la valoración y gestión de riesgos ante amenazas hidrometeorológicas | 91 |
| 6. Acciones orientadas a la prevención y adaptación de la Red Vial Nacional ante amenazas de origen hidrometeorológico y climáticas. | 104 |
| 6.1 Primera etapa. Análisis estadístico descriptivo de la información recopilada | 105 |
| 6.2 Segunda etapa. Valoración de la información recopilada y su priorización..... | 105 |
| 6.3 Tercera etapa. Aplicación de la “Metodología para la valoración y gestión de riesgos ante amenazas hidrometeorológicas” | 119 |
| 6.4 Plan de actividades para la ejecución de proyectos | 132 |
| Conclusiones y recomendaciones..... | 138 |
| Conclusiones..... | 138 |
| Recomendaciones..... | 146 |
| Referencias | 151 |
| Apéndices y anexos..... | 153 |
| Fichas de valoración de riesgos para casos clasificados como de severidad alta. | 153 |
| Herramienta Microsoft Excel®, año 2017 | 159 |
| Herramienta Survey123®, año 2020 | 162 |
| Matriz de valoración y gestión de riesgos – Mejora Metodológica. | 165 |
| Compromiso de gestión 54-2017-Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) | 167 |

Introducción

Como parte de los compromisos asumidos por el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI), en el cumplimiento de las metas establecidas en el Plan Nacional de Gestión del Riesgo 2016 – 2020 y en las políticas públicas relacionadas con la prevención y adaptación de la infraestructura vial ante el cambio climático, como lo son la Política Nacional de Adaptación ante el Cambio Climático 2018 – 2030 y el Plan Nacional de Desarrollo e Inversión Pública del Bicentenario 2019 – 2022, esta institución ha iniciado un cambio cultural y organizacional, con la incorporación de la evaluación y gestión proactiva de riesgos multiamenaza en sus proyectos, así como la atención de toda aquella infraestructura vial vulnerable ante eventos hidrometeorológicos intensificados por la variabilidad y el cambio climático.

Para lo cual, en primer lugar, se oficializó una visión institucional con objetivos estratégicos y operativos dirigidos a considerar en todo el ciclo de vida de los proyectos, la evaluación y la administración del riesgo ante amenazas naturales de diferente índole. Posterior a ello, en el 2018 se elaboró el primer “Diagnóstico Integral de Riesgo para la

Red Vial Nacional”, que sirve como una radiografía donde se visualiza la problemática que por muchos años ha sufrido el país en el tema de la vulnerabilidad de su infraestructura vial ante los embates de la naturaleza, principalmente de aquellos relacionados con eventos hidrometeorológicos e hidroclimáticos. Para el año 2020, se oficializó la “Guía Metodológica para el Seguimiento, Evaluación y Gestión de Riesgo en Desastres”, metodología que sirve como un instrumento para incorporar los análisis de este tipo de riesgo en las diferentes etapas del ciclo de vida del proyecto.

Finalmente, para el año 2022, se logra concluir la elaboración de este “Plan Institucional para la Adaptación de la Red Vial Nacional ante amenazas de origen hidrometeorológico y climáticas en Costa Rica”, el cual pretende brindar una serie de medidas y acciones orientadas a la prevención de desastres y situaciones de emergencia en la infraestructura vial nacional, así como servir de herramienta para la valoración y gestión del riesgo, exclusivamente ante eventos hidrometeorológicos.

Es así, como dicho Plan conformado por seis capítulos, inicia con una descripción de la Red Vial Nacional (RVN) de Costa Rica y sus características más importantes, tales como las diferentes clasificaciones de sus rutas, su división en secciones de control; la distribución de su kilometraje según el material de la superficie de rodamiento, clase de ruta o su estado según parámetros como deflectometría (FWD) y el Índice de Regularidad Internacional (IRI), obtenidos a partir de la más reciente evaluación de la RVN pavimentada realizada por el LanammeUCR en 2018. Este capítulo tiene como fin hacer una aproximación al lector en el conocimiento de la RVN, cuya infraestructura será analizada a lo largo de este Plan desde el punto de vista de los daños en sus activos, ocasionados por eventos hidrometeorológicos e hidroclimáticos.

El Capítulo 2 muestra los principales resultados extraídos del “Diagnóstico Integral del Riesgo en la Red Vial Nacional”, realizado entre 2017 y 2018, mediante el cual se logró establecer las condiciones en que se encontraba la RVN con relación a los efectos directos o daños de distintas amenazas de índole natural, pero en especial, aquellas asociadas a eventos hidrometeorológicos, tales como lluvias intensas, ondas tropicales, tormentas tropicales y huracanes, realizando levantamientos de campo y su posterior registro en una herramienta diseñada para tal fin en Microsoft Excel®.

En el Capítulo 3, se detalla el uso de una nueva aplicación utilizada para el levantamiento de información en la RVN, que incluye el inventario de infraestructura vial vulnerable y los daños por amenazas de origen hidrometeorológico, principalmente, que permite el almacenamiento y disposición de la información recopilada en el campo en tiempo real, mediante el uso de formularios digitales, dispositivos móviles convencionales y sus recursos de posicionamiento global y cámara digital, así como el registro fotográfico georreferenciado asociado a cada daño o vulnerabilidad identificada.

El Capítulo 4 define lo que se entiende como variabilidad y cambio climático, asimismo explica los escenarios proyectados para diferentes épocas futuras y la influencia esperada de estos fenómenos en la incidencia y magnitud de eventos hidrometeorológicos que pueden afectar elementos de la infraestructura de la RVN. Adicionalmente se analizan los impactos de la variabilidad y el cambio climático en riesgos como deslizamientos, avenidas, inundaciones, y en el aumento de los niveles promedio del mar producto del deshielo ocasionado por el cambio climático y el posible efecto de esta situación en las rutas costeras. De la misma manera, se contemplan las consecuencias de escenarios secos futuros en las rutas de lastre. Una vez abordada la temática de estos riesgos, se describen conceptos relacionados con las

medidas de adaptación conocidas como blindaje de la inversión pública y se explica la estrecha relación existente entre este tipo de riesgos y el ordenamiento territorial, dado el aumento en la vulnerabilidad provocado por la falta de aplicación de políticas de este tipo en todo el territorio nacional.

El Capítulo 5 propone actualizar la “Guía Metodológica para el Seguimiento, Evaluación y Gestión de Riesgos en Desastres”, ya que este instrumento se utiliza en todos aquellos riesgos asociados con eventos naturales de diferente índole. Producto de ello, se elabora la “Metodología para la valoración y gestión de riesgos ante amenazas hidrometeorológicas”, herramienta enfocada exclusivamente en la identificación de los riesgos generados por amenazas ante eventos hidrometeorológicos intensificados por la variabilidad y el cambio climático.

Finalmente, el Capítulo 6 contempla el análisis de la información de daños y vulnerabilidad de la infraestructura vial inventariada, mediante diferentes niveles de estudio, desde lo meramente estadístico descriptivo, pasando por procesos selectivos basados en el uso de Sistemas de Información Geográfica, hasta la aplicación del criterio y las recomendaciones brindadas por un grupo de profesionales expertos representantes

de las diferentes áreas técnicas de la institución.

Gracias al aporte de este grupo de trabajo fue posible realizar un análisis consensuado de la información recopilada en campo, donde se brindaron acciones y medidas para la adaptación de la infraestructura vial ante los eventos de origen hidrometeorológico. Este mismo grupo aplicó la Metodología obtenida en el Capítulo 5, en al menos tres sitios clasificados con severidad alta, identificándose las causas y consecuencias de dicha vulnerabilidad, la probabilidad de ocurrencia de la amenaza y su impacto, así como la aplicación de medidas de control con el fin de determinar riesgos inherentes y residuales, y las recomendaciones para brindar soluciones de carácter permanente y definitivo, que permitan la reducción de la vulnerabilidad identificada.

Asimismo, se incorpora una programación de proyectos categorizados como de Alto Riesgo, algunos de ellos ya evaluados por el grupo de profesionales expertos y otros en proceso de evaluación mediante la “Metodología para la valoración y gestión de riesgos ante amenazas hidrometeorológicas”. para su posible incorporación dentro de los ejercicios presupuestarios de la Institución para su ejecución en el corto, mediano y largo plazo.

1. Caracterización de la Red Vial Nacional

La Red Vial Nacional (RVN) de Costa Rica tiene una longitud aproximada de 7 998,76 km que se distribuye en 26 % de rutas primarias (2 050,1 km), 34 % de rutas secundarias (2 751,4 km), 38 % de rutas terciarias (3 041,7 km) y 2 % de rutas de travesía (155,5 km). Cada una de estas rutas se divide en tramos llamados “secciones de control”.

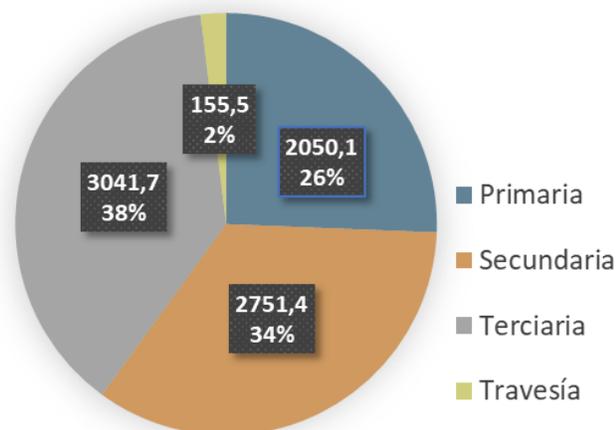
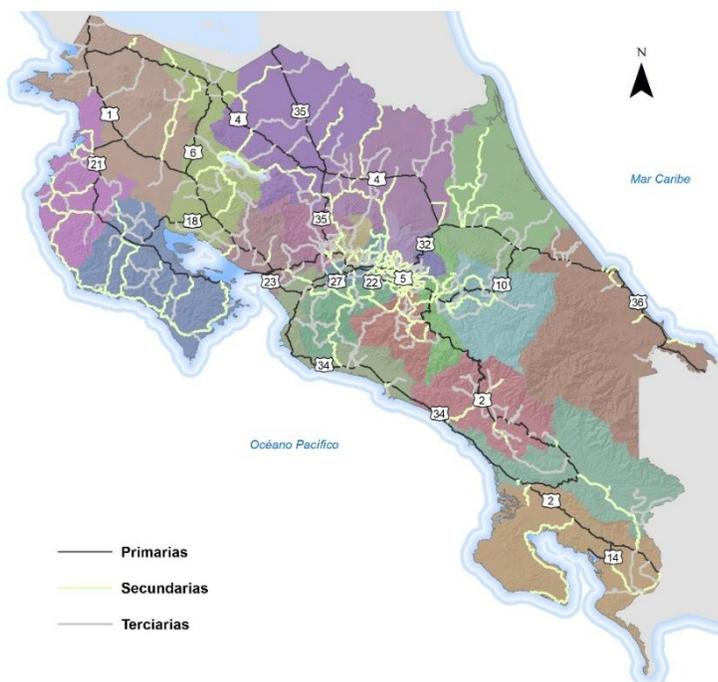


Gráfico 1. Distribución por kilometraje de la RVN según la clase de ruta.

Fuente: elaboración propia con base en el Inventario General de Carreteras y Caminos; MOPT, 2021.

Además de la RVN, en Costa Rica existe la Red Vial Cantonal que suma aproximadamente 37 877 km de caminos cantonales, cuya administración pertenece a cada una de las municipalidades de los 83 cantones del

país. La administración de la RVN corresponde al Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) en conjunto con el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI), institución encargada de la conservación y construcción de su infraestructura vial desde 1998.



Mapa 1. Distribución en el territorio de las rutas nacionales. Fuente: elaboración propia con base en el Inventario General de Carreteras y Caminos; MOPT, 2021

Para facilitar sus labores administrativas, el CONAVI utiliza la división del país en 6 regiones: Central, Chorotega, Pacífico

Central, Brunca, Huetar Atlántica y Huetar Norte, que a su vez se dividen en 22 zonas de conservación vial. El Mapa 1 muestra la distribución de las rutas nacionales y la división del territorio nacional en las 22 zonas de conservación vial

1.1 Distribución de la RVN según el PNT

Además de la clasificación de las rutas en primarias, secundarias, terciarias y de travesía, el Plan Nacional de Transportes de Costa Rica 2011-2035 del MOPT (PNT) realiza una clasificación de la importancia estratégica de cada vía para las actividades sociales y económicas del país.

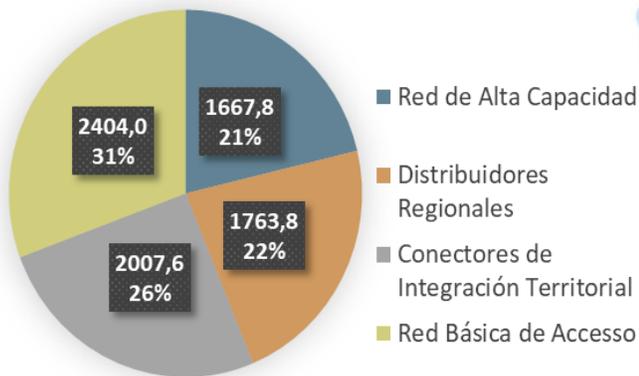
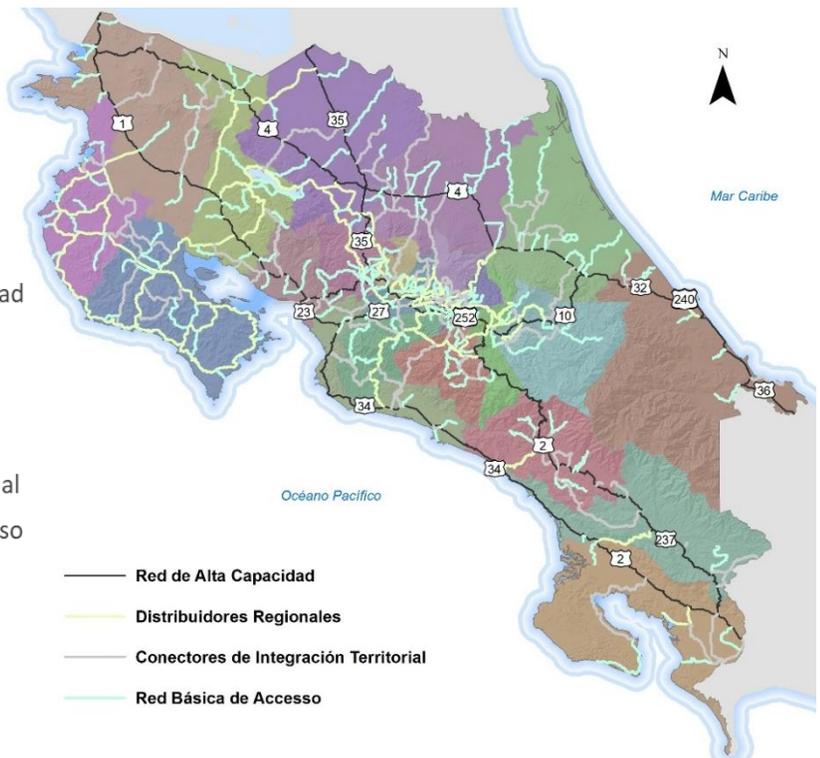


Gráfico 2. Distribución por kilometraje de la RVN según el PNT. Fuente: elaboración propia con base en el Inventario General de Carreteras y Caminos; MOPT, 2021.

Esta clasificación no se realiza por ruta, sino a nivel de sección de control, por lo que algunas rutas nacionales pertenecen

a distintas clasificaciones en algunos tramos.

El PNT divide la RVN en un grupo denominado Red Vial Estratégica (RVE) y otro denominado Red Vial Complementaria (RVC) (Figura 26). El primer grupo es el de la mayor circulación de tránsito nacional e internacional, mientras que el segundo es el responsable de la conectividad final. A la RVE pertenecen la Red de Alta Capacidad (RAC) y los Distribuidores Regionales (DR); mientras que a la RVC los Conectores de Integración Territorial (CIT) y la Red Básica de Acceso (RBA) [1].



Mapa 2. Distribución en el territorio de la RVN según el PNT. Fuente: elaboración propia con base en el Inventario General de Carreteras y Caminos; MOPT, 2021.

De acuerdo con esta clasificación, la RVN se distribuye en 21 % en la RAC (1 667,8 km), 22 % de DR (1 763,8 km), 26 % de CIT (2 007,6 km) y 31 % en la RBA (2 404 km).

1.2 Distribución de la RVN según su superficie de rodamiento

En relación con el material de la superficie de rodamiento, las secciones de control de la RVN se clasifican en “Pavimento”, “Lastre”, “Predominantemente pavimento” y “Predominantemente lastre”.

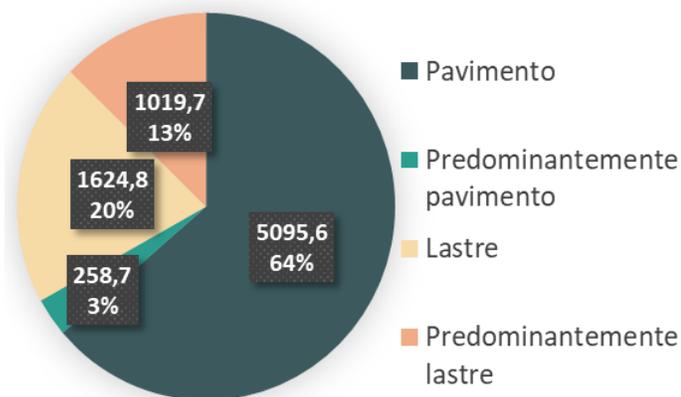
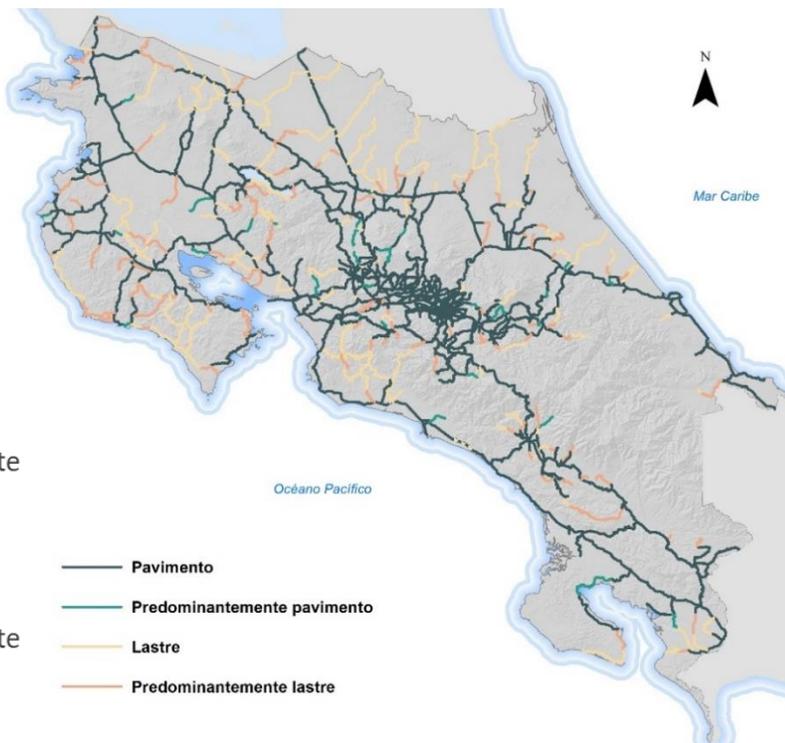


Gráfico 3. Distribución por kilometraje de la RVN según su superficie de rodamiento. Fuente: elaboración propia con base en el Inventario General de Carreteras y Caminos; MOPT, 2021.

“Predominantemente pavimento” se utiliza para los casos en que más del 50 % de su longitud se encuentra pavimentada, caso contrario, la sección de control se clasifica como “Predominantemente lastre”.

De acuerdo con esta clasificación, la RVN se divide en 64 % Pavimento (5 095,6 km), 3 % Predominantemente pavimento (258,7 km), 20 % Lastre (1 624,8 km) y 13 % Predominantemente lastre (1 019,7 km).



Mapa 3. Distribución en el territorio de la RVN según su superficie de rodamiento. Fuente: elaboración propia con base en el Inventario General de Carreteras y Caminos; MOPT, 2021.

El criterio para definir si una sección de control con una superficie de rodamiento mixta se clasifica como

1.3 Distribución de la RVN pavimentada según la clase de ruta

El 64 % de la RVN se clasifica como “Pavimento” según la superficie de rodamiento de las secciones de control. Esta fracción de la RVN se denomina “RVN pavimentada” y cuenta en total con 5 095,6 km de longitud.

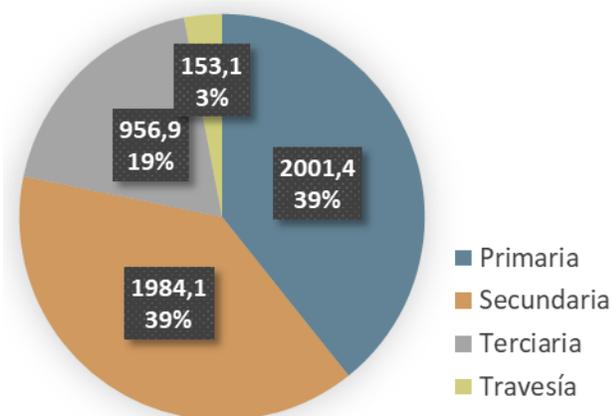
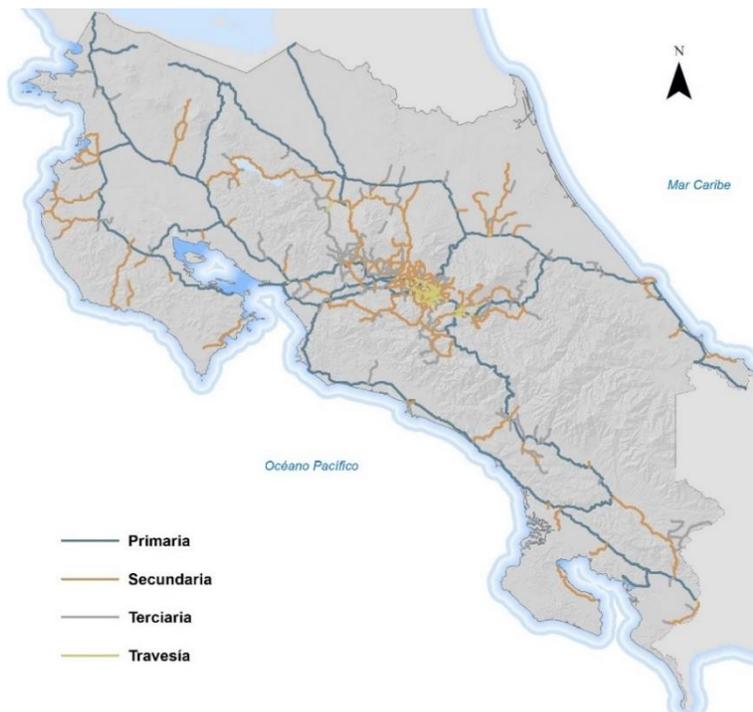


Gráfico 4. Distribución por kilometraje de la RVN pavimentada según la clase de ruta. Fuente: elaboración propia con base en el Inventario General de Carreteras y Caminos; MOPT, 2021.

Según la clase de ruta (primarias, secundarias, terciarias o de travesía), la red vial pavimentada se distribuye en un 39 % en rutas primarias (2 001,4 km), un 39 % en rutas secundarias (1 984,1 km), un 19 % en rutas terciarias (956,9 km) y un 3 % en rutas de travesía (153,1 km).



Mapa 4. Distribución en el territorio de la RVN pavimentada según la clase de ruta.

Fuente: elaboración propia con base en el Inventario General de Carreteras y Caminos; MOPT, 2021.

1.4 Distribución de la RVN de lastre según la clase de ruta

El 20 % de la RVN se clasifica como “Lastre” según la superficie de rodamiento de las secciones de control. Esta fracción de la RVN se denomina “RVN de lastre” y cuenta en total con 1 624,8 km de longitud.

Solamente rutas secundarias y terciarias forman parte de la RVN de lastre y se distribuyen en un 29 % en rutas

secundarias (471,2 km) y un 71 % en rutas terciarias (1 153,6 km).

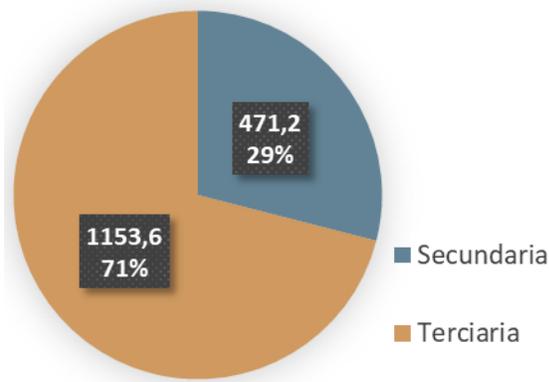


Gráfico 5. Distribución por kilometraje de la RVN de lastre según la clase de ruta. Fuente: elaboración propia con base en el Inventario General de Carreteras y Caminos; MOPT, 2021.

km), 17 % Lastre (469,83 km) y 8 % Predominantemente lastre (220,36 km).



Mapa 5. Distribución en el territorio de la RVN de lastre según la clase de ruta.

Fuente: elaboración propia con base en el Inventario General de Carreteras y Caminos; MOPT, 2021.

1.5 Distribución de la RVN secundaria según superficie de rodamiento

Como se observó en la sección anterior, la red vial de lastre según la clase de ruta se distribuye únicamente en rutas secundarias y rutas terciarias. Por lo tanto, la totalidad de las rutas primarias y rutas de travesía se encuentran pavimentadas. Luego de conocer estos datos resulta interesante analizar la distribución de la red vial secundaria y terciaria, según la superficie de rodamiento.

La red vial secundaria se divide en 72 % Pavimento (1.984,1km), 3 % Predominantemente pavimento (77,14

1.6 Distribución de la RVN terciaria según superficie de rodamiento

Por su parte, la RVN terciaria se divide en 31 % Pavimento (959,94 km), 38 % Predominantemente pavimento (1 150,72 km), 26 % Lastre (777,79 km) y 5 % Predominantemente lastre (156,23 km).

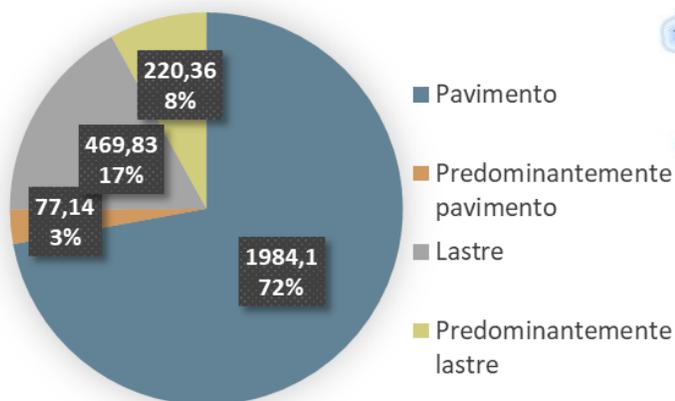
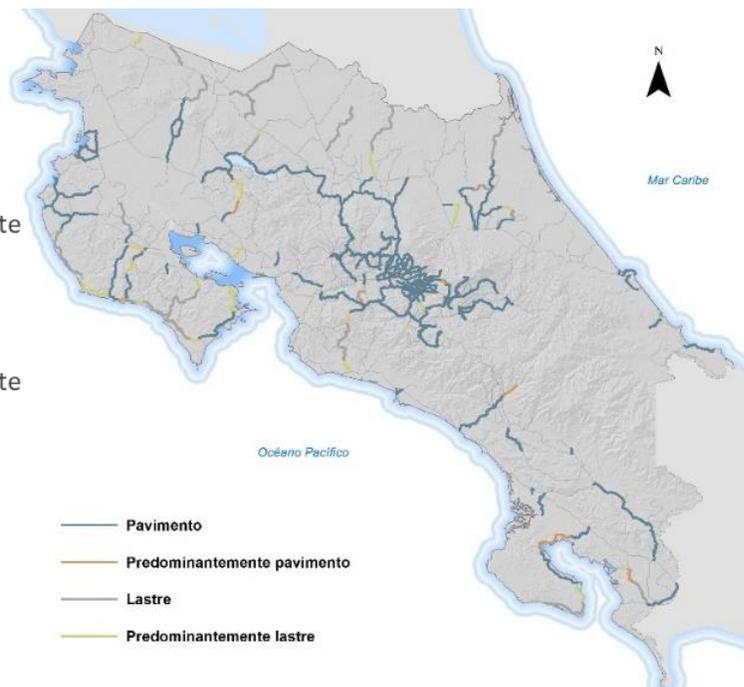
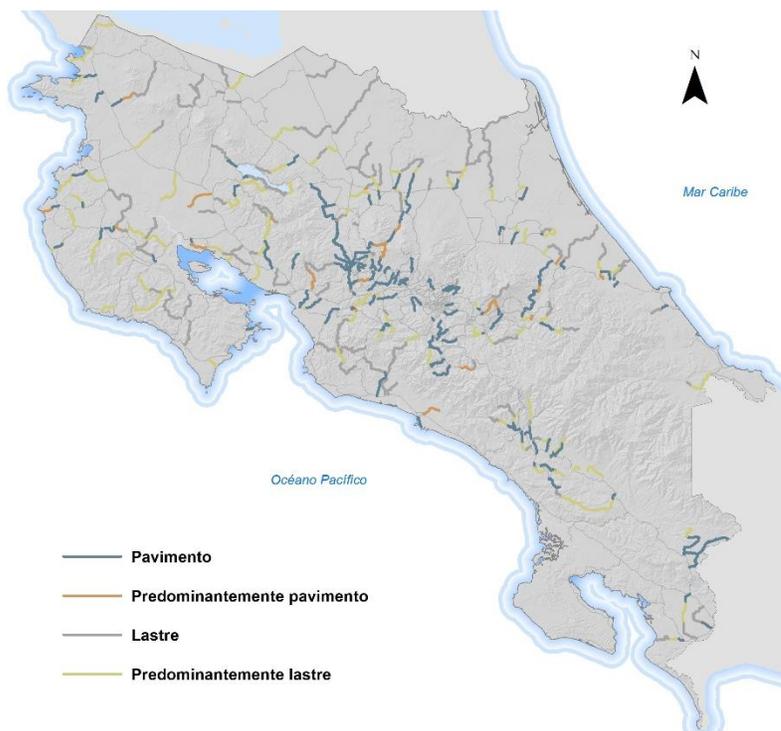


Gráfico 6. Distribución por kilometraje de la RVN secundaria según superficie de rodamiento. Fuente: elaboración propia con base en el Inventario General de Carreteras y Caminos; MOPT, 2021.



Mapa 6. Distribución en el territorio de la RVN secundaria según superficie de rodamiento. Fuente: elaboración propia con base en el Inventario General de Carreteras y Caminos; MOPT, 2021.



Mapa 7. Distribución en el territorio de la RVN terciaria según superficie de rodamiento. Fuente: elaboración propia con base en el Inventario General de Carreteras y Caminos; MOPT, 2021.

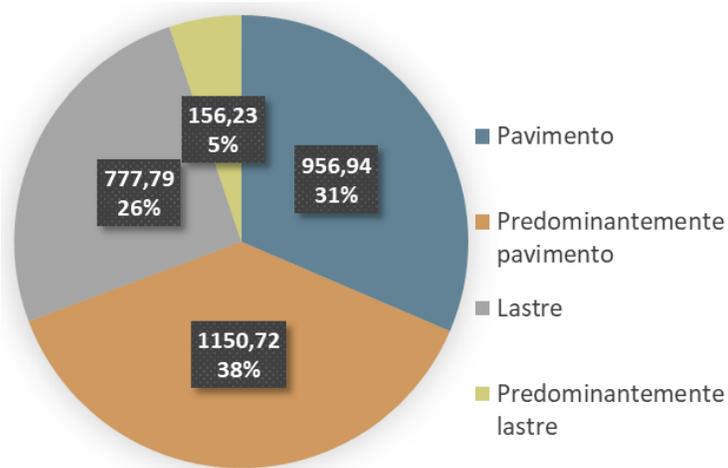


Gráfico 7. Distribución por kilometraje de la RVN terciaria según superficie de rodamiento. Fuente: elaboración propia con base en el Inventario General de Carreteras y Caminos; MOPT, 2021.

1.7 Estado de la RVN pavimentada según el IRI

Al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR) le corresponde realizar evaluaciones periódicas del estado de la RVN pavimentada que sirven como instrumentos para la gestión vial y la planificación de inversiones públicas.

El Índice de Regularidad Internacional (IRI) es uno de los indicadores más importantes de la calidad de las vías que se asocia principalmente con los costos de operación de los vehículos que transitan por las carreteras y, adicionalmente, con la sensación de comodidad de sus usuarios. Para obtener este índice se utiliza un perfilómetro láser que mide las irregularidades superficiales de las vías en m/km para compararlas con una carretera perfectamente plana con un IRI de 0 m/km [2].

El estado de una vía según su IRI se clasifica en rangos, como se observa en la Tabla 1.

La más reciente evaluación de la RVN pavimentada fue realizada por el LanammeUCR en 2018 y contempló aproximadamente 5 235,6 km de carreteras que incluyen no solamente los 5 095,6 km clasificados como “Pavimento” según su superficie de

rodamiento, sino también los tramos pavimentados de las secciones clasificadas como “Predominantemente pavimento”. Los resultados de la evaluación del estado de la RVN pavimentada según el IRI, se muestran en el Gráfico 8.

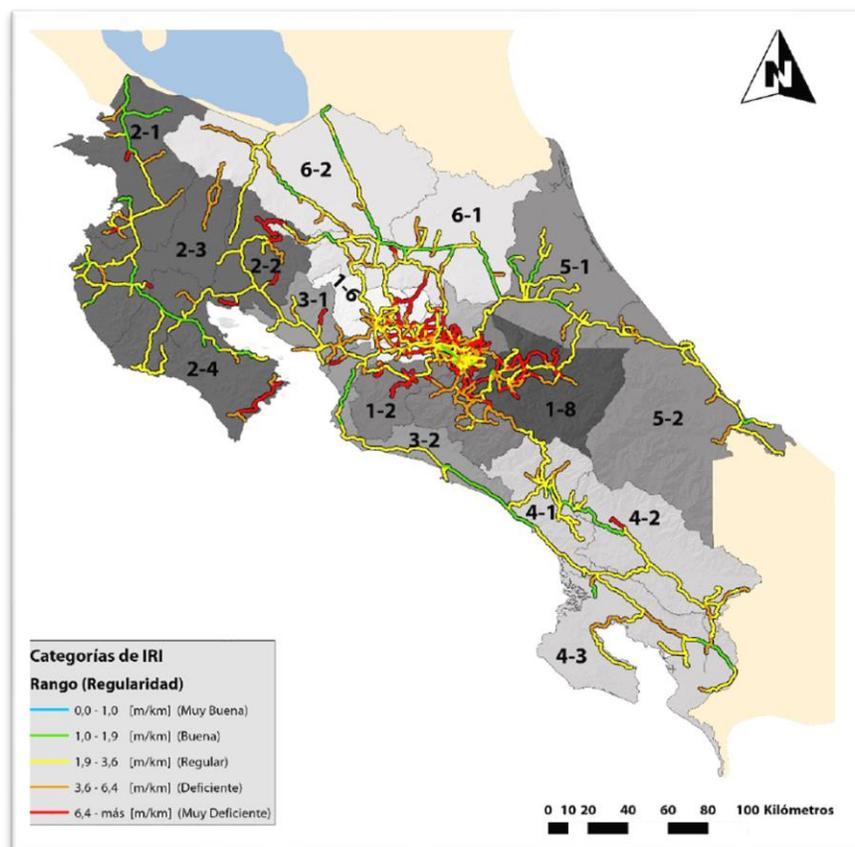
La distribución de los resultados de esta evaluación del IRI en el territorio nacional dividido en zonas de conservación vial, se muestra en el Mapa 8.

| Regularidad Superficial | (Rango de IRI) |
|-------------------------|--------------------|
| Muy buena | (0,0 - 1,0 m/km) |
| Buena | (1,0 - 1,9 m/km) |
| Regular | (1,9 - 3,6 m/km) |
| Deficiente | (3,6 - 6,4 m/km) |
| Muy deficiente | (mayor a 6,4 m/km) |

Tabla 1. Clasificación del estado de una vía según el IRI. Fuente: Informe de Evaluación de la RVN pavimentada de Costa Rica [2].



Gráfico 8. Estado de la RVN pavimentada según el IRI, evaluación de 5 235,6 km en 2018. Fuente: Informe de Evaluación de la RVN pavimentada de Costa Rica [2].



Mapa 8. Clasificación del IRI en la RVN pavimentada a partir de evaluación de 2018.
Fuente: Informe de Evaluación de la RVN pavimentada de Costa Rica [2].

La distribución de los resultados de esta evaluación del IRI en el territorio nacional dividido en zonas de conservación vial, se muestra en el Mapa 8.

1.8 Estado de la RVN pavimentada según su capacidad estructural obtenida mediante FWD

Las evaluaciones periódicas de la RVN pavimentada contemplan la capacidad

estructural de las carreras a partir de las mediciones de deflexiones superficiales obtenidas al someter al pavimento a una fuerza que simula cargas de tránsito utilizando un deflectómetro de impacto (*Falling Weight Deflectometer* o *FWD*). De esta manera se infiere la capacidad soportante del pavimento y su vida útil remanente [2].

Al igual que con el IRI, los niveles de deflexión superficiales se evaluaron utilizando el FWD en 5 235,6 km de la RVN pavimentada. La clasificación según estos niveles en “Bajas”, “Moderadas”

“Altas” y “Muy altas” (donde lo favorable es obtener deflexiones bajas), se realizó en función del Tránsito Promedio Diario (TPD) de cada sección de control para representar las condiciones reales de uso de las vías de la manera más fidedigna posible [2]. Esta clasificación se muestra en la Tabla 2.

Los resultados de la evaluación del estado de la RVN pavimentada mediante FWD, se muestran en el Gráfico 9.

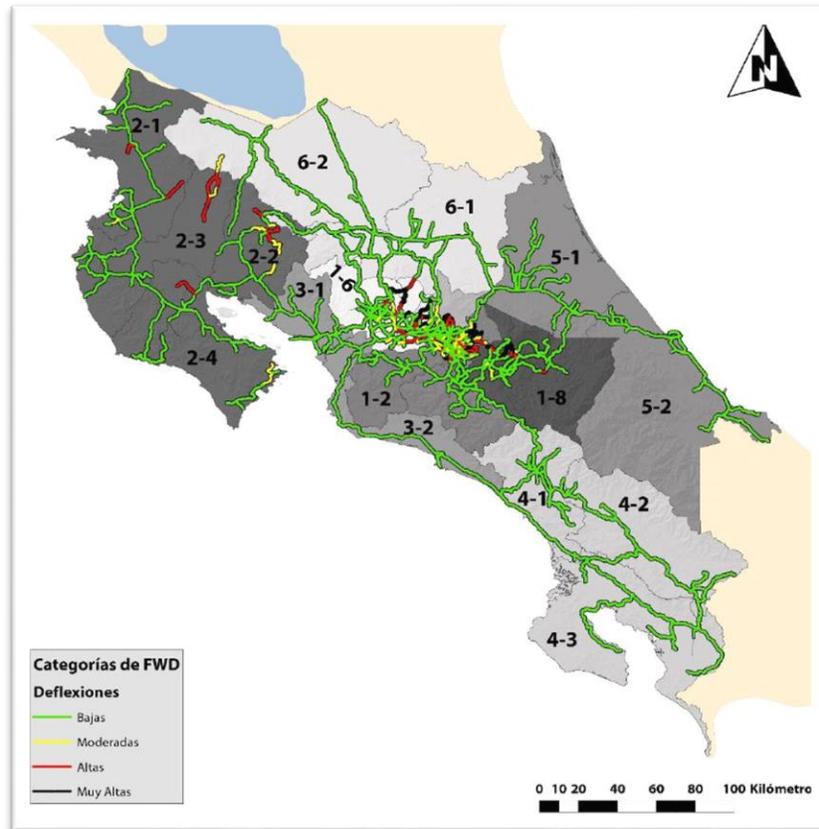
La distribución de los resultados de esta evaluación a partir del FWD en el territorio nacional dividido en zonas de conservación vial, se muestra en el Mapa 9.

| TPD (Tránsito Promedio Diario) | menor a 5 000 vpd ⁴ | 5 000 – 15 000 vpd | 15 000 – 40 000 vpd | Casos Especiales ⁵ |
|--------------------------------|------------------------------------|--------------------|---------------------|-------------------------------|
| | TPD Bajo | TPD Moderado | TPD Alto | Especiales |
| Categorías de deflexión | Rangos (en mm x 10 ⁻³) | | | |
| Bajas | menor a 7,65 | menor a 7,08 | menor a 5,92 | menor a 4,85 |
| Moderadas | 7,65 – 8,85 | 7,08 – 8,33 | 5,92 – 6,94 | 4,85 – 5,76 |
| Altas | 8,85 – 11,57 | 8,33 – 11,29 | 6,94 – 9,52 | 5,76 – 8,08 |
| Muy altas | mayor a 11,57 | mayor a 11,29 | mayor a 9,52 | mayor a 8,08 |

Tabla 2. Rangos de deflexión según TPD, utilizados para clasificar resultados de FWD
Fuente: Informe de Evaluación de la RVN pavimentada de Costa Rica [2].



Gráfico 9. Estado de la RVN pavimentada según resultados de FWD, evaluación de 5 235,6 km en 2018.
Fuente: Informe de Evaluación de la RVN pavimentada de Costa Rica [2].



Mapa 9. Categorías de deflexiones (FWD) en la RVN pavimentada a partir de evaluación de 2018.
Fuente: Informe de Evaluación de la RVN pavimentada de Costa Rica [2].

2. Diagnóstico Integral del Riesgo en la Red Vial Nacional.

2.1 Antecedentes

En el año 2017 el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI), inicia con la elaboración de un informe que permitió diagnosticar las condiciones en que se encontraba la Red Vial Nacional (RVN) con relación a los efectos directos o daños de distintas amenazas de índole natural, pero en especial, aquellas asociadas a eventos hidrometeorológicos, tales como lluvias intensas, ondas tropicales, tormentas tropicales y huracanes.

La elaboración de este diagnóstico parte a raíz del cumplimiento de políticas asociadas a la gestión del riesgo en Costa Rica, vinculadas a la Ley Nacional de Emergencias y Prevención del Riesgo N.º 8488. Es así como, en aras de cumplir con las normativas del Plan Nacional de Gestión de Riesgo 2016-2020 (PNGR), de la Comisión Nacional de Emergencias (CNE), y disposiciones de la Contraloría General de La República (DFOE-IFR-IF-02-2017), en la que se indicaba que las instituciones públicas deben implementar mecanismos y estrategias para salvaguardar toda aquella inversión vulnerable ante eventos que produzcan

algún grado de riesgo, se elabora el análisis de las condiciones actuales de las rutas nacionales y el impacto de los fenómenos naturales directos sobre estas.

Dentro del ámbito de la Reducción del Riesgo del PNGR, se ubica la acción estratégica “A1.16.3. Programas de mantenimiento y renovación de estructura física”, cuya meta se indica en la Tabla 3 [\[3\]](#).

Como parte de los insumos logrados durante el año 2017, se elaboró una herramienta -ya que no existía algo similar en la institución-, para la recolección de datos, con el propósito de realizar un levantamiento de los daños en infraestructura general. Esta herramienta consistió en una hoja de cálculo del programa Microsoft Excel®, programada con macros y listas desplegables en las que, el inspector de campo, podía recolectar la información en el sitio del evento, con una serie de parámetros evaluativos, así como la localización del daño mediante la obtención de coordenadas geográficas, quedando así la evidencia de un daño para un sitio en

| Lineamiento | Acción Estratégica | Meta | | |
|---|--|--|-------------|---|
| | | Descripción | Periodo | Producto esperado |
| <p>Ámbito de gestión: reducción del riesgo.</p> <p>Lineamiento 16: Protección de la Inversión en Infraestructura.</p> | <p>A1.16.3. Programas de mantenimiento y renovación de infraestructura física.</p> | <p>Diagnóstico integral del riesgo de la red vial nacional y cantonal.</p> | <p>2017</p> | <p>A1.16.3.2. Un informe de la condición de riesgo presente de la red vial nacional y cantonal.</p> |

Tabla 3. Meta a cargo del CONAVI, en cumplimiento a lo dispuesto en el PNGR.

Fuente: Tomado de la “Matriz 1: Ámbito de gestión: Reducción del riesgo. Delimitación de acciones estratégicas, metas y responsables” [3].

específico determinado sobre una ruta nacional.

Esta herramienta conllevó un proceso de análisis previo antes de ser puesta en marcha su aplicación en el campo. Para este análisis se contó con un grupo multidisciplinario de especialistas en ingeniería propios del CONAVI, involucrando las áreas de mantenimiento y conservación de las rutas nacionales, inspección de puentes, alcantarillas y sistemas de drenajes, y geotecnia.

Como último paso, se definen una serie de capacitaciones con la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes del CONAVI, la cual asume el rol de campo e inspección de obras, así como la atención de emergencias, entre otras. En estas sesiones se involucran tres actores claves en el ámbito de la conservación de toda la RVN de Costa Rica: Directores Regionales, Ingenieros de Zona y Administradores Viales. De acá, se da la

orden de inicio para el levantamiento y registro de daños en todas las rutas nacionales.

Para mayor consulta, se puede acceder directamente al documento descrito, el “Diagnóstico Integral del Riesgo de la Red Vial Nacional” [4], elaborado por la Dirección de Planificación Institucional del CONAVI en 2018, mediante el siguiente enlace:

<https://conavi.go.cr/documents/20126/100352/Diagnostico+Integral+del+Riesgo.pdf/309b6a11-1d58-7c91-9f80-f75c0782453e?t=1571413035547>.

2.2 Situación acontecida en el año 2017

Tal y como se manifestó en el apartado anterior, durante el año 2017, se creó la herramienta para el registro de daños en infraestructura vulnerable sobre la RVN.

Justamente, en ese mismo año, el país se vio afectado por un gran evento hidrometeorológico conocido como la **Tormenta Tropical Nate**. Dicho fenómeno natural, ocasionó, además de víctimas mortales y cuantiosas pérdidas económicas, una gran cantidad de daños sobre las rutas nacionales.

En la Tabla 4 se muestran los montos de inversión realizados por el CONAVI, durante los últimos 4 eventos de gran importancia que se han presentado en el país, incluida la Tormenta Tropical Nate.

Como se puede observar, la Tormenta Tropical Nate, ocurrida en octubre 2017, tuvo un monto de inversión de ₡ 31 442 718 419,34, que, hasta ese momento había sido el más alto en cuanto a ejecución presupuestaria realizada por la institución para la atención de la emergencia. Es importante mencionar que, algunas de las obras realizadas para contrarrestar los impactos negativos de un evento de gran magnitud consisten en: reapertura de rutas por colapso de taludes

(escombros de materiales rocas y árboles), limpiezas de alcantarillas, reconstrucción de tramos de carreteras, reconstrucción de puentes, construcción de rellenos, instalación de puentes modulares y cualquier otro tipo de obra que se requiera para dar continuidad con el servicio de transitabilidad vehicular.

Por lo tanto, queda evidenciado que aplicar la herramienta durante ese periodo fue verdaderamente atinente, ya que se utilizó un insumo que hasta en ese instante la institución no tenía, se desconocía una respuesta de funcionamiento tanto en la parte metodológica para la obtención de la información como en la predisposición de hacer el levantamiento de campo por parte de equipo de ingenieros de zona; esto en función de que dichos actores deben atender y priorizar en sus labores específicas que abordan la atención de un evento imprevisible, y que, por fortuna se contó con el valioso apoyo.

| Evento | Fecha | Monto (miles de millones) |
|-------------------------|----------------|---------------------------|
| Huracán Rina | Octubre 2011 | ₡ 5,093,541,035.00 |
| Sistema de baja presión | Julio 2015 | ₡ 7,191,235,731.57 |
| Huracán Otto | Noviembre 2016 | ₡ 11,590,540,508.23 |
| Tormenta Tropical Nate | Octubre 2017 | ₡ 31,442,718,419.34 |
| Total | | ₡ 55,318,035,694 |

Tabla 4. Resumen de los montos estimados de obras para la atención de daños en la RVN de Costa Rica por imprevisibilidad. CONAVI. Fuente: Reportes de daños por evento de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, 2011-2017.

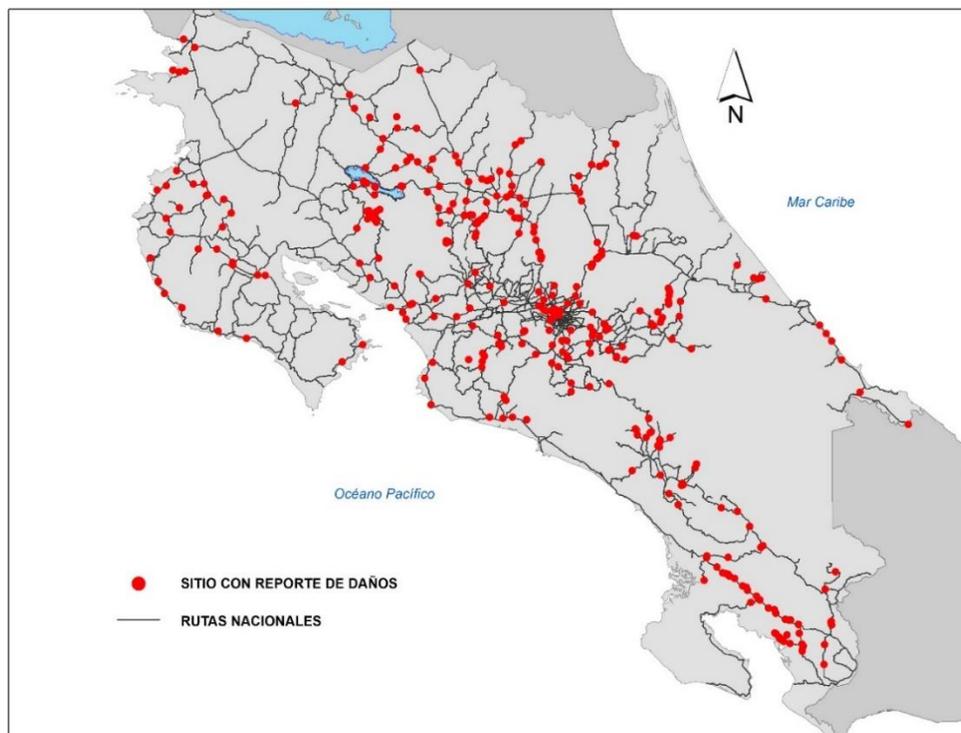
2.3 Resultados obtenidos

Se registró un total de 442 sitios en todo el territorio costarricense en los que se presentaron daños sobre alcantarillas, carreteras y puentes. El Mapa 10, muestra una imagen de la dispersión de registros por la afectación directa de la Tormenta Tropical Nate en todas las rutas nacionales.

La herramienta como insumo innovador arroja resultados muy interesantes, ya que fue posible reconocer nuevos sitios vulnerables influenciados por las condiciones hidrometeorológicas extremas e imperantes durante los meses finales del año 2017. Además, también se registraron aquellos sitios donde

comúnmente se presenciaba algún tipo de daño, de menor severidad, pero recurrentes año tras año por condiciones climáticas normales de la época lluviosa en el país. Es importante mencionar que, los efectos directos e indirectos de un gran macro evento hidrometeorológico como un temporal de lluvias fuertes, frentes fríos, depresiones u ondas tropicales, tormentas tropicales y huracanes, pueden generar impactos negativos en la RVN tales como:

- Deslizamientos y derrumbes.
- Hundimientos.
- Pérdida de cunetas, cordón de caño, calzada y puentes.
- Saturación de suelos e inestabilidad de taludes.



Mapa 10. Dispersión de registros por la afectación directa de la Tormenta Tropical Nate. Fuente: elaboración propia con datos de la herramienta aplicada en el año 2017, CONAVI.

- Saturación de alcantarillas.
- Socavación en carreteras y puentes.

En la Tabla 5, se presenta un recuento de las principales rutas nacionales que fueron reportadas con 10 o más eventos que provocaron daños significativos.

Con respecto a esa misma tabla, es posible observar que la Ruta Nacional N.º 2 fue la más afectada con un total de 36 daños. Geográficamente, esta ruta recorre prácticamente la mitad de Costa Rica, partiendo de la capital San José hasta la frontera con Panamá en el puesto fronterizo de Paso Canoas. Las características topográficas de la misma son muy variables, pues sufre un cambio abrupto de elevación a tal punto de que es posible transitar por divisorias de aguas cerca de los 3 500 msnm hasta pocos metros sobre el nivel del mar.

Dicha Ruta Nacional N.º 2, también atraviesa unas de las regiones de Costa Rica con mayor “sensibilidad” climática. Esta zona es conocida como la Región Brunca (Zona Sur), que se encuentra mayormente influenciada por la Zona de Convergencia Intertropical del planeta, donde confluyen y fluctúan las masas de aire del hemisferio norte y sur en el océano Pacífico, provocando bajas presiones e inestabilidades atmosféricas.

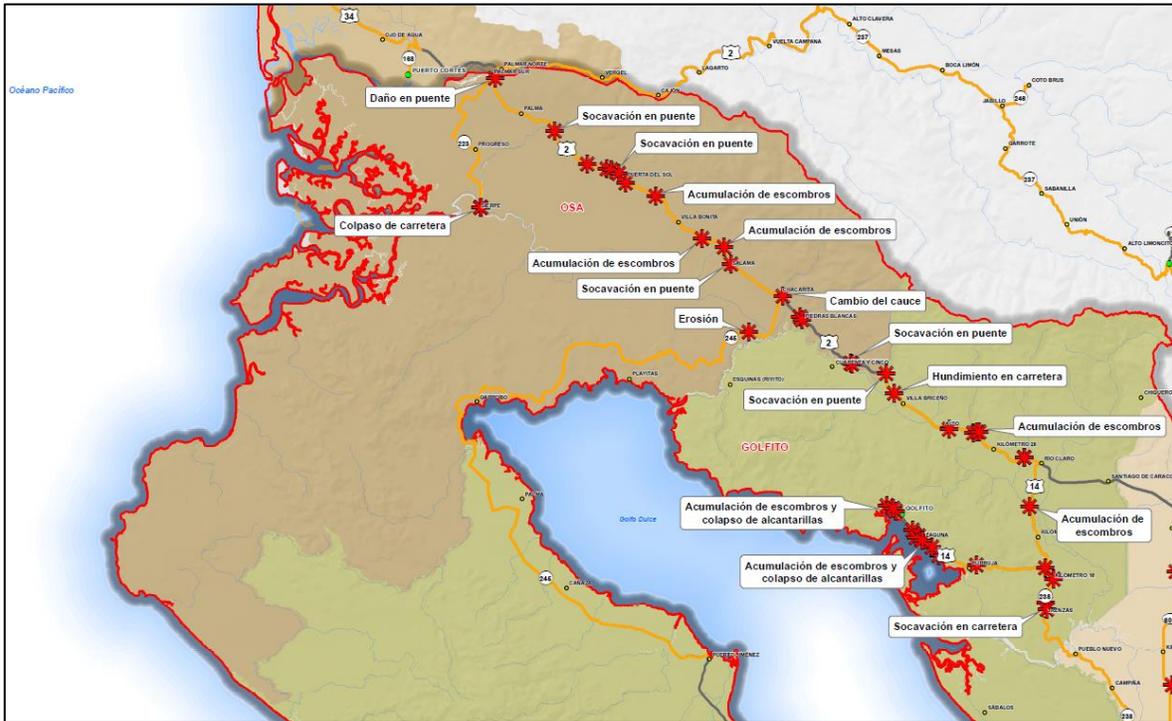
Asimismo, cuando existen eventos ciclónicos en el mar Caribe, el arrastre de humedad transitorio del Pacífico al Caribe

que ocurre por esta zona es muy alto pudiendo ocasionar lluvias intensas durante varias horas al día.

| Ruta Nacional | Recuento de Daños |
|---------------|-------------------|
| 1 | 12 |
| 2 | 36 |
| 14 | 14 |
| 32 | 13 |
| 126 | 10 |
| 160 | 10 |
| 239 | 13 |
| 415 | 13 |

Tabla 5. Rutas nacionales con mayor recuento de daños reportados en la herramienta para finales del año 2017. Fuente: Elaboración propia con datos de la herramienta aplicada en el año 2017, CONAVI.

Debido a esta condición, la Región Brunca es afectada por una gran cantidad de eventos principalmente hidrometeorológicos año tras año; sin embargo, asociado a esta influencia climática se desencadenan otras amenazas recurrentes tales como deslizamientos, inundaciones, hundimientos, avalanchas por crecida súbita de los ríos, saturación de suelos, colapso de alcantarillas, entre otras. Un ejemplo de esto, fue la gran cantidad de daños reportados sobre el tramo que va desde Palmar Sur hasta la intersección con la Ruta Nacional N.º 14 hacia Golfito (observar Mapa 11).



Mapa 11. Daños reportados sobre el tramo que va desde Palmar Sur hasta la intersección con la Ruta Nacional N°14 hacia Golfito. Fuente: elaboración propia con datos de la herramienta aplicada en el año 2017, CONAVI.

La Ruta Nacional N.º 2, según el Plan Nacional de Transporte de Costa Rica, vigente para 2011-2035 (PNT), está categorizada como una ruta estratégica y está ubicada dentro de la Red de Alta Capacidad (RAC), esto quiere decir que el grado de importancia que tiene es realmente significativo debido a que no solamente es una ruta internacional que conecta con límite fronterizo con Panamá, sino que también posee una característica comercial y de tráfico de mercancías muy particular a diferencia de las otras rutas nacionales del País.

En octubre de 2017 se registraron daños como los que se observan en la Figura 1. En este caso, el evento se produjo a causa de una avalancha del río Grande de

Térraba (cuenca más grande del país), el cual ocasionó una acelerada erosión lateral y sucesivamente, inestabilidad y pérdida del talud hasta el punto de



Figura 1. Socavación en la Ruta N°2 por avalancha en el río Grande de Térraba. Fuente: CRhoy.com, octubre 2017.

colapsar un tramo de la calzada de la carretera generando la pérdida prácticamente total de la sección. Por ello, su pronta intervención en un estado de emergencia país, es necesaria.

Con base en la Tabla 6, otras de las rutas nacionales que se pueden citar y que son frecuentemente afectadas por eventos hidrometeorológicos, están:

- Ruta N.º 32, sector del Parque Nacional Braulio Carrillo. Afectada principalmente por deslizamientos y derrumbes.
- Ruta N.º 14, en el tramo próximo a llegar a la comunidad de Golfito. Es afectada por desbordamiento de las quebradas y canales de riego para los cultivos, lo que provoca acumulación de escombros y otros materiales.
- Ruta N.º 239, en el tramo que va desde Santiago de Puriscal hasta Parrita. Al ser una carretera con características montañosas, se generan deslizamientos, derrumbes y hundimientos, así como pérdidas parciales de la calzada.
- Ruta N.º 415, en el tramo entre las localidades de Pascua y La Alegría. Afectada por derrumbes y hundimientos en la calzada.

La Tabla 6 muestra el recuento de daños para cada una de las estructuras principales que componen la RVN, reportadas con la herramienta.

En general, se puede afirmar que la estructura que se vio más afectada ante los efectos directos e indirectos de la Tormenta Tropical Nate en el año 2017, fue la carretera con un total de 323 reportes.

| Estructura | Recuento de daños |
|----------------------|-------------------|
| Alcantarilla Mayor | 28 |
| Carretera | 323 |
| Puente | 79 |
| Varias estructuras | 12 |
| Total general | 442 |

Tabla 6. Estructuras con mayor recuento de daños reportados en la herramienta para finales del año 2017. Fuente: elaboración propia con datos de la herramienta aplicada en el año 2017, CONAVI.

Es importante mencionar algunos de los elementos de la carretera que comúnmente son afectados ante un evento extremo, los cuales pueden ser calzada en general, cuneta o cordón de caño y rellenos. En estos casos, se puede percibir pérdida parcial o total. Un ejemplo claro de esta situación, se presentó en el sector de La Cangreja de la Ruta Nacional N.º 2, Cerro de La Muerte, donde hubo un deslizamiento que colapsó la vía. Esta situación se presentó por condiciones de saturación del suelo tras la cantidad de lluvia precipitada días antes en este sitio.

A nivel nacional, los daños en carreteras fueron cuantiosos dándose una particularidad de que en las zonas montañosas se presentaron eventos similares al identificado anteriormente.



Figura 2. Deslizamiento en el sector de La Cangreja de la Ruta Nacional N.º 2, Cerro de La Muerte. Fuente: La Nación, octubre 2017

En tanto, en las zonas de llanura se presenciaron inundaciones, principalmente. En este periodo de levantamiento de información hubo una limitación de acceso en algunos sitios por estas condiciones descritas.

Por otro lado, los puentes fueron el segundo tipo de estructura con mayor afectación. En total se registraron 79 puentes con algún tipo de daño. La afectación en este tipo de estructura es bastante compleja, pues como bien se sabe un puente está compuesto por varios elementos que, al verse afectado significativamente uno solo, podría impactar al resto de la estructura o su servicio de paso para el que fue hecho.

Para efectos de esta herramienta, se realizó un listado de aquellos elementos de un puente que normalmente se ven comprometidos ante una situación de

amenaza. Como en este caso, la información recabada consistió específicamente a causa de los hechos por una situación hidrometeorológica extrema muy puntual como lo fue la Tormenta Tropical Nate, dichos eventos se traducían bajo una condición hídrica en varios de los sitios de los puentes como avalanchas y crecidas repentinas de los caudales de los ríos, afectando considerablemente muchas de estos componentes.

En la Figura 3, se muestra el listado de las partes que componen los puentes, identificadas en la Herramienta. Es importante mencionar que, este listado fue analizado y validado por los especialistas del área de Diseño de Vías y Puentes del CONAVI.

En la Figura 3, se muestra el listado de las partes que componen los puentes, identificadas en la Herramienta. Es importante mencionar que, este listado fue analizado y validado por los especialistas del área de Diseño de Vías y Puentes del CONAVI.

Un ejemplo de afectación a esta estructura, se presentó en la Ruta Nacional N.º 237, igualmente en la zona Sur de Costa Rica. Este puente presentó la pérdida y colapso total de uno de los rellenos de aproximación, el cual fue considerado de magnitud severa dado que cortó la comunicación total de la ruta (ver Figura 4.)

En el momento en que se reportó el daño, el nivel del caudal del río se ubicaba a pocos metros de la calzada del puente. Nótese la diferencia del nivel de las aguas en ambas fotografías.

Durante el desarrollo de un evento hidrometeorológico extremo, ya sea en cualquier condición, temporal, onda tropical, depresión o tormenta tropical y huracán, siempre se dará un aporte de aguas bastante alto al sistema hidrográfico. Este factor hace que, tanto la escorrentía o aguas superficiales, como afluentes y quebradas “disparen” el caudal del cauce principal, lo que ocasionan las típicas avalanchas o avenidas torrenciales.

| Puentes | | | |
|------------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------------|
| Apoyos | Bastiones | Elementos_proteccion | Márgenes |
| Deformación | Acumulación escombros | Agrietamiento | Agrietamientos |
| Desplazamiento | Agrietamiento | Colapso | Cambio alineamiento cauce |
| Falla de llave sísmica | Colapso | Hundimiento | Desprendimientos |
| Inclinación | Hundimiento | Socavación | |
| Pérdida de pernos o remaches | Inclinación | | |
| | Socavación | | |

| Pilas | Relleno_aproximación | Superestructura | Pasarela_peatonal |
|-----------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Acumulación escombros | Acumulación escombros | Acumulación escombros | Acumulación escombros |
| Agrietamiento | Agrietamiento | Agrietamiento estructural | Agrietamiento estructural |
| Colapso | Colapso | Colapso | Colapso |
| Falla elemento acero | Erosion | Desplazamiento | Desplazamiento |
| Hundimiento | Hundimiento | Falla elemento acero | Falla elemento acero |
| Inclinación | Pérdida parcial relleno | Hundimiento | Hundimiento |
| Socavación | Socavación | | Socavación |

Figura 3. Listado de daños o deterioros en función de los elementos que constituyen un puente. Fuente: Diagnóstico Integral del Riesgo en la Red Vial Nacional de Costa Rica, CONAVI-2018.



Figura 4. Puente sobre el río Grande de Térraba, durante y posterior la emergencia asociada a la Tormenta Tropical Nate. Fuentes: CRHoy y La Nación de octubre de 2018, respectivamente.

En este caso, el puente en la Ruta Nacional N.º 237, se ubica justamente en un sitio donde comienza el río principal, el cual se alimenta de afluentes que bajan de la cordillera de Talamanca, la cadena montañosa más alta de Costa Rica.

Este aumento súbito en el nivel de las aguas puede ocasionar arrastre de materiales de gran tamaño como rocas angulares o cantos rodados, árboles o troncos, y cualquier otro tipo de escombros que, al interactuar directamente con un incremento en la velocidad de las aguas, actúan como “proyectiles” impactando fuertemente sobre la estructura ocasionando daños en los diferentes elementos del puente. En este caso del ejemplo, claramente los rellenos de aproximación fueron los que tuvieron un mayor impacto negativo.

La Gerencia de Conservación de Vías y Puentes del CONAVI, evaluó la situación presentada y se tomaron las acciones del caso para atender y solventar lo más pronto posible el daño registrado.

Volviendo a la Tabla 6 de estructuras afectadas, en un último grupo se encuentran las alcantarillas mayores con un total de 28 reportes. Este tipo de estructura presentó en su mayoría daños por un exceso en la capacidad, así como el colapso y pantallas de protección.

A continuación, se presentan los principales daños reportados que se registraron durante el acontecimiento de la Tormenta Tropical Nate, en octubre de 2017. Dichos daños están función al levantamiento de información con la herramienta.

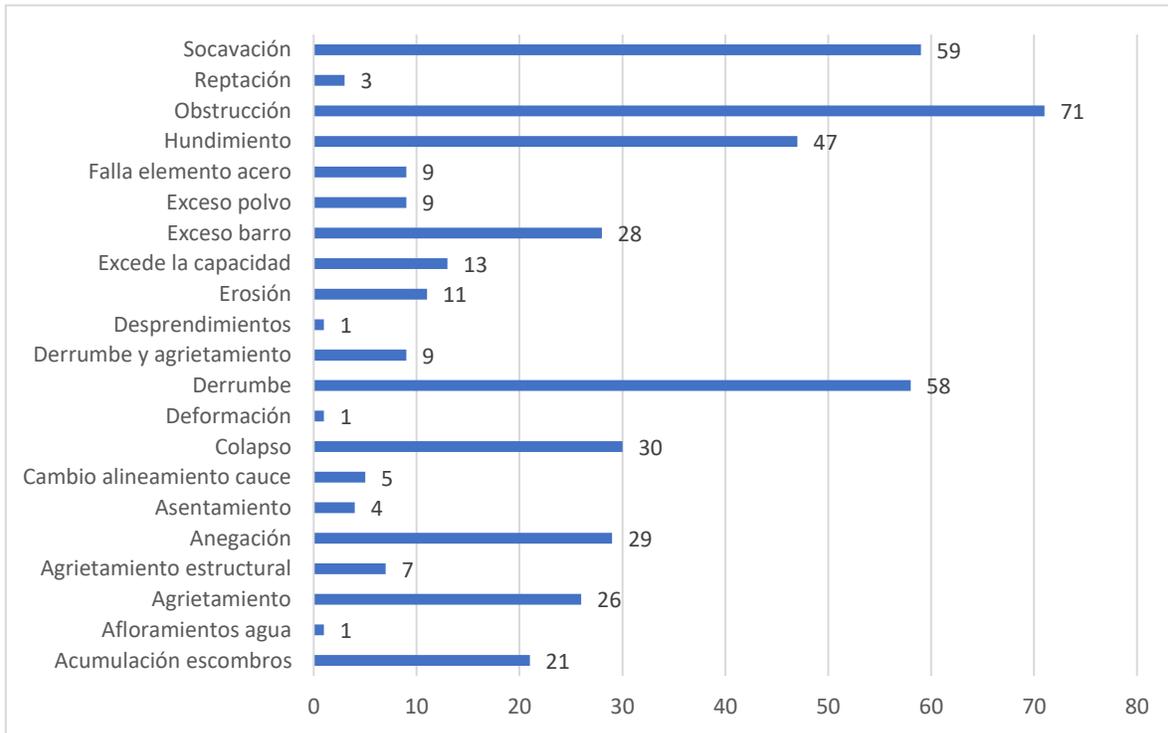


Gráfico 10. Principales daños reportados en la herramienta, año 2017.

Fuente: Elaboración propia con datos de la herramienta aplicada en el año 2017. CONAVI.

Para finales de 2017, el principal daño reportado fue la obstrucción. Este tipo de situación se presentó generalmente en alcantarillas y sistemas de drenaje; sin embargo, es algo que fácilmente puede presentarse en cunetas y en la calzada, elementos que son parte de la carretera. Por dicha razón es que, en la Tabla 6 de estructuras con mayor recuento de daños, es precisamente la carretera la de mayor cantidad de reportes de daños.

La obstrucción en alcantarillas y carreteras suele darse por distintas razones, pero una de ellas en especial es por un factor antrópico. En este caso la basura que, al desecharse de una manera incorrecta, tapa las baterías o cordones

de caño por donde circula el agua bajo condiciones normales. Esta situación es muy perceptible mayoritariamente en zonas urbanas.

Otra situación que suele darse con la obstrucción es por la acumulación de escombros, tales como árboles (troncos, ramas y hojas), rocas y piedras, lodo o barro, hecho que sucede mayoritariamente en zonas rurales.

La Figura 5, muestra claramente un ejemplo de lo indicado. En este caso, se presenta la obstrucción de una alcantarilla sobre la quebrada Vainilla, Ruta Nacional N.º 160, esto bajo los efectos de la Tormenta Tropical Nate, octubre 2017.

Nótese la gran acumulación de troncos, ramas y otros consolidados de materiales como barro y piedras.



Figura 5. Obstrucción de alcantarilla en la quebrada Vainilla, Ruta Nacional N.º 160.
Fuente: CONAVI.

Entre otros de los principales daños reportados están:

- Socavación: generalmente presente en zonas donde hay ríos o quebradas cerca, ya sea donde esté situada una carretera o rellenos de aproximación de un puente u otro elemento en particular de este último como los bastiones.
- Derrumbes: a diferencia de un deslizamiento, un derrumbe puede presentarse en una escala menor, magnitud, intensidad o impacto. Los derrumbes suelen identificarse como pequeñas porciones de tierra o escombros que se desprenden de una ladera y que caen por encima de la calzada. Esto hace que la acumulación de material pueda afectar al tránsito y causar obstrucción al cordón de caño.

- Hundimiento: normalmente fueron asociados con asentamientos en carretera por saturación excesiva de humedad del terreno. La principal señal se dio cuando el nivel de carretera se hundió unos centímetros por debajo; sin embargo, el flujo vehicular siempre se puede dar en caso de que las condiciones así lo permitan.

Es importante mencionar que, de los registros o daños presentados en general para todo país, el CONAVI ejecuta programas de atención e intervención inmediata, ya sea a través de decretos de la CNE o mecanismos de imprevisibilidad. Estas labores se brindan a través de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, la que dentro de su presupuesto intervino con los montos mostrados en el siguiente mapa, donde la Zona Sur de Costa Rica incluye los montos más elevados (más rojos).

El Mapa 12, presenta las inversiones realizadas por el CONAVI para la atención de la emergencia ante la Tormenta Tropical Nate. Dichos montos tuvieron cierre o corte al 30 de noviembre de 2017 y solo están considerados aquellos frentes de trabajo realizados por la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes.

Como se puede apreciar, el mapa está dividido en las 22 zonas de conservación vial. Cada una de éstas posee un color rojizo respectivo, esto quiere decir que, entre más oscuro, mayor fue la inversión

realizada. Por ejemplo, las zonas 4-2 y 4-3 (Región Brunca) muestran un color rojo intenso lo que significa que, además de sugerir que tuvo la mayor afectación, es de las zonas de Costa Rica que presenta mayor vulnerabilidad en cuanto a infraestructura se refiere, tal y como algunos de los casos que se han mostrado como ejemplos en los análisis anteriores.

La información que se deriva para realizar estos mapas proviene directamente de campo tras evaluaciones hechas por los ingenieros de zona y administradores viales, los cuales determinan las obras necesarias a ejecutar. Asimismo, se realiza una inversión inmediata en cuanto remoción de derrumbes y deslizamientos para restablecer con prontitud la transitabilidad por las rutas nacionales afectadas con esta condición.

Cabe mencionar que, hubo zonas donde la incidencia o los daños fueron menores y otras donde no se presentaron inversiones. Para estos casos se puede indicar respectivamente que, los efectos de la Tormenta Tropical Nate fueron menores, no se presentaron daños o no se recibió la información en la fecha establecida.

2.4 Conclusiones de los resultados obtenidos por la herramienta

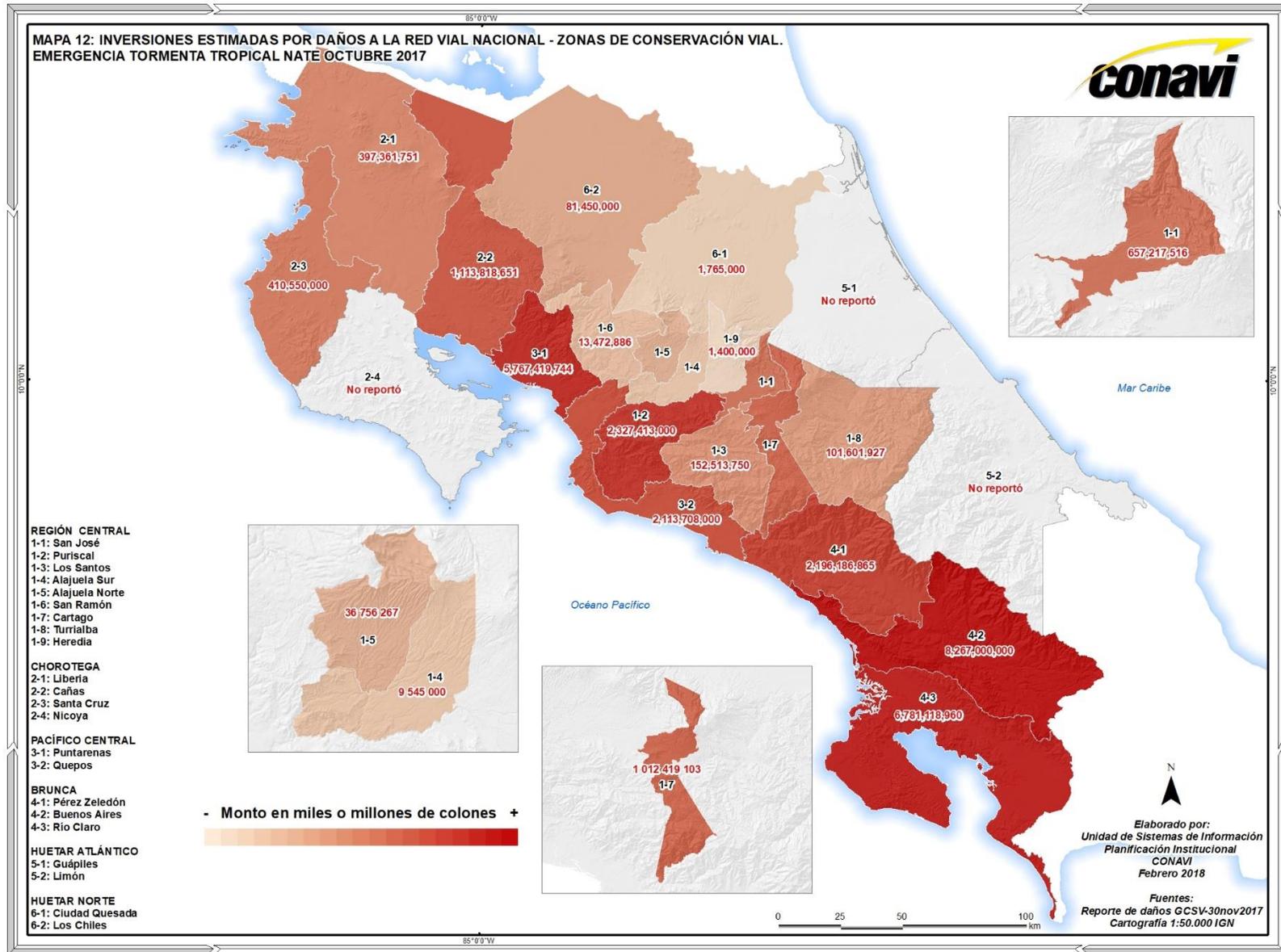
La herramienta para realizar el registro de daños en la Red Vial Nacional surge por una necesidad y aplicación de políticas vinculadas a la Gestión del Riesgo en Costa Rica. Inicialmente, el CONAVI no contemplaba un insumo que permitiese hacer un levantamiento o registro de daños de esta manera, por lo que se desconocía su funcionalidad y la respuesta de la institución ante la labor de recolectar datos que permitieran hacer un diagnóstico, de cómo se encontraban en el año 2017 las rutas nacionales ante el impacto de un evento de índole natural de origen hidrometeorológico.

Este insumo se validó en conjunto con un equipo de trabajo lo que permitió que fuese una fuente viable para la recolección y registro de daños en la infraestructura en rutas nacionales. Posteriormente fue aprobada por la Dirección Ejecutiva y Consejo de Administración del CONAVI, donde se catapultó como un instrumento confiable y de aplicación para la institución ante estados de emergencia.

Esta herramienta se constituyó en el “puntapié” o el inicio de una nueva etapa para contemplar riesgos en la infraestructura de las rutas nacionales.

Dicho estudio que inició en el año 2017 se convierte en un cuadro clínico enfocado en la necesidad de esclarecer aquellos sitios vulnerables y nuevos lugares de afectación.

Los insumos generados en esta herramienta permitieron crear una base, gracias a la cual, hoy se tiene un escenario más claro para abordar la temática de la Gestión de Riesgos ante la determinación de sitios vulnerables o la programación de nuevas obras.



3. Levantamiento de daños en la Red Vial Nacional, nueva metodología.

3.1 Antecedentes

Después de la aplicación de la herramienta para el levantamiento de daños en la Red Vial Nacional (RVN), en el año 2017, justo en el momento en que el país se vio afectado por la Tormenta Tropical Nate, y luego de realizar el análisis y brindar resultados de los datos obtenidos, el CONAVI entra en una fase de aprendizaje en esta índole que, hasta en ese entonces, se había dejado de lado.

La herramienta aplicada en el 2017, si bien es cierto, fue un insumo que no se tenía, se debía mejorar, ya que a pesar de los buenos resultados obtenidos también tenía sus limitantes que hacían mecánica la recolección de la información. Entre los “aspectos desfavorables” se pueden indicar los siguientes:

- Formato en Microsoft Excel®: a pesar de ser algo innovador dentro del ámbito de recolección de la información, los inspectores tenían la limitante de hacer el levantamiento de los daños de una manera analógica. En esta etapa se utilizaban dos métodos: hojas impresas, que luego la información era transcrita en

computadora de oficina para ser remitida, o caso contrario, se hacía uso de una tableta o teléfono móvil compatible con Microsoft Office.

- Para esta herramienta se utilizaron macros de Excel®. Esta función permitía al inspector desplegar listas de elementos que componen ya sea una carretera, puente, puente peatonal o alcantarillas. En algunas ocasiones, los macros tenían que habilitarse dependiendo de los dispositivos, lo que generaba algunos problemas para el despliegue de las listas o confusiones si no se realizaba.
- El formulario tenía preguntas en su mayoría cerradas y de selección, esto hacía que, aunque la información fuera fácil de recolectar tomaba un tiempo considerable para completar todo el reporte, siendo que el elemento del tiempo era esencial para visitar otros sitios con evidencia de daños.



- La validación de la información reportada tenía que estar a cargo del ingeniero de zona, responsable de dar el visto bueno. En algunas ocasiones, por atención de la emergencia, esta acción no era posible de realizar.
- No se disponía de un recurso visual (fotografías) adjunto al formulario. Esta opción impedía hacer un análisis cualitativo más profundo sobre la situación acontecida y reportada por el inspector.
- Se contaba con un campo de coordenadas geográficas para conocer el sitio específico del daño; sin embargo, al haber muchos reportes y al utilizar dispositivos móviles y aplicaciones de diferentes tipos. Algunas de las coordenadas eran incorrectas o se encontraban en sistemas de proyección distintos, es decir, un grupo de éstas podía estar en coordenadas geográficas, otras en grados decimales o CRTM-05 (sistema oficial para Costa Rica). Este factor provocó realizar una depuración de los datos muy extensiva, esto para resolver la ubicación de cada punto.
- Para los daños lineales, como secciones de carretera afectadas, se tomaba un punto de coordenada y se indicaba en las

observaciones. No obstante, en algunas ocasiones la coordenada era incorrecta o no se realizaba la indicación.

A principios del año 2018, la Unidad de Administración de Sistemas de Información (USI) del CONAVI, analiza toda la información y detecta estas debilidades del formulario, por lo que, se decide realizar una serie de visitas a campo en sitios seleccionados al azar, con el fin de comprobar la certeza de los daños reportados durante la emergencia por la Tormenta Tropical Alma.

Posteriormente a ese proceso de análisis y depuración de los datos, en mayo de 2018, se presenta el Diagnóstico Integral del Riesgo en la Red Vial Nacional. Un informe que abarca todo lo realizado en torno a esta temática, con los resultados obtenidos a partir de la herramienta. Este informe se comentó en el capítulo anterior. Asimismo, se recuerda que puede ser consultado en la página principal del CONAVI a través del siguiente enlace:

<https://conavi.go.cr/documents/20126/100352/Diagnostico+Integral+del+Riesgo.pdf/309b6a11-1d58-7c91-9f80-f75c0782453e?t=1571413035547>.

El resto del año 2018 y parte de 2019 se enfocó hacia la búsqueda de la mejora en la recolección de datos de campo y su comprobación y la facilitación de su procesamiento como parte del trabajo de oficinas. Sin embargo, en ese momento aún quedaba la inquietud en como

considerar aquellas limitantes para futuros levantamientos, ya que el propósito de este trabajo consiste en una metodología periódica considerando aquellos daños presentes año tras año ante la influencia a corto, mediano y largo plazo de un evento hidrometeorológico determinante.

A finales de 2019 y principios de 2020, la USI de CONAVI, evalúa otros métodos de recolección de datos para el usuario, con la finalidad de resolver aquellas limitantes y generar un formulario más sencillo, rápido y fácil de utilizar al instante de la recolección de la información en campo, pero siempre con el objetivo de lograr una gran variedad de datos que permitiesen generar análisis con mayor criterio técnico y oportunos para la toma de decisiones.

Basado en esas evaluaciones, se concreta la utilización de una aplicación para teléfono móvil llamada **Survey123®**, de la casa desarrolladora de software ESRI®, a través de su plataforma ArcGIS Online®. Cabe mencionar que, la institución dispone del licenciamiento ArcGIS® desde 2005. Es a partir de 2017 que se obtiene ArcGIS Online®, un paquete de Sistema de Información Geográfica (SIG) que permite trabajar con una serie de opciones novedosas para la captura de datos.

3.2 Principios en el uso de la aplicación Survey123®.

A finales del año 2019, los funcionarios de la USI participan proactivamente en reuniones y capacitaciones con la casa suministradora de la aplicación ArcGIS Online® para Costa Rica. Adicionalmente, se tienen acercamientos con instituciones como municipalidades y el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR), con el fin de conocer sus experiencias en el uso de esta aplicación y los visores web para el manejo y disponibilidad de la información a la ciudadanía.

A través de estos acercamientos y reuniones, el CONAVI, fija un rumbo en el uso de la aplicación fundamentalmente enfocada al teléfono móvil. Con base en ésta, fue posible crear los campos que se habían aplicado en la herramienta confeccionada en Microsoft Excel®, utilizada en el año 2017, pero además fue posible superar las limitaciones que fueron comentadas al inicio de este capítulo.

El uso de la aplicación Survey123®, otorga una serie de mejoras en la captura de la información, como, por ejemplo:

- Coordenadas geográficas en un mismo sistema de proyección.
- Compatibilidad para sistemas operativos de teléfono móvil (iOS – Android), sin alterar el cuerpo del



formulario, ni sus campos o unidades de medición.

- Posibilidad de tomar fotografías, audios y pequeños vídeos con el dispositivo móvil y adjuntarlas en tiempo real al formulario.
- Utilización de cualquier dispositivo en cualquier zona del país sin necesidad de contar con una conexión inmediata a Internet.
- Obtención de la información levantada en tiempo real a través de la plataforma ArcGIS Online®.
- Protección del formulario con fecha, hora y ubicación del sitio reportado, para evitar que sea editado o manipulado por terceros.
- Posibilidad de revisión y corrección del reporte por parte del ingeniero de zona cuando así lo considere. Este aspecto permite que, si la toma de datos no fue la adecuada o la información no es correcta, ir al sitio nuevamente y volver hacer el levantamiento.

Al definir el uso de esta aplicación, se realiza una adaptación del formulario hecho en MS-Excel® al Survey123®. La idea consistió en transpolar las mismas preguntas, sin embargo, unas fueron mejoradas y otras integradas para una interpretación más clara.

La ventaja de esta nueva opción para trabajo de campo es que, se pasa de una

forma analógica a un levantamiento de datos íntegramente digital. No hay riesgo de pérdidas de información, alteración o edición de los formularios, ya que los mismos están protegidos. Asimismo, se obtienen reportes de daños de las 22 zonas de conservación en tiempo real.

En síntesis, la aplicación Survey123® permitió diseñar el formulario para que tuviese una dinámica más ordenada, intuitiva, con un entorno más fácil o amigable y con un menor porcentaje tiempo de levantamiento, así como de inconsistencias en los datos recolectados, en especial las coordenadas geográficas de cada sitio.

Es así como se asegura un nuevo método de implementación para el levantamiento de daños en la RVN, optimizando el trabajo de campo en cuanto al uso de dispositivos móviles, grado de confianza de los datos y valoración de la información en tiempo real.

3.3 Resultados obtenidos

Durante el primer semestre del año 2020, la USI de CONAVI, trabajó en la adaptación de la herramienta de MS-Excel® a la nueva aplicación. En ese periodo se realizaron pruebas en diferentes sitios del Gran Área Metropolitana de Costa Rica, por ejemplo, Desamparados, Pavas, Sarchí y Tibás. Estas pruebas permitieron conocer el funcionamiento del sistema que se basa

en el uso de Internet para el almacenamiento de la información en la nube de ESRI® - ArcGIS Online®.

Una vez concretado el formulario, con las pruebas correspondientes, al igual que con la herramienta aplicada en el año 2017, se decide realizar una serie de capacitaciones a la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes de CONAVI. Estas capacitaciones dan inicio en octubre de 2020 con la siguiente programación:

- Taller I: 8 de octubre, participación de los ingenieros de las zonas 1-3, 1-4, 1-6 y 1-9.
- Taller II: 9 de octubre, participación de los ingenieros de las zonas 2-1, 2-3 y 2-4.
- Taller III: 9 de octubre, participación de los ingenieros de las zonas 3-1 y 3-2.
- Taller IV: 12 de octubre, participación de los ingenieros de las zonas 4-1 y 4-3.

- Taller V: 12 de octubre, participación de los ingenieros de las zonas 5-1, 5-2, 6-1 y 6-2.
- Taller VI: 13 de octubre, participación de los ingenieros de las zonas 1-1, 1-2, 1-5, 1-7 y 1-8, Chorotega (2-2).
- Taller VII: 13 de octubre, participación de los ingenieros de la zona 4-2.

Como se puede apreciar, en dichas capacitaciones hubo participación de las 22 zonas de conservación, entre las que estuvieron ingenieros de zona, administradores viales e inspectores. Para estos talleres, se tiene un aprovechamiento muy oportuno debido a que, no solamente se presenta la nueva aplicación, sino que fue posible evidenciar el interés de la institución por la participación y la cooperación para el levantamiento de la información que sería utilizada para un posterior análisis.

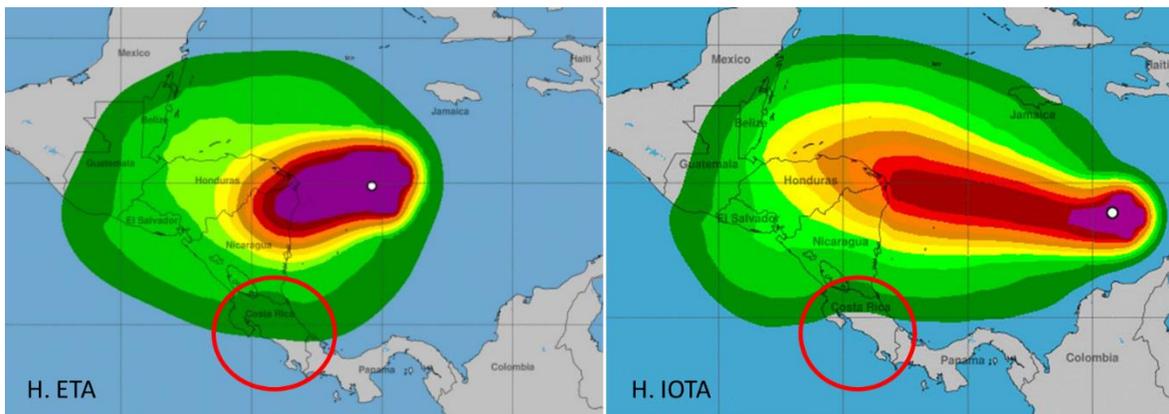
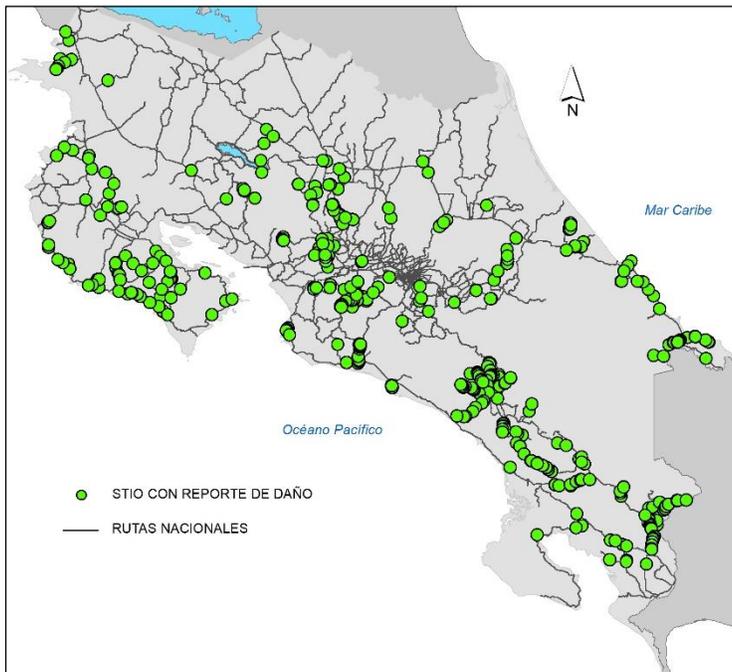


Figura 6. Afectación de los huracanes Eta y Iota en el territorio Nacional. Fuente: Fuerza de los vientos huracanes ETA e IOTA, NOAA, 2020.

Curiosamente para finales del año 2020, en el mes de noviembre, el país es golpeado por dos macros eventos hidrometeorológicos extremos, el Huracán ETA y el Huracán IOTA, lo que obligó a poner en práctica el formulario y el uso de la aplicación Survey123® de una manera intensiva ante 2 escenarios de emergencia.

Como se puede apreciar en la Figura 6, ambos huracanes impactan el territorio costarricense (señalado en un círculo en color rojo), no de manera directa, pero dejan pérdidas de miles de millones de colones.



Mapa 13. Dispersión de los reportes en todo el territorio nacional. Fuente: elaboración propia, datos de la aplicación de campo Survey123®, CONAVI mayo-2021.

Es importante mencionar que, una vez más se cuenta con el apoyo de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes de CONAVI, para realizar los levantamientos o reportes de daños sobre la infraestructura de la RVN, a pesar de que los funcionarios de dicha gerencia deben atender y priorizar en situaciones de emergencia, dan la orden a las empresas administradoras viales contratadas por la institución, para hacer los levantamientos de los daños respectivos y acontecidos por dichos eventos hidrometeorológicos extremos.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se fija una fecha de corte de datos para el 14 de mayo de 2021, esto debido a la presentación de avances ante la Dirección Ejecutiva del CONAVI (ref. USI-09-2021-0028). Para dicho informe se analizan un total de **495** daños o sitios vulnerables en todo el país, de los cuales se descartan 21 registros por motivos de inconsistencias o porque la información se recibió incompleta por parte de inspector de campo.

Por tanto, para efectos de presentación de los avances y de este informe solamente se contemplan **474 reportes**, siendo así un dato mayormente significativo en comparación de los **442** reportes que se generaron en el año 2017, donde se había utilizado la herramienta en MS-Excel®.

Cabe reiterar que, el propósito de esta aplicación es su uso concurrente durante el tiempo que se considere necesario, vinculando aquellos casos de impacto de un evento natural significativo, pero principalmente enfocado a la amenaza de índole hidrometeorológica.

Para mayor referencia se puede consultar el tablero digital o *dashboard*, donde se muestran los resultados generales que se han obtenido conforme a dichos reportes a través del siguiente enlace:

<https://conavicr.maps.arcgis.com/apps/opdashboard/index.html#/854d8189fbfe4a47b10866b74afccfbc>

A continuación, se presenta la Tabla 7 con la totalidad de reportes recibidos por zona de conservación vial.

En esa tabla, las zonas que tuvieron una mayor cantidad de reportes registrados fueron; 4-1 y 4-2, con 72 y 78, respectivamente. Estas zonas se encuentran ubicadas en la Región Brunca. Como se comentó en el Capítulo 2 y con base en los resultados obtenidos en la herramienta aplicada en el 2017, comparándolos con el formulario de Survey123®, la tendencia se repite y se puede determinar que la Zona Sur es el área de Costa Rica que presenta un mayor número de casos por afectación en todo el territorio nacional ante la incidencia de un fenómeno hidrometeorológico extremo.

Para la cuantificación de daños se elaboran dos mapas. El Mapa 14 que

visualiza la cantidad de reportes recibidos por las 22 Zonas de Conservación, administradas por la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes de CONAVI. En este mapa, se muestra una variación de escala a color en naranja a café. Estos colores indican que, entre más oscuro se encuentra la zona, mayor fue la cantidad de reportes.

| Zona | Total de registros |
|--------------|--------------------|
| 1-1 | 0 |
| 1-4 | 0 |
| 1-9 | 0 |
| 1-5 | 2 |
| 1-7 | 2 |
| 1-3 | 3 |
| 2-2 | 5 |
| 1-8 | 7 |
| 2-1 | 9 |
| 6-1 | 9 |
| 3-1 | 10 |
| 6-2 | 12 |
| 2-3 | 16 |
| 4-3 | 17 |
| 5-1 | 20 |
| 1-6 | 34 |
| 3-2 | 38 |
| 5-2 | 40 |
| 1-2 | 49 |
| 2-4 | 51 |
| 4-1 | 72 |
| 4-2 | 78 |
| Total | 474 |

Tabla 7. Cantidad de reportes recibidos por Zonas de Conservación de Conavi, Survey123®.

Fuente: Elaboración propia con datos del Survey123®, CONAVI.

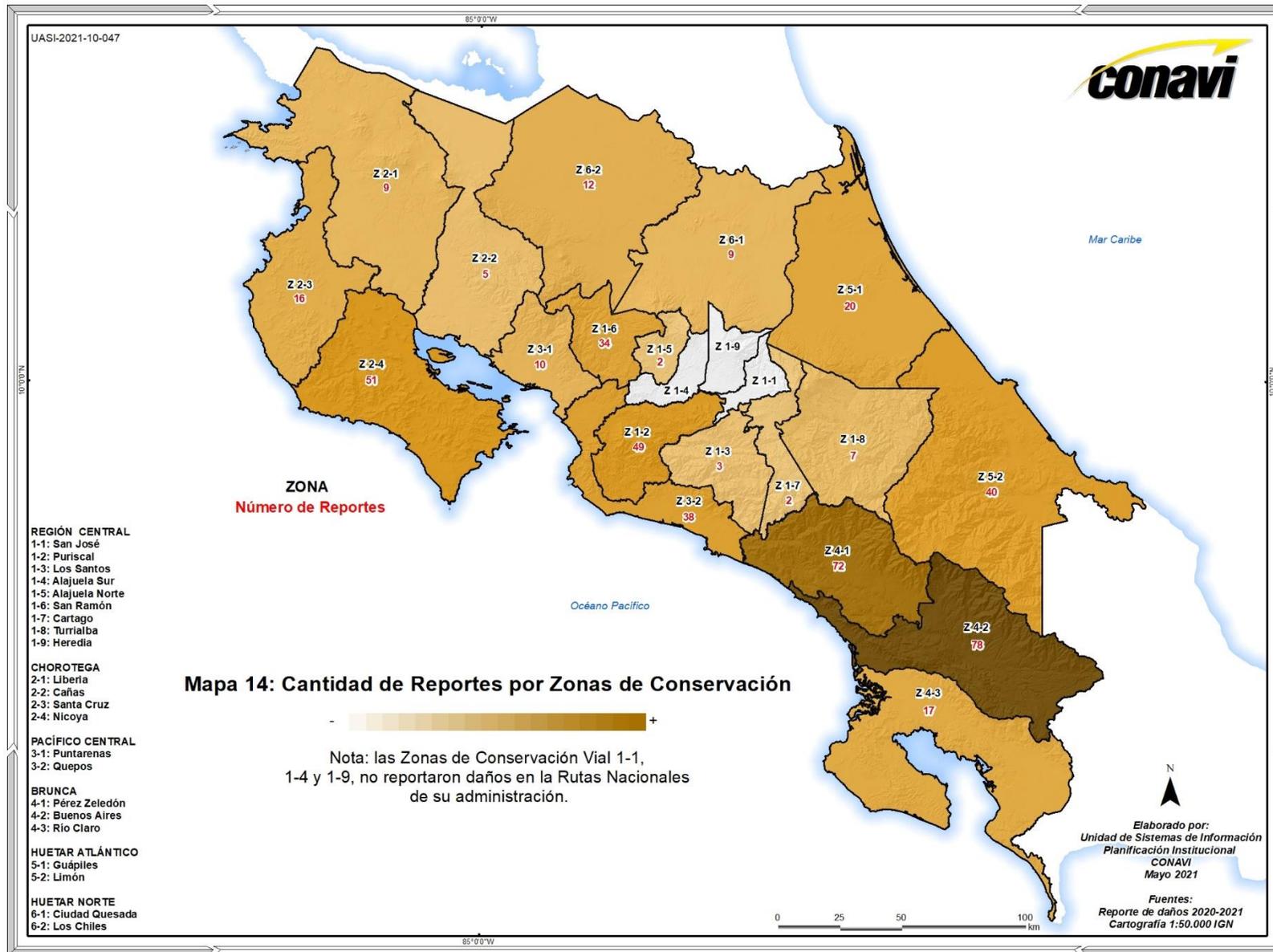
El Mapa 15 representa la cantidad de daños reportados por ruta nacional. Un aspecto importante de mencionar es que los datos reflejan una cantidad considerable de secciones de rutas nacionales con daños que están categorizadas según el Plan Nacional de

Transportes 2011 – 2035 (PNT), como rutas estratégicas (Red de Alta Capacidad y Distribuidores Regionales), o lo equivalente como aquellas rutas que son indispensables para mantener una conectividad de las ciudades principales, que presentan un alto tránsito vehicular y un flujo de mercancías esencial. Entre estas, se pueden indicar:

- Ruta Nacional N.º 1 y N.º 2 (Ruta Interamericana)
- Ruta Nacional N.º 34 (Costanera)
- Ruta Nacional N.º 32 hacia el puerto marítimo del Atlántico.
- Ruta Nacional N.º 21.
- Ruta Nacional N.º 36.

Cabe mencionar que, de acuerdo con las programaciones institucionales, a esta red estratégica se le otorga prioridad para la formulación de proyectos. Además, las mismas están vinculadas no solamente al PNT, sino también a otros planes tanto nacionales como sectoriales e institucionales, como el Plan Nacional de Desarrollo e Inversión Pública 2019 - 2022, Plan Estratégico Sectorial, Plan Quinquenal de Puentes 2018 – 2022, entre otros.

Seguidamente, se presentan algunas de las fotografías compiladas con la herramienta Survey123®.



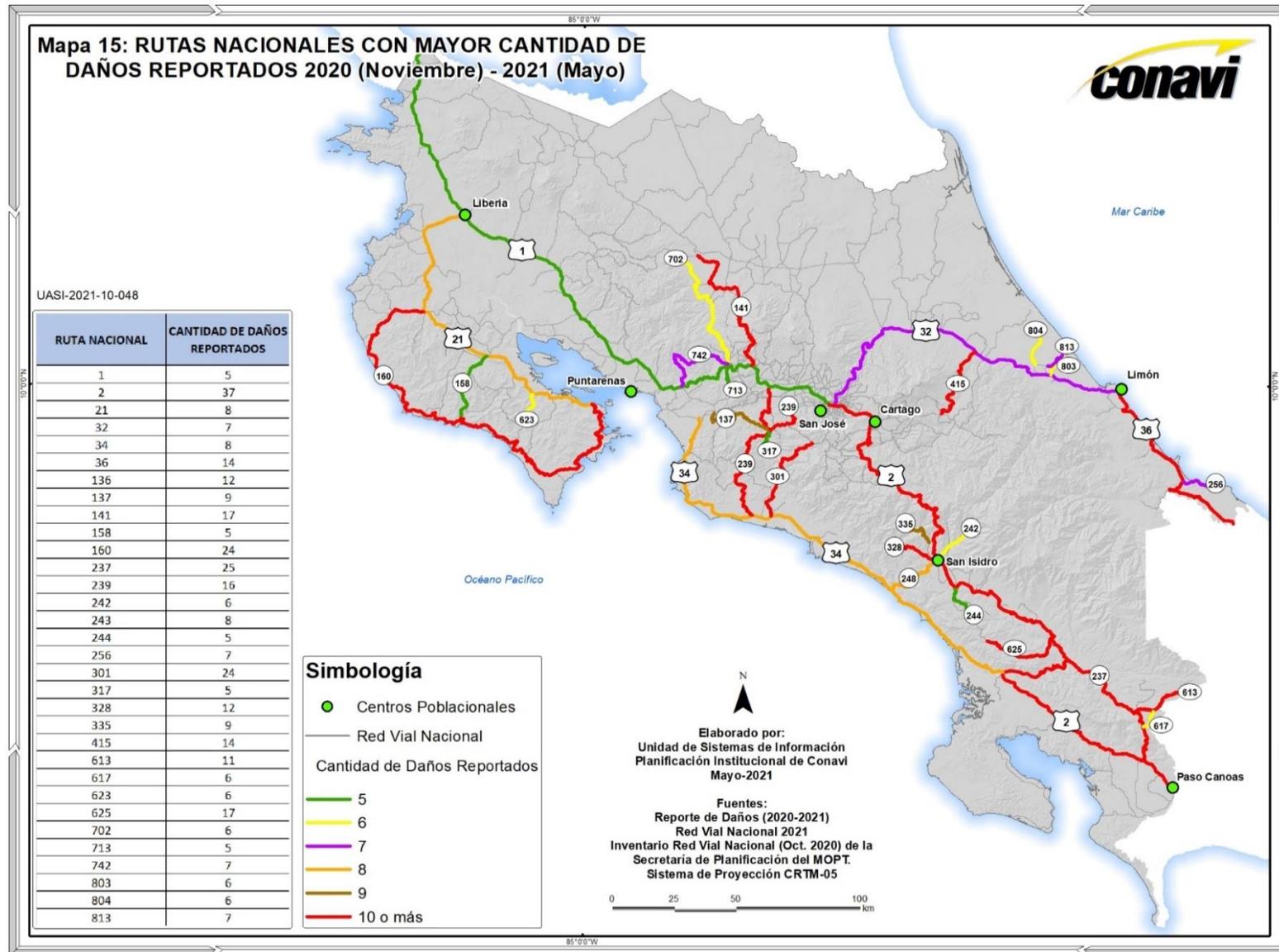




Figura 7. Daños o deterioros provocados por eventos de origen hidrometeorológicos. Fuente: levantamiento de daños en distintas Rutas Nacionales, Survey123®. Periodo octubre – diciembre 2020.

1. Ruta Nacional N.º 2, deslizamiento sector Cerro de La Muerte.
2. Ruta Nacional N.º 625, derrumbe en paso de alcantarilla sector Colinas.
3. Ruta Nacional N.º 237, hundimiento sector Campo Dos y Medio.
4. Ruta Nacional N.º 245, derrumbe kilómetro 4+400.
5. Ruta Nacional N.º 335, avalancha sector Santo Tomás.
6. Puente vehicular (amarillo) sobre Ruta Nacional N.º 608, inundación y acumulación de escombros por avenida, sector Coto 47.

La Figura 7 da una idea de la magnitud e intensidad del impacto de la amenaza ante una determinada estructura de una ruta nacional. La captura de fotografías se agregó al nuevo formulario Survey123®, ya que, durante la aplicación de la herramienta en MS-Excel® en el año 2017, se tenía la limitante de no contar con este recurso.

El elemento fotográfico es una evidencia cualitativa para conocer qué sucedió en el punto afectado. Una intervención adecuada del sitio, además del uso del registro fotográfico, requiere trabajo de campo directo y realizar las pruebas y verificaciones, ya sean estudios geológicos, geotécnicos, evaluaciones económicas, entre otras.

Entre otras zonas de conservación vial afectadas que se pueden mencionar están: 5-1 y 5-2, correspondiente la región Huetar Atlántica de Costa Rica, equivalente a la provincia de Limón. Una característica que condiciona significativamente a esta región del país son sus planicies y llanuras. Particularmente, las rutas nacionales están ubicadas en terrenos de poca pendiente, esto hace que, ante la influencia de un evento hidrometeorológico extremo, los ríos y quebradas tiendan a desbordarse con mayor facilidad provocando anegaciones o inundaciones sobre las vías, generando consigo otro tipo de afectación como erosión de taludes pequeños o

socavación de calzadas y daños a puentes o alcantarillas, e incluso vados.



Figura 8. Colapso de alcantarilla, Ruta Nacional N.º 810, Zona 5-1 sector San Luis, abril 2021.

Fuente: aplicación de campo Survey123®, CONAVI 2021.

Un aspecto importante que considerar de las zonas planas y costeras también, es que están influenciadas por las mareas altas. Este fenómeno es más perceptible en la localidad de Caldera en la costa pacífica, la cual atraviesa la Ruta Nacional N.º 23, sin embargo, en el Caribe puede darse sobre la Ruta Nacional N.º 36. Ambas Rutas se encuentran a muy pocos metros de distancia sobre la pleamar, por tanto, el comportamiento de las mareas ante situaciones climáticas extremas puede convertirse en un factor que provoque diversos daños.

Por último, las zonas de conservación 1-1, 1-4 y 1-9 no reportaron daños en sus áreas respectivas.

A continuación, se muestra una tabla donde se presenta la cantidad total de daños reportados según la estructura.

| Estructura | Recuento de daños |
|----------------------|-------------------|
| Alcantarilla Mayor | 15 |
| Carretera | 427 |
| Puente | 32 |
| Total general | 474 |

Tabla 8. Estructuras con mayor recuento de daños reportados, Survey123®.

Fuente: Elaboración propia con datos del Survey123®, CONAVI. Fecha de corte por último reporte recibido: 14 de mayo de 2021.

Al igual que en el año 2017, la aplicación del formulario Survey123® refleja una similitud en cuanto al recuento de daños reportados sobre el elemento carretera de la RVN. De acuerdo con lo anterior, los daños ascienden a más de 400, lo que quiere decir que es el tipo de estructura de mayor vulnerabilidad.

Las carreteras en Costa Rica atraviesan escenarios de múltiples factores topográficos y microclimas, por lo que, estas condiciones, se hacen determinantes para la incidencia de muchos daños asociados ante un macro evento climático. Por esta razón, el formulario permite verificar el tipo de elemento disparador causante del daño.

Como se ha venido recalando, la herramienta está principalmente enfocada aquellos impactos relacionados directamente por fenómenos hidrometeorológicos, pero es importante señalar que permite al usuario en campo levantar otro tipo de daño asociado a otras amenazas, tal y como se puede ver en la Tabla 9.

| Disparador | Recuento |
|----------------------|------------|
| Lluvia | 458 |
| Marea alta | 9 |
| Sismo | 4 |
| Vulcanismo | 3 |
| Total general | 474 |

Tabla 9. Recuento de amenazas daños reportados, Survey123®. Fuente: Elaboración propia con datos del Survey123®, CONAVI. Fecha de corte por último reporte recibido: 14 de mayo de 2021.

En la Tabla 9, es posible observar daños reportados por efectos de “Vulcanismo”. Estos eventos en Costa Rica suelen presentarse por la influencia de erupciones pequeñas asociadas a nubes de ceniza que luego caen sobre el terreno. Una vez sucedido esto, la amenaza más recurrente o frecuente son los lahares o flujos de lodo que, posteriormente, impactan sobre diferentes estructuras en la RVN.

Actualmente, el país no sufre una actividad volcánica importante como otras zonas del planeta donde se presentan coladas de lava que, incluso llegan afectar comunidades o carreteras, como, por ejemplo, la isla española La Palma (ref. setiembre 2021). Sin embargo, es un fenómeno al que el país está expuesto y podría activarse en cualquier momento como sucedió en el año 2014 con el volcán Turrialba. Por otra parte, la actividad sísmica es un proceso que siempre ha estado presente. En algunas ocasiones puede ser imperceptible y en otras pueden generarse terremotos de considerable magnitud. En el año 2019, el país fue afectado por un sismo de 6.3 grados en la escala de Richter, cuyo

epicentro se dio justamente entre la frontera entre Costa Rica y Panamá.

Clasificación de resultados según la severidad.

Uno de los propósitos de la aplicación del formulario, fue dimensionar el grado de severidad del daño causado a puentes, carreteras y alcantarillas, para posteriormente presentar recomendaciones en el ámbito de priorización y atención de aquellas estructuras que, tuvieron en mayor medida daños más considerables.

Cabe mencionar que, a partir de esta evaluación se formulan varias sesiones de trabajo con un equipo de diferentes ingenieros de CONAVI, especialistas en el área de la conservación, construcción y diseño de vías y puentes. Este apartado se explicará con más detalle en el Capítulo 6.

| Severidad | Grado | Color y símbolo sugerido |
|-----------|----------|---|
| 1 | Alta |  |
| 2 | Moderada |  |
| 3 | Baja |  |

Tabla 10. Grado de severidad del daño según la afectación de la estructura, Survey123®.

Fuente: Elaboración propia con datos del Survey123®, CONAVI.

Como resultado de los análisis de la información se decidió realizar una clasificación cualitativa a través del recurso de las fotografías. Esta

clasificación se basó en 3 categorías, las cuales, se muestran en la Tabla 10.

La razón de utilizar solamente 3 categorías radica en los siguientes criterios:

- Identificar la mayor cantidad de estructuras con un daño severo Alto con la finalidad de recomendar su priorización. La forma en que serán intervenidas le corresponderá a la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, o en su defecto, se promoverá la contratación para proyectos de obra nueva, en tanto los alcances de la Administración (Gobierno Central) lo permitan.
- Los casos con severidad Moderada o Baja no dejan de ser importantes y deberían de evaluarse bajo criterios técnicos para su pronta solución, por tanto, una gran cantidad de categorías no tendría sentido.

La evaluación de cada uno de los puntos se hizo a través de un análisis cualitativo visual, por medio de las fotografías adjuntas en cada uno de los reportes. Esta evaluación estuvo a cargo de la USI de la Dirección de Planificación Institucional de CONAVI, donde se procesaron los datos mediante el uso de SIG y el acceso a la nube de ArcGis Online® / Survey123®, donde se alberga la totalidad de la información recabada.

El color designado para cada uno de los grados de severidad varía entre Rojo, Anaranjado o Amarillo según sea el caso. Este color, así como el símbolo, corresponden a una sugerencia de uso al momento de realizar el análisis y la elaboración de los mapas temáticos. Para ello no se utilizan manuales o guías para su identificación.

Realizar este tipo de análisis es, fundamentalmente importante debido a que, se depura la información existente, se diagnostica la situación actual de las rutas nacionales afectadas por un fenómeno de índole natural y se pueden determinar mecanismos de atención a la infraestructura principalmente afectada. Asimismo, se realizan las recomendaciones para el seguimiento de aquellos casos que se consideraron con una severidad moderada o baja.

La validación de esta metodología se realizó a través de una serie de sesiones

con grupos de trabajo de CONAVI, especialistas en áreas específicas.

Metodología

Severidad Alta

Como se mencionó antes, el análisis realizado para determinar la severidad de cada uno de los 474 reportes, se hizo a través de las evidencias fotográficas adjuntas en el formulario.

El 3 de noviembre de 2020, durante la fase de desarrollo e impacto del huracán ETA, se reporta el colapso y pérdida total de uno de los rellenos de aproximación del puente sobre el río Lajas, en la Zona de Conservación 2-4, ubicado en la provincia de Guanacaste.

De acuerdo con lo registrado, el daño se debió a lluvias intensas que provocaron una crecida súbita del río y su posterior impacto sobre todo el puente, pero en especial sobre el elemento antes citado. A



Figura 9. Colapso relleno de aproximación del puente sobre río Lajas, Ruta Nacional N.º 901, Zona de Conservación 2-4. A: fotografía aguas arriba (nótese acumulación de escombros en el puente). B: fotografía aguas abajo. Se evidencia el cambio del cauce producto del colapso del relleno de aproximación. Fuente: aplicación de campo Survey123®, CONAVI 2020.

partir de ese instante el paso fue cerrado completamente. Una vez hecha la lectura del reporte, el analista procede a verificar las fotografías donde claramente se evidencia la pérdida de uno de los rellenos de aproximación, pero además se observa que, el río acarreó una gran cantidad de materiales (ramas, troncos de árboles y rocas), lo que produjo un represamiento en el paso normal de las aguas y por tanto, una disminución drástica en la capacidad hidráulica de la estructura. Debido a la fuerza de la corriente, se produce el daño sobre el relleno de aproximación y el río cambia en cierta medida su cauce sobre ese sitio. Con base en este análisis, el daño se considera severo alto ya que no existe la posibilidad de transitar sobre esa sección de la Ruta Nacional N.º 901, hay localidades incomunicadas y además se pierde un elemento determinante del puente, siendo que la inversión para su reconstrucción sea probablemente alta.

Hay que recordar que, para efecto de estos daños, los administradores viales o inspectores, según la instrucción del ingeniero de zona, realizan una evaluación de la estructura posteriormente al evento en la que se determina el tipo de intervención a efectuar. En caso de que dicha inversión sea consecuente con las programaciones y no supere los montos de los frentes de trabajo que realiza la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes de CONAVI, se recomendaría realizar

estudios y presentar análisis técnicos para efectuar una posible ejecución de obra nueva.

Severidad Moderada

En cuanto a la severidad clasificada como moderada, el daño aún puede ser evidente sin embargo la pérdida de la estructura o la transitabilidad de la ruta están asociadas a una afectación parcial.

Un ejemplo de esto son algunos de los deslizamientos que fueron reportados a través de todo el territorio nacional. En la Ruta Nacional N.º 301, en la Zona de Conservación 3-2, por los efectos de las lluvias intensas durante la fase del Huracán ETA, se presentó inestabilidad de taludes a lo largo de un trayecto importante; sin embargo, para este caso puntual, el daño se presentó a nivel de la cuneta y la calzada, donde el material consolidado cae sobre éstas.

Aunque los efectos de este daño parecieran ser menores, de acuerdo con las sesiones de trabajo con el equipo de especialistas de CONAVI, la recomendación principal es realizar estudios que determinen las condiciones del talud, esto con el fin de realizar una intervención en la que se reduzca la probabilidad de ocurrencia del deslizamiento durante un nuevo episodio de amenaza y por tanto, haya una menor vulnerabilidad de afectación de la estructura.

Una consecuencia desencadenante de este tipo de daños es que, si colapsan las cunetas, el agua de escorrentía no tiene un flujo normal y se desborda hacia la calzada, convirtiendo el paso en una zona de barro excesivo perjudicando el tránsito de manera directa.

Severidad baja

Se clasifica como este tipo de severidad la que presenta un “menor” impacto sobre una estructura. Normalmente están asociados aquellos casos donde la amenaza afecta a una ruta nacional momentáneamente; es decir, por horas o por pocos días, por ejemplo, una anegación o inundación del terreno, señas de reptación no acelerada, derrumbes de poco volumen sobre las cunetas o cordones de caño, socavaciones menores, entre otros. Asimismo, no hay afectación directa con la transitabilidad, exceptuando que las condiciones hídricas no lo permitan, tal es

el caso de una inundación que impida la circulación por el peligro que representa para los usuarios.

Para esta situación se pone como ejemplo el reporte realizado en la Ruta Nacional N.º 923, en la Zona de Conservación 2-2. En el sitio del reporte la ruta culmina en el poblado de Bebedero, justamente donde confluyen dos ríos importantes, el Tenorio y El Blanco. El reporte se origina en diciembre de 2020, días posteriores a los efectos del Huracán IOTA.

Como es posible observar, este tipo de eventos suceden por fuertes lluvias y posterior desbordamiento de ríos. La amenaza suele ser de bajo impacto en el sentido en que una inundación o anegación no está presente horas después y el daño a carreteras, puentes y alcantarillas suele ser mínimo, siempre considerando que se debe realizar la inspección o evaluación pasado el evento.



Figura 10. Deslizamiento que ocasiona obstrucción parcial de la Ruta. El paso fue regulado.

Fuente: aplicación de campo Survey123®, CONAVI 2020.



Figura 11. Inundación cercana al poblado Bebedero, Ruta Nacional N.º 923. El paso fue regulado.
Fuente: aplicación de campo Survey123®, CONAVI 2020.

También, la intervención podría ser claramente ejecutada a través de los contratos por conservación vial, en caso de detectarse algún tipo de efecto menor como socavación e incluso, la ejecución de controles como represamiento de aguas a un lado de la carretera donde se determinen los sitios más críticos.

Cabe mencionar que, una severidad baja puede tener consecuencias mayores a corto o largo plazo si no se le presta atención. Por esta razón, aunque durante la incidencia de un evento hidrometeorológico si la estructura no presente daños importantes, se debe considerar realizar las inspecciones necesarias o mantenimientos a corto y mediano plazo, para que dicha estructura no se vea comprometida ante el paso de un nuevo evento a mayor escala.

Una vez realizados los análisis para todos los 474 reportes, se procede a efectuar las

capacitaciones con los equipos de trabajo, especialistas en diferentes áreas de ingeniería de CONAVI, para validar las clasificaciones hechas. Este proceso se explicará con más detalle en el Capítulo 6.

Como conclusiones generales, el proceso de análisis de la información determinó un grado de severidad alto en las zonas de conservación 4-1, 4-2 y 4-3, asimismo, en la zona 1-2, como se muestra en el Gráfico 11, entre otras zonas como la 1-6 y 6-1.

Los daños que, en esas zonas y en todo el país se hayan presentado con condición severa deberán ser atendidos conforme a las programaciones de conservación vial. Si en su defecto, estas intervenciones no se han realizado porque van más allá de las labores que ejecuta la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, se deberá hacer un análisis para determinar si cada una de

| Zona | Alta | Moderada | Baja | Total |
|--------------|-----------|------------|------------|------------|
| 1-2 | 9 | 22 | 18 | 49 |
| 1-3 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| 1-5 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| 1-6 | 7 | 9 | 18 | 34 |
| 1-7 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| 1-8 | 4 | 2 | 1 | 7 |
| 2-1 | 0 | 4 | 5 | 9 |
| 2-2 | 1 | 3 | 1 | 5 |
| 2-3 | 1 | 2 | 13 | 16 |
| 2-4 | 3 | 18 | 30 | 51 |
| 3-1 | 2 | 6 | 2 | 10 |
| 3-2 | 7 | 15 | 16 | 38 |
| 4-1 | 12 | 34 | 26 | 72 |
| 4-2 | 7 | 30 | 41 | 78 |
| 4-3 | 6 | 6 | 5 | 17 |
| 5-1 | 4 | 8 | 8 | 20 |
| 5-2 | 1 | 11 | 28 | 40 |
| 6-1 | 5 | 1 | 3 | 9 |
| 6-2 | 0 | 6 | 6 | 12 |
| Total | 74 | 179 | 221 | 474 |

Tabla 11. Cantidad de reportes clasificados según la severidad. Fuente: elaboración propia con datos del Survey123®, CONAVI.

las estructuras cumplen con los criterios técnicos en las que se promueva la construcción de una obra nueva.

Ante la formulación de un nuevo proyecto, debería existir un equipo técnico especializado que determine bajo qué condiciones se debe ejecutar una nueva estructura para reducir el riesgo ante una nueva amenaza. Estas evaluaciones y recomendaciones se detallarán más en el Capítulo 6.

A continuación, se presentan una serie de mapas temáticos de las regiones de conservación de CONAVI con la representación de la clasificación de los

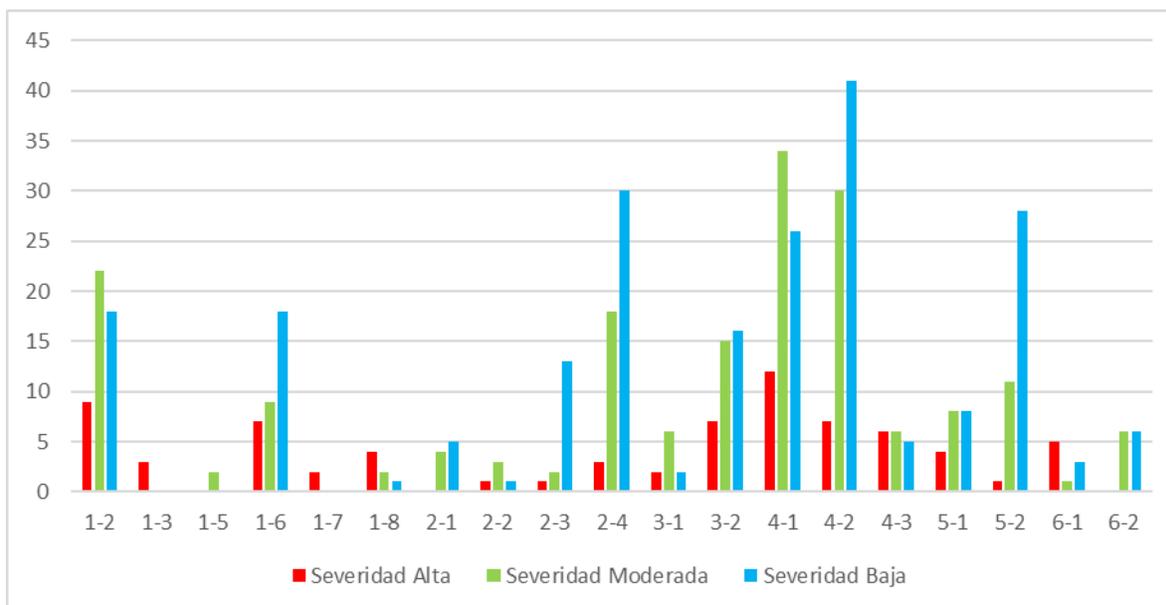


Gráfico 11. Cantidad de reportes con severidad Alta, Moderada y Baja por zona de conservación vial. Fuente: elaboración propia con datos del Survey123®, CONAVI.

puntos según su severidad en todo el territorio nacional. Se desglosan las siguientes regiones.

- Región Brunca.
- Región Central.
- Región Chorotega.
- Región Huetar Atlántica.
- Región Huetar Norte.
- Región Pacífico Central.

Se muestra la dispersión de los reportes por región y a su vez se indica cada una de las zonas de conservación vial. En el apartado de clasificación de resultados según la severidad, se explica la sugerencia de colores por clasificación y el símbolo, así como el tamaño de éste.

Hay puntos que, por parámetros de escala podrían quedar traspalados, por lo tanto, se propone hacer una lectura minuciosa, con el fin de interpretar la ubicación de los puntos según su severidad.

Conclusiones de los resultados obtenidos por la aplicación

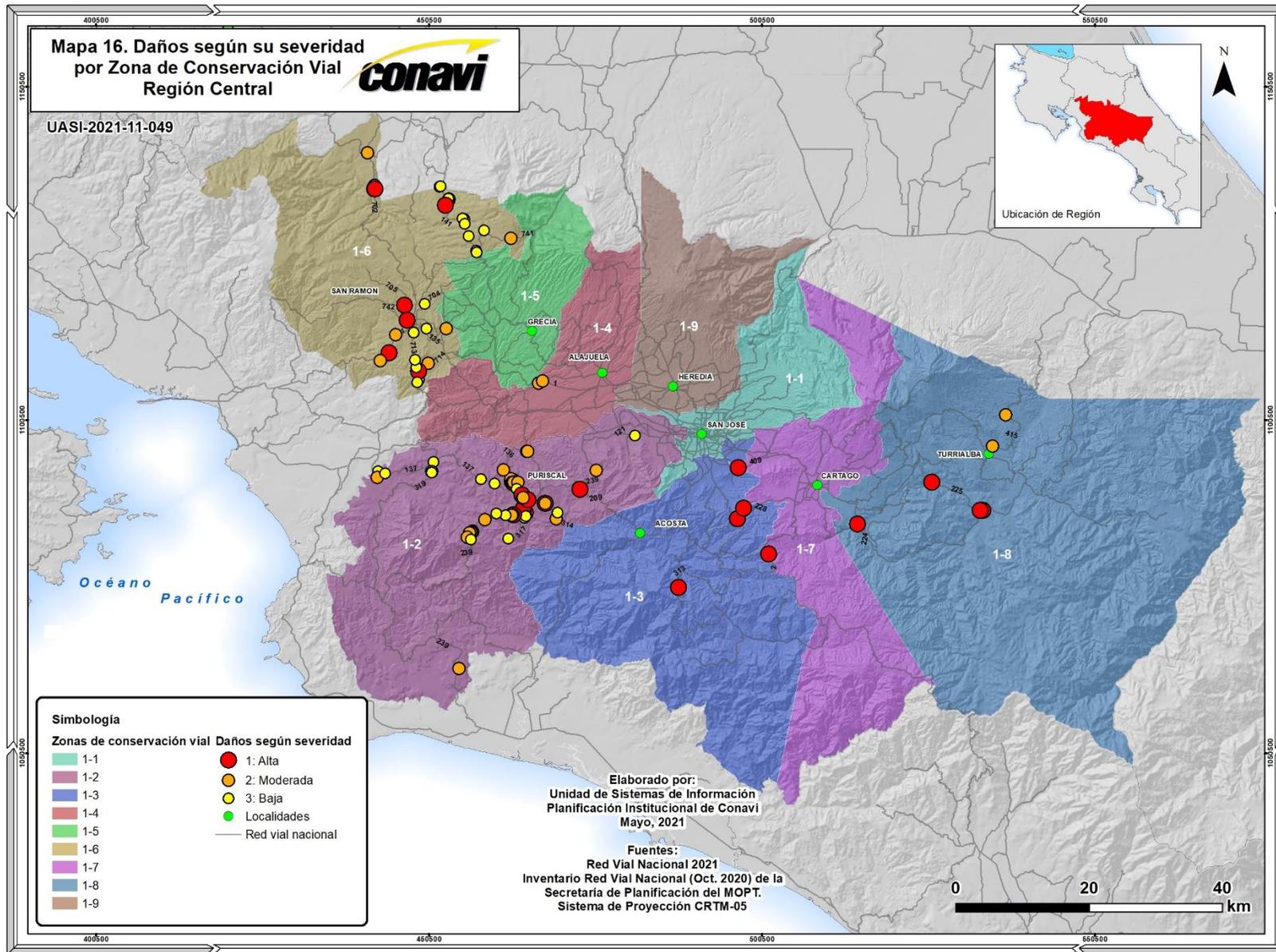
La puesta en marcha de la aplicación Survey123®, nace a raíz de formular una nueva metodología de recolección de datos de campo mucho más práctica y amigable con el usuario. Esta herramienta digital permite tener un entorno más comprensible y con un mayor dinamismo para la captura de datos.

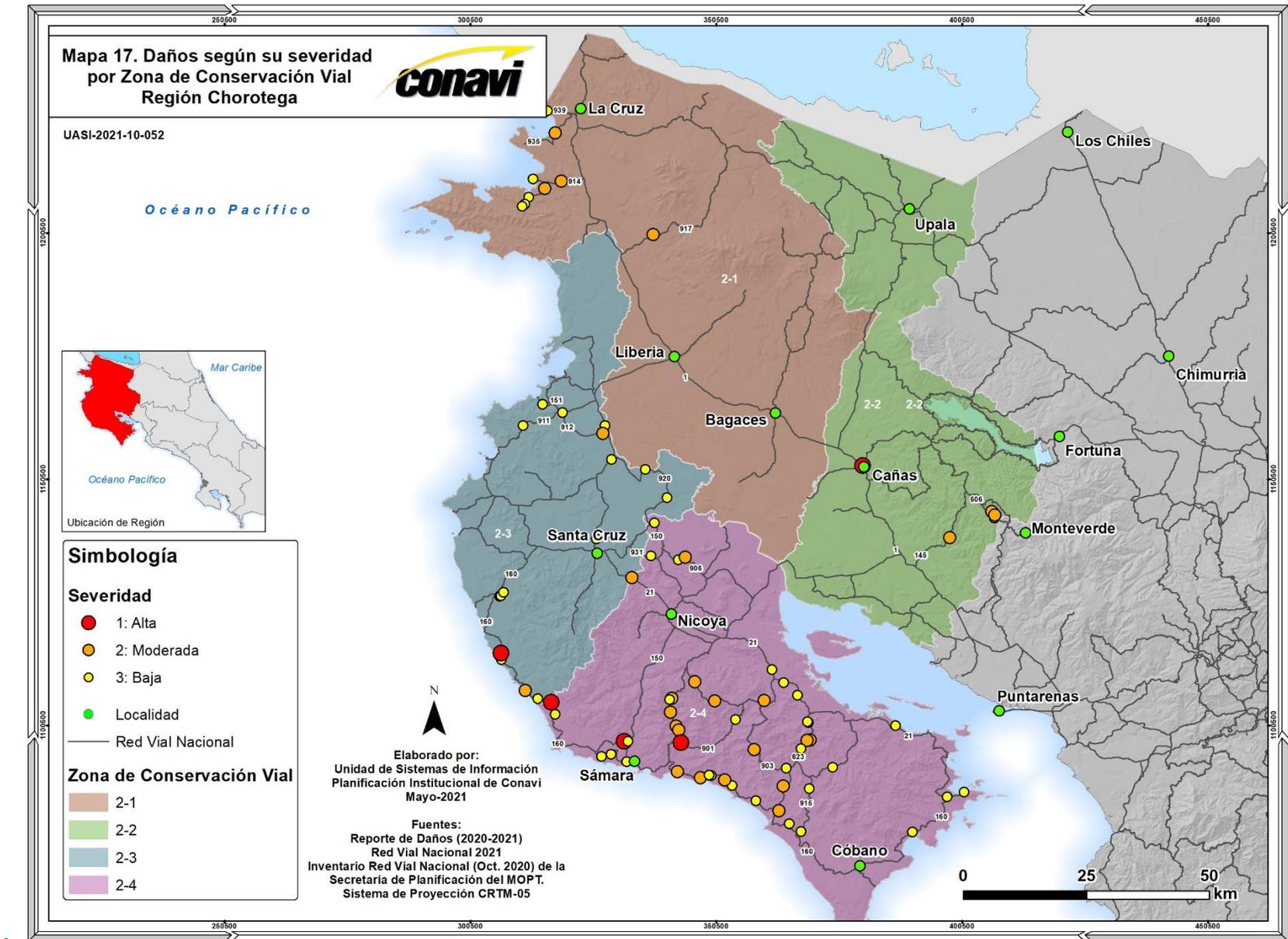
El CONAVI ha realizado esfuerzos desde el punto de vista presupuestarios para

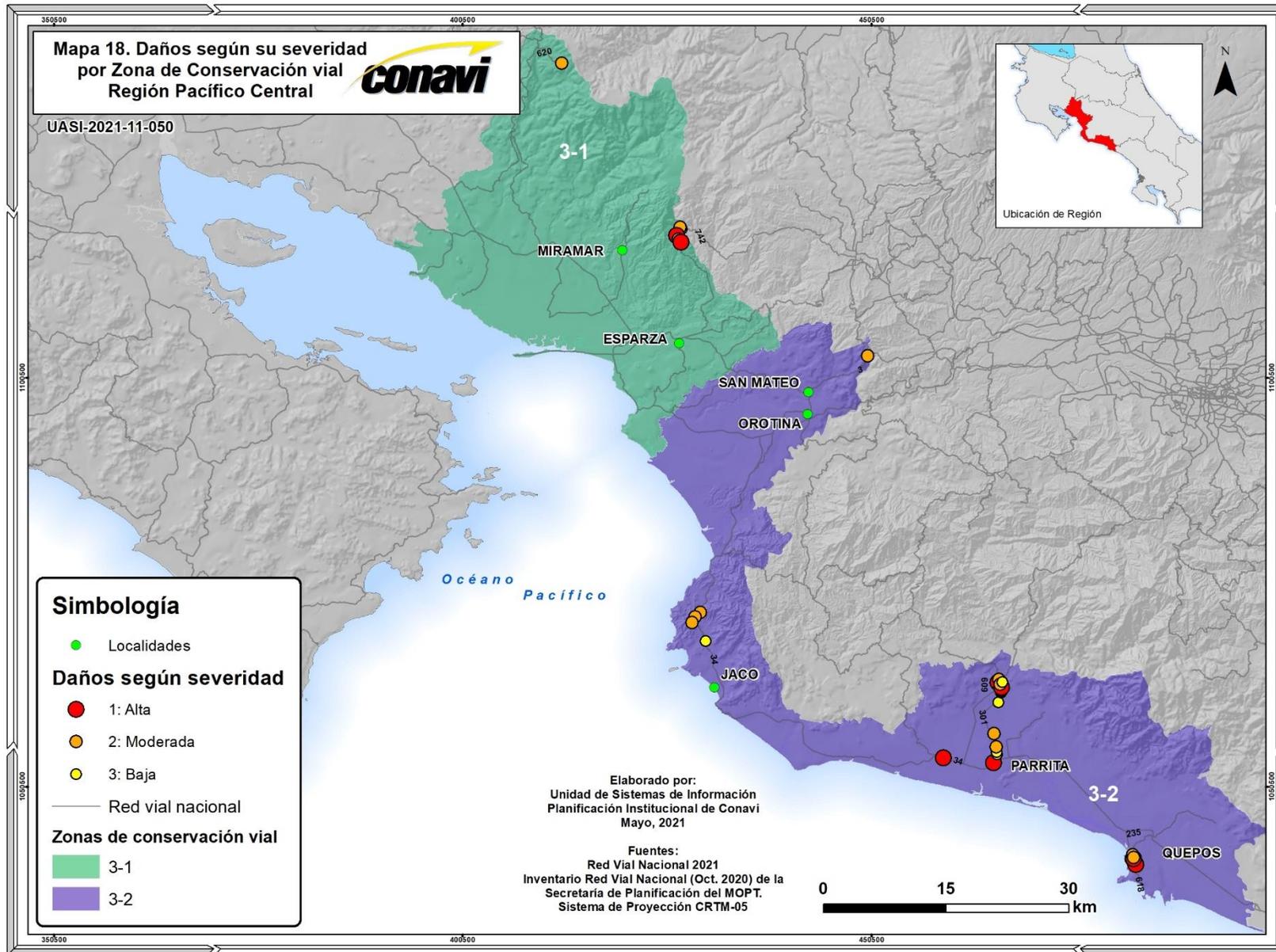
obtener esta aplicación, pero más allá de esto, se ha generado un interés esencial en el desarrollo e investigación de nuevas formas que permitan mejorar el levantamiento y obtención de información, así como promover una cultura a nivel organizacional sumamente valiosa para contribuir al alcance de nuevas metas, objetivos y planes atinentes a la gestión del riesgo.

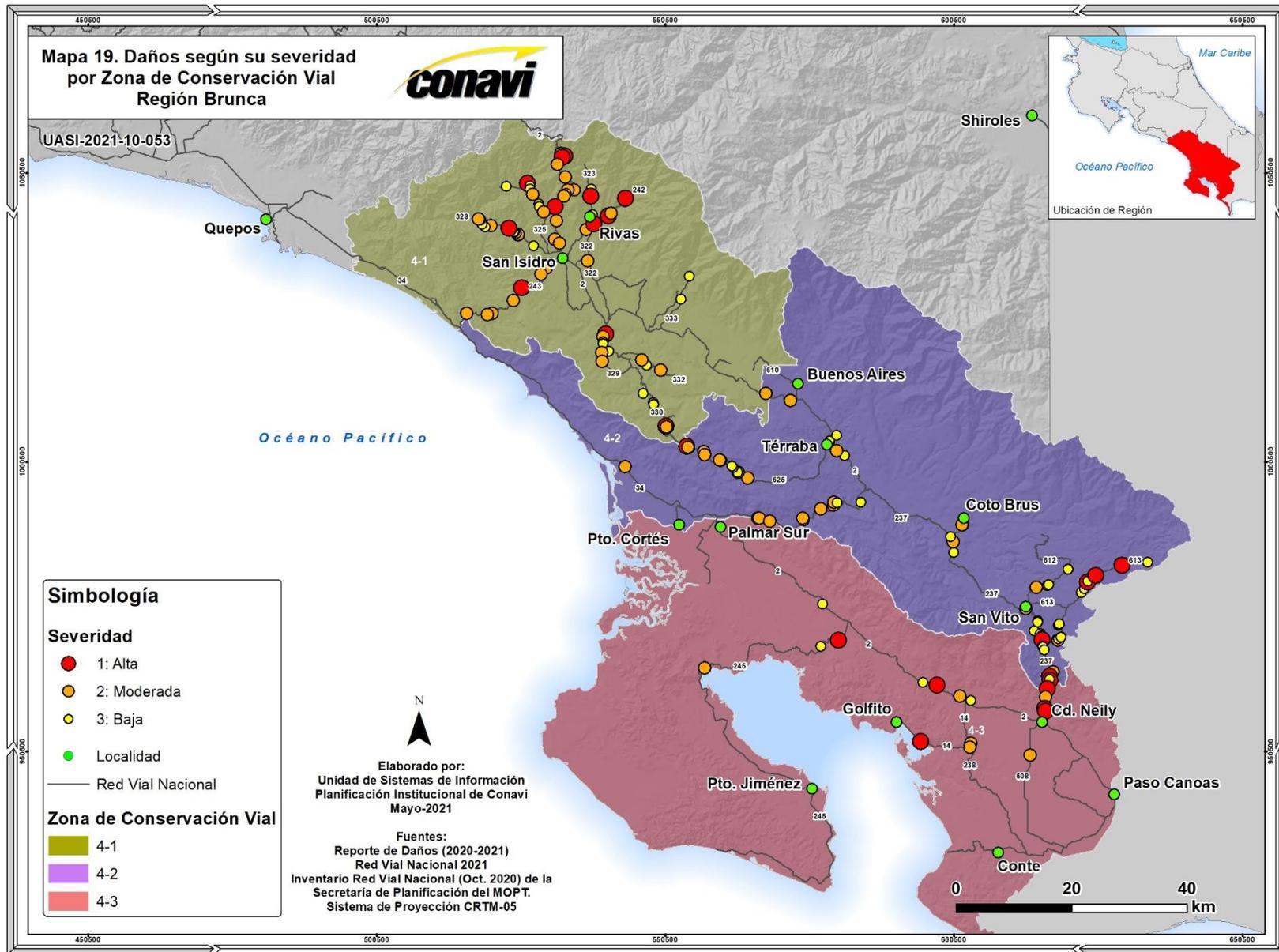
Con la información alcanzada se logra conocer las condiciones en que queda plasmada la RVN ante un evento de índole hidrometeorológico, como hecho principal, ya que también es posible recabar registros de otros impactos producidos por otro tipo de fenómenos naturales. Sin embargo, este estudio se focaliza en el primer aspecto. Asimismo, es importante destacar que, toda aquella información que se recolecta queda directamente vinculada en tiempo real a la interfaz para la revisión de los puntos, así como, queda resguardada en la nube de la plataforma ArcGis Online®, dando la seguridad del caso para respaldar la información en cualquier momento.

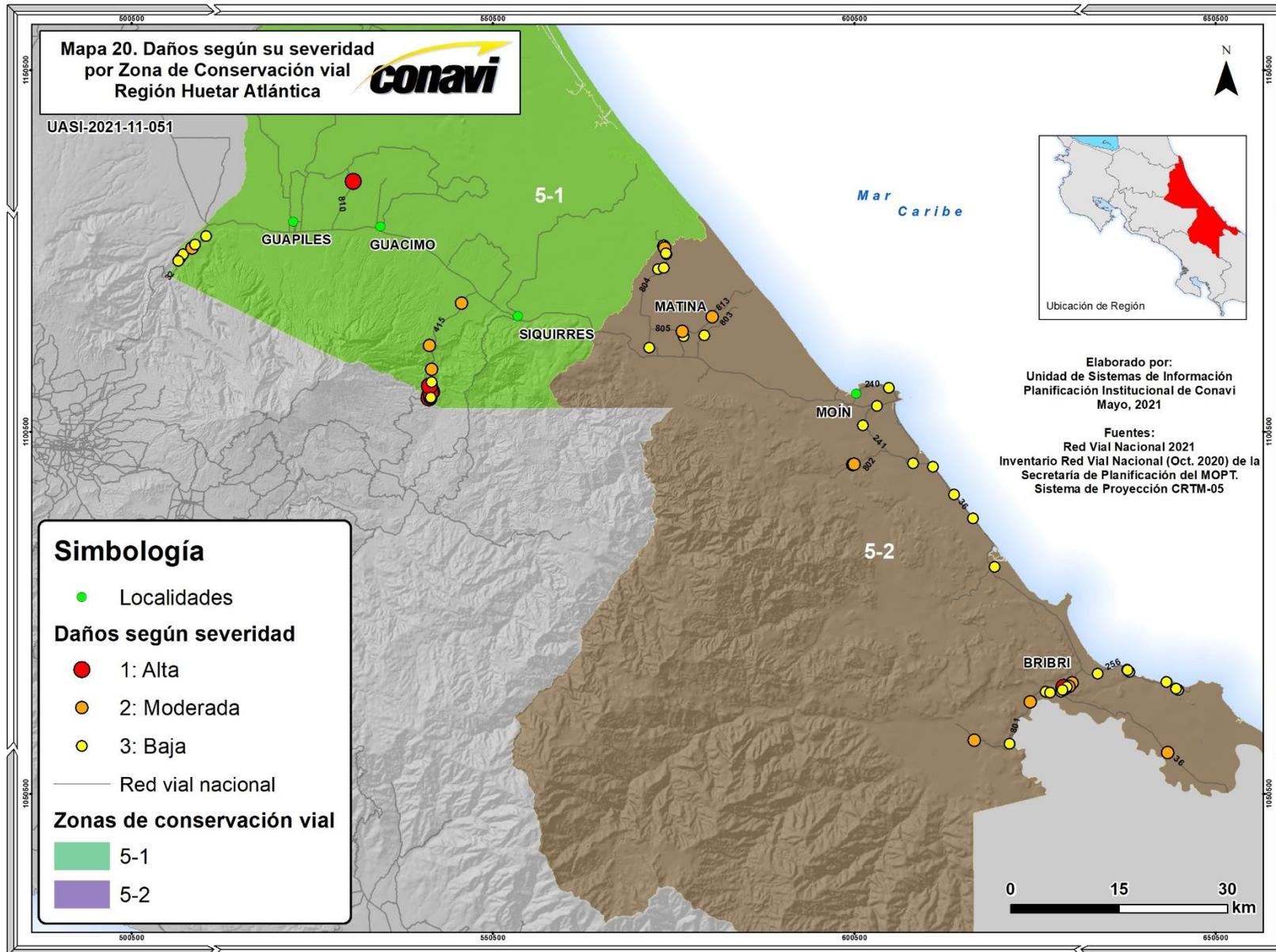
Se logran obtener datos que antes no se tenían. Con ellos, se brindarán valiosas recomendaciones que se desarrollan en el Capítulo 6 de este Plan, de las cuales se espera que la Institución adopte como medidas para buscar una mayor capacidad de respuesta ante los diferentes escenarios de amenaza.

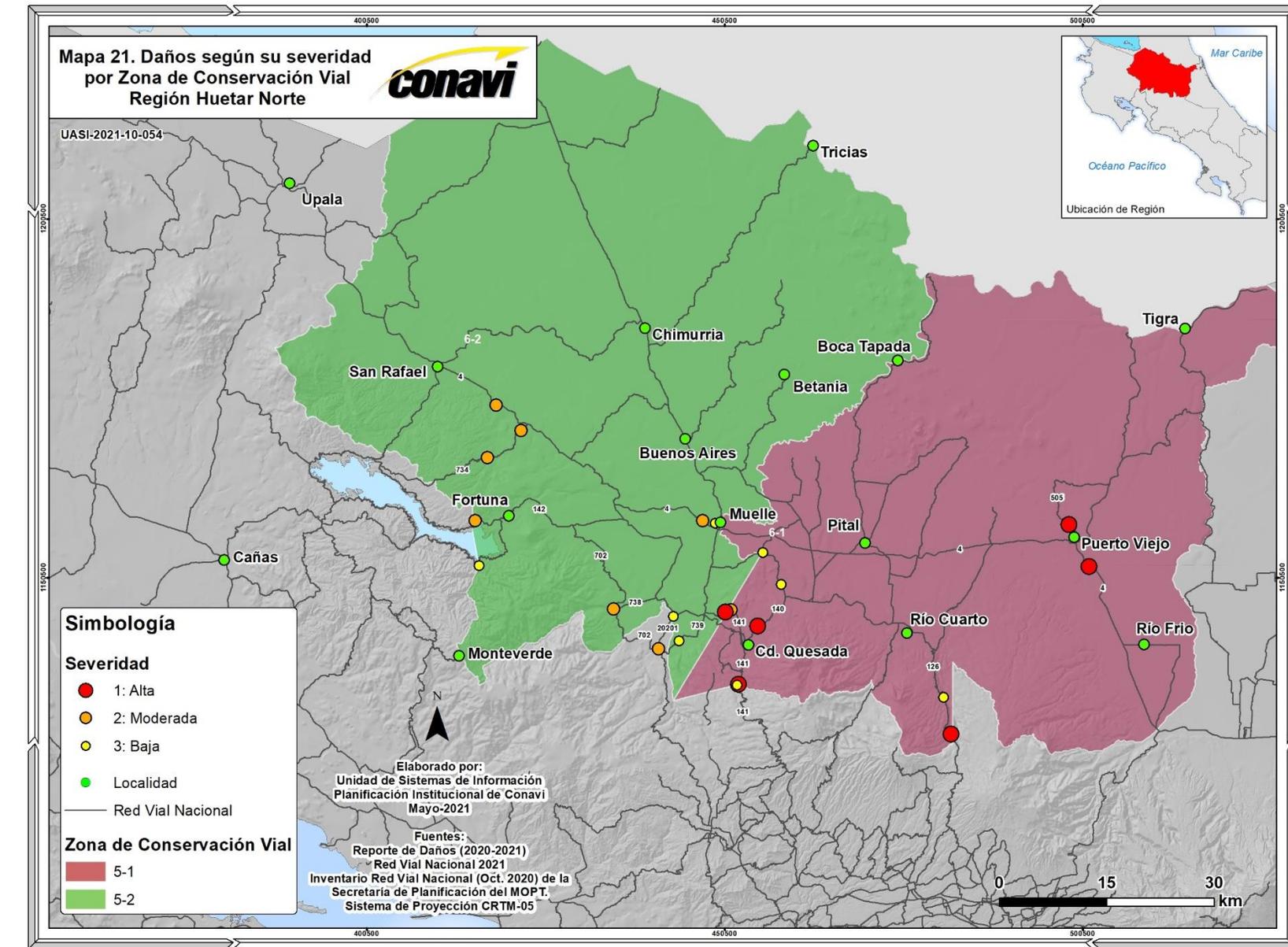












4. Consecuencias de la Variabilidad y el Cambio Climático

Los daños en la infraestructura de la Red Vial Nacional (RVN) como consecuencia de eventos hidrometeorológicos pueden entenderse como la materialización de riesgos preexistentes. Estos riesgos se componen de dos factores: la vulnerabilidad y la amenaza. La *vulnerabilidad* de la infraestructura vial se relaciona con el nivel de exposición y fragilidad que la hace susceptible de ser afectada o sufrir daños ante la ocurrencia de un determinado evento. La *amenaza* es la probabilidad de ocurrencia de ese evento, que puede ser natural, social o una combinación de ambos, y que representa un potencial peligro para la integridad de la infraestructura. Dentro de esta ecuación, los fenómenos hidrometeorológicos se clasifican como amenazas naturales.

De acuerdo con esos conceptos, la reducción del riesgo puede darse, ya sea por la disminución de la amenaza, o por la reducción de la vulnerabilidad de la infraestructura. Debido a la dificultad de incidir en la probabilidad de ocurrencia de eventos naturales como los fenómenos hidrometeorológicos y a que el control de las amenazas solo es posible en algunos casos, los esfuerzos del CONAVI deben

enfocarse en alcanzar una disminución de la vulnerabilidad de la infraestructura de la RVN para reducir los riesgos de daños.

A pesar de ser considerados como amenazas naturales, los fenómenos hidrometeorológicos también pueden verse influenciados por la actividad humana, como es el caso del fenómeno del cambio climático. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) lo define como el “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad climática natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables” [5]. Esta definición contempla la influencia antrópica en el cambio climático, uno de los mayores y más complejos desafíos que enfrenta la humanidad, debido a sus impactos en los sistemas naturales y humanos [6].

El cambio climático provoca un aumento en la temperatura promedio de la atmósfera y de los océanos, lo que incide en la variación de los patrones de precipitaciones, en la frecuencia e intensidad de eventos climatológicos extremos y en el aumento de los niveles

promedio del mar, producto del deshielo [7]. Esto se suma, como se señala anteriormente, a los efectos causados por la variabilidad climática natural, definida como el conjunto de “variaciones del estado medio y otras estadísticas del clima (desviación típica, eventos extremos, etc.) en todas las escalas espaciales y temporales, que son más amplias que las de los fenómenos meteorológicos individuales” [5].

La variabilidad climática natural refleja el ruido aleatorio diario del tiempo meteorológico dentro del sistema climático, en cualquier ubicación geográfica del mundo que fluctúa en torno a la media climatológica [5]. Esto implica que el comportamiento del clima no es lineal y su variabilidad se refleja en cambios de frecuencia e intensidad de los eventos hidrometeorológicos.

El fenómeno ENOS (El Niño-Oscilación del Sur) es una de las manifestaciones de la variabilidad climática. Este fenómeno consiste en la fluctuación de temperaturas oceánicas en el Pacífico ecuatorial central y oriental entre dos modos: temperaturas mayores a las normales, modo dominante con una escala interanual de 2 a 7 años conocido como “El Niño”; y temperaturas menores a las normales, modo conocido como “La Niña”.

Algunos de los efectos de estas manifestaciones de la variabilidad climática se experimentan en Costa Rica durante episodios de El Niño y de la Niña,

que han provocado considerables pérdidas económicas al país. La Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE) estima que entre 2005 y 2017 las pérdidas por estas causas ascendieron a los US\$ 2 210 millones en los sectores de servicios, producción e infraestructura, dentro del cual se incluye la infraestructura vial [7].

Tanto el cambio climático como la variabilidad climática tienden a provocar aumentos en la frecuencia e intensidad de los eventos hidrometeorológicos, es decir, incrementos en las amenazas. De ambos, el de mayor incertidumbre es el cambio climático, debido a que no se conocen con exactitud los efectos a futuro que pueda llegar a ocasionar, por lo que se ha recurrido a plantear varios escenarios probables, los cuales permiten realizar evaluaciones del riesgo con los efectos del cambio climático sobre las amenazas hidrometeorológicas y sin ellos, para obtener diferentes configuraciones del riesgo.

4.1 Escenarios del cambio climático

La emisión de gases de efecto invernadero (GEI) es la más importante de las actividades humanas que alteran la composición global de la atmósfera mencionadas en la definición de cambio climático de la CMNUCC. Es por esto que la estimación de los escenarios climáticos previstos como efecto del cambio climático se encuentra en función de

| | FR | Tendencia del FR | [CO ₂] en 2100 |
|--------|----------------------|---------------------|----------------------------|
| RCP2.6 | 2,6 W/m ² | decreciente en 2100 | 421 ppm |
| RCP4.5 | 4,5 W/m ² | estable en 2100 | 538 ppm |
| RCP6.0 | 6,0 W/m ² | creciente | 670 ppm |
| RCP8.5 | 8,5 W/m ² | creciente | 936 ppm |

Figura 12. Escenarios de emisión y forzamientos radiativos (FR).

Fuente: Visor de escenarios de cambio climático sobre Centroamérica, Programa EUROCLIMA+ (2020) [8].

distintos escenarios de emisión de GEI que consideran diferentes alternativas, desde su incremento hasta su disminución.

Con ese fin es que el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ha diseñado cuatro configuraciones a partir de las trayectorias de concentración representativas o RCP (Representative Concentration Pathways) que consideran escenarios desde optimistas, en los cuales se presentaría una disminución de concentración de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera, hasta escenarios de estabilidad e incremento de esta concentración para el año 2100. Sin embargo, el escenario tendencial de altas emisiones no coincide actualmente con la visión optimista.

Esas diferentes configuraciones de RCP se encuentran en función del forzamiento radiativo (FR), es decir, la diferencia entre la energía solar absorbida por el planeta y la irradiada de vuelta al espacio, inducida

por los causantes externos del cambio climático, expresada en W/m² [9].

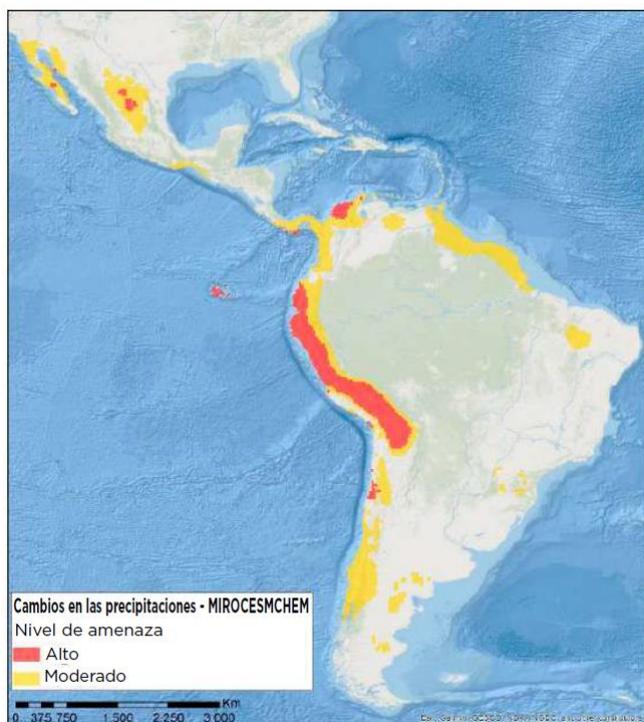
A partir de las configuraciones de RCP, se han utilizado diferentes modelos climáticos para generar datos pronosticados de las consecuencias del cambio climático a varias escalas y con distintos propósitos. Por ejemplo, datos con el objetivo de proporcionar tendencias generales sobre la probabilidad de ocurrencia de amenazas hidrometeorológicas, como los cambios en las precipitaciones a fin de siglo expresados según su nivel de amenaza en el mapa a pequeña escala de Latinoamérica (Mapa 22), que considera un RCP de 8.5 y el Modelo Climático Global MIROC-SEM-CHEM con datos brindados por la NASA con el propósito de orientar consideraciones más localizadas relacionadas con procesos de toma de decisiones.

Como se puede apreciar en el Mapa 22, solo en parte del territorio costarricense se señala un nivel de amenaza “moderado” por cambios en las precipitaciones a fin de siglo (en color

amarillo), lo que implica que los cambios porcentuales en esas zonas del país se estiman entre el 25 % y el 50 %, ya sea, en una disminución o un aumento. El resto del territorio de Costa Rica no se ubica en zonas de amenaza, ya que los cambios porcentuales en disminución o aumento son menores al 25 % en las precipitaciones al final de siglo, lo que se considera un nivel de amenaza “bajo”. Por otro lado, los incrementos o disminuciones mayores al 50 % se consideran como niveles de amenaza “alto” (zonas del mapa en color rojo).

Sin embargo, los escenarios son susceptibles a la aplicación de diferentes modelos climáticos, por lo que se pueden obtener distintos resultados. Por ejemplo, fijando todas las variables del escenario anterior, y cambiando únicamente el modelo climático para aplicar el modelo GFDL-CM3, los niveles de amenaza varían de la forma en que se muestra en el Mapa 23.

En este último caso, para todo el territorio costarricense se estima un nivel de amenaza “moderado”, ya que mediante la aplicación de este modelo se proyectan cambios entre el 25 % y el 50 %, ya sea en disminución o aumento de las precipitaciones para fin de siglo.



Mapa 22. Cambios en las precipitaciones – Fin de siglo con cambio climático (modelo MIROC-ESM-CHEM).

Fuente: Metodología de evaluación del riesgo de desastres y cambio climático para proyectos del BID (2019) [5].



Mapa 23. Cambios en las precipitaciones – Fin de siglo con cambio climático (modelo GFDL-CM3).

Fuente: Metodología de evaluación del riesgo de desastres y cambio climático para proyectos del BID (2019) [5].

Las diferencias en estos resultados indican que los modelos climáticos se encuentran en proceso de revisión y continua mejora a partir de la generación de nuevos datos que permitan reducir la simplificación de procesos físicos reales que pueden provocar sesgos sistemáticos en estas proyecciones. Sin embargo, todas ellas coinciden en que se esperan cambios en los valores de precipitación en Costa Rica a raíz del cambio climático.

Escenarios del cambio climático para Costa Rica

A partir del Tercer y Cuarto Informe de Evaluación del IPCC, en 2012 el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) elaboró escenarios regionalizados para Costa Rica cuyos resultados proyectan que las condiciones del clima en el año 2080 serían análogas a las experimentadas por el país durante un episodio fuerte de la manifestación de la variabilidad climática natural ENOS en su modo “El Niño”, por lo que se esperaría una reducción importante en las precipitaciones, con riesgo de sequías en la vertiente del Pacífico, y un aumento en las precipitaciones, con riesgo de grandes inundaciones en la vertiente del Caribe [7].

Ese escenario regionalizado para Costa Rica elaborado por el IMN es congruente con las proyecciones obtenidas en

conjunto entre el Centro de Servicios Climáticos de Alemania (GERICS) y el IMN en la “Ficha Informativa Climática Regional – Cuenta alta del río Tempisque – Costa Rica”, que resume los resultados de 28 simulaciones de modelos climáticos regionales basadas en un RCP8.5 o escenario tendencial (o muy alto en emisiones) y un RCP2.6 o escenario de mitigación estricto (o de bajas emisiones), cuyas estimaciones en términos de precipitación tienden a la reducción en esa cuenca del Pacífico Norte, como se puede apreciar en la Tabla 12.

| Parámetro | Cambios en parámetros climáticos hacia finales del siglo XXI | |
|------------------------------------|--|--|
| | Escenario tendencial (muy alto en emisiones) | Escenario de mitigación estricto (bajas emisiones) |
| Temperatura | Incremento | Incremento |
| Días cálidos | Incremento | Incremento |
| Días calientes | Incremento | Incremento |
| Días muy calientes | Incremento | Sin cambios |
| Noches calurosas | Incremento | Incremento |
| Duración de olas de calor | Incremento | Incremento |
| Duración de olas de calor extremas | Incremento | Sin cambios |
| Precipitación | Reducción | Sin cambios |
| Días húmedos | Reducción | Sin cambios |
| Días secos | Incremento | Sin cambios |
| Percentil 95 de precipitación | Tendencia al incremento | Sin cambios |
| Percentil 99 de precipitación | Tendencia al incremento | Sin cambios |

Tabla 12. Cambios en parámetros climáticos hacia finales del Siglo XXI en la Cuenca alta del río Tempisque. Fuente: Ficha Informativa Climática Regional, Cuenca alta del río Tempisque (2020) [10].

Este documento determina que en términos absolutos existirá una reducción de las precipitaciones en la región de

estudio; sin embargo, no incluye conclusiones acerca del comportamiento de la intensidad de las precipitaciones, el cual corresponde a un factor importante de análisis en los daños de elementos en la infraestructura de la RVN en general, pero principalmente en obras que pueden ver rebasada su capacidad hidráulica durante eventos lluviosos, como puentes, cunetas y alcantarillas.

En consecuencia, desde el punto de vista de la amenaza, un posible aumento en la incidencia de daños en la infraestructura de la RVN a causa de eventos hidrometeorológicos, se relaciona tanto con las variaciones de precipitación en términos absolutos como con las intensidades de las tormentas producto del cambio climático y de la variabilidad climática natural.

Sin embargo, desde el punto de vista de la vulnerabilidad, ese posible aumento en la incidencia de daños se relaciona con un inadecuado manejo de las cuencas hidrográficas a raíz de falta de ordenamiento territorial, por modificaciones en el uso del suelo como deforestación, impermeabilización de grandes áreas, y toda actividad que provoque aumentos en la escorrentía superficial y los caudales, que no necesariamente son parte del alcance de una institución como el CONAVI, cuyo rango físico de acción se limita al derecho de vía de las rutas nacionales. Por lo tanto, esta situación debe ser abordada como un problema a nivel país que,

independientemente del aumento de las amenazas a raíz del cambio climático y la variabilidad climática, incrementa la vulnerabilidad y como consecuencia produce un impacto negativo a nivel nacional, incluida la infraestructura de la RVN, a cargo del CONAVI.

Los escenarios de cambio climático más recientes se basan en las proyecciones globales del Quinto Informe de Evaluación (AR5) del IPCC. A partir de ellos, EUROCLIMA+, el programa de cooperación regional en América Latina financiado por la Unión Europea, desarrolló el proyecto “Generación de escenarios regionalizados de cambio climático en Centroamérica”. Uno de los productos de este proyecto fue un visor de escenarios de cambio climático que permite seleccionar variables climáticas en distintos escenarios para meses específicos del año, basadas en diferentes modelos climáticos.

A partir de la selección de datos mostrada en la Figura 13 se genera una capa de la modificación porcentual de la variable “precipitación” en Costa Rica, en un escenario de RCP8.5 para el futuro lejano (2071-2100), durante los meses de enero a diciembre, utilizando el promedio de 16 modelos climáticos análogos.

A pesar de que al utilizar un promedio de los resultados de varios modelos se diluye la información de cada uno, este promedio conserva la tendencia de la



Figura 13. Selección de datos en el visor de escenarios de cambio climático sobre Centroamérica.

Fuente: visor de escenarios de cambio climático [11].

mayoría de los modelos, que proyectan para finales de siglo en Costa Rica una disminución de las precipitaciones en la vertiente del Pacífico y un aumento en las precipitaciones de la vertiente Caribe, como se puede apreciar en el Mapa 24.

Esas proyecciones de la modificación de valores de precipitación en las dos vertientes de nuestro país concuerdan con lo afirmado en la “Política de Adaptación al Cambio Climático de Costa Rica 2018-2030” a partir de los “Escenarios de cambio climático regionalizados para Costa Rica” del IMN en 2012:



Mapa 24. Modificación porcentual de precipitación obtenida del visor de escenarios de cambio climático para Costa Rica. Fuente: visor de escenarios de cambio climático [11].

“Para finales de siglo (2080) se proyectan aumentos de la precipitación anual de hasta el 50 % en la vertiente del Caribe, mientras que en la Zona Norte y la mayor parte de la vertiente del Pacífico se esperan reducciones de hasta un 65 %. La única excepción se presentaría al sur de la Fila Costeña (Palmar Sur, Osa, Golfito, Coto, Conde Burica), donde el incremento de los niveles de precipitación no superaría el 30 %. A corto plazo las proyecciones muestran un patrón similar,

pero con porcentajes más bajos. En el Caribe se prevé un aumento no mayor al 30 % para el 2020¹ y al 15 % para el 2050, y en el Pacífico se espera una disminución menor del 15 % para 2020 y menor del 35 % para 2050” [7].

4.2 Incrementos en amenazas por variabilidad y cambio climático

Los deslizamientos, las inundaciones y las avenidas son las amenazas hidrometeorológicas más significativas para la infraestructura vial. Pese a que las diferentes proyecciones estiman reducciones en los valores absolutos de las precipitaciones en ciertas regiones del país, el cambio climático puede aumentar la intensidad de las precipitaciones relacionadas con eventos hidrometeorológicos extremos y con ello, el nivel de amenaza. Este aumento sumado al de vulnerabilidad por inadecuadas modificaciones en el uso del suelo y deforestación incrementan los riesgos de deslizamientos, inundaciones y avenidas.

Aunque las precipitaciones medias para una región podrían no modificarse significativamente o incluso disminuir a causa del cambio climático, el rango superior de la distribución, y en particular

los extremos, pueden aumentar en los eventos extremos. Este aumento se ha estimado para los eventos mayores en alrededor del 7 % por cada grado Celsius de calentamiento [5].

Influencia del cambio climático en el riesgo de deslizamiento

Para realizar una evaluación del riesgo por deslizamiento se debe combinar información sobre pendientes, suelos, cobertura de suelos y condiciones hidrológicas. El cambio climático y algunas manifestaciones de la variabilidad climática no solamente provocarán aumentos en las intensidades de los eventos hidrometeorológicos, sino que producirán cambios en la vegetación que influyen en las velocidades de infiltración del agua, de manera en que se aumentará la vulnerabilidad de los suelos [5].

Actualmente los daños ocasionados por deslizamientos o eventos que afectan la estabilidad de los taludes en un país altamente montañoso y de zonas de pendientes elevadas, representan gran cantidad de los daños en la RVN por causas hidrometeorológicas. De los 474 puntos registrados en el levantamiento de daños de la RVN presentados en la Tabla 8 de este informe, 127 corresponden a afectaciones en taludes, lo que representa un 28 % del total.

¹ Se consultó al IMN si las proyecciones para el 2020 ya se verificaron, por lo que se está a la espera de respuesta.

Por lo tanto, tomando en cuenta que el cambio climático afectará el riesgo de deslizamientos en dos direcciones, ya que no solo provocará un aumento en las amenazas, sino que también podría incrementar la vulnerabilidad de los suelos a causa de la modificación en sus tasas de infiltración, lo único esperable es un aumento en el riesgo de deslizamiento que, de no intervenir la RVN mediante las medidas adecuadas, podría traducirse en un aumento en la frecuencia y magnitud de los deslizamientos.

En el Mapa 25, se muestra la “amenaza por deslizamiento de tierra” de las condiciones actuales en Latinoamérica, sin contemplar las variaciones a causa del cambio climático, elaborado mediante datos históricos de gran escala (malla con 1 km² de resolución) que dependen de la combinación de factores detonantes y susceptibilidad definida por seis parámetros: pendiente, litología, humedad del suelo, cobertura vegetal, precipitación y condiciones sísmicas. En este mapa se puede observar como la mayor parte de Costa Rica se encuentra en un nivel “alto” o “moderado” de amenaza por deslizamiento.

Influencia del cambio climático en el riesgo de avenidas e inundaciones

El cambio climático puede aumentar la intensidad de las precipitaciones relacionadas con eventos hidrometeorológicos extremos como huracanes y, como se explicó en la

sección anterior, también produce cambios en la vegetación que podrían influenciar en la alteración de parámetros de infiltración del suelo.



Mapa 25. Amenaza por deslizamiento.

Fuente: Metodología de evaluación del riesgo de desastres y cambio climático para proyectos del BID (2019) [5].

Ese aumento en la intensidad de las precipitaciones relacionadas con eventos extremos se proyecta en todo el territorio nacional. Sin embargo, como se explicó en las secciones anteriores sobre escenarios climáticos futuros, hay regiones del país donde se dará un aumento general en las precipitaciones,

principalmente en la vertiente del Caribe y algunas zonas del Pacífico Sur.

Las condiciones descritas anteriormente aumentan el riesgo de ocurrencia de crecidas súbitas en los caudales de cuerpos de agua (avenidas) y de inundaciones. Los daños en la infraestructura de la RVN se pueden manifestar durante este tipo de eventos por la superación de la capacidad hidráulica de estructuras de drenaje transversales, como alcantarillas y puentes, a lo largo de las vías.

Esta situación puede provocar, incluso, la falla de la estructura. Si se experimenta un represamiento aguas arriba de la estructura hasta provocar un desbordamiento de las márgenes del río y la estructura en sí, se ha llegado al punto de interrupción del servicio, es decir de la movilidad. Si estas condiciones se mantienen o aumentan, la velocidad del flujo y la turbulencia podrían generar un aumento en las cargas dinámicas sobre la estructura y la erosión de sus apoyos. Por último, en el escenario más pesimista, el

flujo puede arrastrar la estructura por completo. La Figura 14 muestra una representación gráfica de un evento de este tipo.

Influencia del cambio climático en el riesgo de inundaciones costeras

El aumento en el nivel del mar por el deshielo a causa del cambio climático es un factor global predeterminado en el riesgo de inundaciones costeras, pero existen variables locales afectadas por interacciones complejas entre la presión del aire, el viento, e incluso por la circulación climática y oceánica a gran escala, por las que existe una multiplicidad de modelos de aumento del nivel del mar e inundaciones costeras de los que se obtienen resultados locales diferentes. Algunos de estos, inclusive, requieren como dato de entrada los niveles de precipitación.

Sin embargo, la influencia del cambio climático en este riesgo, y las proyecciones de grandes inundaciones costeras a raíz del aumento del nivel del



Figura 14. Representación gráfica de posibles daños ocasionados por avenidas.

Fuente: Metodología de evaluación del riesgo de desastres y cambio climático para proyectos del BID (2019) [5].

mar son ineludibles y poco esperanzadoras. Desde la publicación del informe AR5 del IPCC en 2014, las proyecciones sobre el aumento del nivel del mar se han actualizado considerando cambios mayores a los previstos, debido a una pérdida de hielo en los casquetes polares más rápida que la medida anteriormente [5].

Si se realizan estimaciones de las inundaciones costeras a causa del aumento del nivel del mar, utilizando únicamente la elevación del terreno para determinar los niveles de riesgo, los resultados arrojarían inundaciones en casi la totalidad de las costas del mundo, como se muestra en el Mapa 26.

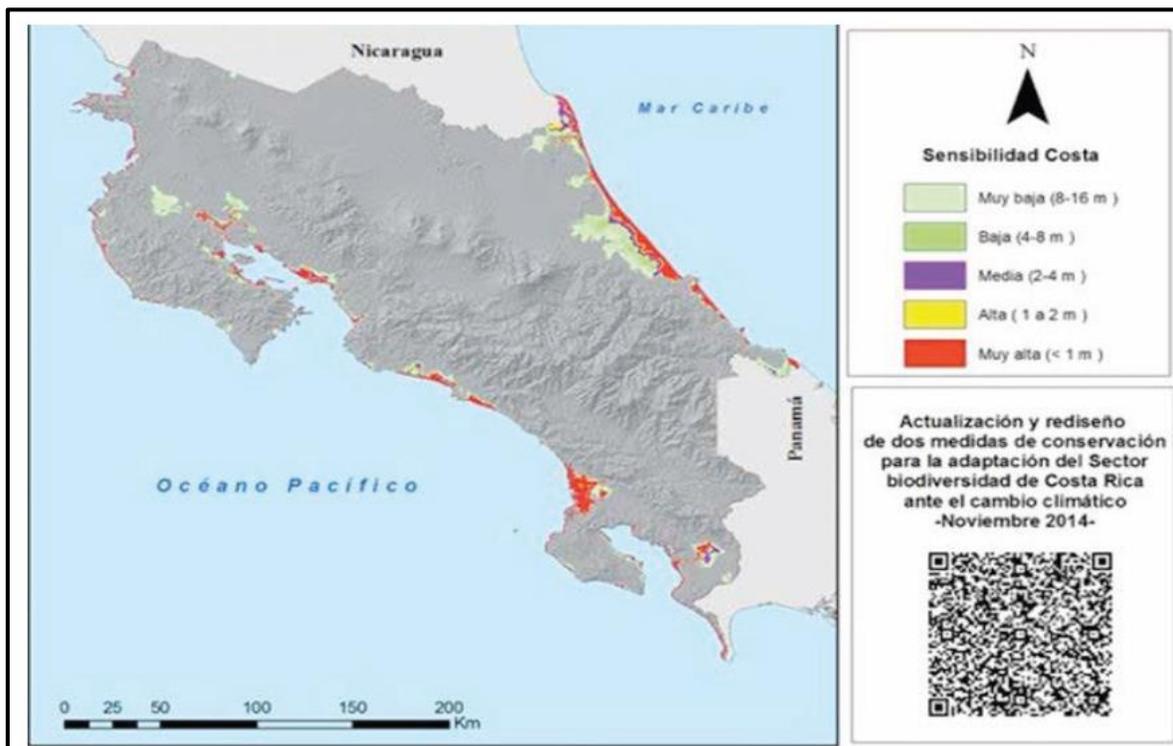


El Mapa 26 es el resultado de un análisis simplificado que consideró solamente las elevaciones del terreno, como se mencionó antes, analizadas dentro de los 100 km de distancia respecto a zonas costeras, a partir de un Modelo de Elevación Digital de 30 metros de resolución, producido por la misión de la NASA Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) y de estimaciones de aumentos del nivel medio del mar de entre 30 cm y 1,22 m hacia el año 2100 [5].

Por lo tanto, en el Mapa 26, las elevaciones del terreno entre 0 y 0,61 metros sobre el nivel del mar (msnm) se clasificaron con nivel de amenaza “Alto”; entre 0,61 y 1,22 msnm se clasificaron con nivel de amenaza “Moderado” y por encima de 1,22 msnm se clasificaron como nivel de amenaza “Bajo”.

El aumento del nivel del mar se considera una amenaza de manifestación lenta producto del cambio climático. El informe AR5 del IPCC indica que entre 1900 y 2010 el nivel del mar se elevó 19 cm y que el ritmo de ese proceso se aceleró desde mediados del Siglo XX. Las proyecciones de este informe para finales del Siglo XXI coinciden en que el nivel promedio del mar podría aumentar entre 17 y 82 cm.

El Mapa 27 muestra los resultados de un estudio realizado por el Sistema Nacional de Áreas de Conservación del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE-SINAC) en 2014, a partir de las estimaciones del



Mapa 27. Áreas sensibles ante el aumento en el nivel del mar en Costa Rica.

Fuente: Política Nacional de Adaptación al Cambio Climático de Costa Rica 2018-2030 [7].

AR5, que permitió identificar las áreas sensibles ante el aumento en el nivel del mar en Costa Rica.

La superposición de este mapa con las capas de la RVN permitirá realizar análisis detallados de las rutas nacionales costeras para determinar las posibles afectaciones en la infraestructura vial de las inundaciones producto del aumento del nivel promedio del mar.

Sin embargo, estos análisis se pueden realizar localmente a un mayor detalle, como el análisis “Creación de escenarios del nivel del mar, ante el cambio climático para la ciudad de Puntarenas”, elaborado

en 2010 por el geógrafo Melvin Lizano Araya, en el que se utilizaron diferentes escenarios de aumento del nivel del mar estimados por el IPCC en 2007 (Tabla 13).

Adicionalmente, se pueden realizar análisis espaciales a partir de mapas de niveles de inundación, como los elaborados a partir de mareas máximas promedio de 309 cm y de 329 cm en la Figura 15.

Los análisis a este nivel de detalle permiten realizar estimaciones de los distintos escenarios de impacto en rutas nacionales determinadas, como en este

| Nivel Promedio del Mar para la ciudad de Puntarenas | Aumento del Nivel del Mar por Cambio Climático | Período del Aumento estimado por el IPCC | Marea originada por el Cambio Climático para la ciudad de Puntarenas |
|---|--|--|--|
| 1.40 | 30 cm | 30 años | 1.70 m |
| 1.40 | 100 cm | 50-60 años | 2.40 m |
| 1.40 | 150 cm | 90 años | 2.90 m |
| 1.40 | 200 cm | 100 años | 3.40 m |

Tabla 13. Escenarios de aumento del nivel del mar para la ciudad de Puntarenas estimados por el IPCC en 2007. Fuente: Creación de escenarios del nivel del mar, ante el cambio climático para la ciudad de Puntarenas, Lizano, 2010 [12].

caso específico, para la Ruta Nacional N.º 17 de Puntarenas en la que, mediante la Figura 15, se pueden determinar sus tramos de carretera más vulnerables ante las inundaciones costeras por el aumento del nivel del mar como consecuencia del cambio climático.

Influencia del cambio climático sobre rutas de lastre

De acuerdo con las proyecciones futuras explicadas en el apartado 5.1 “Escenarios de cambio climático”, para finales de siglo

se esperan reducciones de hasta un 65 % en las precipitaciones en la Zona Norte y la mayor parte de la vertiente del Pacífico, con la excepción de las zonas ubicadas al sur de la Fila Costeña. Este comportamiento es congruente con lo indicado en la Tabla 12 “Cambios en parámetros climáticos hacia finales del Siglo XXI en la Cuenca alta del río Tempisque”, que además señala una reducción de la cantidad de días húmedos y un incremento de la cantidad de días secos.

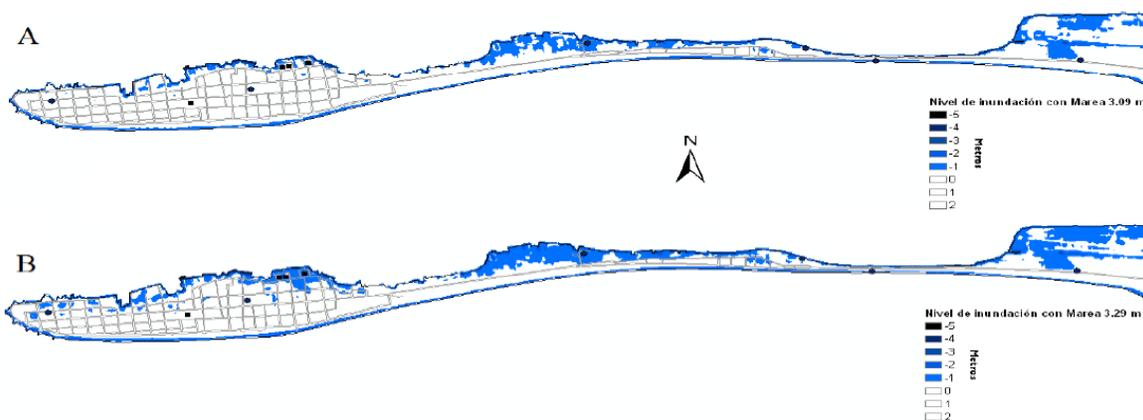


Figura 15. Áreas sensibles ante el aumento en el nivel del mar en Costa Rica.

Fuente: Creación de escenarios del nivel del mar, ante el cambio climático para la ciudad de Puntarenas, Lizano, 2010 [12].

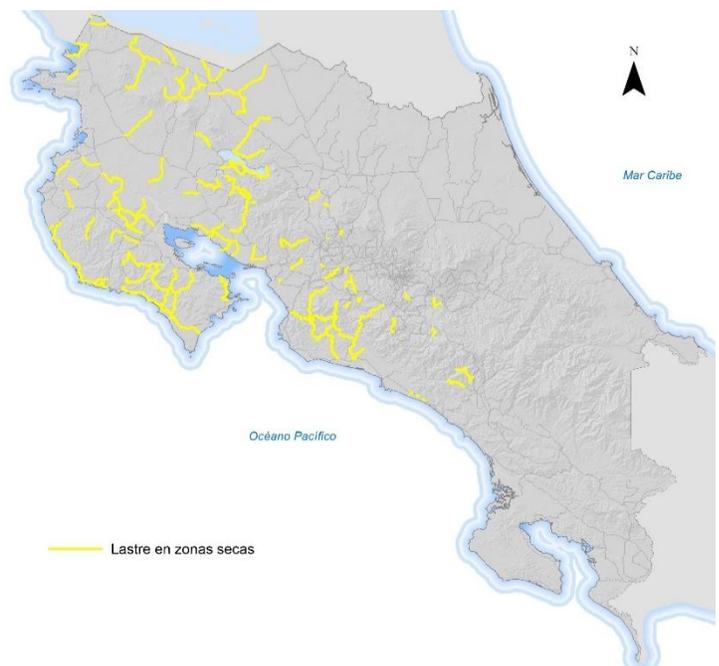
La reducción de precipitaciones y de cantidad de días húmedos, así como el aumento de la cantidad de días secos, son condiciones que deben ser consideradas en la administración y mantenimiento de rutas de lastre, debido a que provocan el levantamiento de nubes de polvo que resultan perniciosas en términos de seguridad vial y salubridad pública tanto para los usuarios de las vías como para los habitantes de estas zonas y adicionalmente, estas condiciones ocasionan un aceleramiento en las pérdidas de material de la superficie de rodamiento y el deterioro de las vías.

En consecuencia, la identificación de las rutas de lastre ubicadas en zonas donde se proyectan esas condiciones secas, permitirá ampliar los criterios para la toma de decisiones del tipo de soluciones que podrán ser implementadas para paliar sus efectos negativos, ya sea mediante obras de mantenimiento rutinario o de mejoramiento de las vías.

Las rutas de la RVN cuya superficie de rodamiento se clasifican actualmente como rutas de lastre o predominantemente de lastre en la Zona Norte y la mayor parte de la Vertiente del Pacífico, donde se proyectan condiciones secas a futuro, se señalan en color amarillo en el Mapa 28 y suman un total de 1 618 km de longitud, lo que representa alrededor del 20 % del total de la RVN.

Ya sea el mantenimiento de rutas de lastre en condiciones secas, el aumento

del nivel del mar, la magnitud de inundaciones y avenidas, o la frecuencia de ocurrencia de deslizamientos, son elementos que se encuentran influenciados por los efectos negativos del cambio climático y la variabilidad climática natural, que incrementan las amenazas hidrometeorológicas y con ellas el riesgo de sufrir daños en elementos de la infraestructura de la RVN y el desmejoramiento de sus condiciones de servicio. Estos riesgos se materializan constantemente y en una frecuencia cada vez mayor, lo que ha provocado grandes impactos en diversos sectores nacionales, pero, en particular, en la infraestructura vial.



Mapa 28. Rutas de la RVN en lastre o predominantemente de lastre en zonas de condiciones secas a futuro.

Fuente: elaboración propia con base en el Inventario General de Carreteras y Caminos; MOPT, 2021.

4.3 Impactos de los eventos hidrometeorológicos en la RVN y blindaje de la inversión pública

A diferencia de otros tipos de estructuras civiles, los efectos más importantes de una eventual falla de elementos de la infraestructura vial se relacionan más con la imposibilidad de utilizarla y con las consecuencias de ello sobre la población, que con pérdida de vidas [5]. Por lo tanto, para realizar un análisis completo de impactos de los eventos hidrometeorológicos en la RVN se deberían considerar los costos directos de reparar o reconstruir la infraestructura y los costos indirectos del tiempo perdido por los usuarios.

La anterior afirmación se relaciona estrechamente con el concepto de *criticidad*, que se refiere al grado de importancia de una estructura o un sistema dentro de un contexto más amplio debido al tipo y escala de los servicios o de la funcionalidad que ofrece. Por lo tanto, la criticidad de un corredor se evalúa en términos del nivel de servicio requerido, de manera que los de alta importancia, como los que incluyen líneas vitales consideradas críticas para respuesta ante desastres, tienen un correspondiente alto nivel de servicio requerido. De la misma manera se consideran los corredores de importancia económica significativa por su función de conexión de recursos o mercancía, los

que tienen volúmenes de tráfico elevados y los que tienen importancia estratégica a nivel nacional [5].

La criticidad se diferencia de la vulnerabilidad en que esta última se refiere a las cualidades inherentes que determinan la susceptibilidad de una estructura, o sistema, de sufrir daños frente a una amenaza. Estos dos conceptos facilitan la comprensión de los posibles impactos físicos en una estructura, en la población y en los servicios, como resultado de un evento debido a amenazas naturales. De esta manera también permiten disponer de elementos que amplíen el criterio necesario para definir una priorización de las obras de reconstrucción o de prevención por ejecutarse.

Como se deriva de los anteriores planteamientos y conceptos, la estimación integral de los impactos de los eventos hidrometeorológicos en la RVN es compleja y los cálculos de los costos indirectos resultan más complicados de obtener que los directos, dada la cantidad de datos requeridos, por lo que generalmente es una tarea que se pasa por alto, pese a que las indirectas representan la mayor parte de las pérdidas. De hecho, los daños y pérdidas en el país, registrados a través de los años por la CNE, no reflejan los costos indirectos generados por las interrupciones y perturbaciones para la población, y, en el caso de la

infraestructura vial, para los usuarios de las vías.

Los registros de la CNE -los cuales podrían no ser coincidentes con la información del CONAVI- incluyen datos de todos los sectores nacionales; sin embargo, es la infraestructura vial el sector más afectado a causa de los eventos de tipo hidrometeorológico. De las pérdidas registradas por este rubro entre 2005 y 2017 en Costa Rica, para un total de 2 210,4 millones de dólares (según el tipo de cambio de esta moneda para el año 2015), el 55,28 % corresponde a pérdidas en infraestructura vial y, tomando en cuenta otros tipos de infraestructura, el 69,7 % a pérdidas en términos generales del sector infraestructura, que se distribuyen según la Tabla 14. [7]

Los eventos hidrometeorológicos extremos no se pueden atribuir en su

totalidad a los efectos negativos del cambio climático. Sin embargo, los últimos informes del IPCC describen una tendencia hacia el aumento paulatino en magnitud y frecuencia de este tipo de eventos. Por lo tanto, es correcto afirmar que el cambio climático tiene influencia directa en el impacto, los daños y las pérdidas ocasionadas por eventos hidrometeorológicos, dado el aumento que provoca en las amenazas de esta índole.

Ese impacto producido por fenómenos climáticos en la infraestructura vial solo puede atenuarse mediante la reducción de la vulnerabilidad. Muchas de los puntos vulnerables de la RVN ya han sido identificados, como se explica en el Capítulo 3 “Levantamiento de daños en la RVN, nueva metodología”, justamente porque en esos puntos se materializaron los riesgos, es decir, ya se produjeron daños.

| SECTOR PNACC | SECTOR | MONTO | | NÚMERO RELATIVO |
|-----------------|--|---------------------------------|----------------------------------|-----------------|
| | | (millones de colones base 2015) | Monto (millones de dólares 2015) | |
| INFRAESTRUCTURA | Infraestructura vial: carreteras | 407.121,58 | 759,59 | 34,36% |
| | Infraestructura vial: puentes | 195.217,20 | 364,23 | 16,48% |
| | Infraestructura vial: alcantarillas y vados | 52.576,99 | 98,09 | 4,44% |
| | Infraestructura: sistemas eléctricos, energía, telecomunicaciones, ferrovías, viviendas. | 170.885,07 | 318,83 | 14,42% |

Tabla 14. Pérdidas del sector “Infraestructura” por eventos hidrometeorológicos entre 2005 y 2017 en Costa Rica. Fuente: Política Nacional de Adaptación al Cambio Climático de Costa Rica 2018-2030 [7] con datos de la CNE de 2017.

Aunque esa reducción de la vulnerabilidad de la RVN represente un gran desafío nacional, no solamente para el CONAVI como institución a cargo de la construcción, reconstrucción y conservación de la infraestructura de la RVN, el problema se puede simplificar, en términos conceptuales, a partir de la comprensión de que la reducción de la vulnerabilidad en los puntos identificados solo puede lograrse mediante dos caminos: la reducción del nivel de exposición de los elementos a las amenazas (uno de los factores de la vulnerabilidad), o el incremento de la resistencia de esos elementos ante los eventos hidrometeorológicos.

La primera alternativa podrá aplicarse en menor frecuencia, dado que, en términos prácticos, en la mayoría de los casos para alcanzar una reducción de la exposición ante amenazas hidrometeorológicas deberá cambiarse el alineamiento de un tramo de carretera para alejarlo de su amenaza, lo cual implica logística y costos más elevados que otras soluciones. Buenos ejemplos de situaciones en las cuales será más eficiente optar por esta alternativa, son las rutas ubicadas dentro de las zonas de inundación natural de los ríos, cuya solución histórica ha sido la construcción de diques que en algún momento tienden a fallar, con lo que se puede evidenciar la reconstrucción reiterativa de la vulnerabilidad. Tal es el caso de la Ruta Nacional N.º 237, clasificada como parte

de la Red de Alta Capacidad en el Plan Nacional de Transportes 2011-2035 del MOPT, en el tramo que invade la zona de inundación del río Caño Seco, a la altura de Ciudad Neily, cuya reciente destrucción se puede apreciar en la Figura 16.

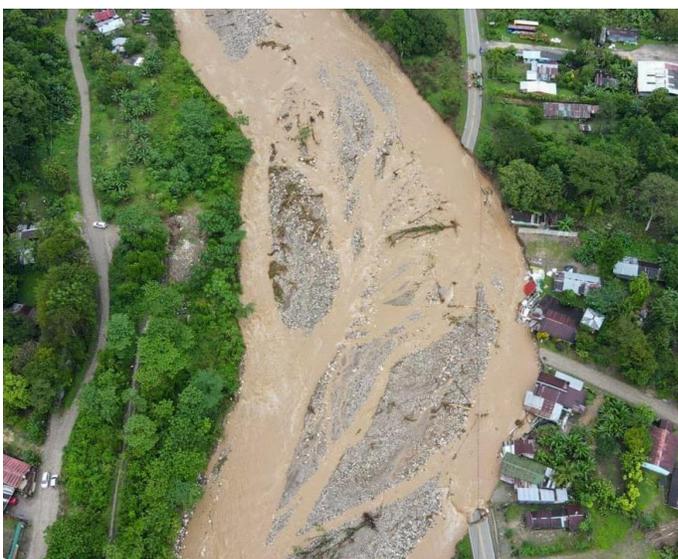


Figura 16. Pérdida de un tramo de la Ruta Nacional N.º 237 a causa de la invasión de su derecho de vía a la zona de inundación del río Caño Seco, Ciudad Neily. Fuente: Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, CONAVI.

En esa ocasión, como parte de las observaciones de campo reportadas en este punto específico, se indicó la ruptura del dique de protección. La alternativa de reducción de la exposición en este caso requeriría de un cambio en el alineamiento del tramo de ruta vulnerable, para lo cual es probable la necesidad de realizar expropiaciones. Esta solución implicaría una inversión inicial mayor a la reconstrucción del dique; sin embargo, valdría la pena incorporar un análisis

comparativo en el tiempo de las posibles soluciones y realizar una estimación de los costos indirectos del cierre de la vía para ampliar el criterio en la toma de decisiones.

Por otro lado, el segundo camino para reducir la vulnerabilidad consiste en el incremento de la resistencia de los elementos expuestos a la amenaza. Esta solución se conoce también como el **blindaje de la inversión pública** y es la que debería ser aplicada con mayor frecuencia. Según la Política Nacional de Adaptación al Cambio Climático de Costa Rica 2018-2030, *“el blindaje de la infraestructura de la inversión pública ante los impactos del cambio climático implica cambiar las normas de contratación y los carteles de licitación para obras públicas”* [7].

Dentro de los cambios en los carteles de licitación se debe contemplar los diseños de alcantarillas, cunetas y toda obra hidráulica y de manejo de aguas; así como los diseños de muros, anclajes y toda obra geotécnica y de estabilización.

Es posible afirmar con certeza que en casi la totalidad de los casos en que las obras responden a un diseño, no se reconstruye la vulnerabilidad. Mientras que, por el contrario, la reincidencia de daños en un mismo punto se da por falta de una intervención adecuada mediante estudios, diseños, e inclusive expropiaciones. Por tanto, la importancia de la inclusión de las modificaciones en

las normas de contratación que se mencionan en la definición anterior de blindaje de la inversión pública aplica para todo tipo de obras, ya sean de mantenimiento o conservación, o las clasificadas como obras nuevas o de mejoramiento vial.

Por último, el CONAVI lleva camino recorrido en la identificación de los puntos donde debe reducir la vulnerabilidad, para lo que debe apoyarse en priorizaciones realizadas a partir de la combinación de los conceptos de criticidad y vulnerabilidad de las vías para adaptarlas a las amenazas hidrometeorológicas a las que se exponen.

Es necesario mencionar que en nuestro país esas amenazas interactúan en crecientes condiciones de vulnerabilidad producto de la falta de ordenamiento territorial y planificación urbana, así como la degradación de los suelos como consecuencia de su manejo inadecuado.

4.4 Cambio climático, variabilidad climática y ordenamiento territorial

Las consecuencias de la falta de ordenamiento territorial en el país y su relación con el aumento de la vulnerabilidad ante las amenazas hidrometeorológicas se han mencionado a lo largo de este capítulo. Sin embargo, dado el alto impacto que implica esta

relación, es necesario ampliar en algunos de sus aspectos.

Los efectos adversos del cambio climático y la variabilidad climática representan un enorme desafío para la humanidad. En Costa Rica en particular, esos efectos adversos que provocan un incremento en las amenazas hidrometeorológicas se suman a los incrementos en la vulnerabilidad ocasionados por la falta ordenamiento territorial reflejada en la deficiente planificación urbana, el manejo de las cuencas hidrográficas y la explotación de los suelos. El resultado del crecimiento de estos factores es un nivel de riesgo elevado. Para el sector de infraestructura vial, ese riesgo implica una alta probabilidad de materialización de daños en sus elementos a causa de eventos hidrometeorológicos.

Como también se ha comentado en este capítulo, desde el punto de vista conceptual, para una institución como el CONAVI el problema se simplifica, dada la imposibilidad de influir sobre el resto, mediante el enfoque en solo uno de los factores: la vulnerabilidad. El objetivo de la reducción de este factor es la disminución de los riesgos sobre los elementos de la RVN. Sin embargo, el sector de la infraestructura vial solo puede incidir parcialmente en la reducción de la vulnerabilidad ante eventos hidrometeorológicos, puesto que gran parte del conjunto de acciones necesarias para alcanzar este objetivo se encuentra fuera del alcance de una sola institución y

debe ser considerado un asunto de responsabilidad nacional y ser abordado como tal, mediante el ordenamiento territorial.

Un adecuado ordenamiento territorial debe contemplar la gestión de riesgos, disciplina cuyo fin último es la reducción del riesgo y su materialización de manera cuantitativa y cualitativa, a través de la reducción de la vulnerabilidad. De acuerdo con el documento de la CNE, “Gestión Municipal del Riesgo de Desastres: Normas y elementos básicos para su inclusión en el ordenamiento territorial”, los conceptos de ordenamiento territorial y gestión de riesgos han evolucionado separadamente, pero se originaron contemporáneamente y son complementarios [13]. Por lo tanto, no puede existir gestión de riesgos sin ordenamiento territorial, ni viceversa. Ambas disciplinas se necesitan, de la misma manera en que el conjunto de acciones de una requiere al de la otra para alcanzar sus objetivos comunes.

La gestión de riesgos se aplica desde tres distintos enfoques que dependen de cada situación específica y momento determinado: correctivo, reactivo y prospectivo. Esta clasificación de enfoques permite dividir la gestión de riesgos de manera en que se facilite la lista de posibles acciones a tomar en cada caso; sin embargo, todos se apegan al mismo principio de reducción de la vulnerabilidad.

El enfoque correctivo se aplica en los casos de espacios en que ya existen usos y ocupaciones indebidas del territorio a través de medidas de mitigación [13]. La gestión correctiva demuestra implícitamente que existen posibilidades de corregir y mitigar, a pesar de que los efectos de estas medidas podrían ser apreciables a largo plazo.

El enfoque reactivo de la gestión de riesgos es el que trata sobre la respuesta ante emergencias y desastres a través de la rehabilitación, evitando la reconstrucción de vulnerabilidades. Por su parte, el enfoque prospectivo se da cuando las medidas se toman de manera anticipada y preventiva para evitar el impacto negativo recíproco entre las comunidades o la infraestructura y el ambiente [13].

Estos tres enfoques de la gestión de riesgos pueden ser aplicados a nivel específico en el sector de infraestructura vial, dependiendo de cada situación, en mayor frecuencia el enfoque reactivo en el que se debe rehabilitar un elemento de la infraestructura procurando evitar la reconstrucción de la vulnerabilidad. La gestión correctiva implicaría, en este nivel, la realización de modificaciones, correcciones y obras preventivas en la infraestructura de la RVN antes de que se presenten las fallas. Mientras que, en menor frecuencia, la gestión prospectiva del riesgo en la infraestructura de la RVN aplicaría para el trazado de rutas nuevas de manera en que no exista exposición, o

solamente en grado mínimo, a eventuales amenazas para las vías.

Sin embargo, es en el nivel macro en que deben aplicarse estos tres enfoques y la gestión de riesgos en general, de la mano con ordenamiento territorial, para poder reducir las externalidades negativas del desarrollo inadecuado que fomentan el aumento en la vulnerabilidad, no solamente de la RVN, sino del resto de sectores del país. Estas externalidades negativas se reflejan en acciones antrópicas que producen el deterioro de los suelos, la impermeabilización inadecuada de grandes áreas como consecuencia de la falta de planificación urbana, la deforestación y el manejo deficiente de las cuencas hidrográficas y otras acciones específicas como la construcción dentro de los retiros y áreas de protección de cuerpos de agua estipulados en la Ley Forestal 7575, que, sumadas todas, provocan el aumento de escorrentías superficiales y caudales, entre otras consecuencias negativas.

El ordenamiento territorial debe ser integral, por lo que no debe limitarse al ámbito cantonal, ya que, necesariamente debe incluir el manejo de cuencas hidrográficas que pertenecen a varios cantones y, por lo tanto, implica la coordinación entre diferentes municipalidades y otras entidades estatales. Estas acciones y medidas representan, en fin, un gran desafío para nuestro país, que debe asumirse con urgencia para reducir en alguna medida

los efectos sinérgicos de la suma de las consecuencias, cada vez más evidentes, de la variabilidad y el cambio climático.

5. Metodología para la valoración y gestión de riesgos

En mayo de 2020 se aprueba a lo interno del CONAVI, la primera versión de la “Guía Metodológica para el Seguimiento, Evaluación y Gestión de Riesgos en Desastres Naturales”, documento que obedece a un esfuerzo institucional por acatar las políticas estratégicas definidas en el Plan Nacional de Desarrollo e Inversión Pública (PNDIP) del Bicentenario 2019-2022, las metas del Plan Nacional de Gestión de Riesgo 2016-2020 y principalmente, en alcanzar una visión como institución, con objetivos

estratégicos y operativos presentes en el Plan Operativo Institucional (POI) del CONAVI, dirigidos en lograr en el corto a mediano plazo, una infraestructura vial adaptable y resistente ante la variabilidad y el cambio climático [14]:

Desde entonces, esta metodología se ha estado aplicando en el CONAVI, para la identificación y valoración prospectiva de riesgos en todo el ciclo de vida de los proyectos, con el fin de contar con infraestructura cada vez menos

Visión Institucional

El Consejo Nacional de Vialidad implementará un plan de reducción de riesgo de desastres, incorporando criterios de cambio climático en el desarrollo de proyectos, para que en el año 2035, la red vial nacional tenga mayor capacidad de adaptación y resiliencia ante eventos hidrometeorológicos.

Objetivo Estratégico

Incorporar el análisis de riesgo y la vulnerabilidad por cambios hidrometeorológicos y variabilidad climática, en el ciclo de vida del proyecto para identificar medidas correctivas prioritarias en la red vial nacional y desarrollar obras de infraestructura vial resilientes.

Objetivos Operativos

Desarrollar acciones correctivas para las condiciones de riesgo existentes.

Desarrollar nuevas obras de infraestructura vial resilientes incorporando elementos de cambio climático y variabilidad climática.

vulnerable ante los eventos naturales extremos.

Ahora bien, como lo indica la misma Guía Metodológica, ésta se aplica para riesgos que se pueden generar, asociados con eventos naturales de diferente origen, tales como de tipo geológico, geomorfológico, meteorológico e hidrológico, climático y biológico, como se logra observar claramente en el esquema de la Figura 17.

No obstante, este estudio se enfoca en la identificación de todos aquellos riesgos generados por amenazas ante eventos hidrometeorológicos extremos intensificados por la variabilidad y el cambio climático. Otra forma de conceptualizarlo es mediante un enfoque multiamenaza, donde el disparador es un evento hidrometeorológico extremo o de alta intensidad.

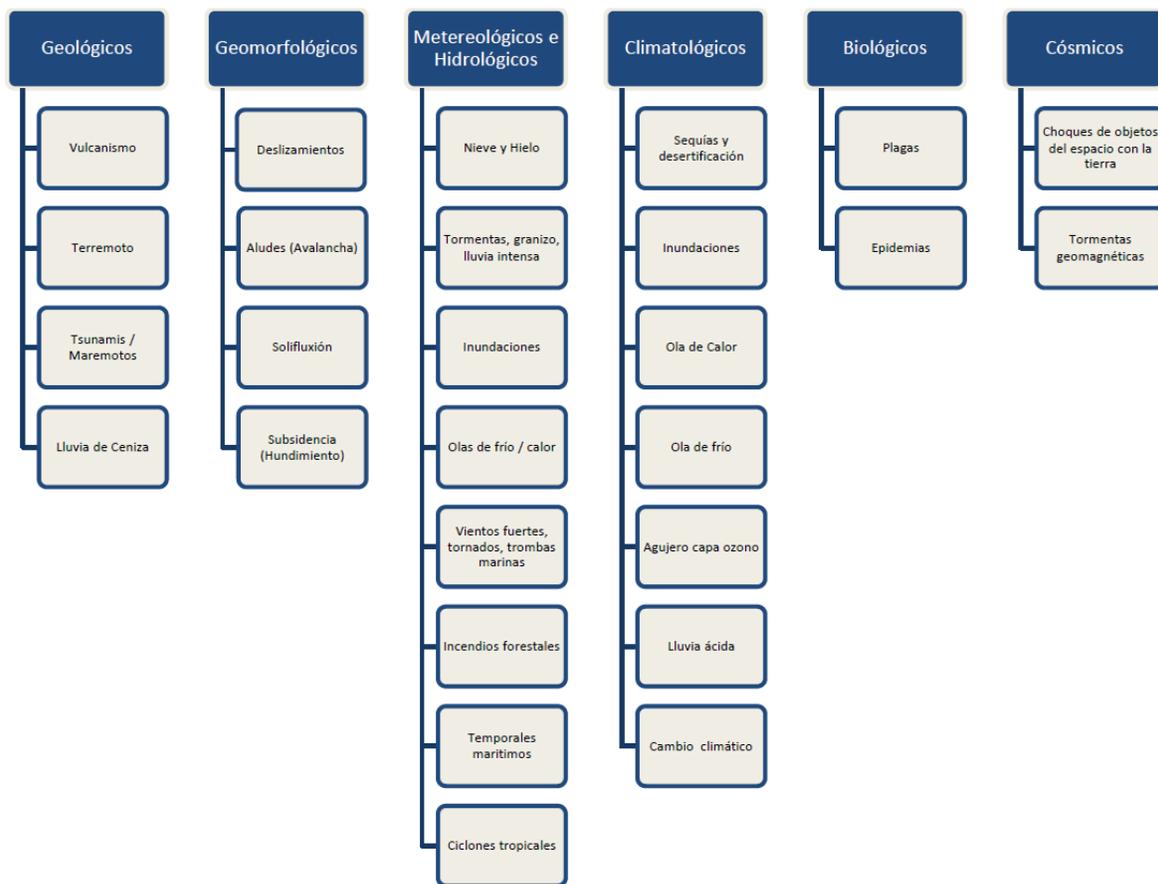


Figura 17. Estructura de riesgos de amenazas naturales.

Fuente: Guía Metodológica para el Seguimiento, Evaluación y Gestión de Riesgos en Desastres Naturales, 2020. [15]

Es por tal razón que se da la necesidad de realizar algunos ajustes o mejoras a esta metodología, a fin de tener un instrumento enfocado en valorar exclusivamente riesgos de origen hidrometeorológico, en función tanto de su recurrencia como del impacto generado en la infraestructura vial vulnerable.

En la Figura 18 se muestra la nueva estructura de riesgos del clima enfocada en amenazas por eventos hidrometeorológicos extremos o de alta intensidad, así como la posible infraestructura vial vulnerable.

A fin de utilizar la misma terminología para cada componente del esquema de la Figura 18, ya que, se seguirá empleando

en todo el desarrollo de este Plan, es que se procederá a brindar las respectivas definiciones utilizando como referencia el marco normativo vigente, bibliografía enfocada en la materia de estudio y el manual de la “Herramienta para el reporte de infraestructura vulnerable a amenazas naturales extremas en la Red Vial Nacional”, generado como parte del “Diagnóstico Integral de Riesgo en la Red Vial Nacional de CONAVI - 2018” [16].

- a) **Riesgo:** probabilidad de que se presenten pérdidas, daños o consecuencias económicas, sociales o ambientales en un sitio particular y durante un periodo definido. Se obtiene al relacionar

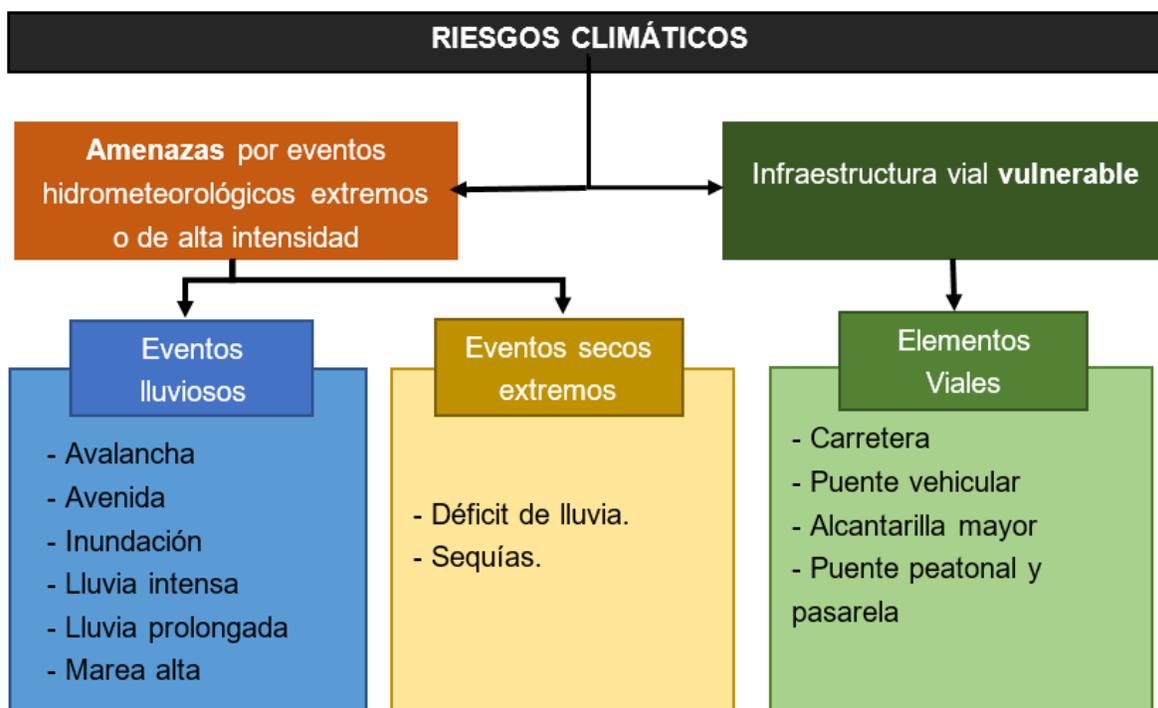


Figura 18. Nueva estructura enfocada en riesgos climáticos.

Fuente: elaboración propia a partir de la “Guía Metodológica para el Seguimiento, Evaluación y Gestión de Riesgos en Desastres Naturales, 2020”. [15]



la amenaza con la vulnerabilidad de los elementos expuestos. [17]

Riesgo: Probabilidad de que ocurran eventos que tendrían consecuencias negativas sobre el cumplimiento de los objetivos fijados. [18]

b) **Riesgo climático o del clima:** debe entenderse como las posibilidades de pérdidas de toda índole, ante las amenazas que representan los eventos extremos del clima o bien, ante la amenaza que representaría el calentamiento global. [19]

c) **Amenaza:** peligro latente representado por la posible ocurrencia de un fenómeno peligroso, de origen natural, tecnológico o provocado por el hombre, capaz de producir efectos adversos en las personas, los bienes, los servicios públicos y el ambiente. [17]

d) **Amenazas climáticas o del clima:** (...) posibilidad, probabilidad o potencialidad que cambios o fenómenos climáticos (sequía o periodos anormalmente húmedos o lluviosos, por ejemplo) afecten por un tiempo prolongado lugares específicos, cultivos, espacios de trabajo, sitios sagrados, zonas de

habitación, o el bienestar y la salud de las personas o poblaciones en sus territorios. [20]

Para efectos de este Plan, se considerarán como amenazas climáticas aquellas que son producto de un evento hidrometeorológico extremo intensificado por la variabilidad y el cambio climático.

e) **Eventos hidrometeorológicos extremos:** (...) están referidos solo a aquellos que involucran alguna forma de precipitación (líquida o sólida) y relacionados con sus valores umbrales o extremos, tanto el déficit como el superávit. Los eventos hidrometeorológicos extremos que producen un exceso de lluvia en Costa Rica pueden ser producto de frentes fríos, tormentas locales o efectos indirectos de sistemas ciclónicos, entre muchos otros. Sus consecuencias van desde inundaciones hasta erosiones edáficas y estructurales por arrastre o fricción de agua. [21]

f) **Amenazas por eventos lluviosos extremos en la Red Vial Nacional (RVN):** [16]



- **Avalancha:** flujo de material en sentido descendiente asociado con lahares (material volcánico más agua) o aluviones, los cuales suelen viajar canalizados por los sistemas fluviales y que afectan puentes, alcantarillas mayores, sistemas de drenajes, entre otras obras de infraestructura vial.
 - **Avenida:** caudal que escurre por un cauce, por encima de los valores promedio. Afluencia repentina y violenta del agua debido a una crecida.
 - **Inundación (anegamiento):** ocupación de la vía con aguas pluviales, en tal magnitud que dificulta o impide el desplazamiento de personas, vehículos y mercancías.
 - **Lluvia intensa:** precipitación alta o muy alta en un tiempo relativamente corto.
 - **Lluvia prolongada:** precipitaciones durante largos periodos.
 - **Marea alta:** afectación de la infraestructura vial costera, producto de las mareas provenientes de los océanos Pacífico y Atlántico (mar Caribe).
- g) **Amenazas por eventos secos extremos en la RVN:** [\[16\]](#)
- **Déficit de lluvia:** ausencia o disminución considerable de precipitaciones en periodos amplios, que afecta principalmente la Red Vial Nacional en tierra y lastre, con la generación de exceso de polvo en su superficie de rodamiento.
 - **Sequías:** periodo seco a causa de la falta prolongada de lluvias que provoca fallos en el balance hídrico. Las proyecciones de sequía muestran un aumento de la frecuencia y severidad de éstas a futuro, principalmente desde el norte de Costa Rica hasta el norte de Guatemala. [\[22\]](#). Al igual que en la definición anterior, este fenómeno genera un exceso de polvo en las rutas con superficie de rodamiento en lastre y tierra.
- h) **Vulnerabilidad:** condición intrínseca de ser impactado por un suceso a causa de un conjunto de condiciones y procesos físicos, sociales, económicos y

ambientales. Se determina por el grado de exposición y fragilidad de los elementos susceptibles de ser afectados -la población, sus haberes, las actividades de bienes y servicios, el ambiente- y la limitación de su capacidad para recuperarse. [17]

permite el desplazamiento de personas y mercancías en forma confortable y segura de un punto a otro. Para efectos de este informe, se consideran los siguientes activos viales: **carreteras, puentes peatonales y pasarelas, puentes vehiculares y alcantarillas mayores.**

i) **Infraestructura vial:** es todo el conjunto de elementos que

j) **Componentes de la infraestructura vial y activos viales que la conforman:**

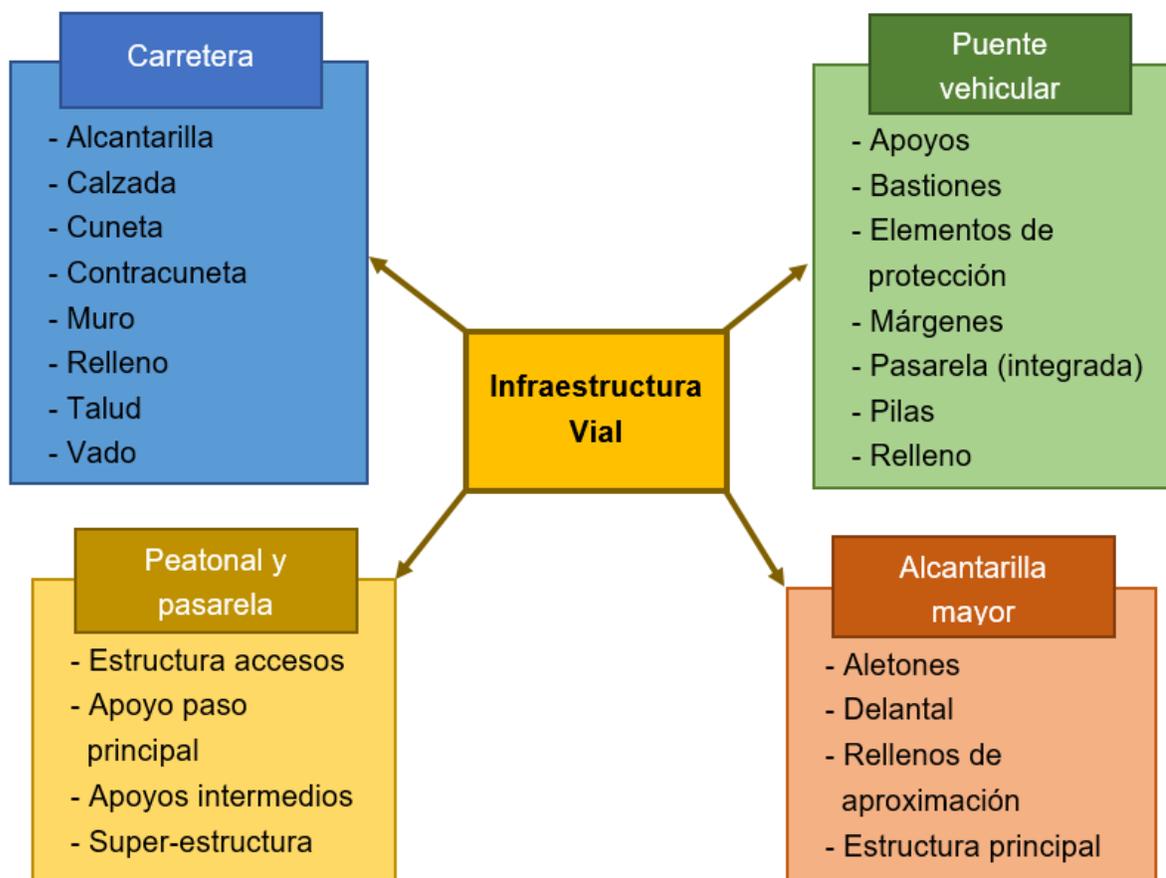


Figura 19. Componentes de la infraestructura vial considerados y activos viales que la conforman.

Fuente: elaboración propia a partir de la "Diagnóstico Integral del Riesgo de la Red Vial Nacional - 2018". [16]



k) **Elementos de la carretera o activos viales** [16] (ver Figura 20).

- **Alcantarilla:** acueducto subterráneo, o sumidero, diseñado y construido para recoger y conducir aguas de lluvias.
- **Calzada:** superficie de rodamiento. Parte central de la vía dispuesta para la circulación vehicular.
- **Cuneta:** estructura para el drenaje superficial de las aguas pluviales que se generan principalmente en la superficie de rodamiento de la vía y que canalizan aquellas provenientes de las laderas de corte.
- **Contracuneta:** zanja lateral generalmente paralela al eje de la carretera o del camino, construida en la parte superior de las laderas de corte o en la parte superior de las laderas donde se apoyan los taludes de terraplén.
- **Muro:** estructura utilizada para detener masas de tierra u otros materiales sueltos, cuando las condiciones no permiten que

estas masas asuman sus pendientes naturales.

- **Relleno o terraplén:** material (generalmente compuesto de tierra) empleado para construir un camino o una estructura defensiva, o bien, utilizado para rellenar algún espacio.
- **Talud:** también conocido como ladera de corte. Cualquier superficie inclinada con respecto a la horizontal adoptando esa posición de forma temporal o permanente y con estructura de suelo o de roca.
- **Vado:** es un lugar de un río, arroyo o corriente de agua con fondo firme y poco profundo, por donde se puede pasar.

l) **Posibles daños o deterioros registrados en una carretera vulnerable** a un evento de origen hidrometeorológico o cuando éste aumenta su presencia [16] (ver Figura 20).

- **Afloramiento de agua:** salida y escurrimiento de aguas provenientes del subsuelo.
- **Agrietamiento:** grietas presentes en estructuras de concreto, en superficies de



rodamiento de concreto hidráulico o asfáltico, o en superficies de tierra y/o roca.

- **Asentamiento:** descenso que experimenta una estructura a medida que se consolida el terreno situado bajo la misma.
- **Colapso:** fallo estructural de un elemento, lo que conlleva a su destrucción parcial o total.
- **Deformación:** cambio en el tamaño o forma de una estructura debido a esfuerzos internos producidos por una o más fuerzas aplicadas sobre el mismo.
- **Derrumbe o deslizamiento:** fenómeno natural donde el terreno se mueve, se cae o se desplaza, porque ha perdido su estabilidad.
- **Desplazamiento:** traslado o movimiento de una estructura de su ubicación original.
- **Erosión:** desgaste producido en la superficie de un cuerpo por el roce o frotamiento de otro.
- **Excede capacidad:** rebalse o desbordamiento recurrente del agua que es conducida

generalmente por una estructura de drenaje.

- **Exceso de barro:** condición de las superficies de rodamiento generalmente en tierra, que en presencia de altas precipitaciones puede generar dificultad o impedimento en el paso vehicular.
- **Exceso de polvo:** altos contenidos de partículas suspendidas en el aire, constituidas principalmente de los materiales finos que componen las superficies de rodamiento en lastre o tierra, presentes en condiciones extremadamente secas.
- **Hundimiento:** depresión o concavidad en la subrasante o en las capas que conforman estructuralmente la calzada, lo que puede impedir de forma parcial o total los flujos vehiculares (tránsito de personas y mercaderías).
- **Obstrucción:** interrupción parcial o total de la vía, por la caída de materiales sobre la calzada, tales como piedras, tierra, árboles, tendido eléctrico o posteo, entre otros. En el caso de

estructuras de drenajes, es el rebalse de las aguas pluviales, producto del depósito de materiales arrastrados por la acción del mismo fluido.

- **Reptación:** movimiento de deslizamiento de los materiales situados en una pendiente.
- **Socavación:** erosión o remoción del material que sirve

de apoyo a una estructura o a una calzada (base, subbase y subrasante), esto generalmente por acción del agua.

m) **Elementos del puente vehicular** [16] (ver Figura 21).

- **Apoyos:** dispositivos utilizados para la transmisión de cargas desde la superestructura hacia la subestructura.

| Carretera | | | |
|------------------|-----------------|---------------|---------------|
| Alcantarilla | Calzada | Cuneta | Contracuneta |
| Agrietamiento | Agrietamiento | Agrietamiento | Agrietamiento |
| Colapso | Inundación | Colapso | Colapso |
| Desplazamiento | Hundimiento | Excede | Excede |
| Excede capacidad | Obstrucción | capacidad | capacidad |
| Obstrucción | Socavación | Obstrucción | Obstrucción |
| Socavación | Exceso de barro | Socavación | Socavación |
| | Exceso de polvo | | |
| Muro | Relleno | Talud | Vado |
| Agrietamiento | Afloramiento | Afloramiento | Agrietamiento |
| Colapso | Agrietamiento | Agrietamiento | Colapso |
| Deformación | Asentamiento | Derrumbe | Erosión |
| Desplazamiento | Colapso | Erosión | Hundimiento |
| Socavación | Erosión | Reptación | Obstrucción |
| | Hundimiento | Colapso | Socavación |
| | Socavación | | |

Figura 20. Posibles daños o deterioros registrados en una carretera vulnerable a amenazas climáticas.
Fuente: elaboración propia a partir de la “Diagnóstico Integral del Riesgo de la Red Vial Nacional - 2018”. [16]



- **Bastiones:** parte de la subestructura que sirve de apoyo para uno de los extremos de todo un tramo del puente. Sirve además de muro de retención, para el relleno que se encuentra en la parte posterior.
 - **Elementos de protección:** estructuras que protegen la subestructura del puente y los rellenos de aproximación, ante los procesos erosivos del agua u otros materiales que puede transportar un río, principalmente en presencia de una avenida o una avalancha.
 - **Márgenes:** cualquiera de las orillas de un río.
 - **Pilas:** son los apoyos intermedios de los puentes de dos o más tramos.
 - **Rellenos de aproximación:** estructura que permite una transición adecuada entre la carretera – puente – carretera.
 - **Superestructura:** constituida en términos generales por las vigas, diafragmas, tablero, aceras, postes, pasamanos, capa de rodadura o durmientes, rieles, etc.
 - **Pasarela peatonal:** estructura pequeña destinada para el paso de peatones (o incluso ciclistas). La misma deberá ser parte de la superestructura del puente vehicular, o sea, que está fijada a ella.
- n) **Posibles daños o deterioros registrados en un puente vehicular vulnerable** a un evento de origen hidrometeorológico o cuando éste aumenta su presencia [\[16\]](#) (ver Figura 21).
- **Acumulación de escombros:** depósito de materiales arrastrados por la corriente de los ríos, en la subestructura del puente y en elementos estructurales de acero como vigas principales, diafragmas y apoyos. Este fenómeno también se da en aquellas estructuras con pasarelas peatonales, principalmente si éstas se ubican aguas arriba.
 - **Agrietamiento:** grietas presentes en estructuras de concreto, en superficies de rodamiento de concreto hidráulico o asfáltico, o en superficies de tierra y/o roca.
 - **Cambio en el alineamiento del cauce:** genera problemas en la subestructura del puente,



específicamente en las cimentaciones de los bastiones, de las pilas o en los rellenos de aproximación.

- **Colapso:** fallo estructural de un elemento, lo que conlleva a su destrucción parcial o total.
 - **Deformación:** cambio en el tamaño o forma de una estructura debido a esfuerzos internos producidos por una o más fuerzas aplicadas sobre el mismo.
 - **Desplazamiento:** traslado o movimiento de una estructura de su ubicación original.
 - **Desprendimientos:** toda masa separada de un talud o ladera por una superficie de corte generalmente pequeña.
 - **Erosión:** desgaste producido en la superficie de un cuerpo por el roce o frotamiento de otro.
 - **Falla de elemento de acero:** falla estructural de aquellos elementos de acero ubicados en la subestructura o superestructura de los puentes.
 - **Hundimiento:** depresión o concavidad en la subrasante, en las capas que conforman estructuralmente la calzada o en los rellenos de aproximación y cimentaciones de un puente. Esto puede impedir de forma parcial o total los flujos vehiculares.
 - **Inclinación:** angulación con respecto a uno de los tres planos del espacio.
 - **Socavación:** erosión o remoción del material que sirve de apoyo a una estructura o a una calzada (base, subbase y subrasante), esto generalmente por acción del agua.
- o) **Elementos del puente peatonal o de la pasarela peatonal [16]**
(Ver Figura 22)
- **Estructuras de acceso:** estructuras que brindan acceso al puente, tales como rampas, gradas, ascensores u otras similares. En el caso de la pasarela puede depender de un relleno de aproximación.
 - **Apoyo del paso principal:** estructuras laterales que sirven de apoyo al cuerpo principal.

| Puente | | | |
|--|---|---|---|
| Apoyos | Bastiones | Elementos protección | Márgenes |
| Deformación Desplazamiento Inclinación | Acumula escombros* Agrietamiento Colapso Hundimiento Inclinación Socavación | Agrietamiento Colapso Hundimiento Socavación | Agrietamiento Alineamiento cauce Desprendimientos |
| Pilas | Relleno aproximación | Superestructura | Pasarela |
| Acumula escombros* Agrietamiento Colapso Falla elemento acero Hundimiento Inclinación Socavación | Acumula escombros* Agrietamiento Colapso Erosión Hundimiento Pérdida parcial relleno Socavación | Acumula escombros* Agrietamiento Colapso Desplazamiento Falla elemento acero Hundimiento | Acumula escombros* Agrietamiento Colapso Desplazamiento Falla elemento acero Hundimiento Socavación |

* Acumulación de escombros.

Figura 21. Posibles daños o deterioros registrados en un puente vehicular vulnerable a amenazas del clima.
Fuente: elaboración propia a partir de la "Diagnóstico Integral del Riesgo de la Red Vial Nacional - 2018". [3]

- **Apoyos intermedios:** estructuras laterales (si las tuviera) que sirven de apoyo al cuerpo principal.
 - **Super-estructura:** cuerpo principal del puente donde se excluyen las anteriores estructuras.
 - **Agrietamiento estructural:** grietas presentes en los elementos estructurales construidos de concreto u hormigón o en superficies de rodamiento de concreto hidráulico o asfáltico.
- p) **Posibles daños o deterioros registrados en un puente peatonal o en una pasarela**

- **Colapso:** fallo estructural de un elemento, lo que conlleva a su destrucción parcial o total.
 - **Desplazamiento:** traslado o movimiento de una estructura de su ubicación original.
 - **Falla elemento acero:** colapso de un determinado elemento estructural de acero.
 - **Hundimiento:** movimiento vertical de la estructura, generalmente asociada a problemas de estabilidad de la subrasante o de la cimentación propiamente dicha.
 - **Inclinación:** angulación con respecto a uno de los tres planos del espacio.
- q) **Elementos de la alcantarilla mayor [16]** (ver Figura 23).
- **Aletones:** muro lateral colocado en la entrada o salida de las bóvedas, cajas o cabezales, diseñados y contruidos para sostener y proteger los taludes, así como para ayudar a encauzar las aguas.
 - **Delantal:** piso de hormigón o mampostería, diseñado y construido a manera de remate de los aletones y diseñado para evitar la erosión y socavación de los mismos.
 - **Rellenos:** material especial o de terracería uniformemente colocado y compactado en las partes laterales y superior de la

| Puente peatonal y pasarela | | | |
|----------------------------|----------------------|----------------------|-------------------|
| Accesos | Apoyo paso principal | Apoyos intermedios | Superestructura |
| Agrietamiento | Agrietamiento | Agrietamiento | Agrietamiento |
| Colapso | Colapso | Colapso | Colapso |
| Falla elemento acero | Falla elemento acero | Falla elemento acero | Desplazamiento |
| Hundimiento | Hundimiento | Hundimiento | Falla elem. acero |
| | Inclinación | Inclinación | Hundimiento |

Figura 22. Posibles daños o deterioros registrados en un puente peatonal y pasarela vulnerables a amenazas climáticas. Fuente: elaboración propia a partir de la “Diagnóstico Integral del Riesgo de la Red Vial Nacional - 2018”. [16]



alcantarilla, así como atrás de los aletones.

- **Estructura principal:**

estructura que posee de una a cuatro celdas o tramos que pueden ser de forma circular, rectangular u ovalada; en la cual la longitud libre de cada celda es menor de seis metros. A diferencia del puente, la alcantarilla cuenta con el piso revestido y además requiere de aletones, cabezales y delantales para garantizar su funcionamiento.

r) **Posibles daños o deterioros registrados en una alcantarilla mayor**, vulnerable a un evento de origen hidrometeorológico o cuando éste aumenta su presencia. [\[16\]](#) (ver Figura 23).

- **Acumulación de escombros:** depósito de materiales arrastrados por la energía del agua.

- **Agrietamiento:** grietas presentes en estructuras de concreto, en superficies de rodamiento de concreto hidráulico o asfáltico, o en superficies de tierra y/o roca.

- **Colapso:** fallo estructural de un elemento, lo que conlleva a su destrucción parcial o total.

- **Deformación (acero):** cambio en el tamaño o forma de una estructura debido a esfuerzos internos producidos por una o más fuerzas aplicadas sobre el mismo.

- **Desplazamiento:** traslado o movimiento de una estructura de su ubicación original.

- **Excede capacidad:** rebalse o desbordamiento recurrente del agua que es conducida generalmente por una estructura de drenaje.

- **Hundimiento:** depresión o concavidad en la subrasante, en las capas que conforman estructuralmente la calzada o en los rellenos de aproximación y cimentaciones de la alcantarilla mayor. Esto puede impedir de forma parcial o total el paso vehicular.

- **Socavación:** erosión o remoción del material que sirve de apoyo a una estructura o a una calzada (base, subbase y subrasante), esto generalmente por acción del agua.

| Alcantarilla mayor | | | |
|--|---|--|--|
| Aletones | Delantal | Rellenos | Estructura principal |
| Acumula escombros Agrietamiento Colapso Hundimiento Socavación | Agrietamiento Colapso Hundimiento Socavación | Acumula escombros* Agrietamiento Colapso Hundimiento Pérdida parcial relleno Socavación | Acumula escombros* Agrietamiento Colapso Deformación (acero) Desplazamiento Excede capacidad Hundimiento Socavación |

* Acumulación de escombros.

Figura 23. Posibles consecuencias registradas en una alcantarilla mayor, vulnerable a amenazas climáticas. Fuente: elaboración propia a partir de la “Diagnóstico Integral del Riesgo de la Red Vial Nacional - 2018”. [16]

5.1 Valoración y gestión de riesgos ante amenazas de origen hidrometeorológico

Como ya se había indicado anteriormente, el CONAVI posee la Guía Metodológica para el Seguimiento, Evaluación y Gestión de Riesgos en Desastres Naturales, aprobada en mayo de 2020.

Este Plan está enfocado exclusivamente en la administración de riesgos por amenazas ante eventos hidrometeorológicos extremos intensificados por la variabilidad y el cambio climáticos, los cuales, año tras año, han generado cuantiosas pérdidas

socioeconómicas y financieras al país, esto por su alta recurrencia vinculada a fenómenos globales, como la afectación directa e indirecta de la temporada de ciclones tropicales (ondas, tormentas, huracanes) y el fenómeno ENOS (El Niño – Oscilación del Sur), así como por su impacto en una infraestructura vial altamente vulnerable a este tipo de eventos.

Ahora bien, al aplicar la Guía Metodológica para el Seguimiento, Evaluación y Gestión de Riesgos en Desastres Naturales, se observó la necesidad de introducir nuevas actualizaciones y mejoras para el análisis específico de las amenazas de origen

hidrometeorológico, lo que generó una nueva metodología enfocada en la valoración y gestión de riesgos en la RVN, donde únicamente se consideran los efectos directos e indirectos de condiciones lluviosas intensas o prologadas en el tiempo y la ausencia de éstas. Mientras que la Guía Metodológica se seguirá utilizando para la identificación de riesgos ante amenazas naturales de diferente origen.

En otras palabras, la metodología desarrollada en el este capítulo se empleará en todos aquellos proyectos identificados como de alto riesgo ante una amenaza de origen climático, clasificado así, gracias a la aplicación previa de la Guía Metodológica para el Seguimiento, Evaluación y Gestión de Riesgos en Desastres Naturales.

Asimismo, de la mano con esta nueva metodología, se recomienda la implementación periódica del levantamiento de daños o de infraestructura vial vulnerable a eventos hidrometeorológicos en la RVN, a fin de tener identificados todos aquellos sitios de alta vulnerabilidad y que, por ende, requieren ser intervenidos con la prioridad que amerita.

No obstante, cada caso deberá ser analizado por un grupo de expertos de la Institución, quienes aplicarán la nueva metodología, a fin de elaborar un plan periódico de acciones de mejoras en dicha infraestructura vial, dentro del cual,

aquellos casos que requieren de una intervención mayor, deberán ser priorizados para su incorporación como proyectos de mejoramiento, reconstrucción y construcción de obra en el POI y su Presupuesto. Ésta y otras acciones serán ampliamente analizadas en el Capítulo 6 de este Plan.

5.2 Metodología para la valoración y gestión de riesgos ante amenazas hidrometeorológicas

Para continuar con el presente abordaje metodológico, como primer paso se requiere tener claridad de lo que se entiende como evaluación y gestión de riesgos, para lo cual se utilizarán las siguientes definiciones brindadas por la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres [\[23\]](#).

Evaluación del riesgo: metodología para determinar la naturaleza y el grado de riesgo a través del análisis de posibles amenazas y la evaluación de las condiciones existentes de vulnerabilidad que en conjunto podrían dañar potencialmente a la población, la propiedad, los servicios y los medios de sustento expuestos, al igual que el entorno del cual dependen.

Las evaluaciones del riesgo (y los mapas afines de riesgo) incluyen una revisión de

las características de las amenazas, tales como su ubicación, intensidad, frecuencia y probabilidad, el análisis del grado de exposición y de vulnerabilidad, incluidas las dimensiones físicas, sociales, de salud, económicas y ambientales; y la evaluación de la eficacia de las capacidades de afrontamiento, tanto las que imperan como alternativas, con respecto a los posibles escenarios de riesgo. A veces, a esta serie de actividades se le conoce como proceso de análisis del riesgo.

Gestión del riesgo de desastres: es el proceso sistemático de utilizar directrices administrativas, organizaciones, destrezas y capacidades operativas para ejecutar políticas y fortalecer las capacidades de afrontamiento, con el fin de reducir el impacto adverso de las amenazas naturales y la posibilidad de que ocurra un desastre. Busca evitar, disminuir o transferir los efectos adversos de las amenazas mediante actividades y medidas de prevención, mitigación y preparación.

La gestión del Riesgo de Desastres está integrada por cinco procesos:

- 1) Conocer el riesgo (identificación y análisis del riesgo, elaboración de diagnóstico de vulnerabilidad).
- 2) Reducir el riesgo existente (concepción y aplicación de medidas de mitigación y preparación).

- 3) Prevenir el riesgo o no crear más riesgos.
- 4) Responder a los desastres a través del manejo de las emergencias (salvar vidas, reducir sufrimiento y disminuir pérdidas).
- 5) Recuperación por medio de las acciones de corto plazo (rehabilitación) y las permanentes de mediano y largo plazo (reconstrucción transformando el riesgo = recuperación y evolución).

Gestión correctiva del riesgo de desastres: actividades de gestión que abordan y buscan corregir o reducir el riesgo de desastres que ya existe.

Este concepto busca hacer la distinción entre el riesgo que ya está presente, y que debe gestionarse y reducirse, y el posible riesgo que podría desarrollarse en el futuro si no se establecen políticas para la reducción del riesgo.

Gestión prospectiva del riesgo de desastres: actividades de gestión que abordan y buscan evitar el aumento o el desarrollo de nuevos riesgos de desastres. Este concepto se centra en el tratamiento de riesgos que podrían presentarse en el futuro si no se establecen políticas de reducción del riesgo, en vez de los riesgos que ya

existen y que pueden gestionarse y reducirse en la actualidad.

Asimismo, teniendo claridad de la terminología a emplear, al igual que se da con la Metodología para el Seguimiento, Evaluación y Gestión de Riesgos en Desastres Naturales, esta mejora metodológica se basa en las Directrices para el establecimiento y funcionamiento del Sistema Específico de Valoración del Riesgo Institucional (SEVRI) [24], emitidas por la Contraloría General de la República, donde específicamente se identifican siete etapas relacionadas con la valoración y la gestión de riesgos:

- 1) Identificación de riesgos: consiste en la determinación de los riesgos inherentes, que de materializarse tendrían un alto impacto. Así como la descripción de los eventos, causas y consecuencias.
- 2) Análisis de riesgos: determinación del nivel de riesgo inherente a partir de la definición de la probabilidad e impacto de los eventos identificados, así como de las causas y consecuencias.
- 3) Evaluación de controles existentes y nivel de riesgo residual: una vez que los niveles de riesgos inherentes han sido determinados, se deberán asociar con los respectivos controles existentes y aplicables. El resultado a obtener es el nivel de riesgo residual, priorizados de acuerdo con su criticidad o gravedad.
- 4) Tratamiento de riesgos: consiste en la determinación, evaluación, selección y ejecución de medidas para las prioridades del tratamiento de los riesgos y la importancia del objetivo al cual está asociado el riesgo.
- 5) Revisión de riesgos: recalifica la evaluación de los controles bajo las mejoras realizadas y el seguimiento al nivel de exposición de los riesgos y de la eficacia y eficiencia de la ejecución de las medidas para el tratamiento de los riesgos.
- 6) Documentación de riesgos: se deberá registrar, documentar y archivar digitalmente la información que se genera en cada una de las anteriores cinco etapas del sistema de valoración y gestión de riesgos.
- 7) Comunicación de riesgos: preparación, distribución y actualización de información oportuna sobre los resultados a brindar a los sujetos interesados internos y externos en relación con los riesgos identificados.

Apetito por el riesgo

El apetito por el riesgo de la institución consiste en la capacidad de asumir el riesgo y las medidas claves de éste. La aplicación de este apetito por el riesgo y el seguimiento de dichas medidas, en conjunto, ayudan a garantizar que la institución se mantenga dentro de los límites de riesgo adecuados y aceptables. [\[15\]](#)

Como se explicará más adelante, este apetito se considera como cero, ya que siempre, por menor que sea su calificación, se recomendarán intervenciones enfocadas con la prevención y la conservación vial, con el fin de evitar que el riesgo aumente de categoría.

Política de Riesgo “No aceptable”, “De Cuidado” y “Tolerable”

En este apartado se define para cada nivel de riesgo, como será su tratamiento por parte de la institución en cuanto al plazo en que se realizará la gestión y el responsable de dicha intervención.

Los niveles de riesgos serán calificados como “Muy Alto”, “Alto”, “Moderado” y “Bajo”; sin embargo, su atención estará en función de la política de intervención establecida.

Es así, como aquellos niveles de riesgo “Muy Alto” y “Alto” serán categorizados como riesgos “No Aceptables”, lo que

conlleva a que cualquier recomendación de intervención deberá de gestionarse en el corto plazo. Esta categoría expone un nivel de riesgo tal, que la probabilidad de su materialización es muy alta, lo que puede conllevar a un colapso de la infraestructura y una interrupción del servicio.

El nivel de riesgo “Moderado” se considera como un riesgo “De Cuidado”, lo que implica que no se requiere de su intervención en el corto plazo, pero por su probabilidad de que se materialice ante determinadas circunstancias, se requiere de un constante monitoreo y de aplicarle medidas correctivas del tipo paliativas, o sea, no definitivas. Por lo tanto, una intervención definitiva se podría dar entre el mediano al largo plazo, o de manera inmediata, cuando así lo considere el grupo institucional de expertos.

Finalmente, el nivel de riesgo “Bajo” se categoriza como “Tolerable”, lo que conlleva a que el tipo de intervención recomendada sea preventiva y que se ubique dentro de los alcances de un mantenimiento rutinario y periódico. Como ya se había aclarado en el apartado “Apetito del riesgo”, se considera que no existe un nivel de riesgo bajo que no requiera una intervención por conservación vial, ya que una infraestructura mal conservada es candidata en el corto plazo en aumentar su nivel y categoría de riesgo. Para tales efectos, se muestran las Figuras 24 y 25.

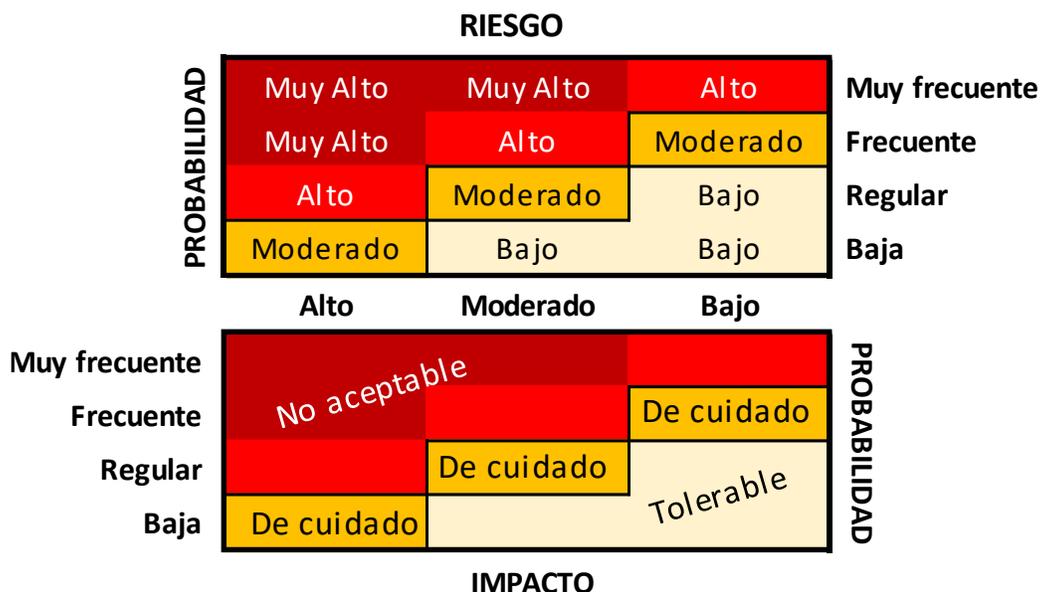


Figura 24. Nivel de riesgo calificado como "Aceptable", "Tolerable" e "Inaceptable".

Fuente: elaboración propia basado en la "Guía Metodológica para el Seguimiento, Evaluación y Gestión de Riesgos en Desastres Naturales, 2020". [15]

| Riesgo | | Gestión | |
|---------------|--------------|-----------------------------|--|
| Muy Alto | No aceptable | En el corto a mediano plazo | |
| Alto | | Mediano a largo plazo | |
| Moderado | De cuidado | Preventiva | |
| Bajo | Tolerable | Preventiva | |

Figura 25. Tratamiento del riesgo en función de su calificación y del tiempo de intervención. Fuente: elaboración propia basado en la "Guía Metodológica para el Seguimiento, Evaluación y Gestión de Riesgos en Desastres Naturales, 2020". [15]

Parámetros para el análisis del riesgo inherente

La definición de parámetros para el análisis del riesgo inherente forma parte de la etapa N°2 "Análisis del Riesgo

Inherente". Básicamente, se busca definir los parámetros cuya resultante de su combinación generará una calificación en cuanto a la magnitud de este riesgo, así como la necesidad de su gestión en función del tiempo y de los recursos institucionales.

El primer parámetro a definir es la **probabilidad de ocurrencia** del evento hidrometeorológico que provoca la amenaza en la infraestructura vulnerable. Para tales efectos, se brinda la categorización presente en la Tabla 15, en función de la probabilidad de ocurrencia de los eventos extremos o de alta intensidad.

| Probabilidad | Descripción en cuanto a su ocurrencia |
|---------------|---|
| Muy frecuente | Más de una vez al año. |
| Frecuente | Más de una vez en los últimos 5 años. |
| Regular | Más de una vez en los últimos 10 años. |
| Baja | No más de una vez en los últimos 10 años. |

Tabla 15. Probabilidad de ocurrencia del evento hidrometeorológico extremo o de alta intensidad.

Fuente: elaboración propia basado en la “Guía Metodológica para el Seguimiento, Evaluación y Gestión de Riesgos en Desastres Naturales, 2020”. [15]

Con respecto al parámetro **impacto del evento**, se considera pertinente trabajar con una clasificación que permita en cierto grado reducir la subjetividad de selección, ya que el impacto se mide directamente en la funcionalidad de la infraestructura y por supuesto, en el servicio brindado. Lo que conlleva a que, la estructura como tal, después del impacto del evento, quede funcionando en condiciones normales, o con ciertas restricciones de funcionamiento o en definitiva, quede fuera de operación. Lo que en otras palabras, se definiría como un impacto “Bajo”, “Moderado” o “Alto”, respectivamente.

No obstante, se considera que este impacto puede estar determinado por múltiples condicionantes y variables, por lo que su calificación es producto de un efecto multiplicativo. Entre las principales consideraciones para categorizar el impacto de los eventos en la infraestructura vial vulnerable se estudian las siguientes:

- En función de la importancia de la vía: en cuanto si ésta se clasifica como

estratégica a nivel nacional o si posee un carácter complementario. Dicha clasificación se fundamenta en la integración de varios factores, entre ellos, la magnitud de los tránsitos vehiculares, si forman parte de corredores interregionales e internacionales, si conectan ciudades, centros secundarios de población o pueblos, brindan acceso a puertos y aeropuertos, funcionan como conectores comerciales o facilitan el tránsito de mercancías, así como si dan acceso a centros de producción, turísticos, hospitalarios, zonas francas, entre otros.

Para tales efectos, se utilizará la clasificación jerárquica de la RVN brindada por el PNT, misma que se observa en la Figura 26.

- En función de la continuidad del servicio brindado: como ya se había indicado párrafos atrás, la continuidad del servicio dependerá si, posteriormente al impacto del evento, la vía es capaz de seguir funcionando sin interrupción alguna; o si, por el

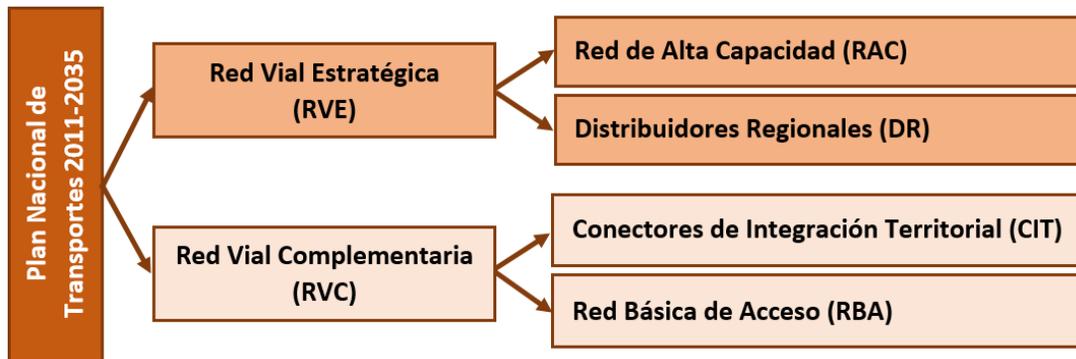


Figura 26. Jerarquización de la RVN brindada por el PNT. Fuente: elaboración propia tomado del Plan Nacional de Transportes 2011 – 2035, MOPT. [25]

contrario, queda en tales condiciones que requerirá del paso regulado para el transporte de personas y mercadería. El caso extremo es cuando la vía deberá ser cerrada porque su nivel de inseguridad es muy alto o porque la misma colapsa, generándose una interrupción total.

- Finalmente, en función de la magnitud de la intervención: en todo momento, la solución ideal es aquella que corrija la vulnerabilidad de la estructura afectada y con ello, una reducción considerable del riesgo. Cualquier tipo de intervención a realizarse requerirá de una inversión, la cual podrá ser suplida por la institución en función de los trabajos a realizarse, así como del valor económico y financiero de la misma.

Una parte importante de estas intervenciones se podrían llevar a cabo mediante presupuesto ordinario asignado a la Gerencia de

Conservación de Vías y Puentes, aprovechando incluso, las contrataciones activas de mantenimiento vial, por lo que su atención se podría brindar en el corto plazo.

Otra parte de éstas, igualmente podrían ser cubiertas por la misma gerencia, a partir de su presupuesto anual asignado. Sin embargo, por el tipo de intervención requerida, ya sería necesaria una contratación específica, por lo que además de las obras a construirse, deberá de considerarse la realización de estudios básicos, diseños, inspección y verificación de calidad.

Ahora bien, cuando las obras a ejecutarse se encuentran fuera de las competencias de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, es indispensable su formulación como un proyecto programado en el POI del CONAVI, lo que en su momento requerirá, la elaboración de estudios

de preinversión y su inscripción en el Banco de Proyectos de Inversión Pública (BPIP) del Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN), así como todas aquellas contrataciones que aseguren la ejecución del mismo. Este tipo de intervención sería el que exigiría un mayor tiempo para su gestión y ejecución. En la Tabla 16 se muestra cada una de las variables a considerar para obtener la calificación del impacto ante un determinado evento, conforme con la vulnerabilidad de la estructura en análisis. Asimismo, un peso otorgado a cada una de las variables, ya que se considera, que algunas son más importantes conforme con la temática de estudio.

El impacto tendrá una calificación en un intervalo de valores del 1 al 3, con un peso por variable conforme a las prioridades e intereses de la Administración. Para efectos de este estudio, se consideró que tanto el tipo o jerarquía de la vía, así como el servicio brindado deberá tener el mismo peso, mientras que la forma o el mecanismo programático y financiero en que la institución deberá resolver el problema o en su defecto, reducir la vulnerabilidad de la estructura y aumentar su adaptabilidad climática, es un tema de alta importancia para CONAVI, no así para el usuario o quien hace uso del servicio.

Es así, como en una escala porcentual, la jerarquía de la vía y el servicio brindado poseen un 40 % de peso para cada uno, por lo que, el 20 % restante obedece a la magnitud de la intervención a realizarse.

| Variables | Puntuación | Peso | Valor |
|---|------------|------|-------|
| En función del tipo o jerarquía de la vía según PNT. | | | |
| RVE: RAC y DR. | 3,0 | 40% | 1,2 |
| RVC: CIT | 2,0 | | 0,8 |
| RVC: RBA; Rutas de Travesía | 1,0 | | 0,4 |
| En función de la continuidad del servicio | | | |
| Cerrado | 3,0 | 40% | 1,2 |
| Regulado o cerrado temporalmente | 2,0 | | 0,8 |
| Habilitado o regulado temporalmente | 1,0 | | 0,4 |
| En función de la magnitud de la intervención para la solución definitiva | | | |
| Sustitución, mejoramiento o construcción | 3,0 | 20% | 0,6 |
| Conservación - Contratación específica | 2,0 | | 0,4 |
| Conservación - Contratación activa | 1,0 | | 0,2 |

Tabla 16. Estimación del impacto en función del tipo de vía, servicio e intervenciones a realizarse. Fuente: elaboración propia.

Para dichos pesos se tiene que la categorización del impacto se puede calificar como “Alto”, “Moderado” o “Bajo”, conforme con los intervalos de valores mostrados en la Tabla 17.

El impacto tendrá una calificación en un intervalo de valores del 1 al 3, con un peso por variable conforme a las prioridades e intereses de la Administración. Para efectos de este estudio, se consideró que tanto el tipo o jerarquía de la vía, así como el servicio brindado deberá tener el mismo peso, mientras que la forma o el mecanismo programático y financiero en que la institución deberá resolver el problema o en su defecto, reducir la vulnerabilidad de la estructura y aumentar su adaptabilidad climática, es un tema de alta importancia para CONAVI, no así

para el usuario o quien hace uso del servicio.

Es así, como en una escala porcentual, la jerarquía de la vía y el servicio brindado poseen un 40 % de peso para cada uno, por lo que, el 20 % restante obedece a la magnitud de la intervención a realizarse.

Para dichos pesos se tiene que la categorización del impacto se puede calificar como “Alto”, “Moderado” o “Bajo”, conforme con los intervalos de valores mostrados en la Tabla 17.

En cuanto al nivel del riesgo inherente, conforme con lo explicado en la Política de Riesgo Aceptable, ésta se calificará como “Muy Alto”, “Alto”, “Moderado” y “Bajo”, para las combinaciones de Probabilidad de ocurrencia vs. Impacto del evento, mostradas en la Figura 27.

| | Alto | Moderado | Bajo | |
|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------------|
| PROBABILIDAD | Muy Alto | Muy Alto | Alto | Muy frecuente |
| | Muy Alto | Alto | Moderado | Frecuente |
| | Alto | Moderado | Bajo | Regular |
| | Moderado | Bajo | Bajo | Baja |
| | IMPACTO | | | |

Figura 27. Nivel del riesgo inherente.

Fuente: elaboración propia basado en la “Guía Metodológica para el Seguimiento, Evaluación y Gestión de Riesgos en Desastres Naturales, 2020”. [15]

| Impacto | Valor | Descripción |
|----------|-----------|--|
| Bajo | 1.0 – 1.6 | El impacto del evento en la estructura vulnerable no genera pérdidas socioeconómicas, ni financieras significativas. Por otra parte, el servicio podría verse afectado únicamente durante el periodo más intenso del evento. Posterior a éste, la estructura continúa funcionando normalmente. Aunque pueda requerir una intervención mayor, es posible que únicamente se le brinde un mantenimiento preventivo o rutinario. |
| Moderado | 1.7 – 2.0 | Es probable que la estructura disminuya su capacidad funcional o el nivel de servicio, impactando negativamente al usuario por un aumento en los costos de operación y demoras por restricciones en el paso; aunado a que posiblemente sean rutas con flujos vehiculares considerables, para una vía destinada a facilitar el desarrollo de actividades comerciales de diferente índole. La institución ve factible destinar un mayor presupuesto para su intervención. |
| Alto | 2.1 – 3.0 | Dicha condición puede conllevar al colapso de la estructura, lo que generaría una interrupción total del servicio. Las pérdidas económicas y financieras son cuantiosas, cuanto mayor incrementa la importancia de la vía y su uso estratégico comercial, turístico y de producción de bienes. Dicha condición puede generar problemas sociales, directamente relacionados con el acceso a servicios públicos, tales como los de salud. La Administración ve muy factible su intervención; no obstante, ello puede requerir la ejecución de medidas paliativas, mientras que se cumplen con todos los requisitos establecidos. |

Tabla 17. Calificación del impacto en función del valor obtenido según la valoración de la estructura analizada.
Fuente: elaboración propia basado en la “Guía Metodológica para el Seguimiento, Evaluación y Gestión de Riesgos en Desastres Naturales, 2020”. [15]

Asimismo, se establecen los siguientes criterios para establecer el nivel de riesgo inherente:

| | |
|------------------------|--|
| Riesgo Muy Alto | <p>Cuando su materialización puede generar daños considerables en la infraestructura e incluso el colapso estructural y/o funcional de la misma. Esto conlleva a una interrupción total del servicio. Asimismo, por la magnitud de la intervención, se sale de las competencias de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, lo que exige su incorporación en el POI y su presupuesto, así como su inscripción en el Banco de Proyectos de Inversión Pública.</p> |
| Riesgo Alto | <p>Su materialización puede generar daños representativos en la infraestructura vial, con la interrupción total del servicio de forma temporal o parcial de manera permanente. En función de la magnitud de la intervención, se requiere de su incorporación en el POI y su presupuesto, así como su inscripción en el Banco de Proyectos de Inversión Pública. En casos muy particulares, dicha intervención podría realizarse a través de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes. No obstante, se deberá formular como una contratación específica, misma que contará con estudios básicos y diseños.</p> |
| Riesgo Moderado | <p>Cuando su materialización genera una interrupción total del servicio en el momento del evento o parcial temporal posterior a éste. Generalmente, podría intervenir mediante conservación vial, ya sea a través de los contratos activos de mantenimiento periódico o, a través de una contratación específica. Es altamente recomendable, que dichas intervenciones cuenten con los estudios básicos necesarios y sus respectivos diseños, a fin de evitar reconstruir nuevamente la vulnerabilidad.</p> |
| Riesgo Bajo | <p>Su materialización no acarrea consecuencias significativas en la continuidad del servicio. Cualquier intervención preventiva se encuentra dentro de las competencias de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, mediante sus contrataciones activas de preservación y mantenimiento.</p> |

Tabla 18. Criterios para establecer nivel de riesgo inherente.

Fuente: elaboración propia basado en la “Guía Metodológica para el Seguimiento, Evaluación y Gestión de Riesgos en Desastres Naturales, 2020”. [15]

Determinación del Nivel de Riesgo Residual

Para determinar el nivel del riesgo residual, se requiere conocer la madurez de la acción de control aplicada. Para esta metodología, únicamente se trabaja con una madurez “Débil”, “Adecuada” y “Satisfactoria”.

Cuando se interviene una obra, una solución satisfactoria es aquella que logra corregir el problema o en su defecto, reducir el riesgo al nivel más “Bajo” posible con la menor inversión realizada, o en función del presupuesto disponible. Por otro lado, no es permitido hablar de

una madurez nula o una situación sin controles, ya que, en esta área, el no realizar ninguna intervención no es una opción. Siempre se deben considerar trabajos de preservación y mantenimiento preventivo en la infraestructura, porque el deterioro de ésta conlleva a que, en el corto o mediano plazo las obras aumenten su nivel de riesgo.

Para efectos prácticos se utilizarán los siguientes criterios, a fin de determinar el Nivel de Riesgo Residual, a partir de la relación entre el Nivel de Riesgo inherente y la madurez (ver Tabla 19) del control utilizado.

| | Débil | Adecuada | Satisfactoria | |
|----------|--------------------------|----------|---------------|------------------------|
| Muy Alto | Muy Alto | Alto | Bajo | Nivel Riesgo Inherente |
| Alto | Alto | Moderado | Bajo | |
| Moderado | Moderado | Bajo | Bajo | |
| Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | |
| | Madurez de los controles | | | |

Figura 28. Nivel de Riesgo Residual.

Fuente: elaboración propia basado en la “Guía Metodológica para el Seguimiento, Evaluación y Gestión de Riesgos en Desastres Naturales, 2020”. [15]

| Nivel de madurez | Descripción |
|------------------|--|
| Débil | Una solución con nivel de madurez débil, hace referencia a una intervención que en sí no soluciona la problemática identificada. Únicamente, sirve como una medida preventiva que pretende disminuir la afectación y la recurrencia con que se puede materializar el riesgo. Generalmente, son intervenciones propias de la preservación y el mantenimiento vial, realizadas de manera rutinaria y prácticamente continua en época de lluvias. Ejemplo de ello, son las labores relacionadas con la limpieza de cunetas y sistemas de drenajes. En época de déficit de lluvias o en presencia de una sequía, se requiere |

| | |
|----------------------|--|
| | intervenciones en rutas con superficie en lastre, tales como la aplicación de sellos de emulsión asfáltica. |
| Adecuado | Un control con madurez adecuado, es una solución paliativa que, con una inversión relativamente baja, se puede brindar una respuesta que atienda la problemática temporalmente, reduciendo de manera significativa el riesgo de ocurrencia. En ciertas ocasiones, la solución definitiva puede ser demasiado onerosa como para que sea factible económica y financieramente hablando, de ahí, que la Administración decida asumir la materialización del riesgo con cierta recurrencia. En otros casos, se requiere una solución temporal, mientras se realizan los trámites correspondientes para brindar una respuesta definitiva. Indiferentemente del caso, se recomienda la realización de estudios y un diseño que respalde las acciones a realizar. Un ejemplo de ello, puede ser la estabilización de un talud, con medidas como el control de escorrentía con drenajes transversales, terraceo, colocación de un geotextil y siembra de vegetación en la pared del talud, subdrenes horizontales, drenajes en la cresta, entre otros. |
| Satisfactorio | Una acción de madurez satisfactoria brinda una solución definitiva, la cual, indiferentemente del nivel de riesgo inherente, siempre se obtendrá un riesgo residual con calificación baja. En muchas ocasiones, demandan intervenciones de alto costo, las cuales requieren elaboración de estudios de preinversión, diseños y expropiaciones, antes de la construcción de la obra que atienda la problemática en cuestión. Además, se requiere ser incorporada en una programación anual y/o plurianual. Muchas de estas intervenciones son de alta prioridad si se ubican en la Red Vial Nacional Estratégica. Ejemplos de intervenciones de este tipo, es la construcción de un muro de contención de grandes dimensiones, la reconstrucción o mejoramiento de un sistema de drenaje, la sustitución de una alcantarilla mayor o de un puente vehicular, a fin de aumentar su capacidad hidráulica o un proyecto integral como el mejoramiento vial de una sección de ruta o su cambio de alineamiento. Finalmente, aclarar que una solución con un nivel de madurez satisfactorio no está en función del presupuesto a invertir, sino, de que no se vuelva a reconstruir la vulnerabilidad que originalmente afectaba la estructura. Esto se consigue en función de los estudios y los diseños que respalden la intervención a realizarse. |

Tabla 19. Calificación de los controles según su grado de madurez.

Fuente: elaboración propia basado en la "Guía Metodológica para el Seguimiento, Evaluación y Gestión de Riesgos en Desastres Naturales, 2020". [15]

6. Acciones orientadas a la prevención y adaptación de la Red Vial Nacional ante amenazas de origen hidrometeorológico y climáticas.

Desde que se realizó el Diagnóstico Integral de Riesgo en la Red Vial Nacional en el 2018, el CONAVI ha buscado la forma de mejorar cómo documentar y trabajar con la información recopilada, a partir de los reportes de daños y de infraestructura vulnerable a eventos naturales extremos, principalmente de aquellos que son producto de amenazas de origen hidrometeorológico y del clima.

Para ello, como se explicó en el Capítulo 3, se ha avanzado de manera significativa en incrementar la agilidad y eficiencia en recopilar y almacenar la información de campo, a través de una aplicación que se instala en cualquier dispositivo móvil convencional, indiferentemente del sistema operativo que se utilice, lo que permite inventariar los daños o las condiciones que generan la vulnerabilidad en una estructura vial, así como el almacenamiento de la información en línea, prácticamente en tiempo real, mediante su respaldo en la nube.

Es por ello, que el siguiente paso de mejora, es el procesamiento y análisis de toda esta información, la cual generará

importantes beneficios a nivel institucional y por supuesto, para el país en general; ya que optimizará la forma en que se programan y gestionan las inversiones en la Red Vial Nacional (RVN), en todo el ciclo de vida de los proyectos, lo que conllevará a contar, con una infraestructura vial cada vez más adaptable y resiliente a los eventos extremos asociados con el clima, principalmente aquellos relacionados e intensificados por la variabilidad y el cambio climático.

Esto ha conllevado a desarrollar un procesamiento de la información recopilada, en un análisis que consta de tres etapas:

- Análisis estadístico descriptivo de la información recopilada.
- Valoración de la información recopilada y su priorización.
- Aplicación de la “Metodología para la valoración y gestión de riesgos ante amenazas hidrometeorológicas” desarrollada en el Capítulo 5.

6.1 Primera etapa. Análisis estadístico descriptivo de la información recopilada

A la información inventariada en campo, se le aplicaron los análisis estadísticos descriptivos que permitieron caracterizar y entender, a groso modo, el impacto de los eventos hidrometeorológicos en la RVN, tanto en lo que corresponde a la continuidad del servicio como a nivel de inversiones realizadas. Algunos de los resultados obtenidos se detallan a continuación:

- Rutas nacionales de mayor vulnerabilidad ante un determinado evento hidrometeorológico.
- Las regiones y zonas de conservación vial con mayor cantidad de incidencias registradas.
- Regiones y zonas donde se han tenido que programar la mayor cantidad de recursos e inversiones para la atención correctiva de la infraestructura dañada a causa de un determinado evento climático extremo como un huracán, frente frío o tormenta tropical, en algunas ocasiones intensificados por el fenómeno de El Niño - Oscilación del Sur (ENOS).
- Identificación de aquellas zonas donde se registraron el mayor número de infraestructura vial

dañada, categorizada como de severidad alta, media y baja.

- Otros resultados los cuales se pueden observar con mayor detalle en el Capítulo 3.

6.2 Segunda etapa. Valoración de la información recopilada y su priorización.

Para este ejercicio, se consideraron las estadísticas descriptivas resultantes de la primera etapa que, permitieron identificar la infraestructura registrada como de mayor vulnerabilidad ante una amenaza relacionada con un evento hidrometeorológico extremo o de alta intensidad.

De igual forma, se requirió un segundo filtro por parte del equipo a cargo de la elaboración de este estudio, como fue la revisión de cada punto inventariado haciendo uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), teniéndose en consideración la descripción del daño o vulnerabilidad registrada, así como la problemática retratada en las fotografías asociadas a cada caso.

Dicho control fue pertinente, porque si bien, se brindó la capacitación necesaria para la recopilación de los datos de campo, es criterio del equipo a cargo, que aún existe mucha heterogeneidad de criterios en cuanto a la calificación de cada daño o incluso, si realmente este es producto de un evento hidrometeorológico

o si, por el contrario, su principal vulnerabilidad radica o está asociada a un problema de mantenimiento o conservación de la estructura inventariada.

Asimismo, se requirió conformar el grupo institucional con expertos de las diferentes áreas técnicas del CONAVI: las Gerencias de Conservación de Vías y Puentes, Construcción de Vías y Puentes y Contratación Vial (de esta última, específicamente la Dirección de Diseño de Vías y Puentes). Este grupo contó en todo momento, con la colaboración, asesoramiento y conducción del equipo a cargo de este Plan, constituido de personal de la Dirección de Planificación Institucional.

Para tales efectos, se conformaron cuatro grupos de expertos según el área de la intervención:

- Grupo de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes: la finalidad que se tuvo al conformar este grupo, fue identificar la forma de afrontar los eventos y las emergencias en primera instancia, así como la valoración realizada por los ingenieros a cargo de cada zona de conservación vial, para brindar una solución definitiva. Este grupo representa a la mayoría del personal que atiende labores de campo, en relación con el mantenimiento, conservación y

atención de situaciones de emergencias. Asimismo, existe un interés en determinar las estrategias existentes a lo interno de la Gerencia para abordar la temática de prevención de emergencias.

- Grupo de la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes: la visión de este grupo fue la intervención de los sitios vulnerables e infraestructura en riesgo, con medidas como mejoramientos y construcción de obras nuevas. Dentro de las preocupaciones externadas por este grupo de trabajo, la más frecuente fue que en las obras de conservación posteriores a la atención de una emergencia, por la premura de restaurar el servicio a su condición original, no se elaboran los estudios necesarios, al menos con las especificaciones técnicas mínimas requeridas.
- Grupo de la Dirección de Diseño de Vías y Puentes (Gerencia de Contratación de Vías y Puentes). Este grupo brindó recomendaciones con una visión más integral, en cuanto a lo que se puede atender como una intervención de conservación vial o lo que se contempla como una obra nueva, sustitución o

mejoramiento vial. Éste se dividió en dos subgrupos:

- Grupo a cargo de intervenciones en puentes vehiculares, peatonales y alcantarillas mayores.
- Grupo a cargo de intervenciones en vías, tales como atención de taludes de corte, rellenos y terraplenes, así como sistemas de drenajes. Además, de mejoras en las condiciones geométricas y de seguridad vial.

Gracias a la integración y participación de estos grupos, fue posible recopilar una serie de acciones y recomendaciones dirigidas a mejorar las intervenciones preventivas y de adaptación de la infraestructura vulnerable a eventos hidrometeorológicos extremos. Asimismo, se logró seleccionar y priorizar un grupo de sitios o estructuras vulnerables para continuar con la siguiente etapa.

A continuación, se brindarán una serie de medidas preventivas y acciones correctivas dirigidas a mejorar las intervenciones a realizarse en la infraestructura vial vulnerable ante eventos hidrometeorológicos extremos o de alta intensidad. Asimismo, se ofrecerán recomendaciones que buscan optimizar los procesos que conllevan a la gestión de dichas acciones e intervenciones.

Medidas dirigidas a la atención de infraestructura vial vulnerable a eventos hidrometeorológicos y del clima recomendadas por los grupos institucionales de expertos.

En el siguiente apartado, se brindan una serie de recomendaciones y medidas de carácter general, extraídas de los comentarios de los grupos de profesionales expertos, aplicables a muchos casos que pueden resultar hasta cierto grado comunes, tanto en función de los daños observados como de los elementos o la ausencia de éstos, que convierten vulnerable a un sitio o estructura, ante una determinada amenaza de origen hidrometeorológico o del clima.

Ahora bien, esto no significa que se estén brindando soluciones generalizables, ya que cada caso exige un trato particular, con una solución técnica respaldada por estudios y diseños. Sin embargo, la idea es que dichas recomendaciones sirvan como una guía o lista de chequeo o control para la atención de infraestructura vulnerable, donde la materialización de daños o deterioros se registran recurrentemente y en muchas ocasiones, se convierten en verdaderos hoyos negros, en cuanto a recursos invertidos se refiere.

Por otra parte, se es consciente de que, por las limitaciones presupuestarias, no es posible en todos los casos brindar una solución definitiva, y en muchos de ellos

se realizan intervenciones temporales. No obstante, estas decisiones deberán ser congruentes con el riesgo que es capaz de asumir la institución, en función del tiempo en que dicha infraestructura se encuentre fuera de servicio, pero principalmente de las inversiones en obras de carácter temporal.

Finalmente, para brindar dichas recomendaciones se utilizaron fotografías de sitios donde se han registrado algún tipo de daño o deterioro asociado a un evento de origen hidrometeorológico, sin que ello signifique -como ya se aclaró anteriormente- que se esté brindando la solución a ese sitio en especial.

Medidas dirigidas a la atención de infraestructura vial vulnerable relacionada con la carretera.

Correcto manejo de aguas pluviales en taludes de corte y de relleno: aunque pareciera ser una recomendación muy básica, se han registrado taludes de corte y de relleno altamente inestables, que carecen de elementos de drenaje que permitan un adecuado manejo de la escorrentía superficial. La Figura 29 sirve de ejemplo para lo expuesto.

Es importante identificar todos aquellos sitios donde se puedan construir -cuando el derecho de vía así permita- obras de drenaje que eviten la escorrentía superficial sobre los taludes de corte,

como son las contracunetas. De hecho, este tipo de medidas se pueden considerar como preventivas, ya que muchas veces evitan la ocurrencia de daños que afectan el servicio de la vía, así como destinar presupuestos mayores para la atención de los mismos.



Figura 29. Ruta N.º 242, estación: Km 9+300, Talud inestable camino al cerro Chirripó. La ausencia de cunetas, genera un efecto negativo tanto en el talud de corte como en el de relleno.

Fuente: aplicación de campo Survey123®, CONAVI 2020.

Por otra parte, este tipo de intervenciones son altamente rentables y puedan ser atendidas mediante trabajos de conservación vial.

El mantenimiento de estas obras de drenaje es fundamental. Un talud inestable puede desprender material constantemente que cae sobre la cuneta o que es arrastrado por la misma escorrentía superficial, ocasionando su obstrucción y que las aguas pluviales terminen nuevamente generando inestabilidad al pie del talud o escurriendo



Figura 30. Ruta N.º 243. Tramo San Isidro – Dominical. Derrumbes típicos en la vía. La presencia de una cuneta revestida se considera como una buena práctica constructiva. Se podría mejorar la estabilidad del talud, mediante la construcción de una contracuneta y una adecuación geométrica; sin embargo, estas últimas recomendaciones están en función del derecho de vía disponible. Fuente: aplicación de campo Survey123®, CONAVI 2020.

sobre la calzada. Esto último puede provocar el deterioro de la superficie de rodadura y daños en el talud de relleno o en el propio terraplén, en el caso de no existir cunetas al otro lado del camino o si éstas igualmente se encontraran sin el mantenimiento adecuado.

De igual forma, en algunas ocasiones donde se generan derrumbes de mayores proporciones que interrumpen el paso sobre la calzada, cuando el material es removido, las cunetas en ambos sentidos de la vía pueden quedar obstruidas, lo que se debe considerar como parte de su atención.

Es vital asegurar que las cunetas y contracunetas, así como cualquier obra

de drenaje, siempre estén en las condiciones adecuadas para encauzar las aguas superficiales, lo que requiere de una inspección y mantenimiento continuo, para que, de manera preventiva puedan evitarse deslizamientos e intervenciones mayores.

Falla de borde e inestabilidad del terraplén. Este tipo de daños es bastante común en nuestras carreteras; no obstante, requiere de estudios que permitan identificar las causas que lo generan. En muchos de los casos, el mal tratamiento de las aguas pluviales sirve como disparador para su ocurrencia y

recurrencia. Entonces, al igual que el caso anterior, es sumamente importante considerar la construcción de obras de drenaje y su mantenimiento.

Asimismo, antes de construir cualquier obra de contención o de estabilización, esta deberá tener los estudios y diseños que respalden su intervención.

Es importante que la ingeniería de proyecto, inventaríe este tipo de daños y deterioros, mediante un registro y control periódico para cada caso o estructura dañada, indicando la frecuencia con que se ha requerido intervenir y sus montos económicos asociados, a fin de decidir si es prioritario brindar una solución en el corto o mediano plazo, que corrija dicha vulnerabilidad.



Figura 31. Ruta N.º335, estación km 11+000. Santa Eduvigis, Pérez Zeledón. Falla de borde, donde un estrato superficial de menor competencia (suelo), rota sobre uno más rígido (transición a basamento sedimentario local). Colaboración del ingeniero geotecnista Luis Carlos Brenes Robleto, Dirección de Diseño de Vías y Puentes. Fuente: aplicación de campo Survey123®, CONAVI 2020.



Figura 32. Ruta N.º 335, estación: Km 9+700. Se requiere de una intervención mayor que se sale de las competencias de un mantenimiento vial, con obras de terraceo, manejo de aguas, anclajes y cambiar el alineamiento de la vía. Es una ruta con un TPDA relativamente bajo, lo que podría afectar la rentabilidad del proyecto. Fuente: aplicación de campo Survey123®, CONAVI 2020

Brindar una atención adecuada en aquellos sitios donde se tienen antecedentes de vulnerabilidad por aguas superficiales y saturación de suelos. Toda intervención que busca una solución definitiva a una problemática de manejo de aguas, considera las obras de drenaje necesarias para evitar reconstruir la vulnerabilidad.

Las imágenes de la Figura 33 muestran el antes y después de un deslizamiento de altas proporciones y la solución brindada, la cual entre otras obras consideran la construcción de un banqueo y el desvío de la ruta. Conforme con lo mencionado anteriormente, adicionalmente se recomiendan obras para el manejo de aguas superficiales, tales como cunetas o contracunetas revestidas.



Figura 33. Ruta N.º 2 (Interamericana Sur), estacionamiento: Km 310+700, conocido también como “kilómetro 31”. Las imágenes superiores muestran un daño registrado en el 2017, mientras que en las inferiores se brinda el estado actual del sitio. Se identifican obras de drenaje insuficientes. Fuente: aplicación de campo Survey123®, CONAVI 2020 e información adicional suministrada por el ingeniero Gustavo Castro Chaves, Zona de Conservación Vial 4-3

Establecer sitios de escombreras cuando ocurren deslizamientos. Se debe contemplar que el depósito de materiales removidos no afecte a la infraestructura vulnerable o a las poblaciones cercanas. Las cunetas o sistemas de drenaje deben también

quedar limpios cuando se atienden sitios donde se haya presentado un evento de gran magnitud. Esto será determinante para que el agua circule de una manera adecuada y no implique mayores riesgos ante lluvias fuertes.



Figura 34. Ruta N.º 237, sección: Ciudad Neily – Fila de Cal. Colapso de la vía producto de que el río Caño Seco arrasó completamente con un tramo de la carretera. Se reconstruyó nuevamente el tramo con las obras de protección que permiten salvaguardar la infraestructura construida y encauzar las aguas del río. Estas medidas no se pueden considerar como de carácter definitivo, porque el problema es que esta sección de la ruta invade la llanura de inundación del río (ver apartado 4.3 de este Plan). La solución definitiva exige modificar el trazado de la ruta. Fuente: aplicación de campo Survey123®, CONAVI 2020

Toda solución definitiva tiene que tener estudios y diseños. De no tenerlos, no podría considerarse como tal. Se deben evitar intervenciones basadas en la experiencia o criterio personal, aunque exista una situación apremiante por atender. Asimismo, obligatoriamente se deben tener la información que respalde y acredite la ejecución de las obras.

Medidas de carácter temporal que tienen como propósito, conseguir un tiempo adicional para realizar los estudios pertinentes y buscar el respectivo financiamiento, en aquellas obras de alta vulnerabilidad y complejidad, a fin de brindar una solución definitiva. En este caso, se parte del supuesto de que el proyecto es rentable para la Administración, por lo que es

posible su inscripción en el BPIP del MIDEPLAN.

Existen casos donde la intervención realizada busca brindar una solución de carácter permanente; sin embargo, se logra inferir que el sitio u estructura sigue inmerso en las mismas condiciones que generaron la vulnerabilidad original. No obstante, por temas como su costo, complejidad y porque la frecuencia del evento y de las condiciones que originaron los daños es incierta, conlleva a que, si el proyecto no se incorpora en una programación de mediano a largo plazo, posiblemente quede marginado o en el “olvido”, hasta que vuelva a presentarse la amenaza con la materialización del riesgo, generándose incluso un impacto de mayores dimensiones.

Medidas dirigidas a la atención de infraestructura vial vulnerable relacionada con puentes peatonales

Los análisis de los puentes peatonales se basan básicamente en daños estructurales, grietas en elementos de concreto o falta de mantenimiento, producidas por efectos o condiciones de uso, meramente. Incluso, algunos de los elementos pueden verse dañados por golpes o acumulaciones de agua o por el tránsito de los peatones, entre otros.

Es necesario que las inspecciones visuales bianuales incluyan la valoración de estas estructuras y que estas sean incorporadas al SAEP.

Medidas dirigidas a la atención de infraestructura vial vulnerable relacionada con puentes vehiculares

Existe una falta de monitoreo de daños a nivel de puentes, lo que produce que, cuando se detecta un daño específico causado en una de estas estructuras, se le atribuya a un evento hidrometeorológico y no a la falta de mantenimiento desde años atrás.

Ausencia de un adecuado mantenimiento: A causa de la Tormenta Tropical Nate, al realizarse una visita de valoración de daños en los puentes con mayor afectación, se observó que en más de un año, no se habían removido los escombros y ramas producto del Huracán Otto. Esto puede generar efectos negativos de carácter acumulativo, lo que hace a este tipo de estructuras, más vulnerables ante eventos hidrometeorológicos extremos o de alta intensidad.



Figura 35. Ruta N.º 801. Puente modular denominado como Uatsi. Se registra un problema de socavación en su relleno de aproximación. No obstante, en todas las imágenes se refleja un serio problema asociado con su mantenimiento. Por otra parte, este mismo daño ya se había reportado en el SAEP desde años atrás.

Fuente: aplicación de campo Survey123®, CONAVI 2020.

Una debilidad del SAEP, es que este sistema no considera el componente hidráulico de las estructuras de puentes y alcantarillas, siendo que,

muchos de los problemas que se registran en éstas, se relacionan con su capacidad hidráulica.



Figura 36. Puente conocido como Amarillo, Ruta N.º 608. Esta estructura se caracteriza porque el nivel del agua pasa todo el tiempo muy cerca de las cuerdas inferiores de las cerchas y se observa material de arrastre en contacto directo con el puente (oficio DVP 17-2020-0506 del 23 de diciembre de 2020), razón por la cual, ante cualquier evento hidrometeorológico, el río inunda el puente y sus rellenos de aproximación, siendo constantemente impactado por ramas y escombros que arrastra la corriente. Además, el mismo queda fuera de servicio mientras baja el nivel de las aguas. Según el SAEP, esta estructura se encuentra priorizada en el puesto N°576. Fuente: aplicación de campo Survey123®, CONAVI 2020.



Figura 37. Ruta N.º 2. Quebrada Chiricana. Una empalizada aguas arriba, aproximadamente 10 metros antes de la batería de alcantarillas, podría atrapar el material que arrastra la quebrada. No obstante, una medida definitiva podría ser la construcción de una nueva estructura de puente, que permitiera el paso de todo ese material. Fuente: aplicación de campo Survey123®, CONAVI 2020.

Asimismo, se recomienda considerar en los inventarios de infraestructura identificada como vulnerable ante eventos hidrometeorológicos, la recopilación de información relacionada con las secciones hidráulicas de las estructuras de puentes y alcantarillas mayores y, del fondo del cauce a nivel de rasante, tanto aguas arriba como abajo. Dichos datos permitirán a los técnicos de la Dirección de Diseño de Vías y Puentes, dimensionar con mayor criterio el daño o vulnerabilidad registrada.

Una forma para evitar la acumulación de escombros a corto plazo, principalmente en baterías de alcantarillas, es la construcción de una empalizada de postes verticales de

concreto aguas arriba, a una distancia prudencial de la sección hidráulica de la estructura. Para que esta medida pueda funcionar, se deben estar limpiando rutinariamente estas barreras, ya que, sin el debido mantenimiento puede generarse un represamiento con efectos indirectos como inundaciones en las propiedades colindantes al cauce.

Se recomienda, al menos para la parte de registro de daños en puentes, **que las inspecciones se realicen 2 o 3 días después del evento pico.** Dicha razón obedece, a que los daños se pueden apreciar con mayor detalle, cuando disminuyen los niveles de agua en el río.

Siempre se requiere un mantenimiento integral de las estructuras de puentes,

ya que, en algunos casos se ha observado que dicha conservación se limita a trabajos de limpieza y pintura, lo que en cierta medida puede resultar necesario, pero insuficientes.

Recomendaciones dirigidas a la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, en cuanto a su actuación en la debida atención de infraestructura vial vulnerable

Se reconoce como de suma importancia el papel de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, en la atención primaria de aquella infraestructura vulnerable ante amenazas de origen hidrometeorológico y del clima, la cual ha sufrido de daños y deterioros ante eventos extremos o de alta intensidad, donde las intervenciones están dirigidas a restablecer nuevamente el paso de manera segura.



Figura 38. Ruta N.º 934. Río San Francisco. Puente colapsado. Antes del colapso, la estructura presentaba una fundación expuesta por socavación. Fuente: aplicación de campo Survey123®, CONAVI 2020.

Hay puentes que presentan daños en sus aproximaciones por condiciones normales de lluvias, en las que se evidencia que no se les han realizado las intervenciones de mantenimiento o conservación respectiva. Con el tiempo, estos daños acarrearán o conllevarán a problemas mayores en otros elementos de la misma estructura.



Figura 39. Ruta N.º 243, puente modular sobre río Pedregoso, Pérez Zeledón. El debido monitoreo de la estructura, generó que se detecte a tiempo un problema de socavación en las protecciones del bastión de la estructura. Fuente: aplicación de campo Survey123®, CONAVI 2020.

Asimismo, una parte importante de esta infraestructura dañada es atendida por esa misma Gerencia, con el fin de brindar una solución definitiva y en determinados casos, con intervenciones de carácter temporal, con el único fin de ganar un tiempo adicional en la búsqueda de una solución y su presupuesto, que corrija definitivamente la vulnerabilidad que ha generado la problemática registrada.

No obstante, producto de la premura por brindar una solución en el corto plazo o restablecer las condiciones originales del sitio, nuevamente se reconstruye la vulnerabilidad que originó el deterioro o colapso de ésta, lo que, a la larga, conllevará a que no se brinde ni la solución requerida ni la más adecuada.

En ocasiones, estas intervenciones no han estado basadas en diseños o en los estudios técnicos suficientes, lo que se refleja en estimaciones de dimensionamientos de estructuras, sin necesariamente considerar respuestas de las superficies tributarias en las condiciones de mayor criticidad.

Esto es realmente importante, porque se ha identificado que en casi la totalidad de los casos en que las obras responden a una solución debidamente diseñada, no se vuelve a reconstruir la vulnerabilidad.

Por el contrario, la reincidencia de daños en un mismo punto se da por la ausencia de una intervención respaldada por estudios y diseños adecuados.

Tanto los estudios hidráulicos como los geotécnicos están considerados en las contrataciones de conservación vial, pero queda a discreción del ingeniero de zona si los solicita o no, y como ya se explicó anteriormente, muchas veces esta decisión es producto de la presión por brindar una solución de transitabilidad en el corto plazo. Cada caso requiere una atención especial; sin embargo, se recomienda que dentro de lo posible, las intervenciones estén debidamente diseñadas con los estudios básicos que la respalden.

En aquellos casos donde es el Administrador Vial quien subcontrata estos estudios -a través del ítem 110.06 (imprevistos)- con el visto bueno de la ingeniería de proyecto; se recomienda que los términos de referencia utilizados para realizar dicha contratación sean los más claros posibles y específicos para cada caso concreto, esto en procura de obtener el diseño más adecuado para la vulnerabilidad identificada.

El papel del administrador vial como asesor especialista en apoyo a la ingeniería de proyecto y de la misma Administración.

Se recomienda poner más atención a la figura del administrador vial, en cuanto a obtener de parte de ellos, el mayor provecho en función del perfil con que se les contrata. Para ello, sería muy pertinente que las ingenierías de

proyectos, conozcan a detalle los alcances de la contratación del administrador vial y sus propias funciones como contraparte de la Administración, esto para evitar duplicidades o ausencia de funciones.

Asimismo, se observa la necesidad de revisar el perfil de contratación de los Administradores Viales, a fin de determinar si dentro de sus especialidades se encuentra la elaboración de diseños preliminares o anteproyectos, principalmente de obras menores relacionadas con la canalización y drenaje de aguas pluviales, así como la elaboración de estudios hidrológicos e hidráulicos.

Se identifica la figura del Administrador Vial como un especialista, que propone soluciones técnicas y que debe de brindar asesoría y apoyo al ingeniero de la Administración en la toma de decisiones; por ejemplo, cuando este negocia con los contratistas. De modo que, si se paga por tener un criterio experto y si el Administrador Vial no es capaz de brindarlo, por lo que requiere subcontratar otra empresa para que colabore al respecto, se deberá valorar si dicha subcontratación debe ser pagada por la Administración.

Para solucionar estos vacíos, entre lo que hace y debería hacer la figura del Administrador Vial, se recomienda generar procedimientos claros, que

definan las funciones de éstos y su relación con las ingenierías de proyecto.

En la atención de una obra vulnerable producto de un evento hidrometeorológico extremo, el Administrador Vial debería ir al sitio e identificar la problemática o infraestructura vial vulnerable y elaborar una propuesta conceptual de la solución para el ingeniero de zona.

Con esta información, la ingeniería de proyecto le solicitará al contratista, que brinde una solución definitiva donde se rehabilite la estructura a su condición original y disminuya o corrija en su totalidad la vulnerabilidad que ocasionó los daños registrados, producto del evento de origen hidrometeorológico, con su respectivo presupuesto, mismo que deberá considerar los costos de las obras a realizarse, pero también de los diseños y estudios que respalden estos.

Con la propuesta suministrada por el Administrador Vial, la ingeniería de proyecto tiene los suficientes elementos de juicio para tomar una decisión respecto a si brinda el visto bueno a la empresa contratista o en su defecto, iniciar un proceso de negociación con la misma. Una vez que el diseño esté listo, se le remitirá a la Dirección de Diseño de Vías y Puentes para su respectiva validación, misma que se dará en función de los términos de referencia de dicha contratación, de ahí, la importancia de la

claridad de éstos. Posterior a ello, la empresa contratada puede iniciar con la fase constructiva.

Pero en todo caso, debe quedar claro, que la Dirección de Diseño de Vías y Puentes, colaborará hasta en esa última etapa de validación del diseño elaborado por el contratista, en conjunto con el Administrador Vial y la ingeniería de proyecto. Solo en casos excepcionales, esa Dirección programará visitas para ver los proyectos, o porque se requiere de una valoración o una recomendación, a fin de complementar el trabajo del Administrador Vial. Asimismo, dicha excepcionalidad también deberá aplicarse, en los casos que se requiera de un diseño financiado a través del ítem 110.06.

Las ingenierías de proyecto a cargo de las zonas de conservación vial, no deberían vincularse estrictamente con el criterio de los Administradores Viales para atender puntos vulnerables. Debe ser la Institución la que evalúe y demande, cual es la medida más efectiva que se deje ejecutar para solucionar problemas presentes o daños materializados.

6.3 Tercera etapa. Aplicación de la “Metodología para la valoración y gestión de riesgos ante amenazas hidrometeorológicas”

Como se ha explicado en todo este capítulo, la oportunidad de mejora en cuanto a la información recopilada, asociada a los inventarios de infraestructura vulnerable ante amenazas por eventos hidrometeorológicos extremos o de alta intensidad, radica en su análisis, ya que su registro y almacenamiento se ha logrado utilizando los medios tecnológicos ideales para ello.

En cuanto al análisis de la información, se ha partido de lo más básico, como lo es el análisis estadístico descriptivo de los 474 sitios recopilados en todo el país, registrados hasta el pasado mes de mayo. La segunda etapa consistió en la revisión de aquellos puntos que, a partir del análisis estadístico y el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), permitieron identificar la infraestructura en condición más severa de acuerdo con su nivel de daño y vulnerabilidad.

Posteriormente, esta información sirvió de insumo para las sesiones de trabajo que se realizaron con el grupo de profesionales expertos de la Institución (divido en 4 subgrupos), quienes brindaron una serie de recomendaciones y medidas para ser aplicadas en la

intervención de los proyectos, con el propósito de reducir dicha vulnerabilidad.

Finalmente, la tercera etapa consistió en aplicar la “Metodológica para la valoración y gestión de riesgos ante amenazas hidrometeorológicas, resultante del capítulo anterior, esto a partir de la colaboración de un grupo de expertos, integrado de la siguiente forma:

- Un experto del área de hidrología e hidráulica de la Dirección de Diseño de Vías y Puentes.
- Una experta del área de estructuras de puentes y del SAEP de la Dirección de Diseño de Vías y Puentes.
- Un experto del área de geotecnia y suelos de la Dirección de Diseño de Vías y Puentes.
- Un experto del área de geotecnia y administración de proyectos de la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes.
- Un experto del área de mantenimiento y conservación, y del Sistema de Administración de Pavimentos (SAP) de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes.
- El equipo a cargo de la formulación de este Plan, todos de la Dirección de Planificación Institucional, donde adicionalmente participó un funcionario de la Unidad de Control Interno, con amplios conocimientos en la aplicación

del Sistema Específico de Valoración de Riesgo (SEVRI) y de la Guía Metodológica para el Seguimiento, Evaluación y Gestión de los Riesgos en Desastres Naturales para el Consejo Nacional de Vialidad.

La sesión de trabajo convocada con el grupo de profesionales expertos, tuvo dos finalidades. La primera, la validación de la Metodología obtenida a partir del capítulo anterior.

Además de asegurar una herramienta estandarizada y aprobada mediante consenso de todos los integrantes del grupo experto. También se constató que fuera un instrumento práctico, fácil de aplicar y sencillo de entender, para que, posterior a la remisión de este Plan, el grupo de expertos con la colaboración y asesoría de la Dirección de Planificación Institucional, se siga reuniendo con cierta periodicidad -mínimo dos veces al año- con el propósito de avanzar en el análisis de aquellos sitios identificados como de mayor vulnerabilidad, a fin de generar las recomendaciones y medidas pertinentes.

Como segunda finalidad, estuvo la aplicación de la metodología elaborada, en algunos proyectos considerados como de alta vulnerabilidad. Para ello, se aplicó en proyectos de diferente naturaleza, cuanto a la infraestructura afectada y el origen de su vulnerabilidad.

Es importante aclarar que, si las acciones y medidas recomendadas por el grupo

experto están dirigidas a una intervención mayor fuera de las competencias de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, no implica necesariamente su incorporación en el POI y su Presupuesto, ya que se requiere de otros análisis, tales como los estudios de preinversión solicitados por el MIDEPLAN.

Como ya se discutió, si el proyecto resulta ser “no rentable” “ni factible” para la Administración, su intervención se deberá limitar a obras de conservación vial.

Es así que, aunque no se corrija la vulnerabilidad en su totalidad, cualquier trabajo sustentado en un diseño y en los estudios que lo respalden, se podría traducir en una intervención que permita reducirla parcialmente y su riesgo asociado.

Para la aplicación de la Metodología se seleccionaron tres proyectos:

1. Sección hidráulica insuficiente en el puente Amarillo sobre el río Corredor, Ruta Nacional N.º 608, sección de control N.º 60372, trayecto entre “Finca Coto 47 (Escuela) y Kilómetro 25 (Escuela)”.
2. Colapso de un tramo de la Ruta Nacional N.º 237, sección de control N.º 60281 “Caño Seco (Escuela) - Ciudad Neily (R.2) (R.608)”; producto del desbordamiento del río Caño Seco.

3. Deslizamiento en Ruta N.º 415, sección de control N.º 70431 “Santa Teresita (costado Norte Iglesia) – finca Mandarinos (Lte. Provincial)”, estación Km 29+200.

Caso 1. Puente Amarillo sobre el río Corredor.

a. Infraestructura vulnerable

- Ubicación: Sobre río Corredor, en Ruta Nacional N.º 608, sección de control N.º 60372 “Finca Coto 47 (Escuela)-Kilómetro 25 (Escuela)”. Provincia de Puntarenas, cantón de Corredores, distrito de Corredor.
- Clasificación:

| |
|----------------------------|
| Carretera |
| Puente vehicular |
| Puente o pasarela peatonal |
| Alcantarilla mayor |

b. Amenaza por evento hidrometeorológico:

| |
|-----------------------|
| Avalancha |
| Avenida |
| Déficit de lluvia |
| Inundación |
| Lluvia intensa |
| Lluvia prolongada |
| Marea alta |

c. Causa de la vulnerabilidad

- Causa: Capacidad hidráulica insuficiente. Falta de mantenimiento (acumulación de

troncos y materiales en las vigas del puente).

- Consecuencia: Afectación de la seguridad vial. Cierre frecuente de la vía. Daños en la estructura del puente y eventual colapso.

d. Probabilidad:

| | |
|----------------------|---|
| Muy frecuente | Más de una vez al año. |
| Frecuente | Más de una vez en los últimos 5 años. |
| Regular | Más de una vez en los últimos 10 años. |
| Baja | No más de una vez en los últimos 10 años. |

Tabla 20. Probabilidad de ocurrencia del evento – Caso 1. Fuente: elaboración propia.

e. Impacto

- Descripción: Interrupción del servicio y baja redundancia del sistema.
- Valoración (ver Tabla 24):

| Impacto | Valor |
|-------------|------------------|
| Bajo | 1.0 – 1.6 |
| Moderado | 1.7 – 2.0 |
| Alto | 2.1 – 3.0 |

Tabla 21. Impacto – Caso 1. Fuente: Elaboración propia.

f. Nivel de riesgo inherente:

| | | | | |
|----------------------|-----------------|----------|----------|---------------------|
| | Alto | Moderado | Bajo | |
| Muy frecuente | Muy Alto | Muy Alto | Alto | PROBABILIDAD |
| Frecuente | Muy Alto | Alto | Moderado | |
| Regular | Alto | Moderado | Bajo | |
| Baja | Moderado | Bajo | Bajo | |
| | IMPACTO | | | |

Tabla 22. Nivel del riesgo inherente – Caso 1. Fuente: elaboración propia.

g. Medidas de control

- Aplicadas o de control: Remoción de materiales en la estructura (realizar consulta a la Unidad de Gestión Ambiental sobre intervención en cauces). La limpieza del cauce se puede realizar dentro de los límites del derecho de vía. Monitoreo constante de la estructura.
- Madurez del control: Débil
- Riesgo residual:

| | | | | | |
|-----------------|-----------------|---------------------------------|----------|-------------------------------|--|
| | | Débil | Adecuada | Satisfactoria | |
| Muy Alto | Muy Alto | Alto | Bajo | Nivel Riesgo Inherente | |
| Alto | Alto | Moderado | Bajo | | |
| Moderado | Moderado | Bajo | Bajo | | |
| Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | | |
| | | Madurez de los controles | | | |

Tabla 23. Nivel de riesgo residual – Caso 1. Fuente elaboración propia.

- Tratamiento para mitigar el riesgo: Reducir.
- Acciones propuestas: Sustitución de la estructura para aumentar su capacidad hidráulica, lo que implica aumentar la longitud del puente o el nivel de rasante. Se requieren análisis hidráulicos.
- Requiere incluirse en el POI: SI.

h. **Plazo de implementación de las acciones propuestas:** está en función de su incorporación en los ejercicios presupuestarios de la institución y de las prioridades de la Administración.

| Variables | Puntuación | Peso | Valor |
|---|------------|------|------------|
| En función del tipo o jerarquía de la vía según PNT. | | | |
| RVE: RAC y DR. | 3,0 | | |
| RVC: CIT | 2,0 | 40% | 0,8 |
| RVC: RBA; Rutas de Travesía | 1,0 | | |
| En función de la continuidad del servicio | | | |
| Cerrado | 3,0 | | |
| Regulado o cerrado temporalmente | 2,0 | 40% | 0,8 |
| Habilitado o regulado temporalmente | 1,0 | | |
| En función de la magnitud de la intervención para la solución definitiva | | | |
| Sustitución, mejoramiento o construcción | 3,0 | | 0,6 |
| Conservación - Contratación específica | 2,0 | 20% | |
| Conservación - Contratación activa | 1,0 | | |
| Total: | | | 2,2 |

Tabla 24. Valoración del Impacto – Caso 1. Fuente: elaboración propia

i. Responsable de la medida de control: por determinarse.

j. Nivel de avance y/o resultado de la aplicación de las medidas durante el período: esto forma parte del seguimiento de la acción propuesta, una vez, que se incorpore en el POI y su Presupuesto.

k. Observaciones:

El siguiente es el criterio de la Dirección de Diseño de Vías y Puentes, conforme con el oficio DVP 17-2020-0506 del 23 de diciembre de 2020:

“[...] La capacidad hidráulica del puente sobre el río Corredor es insuficiente incluso para condiciones de caudal normal. Cualquier intervención hecha para mejorar la condición actual de la estructura no valdría la pena pues ésta corre el riesgo de ser dañada o incluso

colapsar con una eventual crecida del río. La solución está en la sustitución de la estructura actual por una cuya capacidad hidráulica sea suficiente para satisfacer las necesidades del sitio.

La recomendación en el corto plazo es ejecutar medidas de limpieza frecuente y mantenimiento paliativo a la estructura con el fin de evitar que se deteriore aún más y acompañar esta actividad con un monitoreo periódico y frecuente con el fin de atender cualquier daño mayor de forma oportuna. Esto es responsabilidad del ingeniero de zona de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes de CONAVI.

En el mediano y largo plazo, la recomendación es sustituir la estructura por una con capacidad hidráulica adecuada a las condiciones del sitio actuales. También se recomienda realizar todos los estudios técnicos requeridos

para ejecutar este tipo de proyectos y un análisis socioeconómico para determinar si la construcción de un puente de dos vías es viable. La gestión de los trámites y actividades para la ejecución de este punto es competencia de la Gerencia de Planificación Institucional y de la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes.”

Finalmente, indicar que con la sustitución de dicha estructura, no se solucionaría la problemática de transitabilidad en toda la ruta nacional, misma que consta de una longitud total de 28,9 km; ya que se han detectado otros puntos, principalmente en pasos de alcantarillas, donde la vía se también se inunda. Es así, que la recomendación sería una intervención

integral de la ruta, preferiblemente un mejoramiento vial. No obstante, esta medida es sumamente onerosa, lo que conllevaría a que -posiblemente- los estudios de preinversión concluyeran que el proyecto no sea rentable para la Administración.



Figura 41. Estado de las cerchas del puente Amarillo, Ruta N.º 608. Fuente: Oficio DVP 17-2020-0506 de la Dirección de Diseño de Vías y Puentes.

I. Registro fotográfico:



Figura 40. Vista de línea centro el 3 de diciembre de 2020 del puente Amarillo, Ruta N°608. Fuente: Oficio DVP 17-2020-0506 de la Dirección de Diseño de Vías y Puentes.



Figura 42. Tronco arrastrado por el río Corredor, puente Amarillo, Ruta N.º 608. Fuente: Oficio DVP 17-2020-0506 de la Dirección de Diseño de Vías y Puentes.

Caso 2. Colapso de un tramo de la Ruta N.º 237.

a) Infraestructura vulnerable

- Ubicación: Ruta Nacional N.º 237, sección de control N.º 60281 “Caño Seco (Escuela) - Ciudad Neily (R.2) (R.608)” margen derecha río Caño Seco. Provincia de Puntarenas, cantón de Corredores, distrito de Corredor.

- Clasificación:

| |
|----------------------------|
| Carretera |
| Puente vehicular |
| Puente o pasarela peatonal |
| Alcantarilla mayor |

b) Amenaza por evento hidrometeorológico:

| |
|-------------------|
| Avalancha |
| Avenida |
| Déficit de lluvia |
| Inundación |
| Lluvia intensa |
| Lluvia prolongada |
| Marea alta |

c) Causa de la vulnerabilidad

- Causa: Invasión de la carretera en la zona de inundación del río Caño Seco.
- Consecuencia: Colapso de la vía. Pérdida de un tramo de la carretera.

d) Probabilidad:

| | |
|------------------|--|
| Muy frecuente | Más de una vez al año. |
| Frecuente | Más de una vez en los últimos 5 años. |
| Regular | Más de una vez en los últimos 10 años. |
| Baja | No más de una vez en los últimos 10 años. |

Tabla 25. Probabilidad de ocurrencia del evento – Caso 2. Fuente: elaboración propia.

Al respecto, no se tiene un registro anterior a éste, en los últimos 10 años, donde el río haya arrasado con la Ruta N.º237, específicamente en este tramo. Sin embargo, posterior al Huracán Otto, fue necesaria la limpieza y canalización del río en ese punto, así como la reconstrucción del dique, en ambas márgenes del río.

| Variables | Puntuación | Peso | Valor |
|---|------------|------|-------|
| En función del tipo o jerarquía de la vía según PNT. | | | |
| RVE: RAC y DR. | 3,0 | | 1,2 |
| RVC: CIT | 2,0 | 40% | |
| RVC: RBA; Rutas de Travesía | 1,0 | | |
| En función de la continuidad del servicio | | | |
| Cerrado | 3,0 | | 1,2 |
| Regulado o cerrado temporalmente | 2,0 | 40% | |
| Habilitado o regulado temporalmente | 1,0 | | |
| En función de la magnitud de la intervención para la solución definitiva | | | |
| Sustitución, mejoramiento o construcción | 3,0 | | 0,6 |
| Conservación - Contratación específica | 2,0 | 20% | |
| Conservación - Contratación activa | 1,0 | | |

Total: 3,0

Tabla 26. Valoración del Impacto – Caso 2. Fuente: elaboración propia

Por lo cual, se considera que la vulnerabilidad sigue presente.

e) Impacto

- Descripción: Interrupción del servicio y baja redundancia del sistema.
- Valoración: Ver Tabla 26.

| Impacto | Valor |
|-------------|------------------|
| Bajo | 1.0 – 1.6 |
| Moderado | 1.7 – 2.0 |
| Alto | 2.1 – 3.0 |

Tabla 27. Impacto – Caso 2.
Fuente: elaboración propia.

f) Nivel de riesgo inherente:

| | Alto | Moderado | Bajo | |
|------------------|-----------------|----------|----------|---------------------|
| Muy frecuente | Muy Alto | Muy Alto | Alto | PROBABILIDAD |
| Frecuente | Muy Alto | Alto | Moderado | |
| Regular | Alto | Moderado | Bajo | |
| Baja | Moderado | Bajo | Bajo | |

Tabla 28. Nivel del riesgo inherente – Caso 2.
Fuente: elaboración propia.

g) Medidas de control

- Aplicadas o de control: restitución de relleno para la recuperación de la vía y construcción de obras de protección y contención, tales como un dique en lastre de sección trapezoidal, con un diente en pedraplén protegido con hormigón ciclópeo de 140 f'c, con sección de empedrado para protección del talud (información suministrada por el ingeniero

Gustavo Castro Chaves de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes.)

- Madurez del control: Adecuada.
- Riesgo residual:

| | Débil | Adecuada | Satisfactoria | |
|-----------------|----------|-------------|---------------|-------------------------------|
| Muy Alto | Muy Alto | Alto | Bajo | Nivel Riesgo Inherente |
| Alto | Alto | Moderado | Bajo | |
| Moderado | Moderado | Bajo | Bajo | |
| Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | |

Madurez de los controles

Tabla 29. Nivel de riesgo residual – Caso 2.
Fuente elaboración propia.

- Tratamiento para mitigar el riesgo: Reducir.
- Acciones propuestas: modificar el trazado de la ruta, para lo cual se requieren expropiaciones y la inclusión y coordinación con otras instituciones como la Municipalidad de Corredores.
- Requiere incluirse en el POI: SI.

h) Plazo de implementación de las acciones propuestas: está en función de su incorporación en los ejercicios presupuestarios de la institución y de las prioridades de la Administración.

i) Responsable de la medida de control: por determinarse.

j) Nivel de avance y/o resultado de la aplicación de las medidas durante el período: esto forma parte del seguimiento de la acción propuesta,

una vez, que se incorpore en el POI y
su Presupuesto.

k) Observaciones: no dispone.

l) Registro fotográfico:



Figura 43. Restitución del relleno para la
recuperación de la vía. Fuente: Ing. Gustavo Castro Chaves de la
Gerencia de Conservación de
Vías y Puentes.



Figura 44. Construcción de obras de contención.
Fuente: Ing. Gustavo Castro Chaves de la
Gerencia de Conservación de Vías y Puentes.



Figura 45. Intervenciones dentro del cauce del río.
Fuente: Ing. Gustavo Castro Chaves de la
Gerencia de Conservación de Vías y Puentes.



Figura 46. Recuperación del tramo afectado por el
río. Fuente: Ing. Gustavo Castro Chaves de la
Gerencia de Conservación de Vías y Puentes.

Caso 3. Deslizamiento en Ruta N.º 415, finca Los Mandarinos, estación Km 29+200.

a) Infraestructura vulnerable

- Ubicación: Ruta Nacional N.º 415, sección de control N° 70431 “Finca Mandarinos - Pascua (Cruce Escuela)”. Provincia de Limón, cantón Siquirres, distrito Florida.
- Clasificación:

| |
|----------------------------|
| Carretera |
| Puente vehicular |
| Puente o pasarela peatonal |
| Alcantarilla mayor |

b) Amenaza por evento hidrometeorológico:

| |
|-----------------------|
| Avalancha |
| Avenida |
| Déficit de lluvia |
| Inundación |
| Lluvia intensa |
| Lluvia prolongada |
| Marea alta |

c) Causa de la vulnerabilidad

- Causa: mal manejo de aguas pluviales. Pendientes elevadas en el terreno (condiciones adversas geológicas, geomorfológicas e hidráulicas).
- Consecuencia: deslizamiento. Pérdida de un tramo de carretera.

d) Probabilidad:

| | |
|------------------|--|
| Muy frecuente | Más de una vez al año. |
| Frecuente | Más de una vez en los últimos 5 años. |
| Regular | Más de una vez en los últimos 10 años. |
| Baja | No más de una vez en los últimos 10 años. |

Tabla 30. Probabilidad de ocurrencia del evento – Caso 3. Fuente: elaboración propia.

e) Impacto

- Descripción: interrupción del servicio. Afectación económica y social de las comunidades aledañas, cuyo sustento se basa principalmente en la actividad

| Variables | Puntuación | Peso | Valor |
|---|------------|------|------------|
| En función del tipo o jerarquía de la vía según PNT. | | | |
| RVE: RAC y DR. | 3,0 | | |
| RVC: CIT | 2,0 | 40% | 0,8 |
| RVC: RBA; Rutas de Travesía | 1,0 | | |
| En función de la continuidad del servicio | | | |
| Cerrado | 3,0 | | 1,2 |
| Regulado o cerrado temporalmente | 2,0 | 40% | |
| Habilitado o regulado temporalmente | 1,0 | | |
| En función de la magnitud de la intervención para la solución definitiva | | | |
| Sustitución, mejoramiento o construcción | 3,0 | | 0,6 |
| Conservación - Contratación específica | 2,0 | 20% | |
| Conservación - Contratación activa | 1,0 | | |
| Total: | | | 2,6 |

Tabla 31. Valoración del Impacto – Caso 3. Fuente: elaboración propia

lechera. Baja redundancia del sistema.

- Valoración: (Ver Tabla 31)

| Impacto | Valor |
|-------------|------------------|
| Bajo | 1.0 – 1.6 |
| Moderado | 1.7 – 2.0 |
| Alto | 2.1 – 3.0 |

Tabla 32. Impacto – Caso 3.

Fuente: elaboración propia.

f) Nivel de riesgo inherente:

| | Alto | Moderado | Bajo | |
|------------------|-----------------|----------|----------|--------------|
| Muy frecuente | Muy Alto | Muy Alto | Alto | PROBABILIDAD |
| Frecuente | Muy Alto | Alto | Moderado | |
| Regular | Alto | Moderado | Bajo | |
| Baja | Moderado | Bajo | Bajo | |
| | IMPACTO | | | |

Tabla 33. Nivel del riesgo inherente – Caso 3.

Fuente: elaboración propia.

| | Débil | Adecuada | Satisfactoria | |
|-----------------|---------------------------------|----------|---------------|------------------------|
| Muy Alto | Muy Alto | Alto | Bajo | Nivel Riesgo Inherente |
| Alto | Alto | Moderado | Bajo | |
| Moderado | Moderado | Bajo | Bajo | |
| Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | |
| | Madurez de los controles | | | |

Tabla 34. Nivel de riesgo residual – Caso 3.

Fuente elaboración propia.

g) Medidas de control

- Aplicadas o de control: limpieza de canalizaciones de agua.
- Sellado y bacheo de grietas.

Restitución del nivel de rasante
Cierre y señalización preventiva (luego del corte de la ruta).

- Madurez del control: Débil.
- Riesgo residual: Ver Tabla 34
- Tratamiento para mitigar el riesgo: Reducir.
- Acciones propuestas:

Estudios preliminares para determinación de soluciones paliativas y definitivas.

Como solución paliativa se tiene la habilitación del paso por el talud de corte.

Como solución definitiva se tiene la construcción de un paso alternativo, ya sea por el talud de corte o por el trazado actual.

Existen otras soluciones que se salen del alcance de la Institución (rutas alternas de dominio cantonal).

Debido a la extensión de la afectación, no es una opción la utilización de un puente modular.

- Requiere incluirse en el POI: SI.

h) Plazo de implementación de las acciones propuestas: está en función de su incorporación en los ejercicios presupuestarios de la institución y de las prioridades de la Administración.

i) Responsable de la medida de control: por determinarse.

j) Nivel de avance y/o resultado de la aplicación de las medidas durante el período:

esto forma parte del seguimiento de la acción propuesta, una vez, que se incorpore en el POI y su Presupuesto.

k) Observaciones:

El siguiente es el criterio de la Dirección de Diseño de Vías y Puentes, conforme con el oficio GCTT-20-2021-0315 del 10 de setiembre de 2021:

“[...]

Sobre restitución del paso sobre trazado actual

Se cuenta con información variada y numerosa respecto a la compleja situación geológico-geotécnica del corredor, que reúne estudios para la atención de inestabilidades en sitios puntuales por parte de la Gerencia de Conservación, informes geológicos de la Comisión Nacional de Emergencias para sectores específicos como la Cuesta de Los Mandarinos e incluso estudios de pre-inversión, que suponen todos insumos valiosos para entrever las problemáticas asociadas a esta zona geográfica, más no responden a todas las interrogantes del sitio particular.

Por su parte, sendos informes de la Subdirección de Geotecnia y Materiales del MOPT y del Administrador Vial de la Zona 5-1 de Conservación Vial, identificaron importantes rasgos de

inestabilidad y la coincidencia del movimiento con eventos pico de lluvia. Trayendo nuevamente a colación lo indicado en el oficio el oficio DVP-21-2021-0172, “el deslizamiento muestra un movimiento muy complejo, con vectores secundarios que muestran una dirección en varios sentidos, en función del área afectada. En el sector central o zona de desprendimiento, la masa fue movilizada en todo el ancho del movimiento, entre los flancos NE (Siquirres) y SW (Turrialba), observándose en general ciertos rasgos que alertan de una superficie de falla mucho más amplia, lo mismo que agrietamientos sobre la vía, del lado de Turrialba. Una vez movilizada la masa en el sector central y por pérdida de confinamiento, se activaron vectores secundarios, ocasionando que los flancos también fallasen.” Así y a manera de anfiteatro, confluyen hacia el Río Bonilla múltiples escarpes en los terrenos circundantes, con una clara retrogresión activa.

Así las cosas, en caso de disponerse mantener la línea centro actual, deberá contemplarse la construcción de un relleno de restitución, cuya estructura de confinamiento podría ser una pantalla de pilotes, misma que estaría sometida a esfuerzos cortantes de magnitud importante y con un plano de acción actualmente incierto. Como es usual, estaría acompañada de elementos tipo anclaje, que transmitan parte de ese empuje, al talud de corte. Asimismo, la

profundidad de empotramiento de estos últimos es desconocida, más se prevé importante, en consideración de la calidad de las rocas observadas, lo mismo que las cargas actuantes. Además, de presentarse una falla de las capas superficiales, los empujes horizontales generados, aumentarían las dimensiones o robustez no sólo de los pilotes, sino de anclajes y el empotramiento mencionado.

Como una alternativa, está la construcción de un viaducto, el cual deberá de tener apoyos fuera del área de deslizamiento, a profundidades tales que la fundación se encuentre sobre capas estables, alcanzándolos potencialmente mediante el uso de cimentaciones profundas.”

I) Registro fotográfico:



Figura 47. Situación antes del colapso. Fuente: aplicación de campo Survey123®, CONAVI 2020.



Figura 48. Situación después del colapso. Paso parcialmente cerrado, mismo que permitía el paso de peatones y vehículos de dos ruedas. Fuente: aplicación de campo Survey123®, CONAVI 2020.



Figura 49. Situación después del colapso. Situación actual. Paso completamente cerrado. Fuente: aplicación de campo Survey123®, CONAVI 2020

6.4 Plan de actividades para la ejecución de proyectos

Dentro del abordaje del presente “Plan institucional para la adaptación de la Red Vial Nacional ante amenazas de origen hidrometeorológico y climáticas en Costa Rica”, se presenta la siguiente programación o portafolio de proyectos con las principales actividades a considerar en lo correspondiente a su ciclo de vida, dirigidos en la atención de aquellos sitios y estructuras consideradas como de alto riesgo ante amenazas de origen hidrometeorológico y climáticas. Los primeros 3 proyectos de dicha programación son los mismos que ya fueron analizados por el grupo de expertos y que se presentaron en el apartado anterior. También para estos puntos, se elaboraron fichas resúmenes incorporadas en el apéndice de este Plan. En tanto, del Caso 4 en adelante, es necesario programar y convocar las sesiones de trabajo para la evaluación y valoración por parte del grupo de expertos. Estas sesiones se realizarán a partir del año 2022.

Es importante mencionar que la selección de dichos proyectos obedece a una priorización de sitios que tuvieron un impacto de severidad alta durante las últimas emergencias vividas en el país, en este caso, los huracanes ETA e IOTA, información que se recopiló a través de la aplicación Survey123®. De acuerdo con

lo anterior, se seleccionan 10 sitios ubicados en distintas partes de Costa Rica, algunos de estos fueron analizados en este Capítulo 6. Asimismo, se identifican diferentes estructuras afectadas entre carreteras, puentes y taludes.

La definición de las fechas de este portafolio de proyectos estuvo cargo del equipo de trabajo de Planificación Institucional y la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes, las cuales se estiman en función de la estimación de tiempos dispuestos en la programación de otros proyectos similares.

Los productos esperados son los requisitos que se deben cumplir para proseguir con las siguientes actividades en cada uno de los proyectos.

Se debe considerar que, aquellas actividades que cuentan con un asterisco (*), pueden verse afectadas por disponibilidad de fondos, ya que se exige tener el monto completo de lo que se va a ejecutar en ese año y el compromiso en los años siguientes. Además, como en todo proceso de contratación administrativa, la normativa permite la interposición de recursos de objeción y apelación contra la Administración, lo que genera atrasos que son difíciles de estimar.

Actores involucrados:

- BPIP-MIDEPLAN: Banco de Proyectos de Inversión Pública del

Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica.

- Contratación Vial: Gerencia de Contratación de Vías y Puentes de CONAVI.
- Consultor: empresa contratada por CONAVI para elaborar los estudios técnicos o construir o intervenir una obra.

- DABI: Departamento de Adquisición de Bienes Inmuebles del MOPT.

- PLI: Dirección de Planificación Institucional de CONAVI.

- SICOP: Sistema Integrado de Compras Públicas

| Proyecto | Actividades | Responsable | Inicio | Fin | Producto esperado |
|--|---|----------------------------------|--------|--------|---|
| Caso 1. Puente Amarillo sobre el río Corredor (Ruta Nacional N.° 608). Ref. pág. 121 | Elaboración de estudios de preinversión | PLI + Contratación Vial | jul-22 | sep-22 | Perfil del proyecto |
| | Inscripción del proyecto en el BPIP del MIDEPLAN | PLI | oct-22 | dic-22 | Proyecto inscrito en MIDEPLAN |
| | Elaboración de los Términos de Referencia (TdR) para contratar estudios y diseños | Contratación Vial | oct-22 | mar-23 | Solicitud de contratación en el SICOP |
| | Contratación de estudios básicos, planos de catastro y diseño | Contratación Vial | abr-23 | dic-23 | Contrato formalizado + orden de inicio |
| | Elaboración de estudios básicos, planos y diseños | Consultor + Contratación Vial | ene-24 | dic-25 | Diseño aprobado |
| | Expropiaciones | DABI (MOPT) | ene-26 | dic-26 | Terrenos inscritos a nombre del Estado |
| | Elaboración de los Términos de Referencia (TdR) para contratar la obra | Contratación Vial | ene-27 | mar-27 | Solicitud de contratación en el SICOP |
| | Contratación de la obra* | Contratación Vial | abr-27 | mar-28 | Contrato formalizado |
| | Construcción de la obra | Constructora + Construcción Vial | abr-28 | dic-28 | Obra en funcionamiento |
| Caso 2. Colapso de un tramo paralelo a las márgenes del río Caño Seco (Ruta Nacional N.° 237). Ref. pág. 125. | Elaboración de estudios de preinversión | PLI + Contratación Vial | jul-22 | dic-22 | Perfil del proyecto (en función de la condición original) |
| | Inscripción del proyecto en el BPIP del MIDEPLAN | PLI | ene-23 | mar-23 | Proyecto inscrito en MIDEPLAN |
| | Elaboración de los Términos de Referencia (TdR) para contratar la factibilidad | Contratación Vial | ene-23 | mar-23 | Solicitud de contratación en el SICOP |
| | Contratación de la factibilidad | Contratación Vial | abr-23 | sep-23 | Contrato formalizado + orden de inicio |
| | Elaboración de la factibilidad | Consultor + Contratación Vial | oct-23 | dic-24 | El estudio de factibilidad |
| | Elaboración de los Términos de Referencia (TdR) para contratar el diseño | Contratación Vial | ene-25 | mar-25 | Solicitud de contratación en el SICOP |
| | Contratación del diseño y planos de catastro | Contratación Vial | abr-25 | sep-25 | Contrato formalizado + orden de inicio |
| | Elaboración del diseño y planos de catastro | Consultor + Contratación Vial | oct-25 | sep-27 | Diseño concluido |

| | | | | | |
|--|---|----------------------------------|--------|--------|--|
| | Expropiaciones | DABI (MOPT) | oct-27 | sep-28 | Terrenos inscritos a nombre del Estado |
| | Elaboración de los Términos de Referencia (TdR) para contratar la obra | Contratación Vial | oct-28 | dic-28 | Solicitud de contratación en el SICOP |
| | Contratación de la obra* | Contratación Vial | ene-29 | dic-29 | Contrato formalizado + orden de inicio |
| | Construcción de la obra | Constructora + Construcción Vial | ene-30 | dic-30 | Obra en funcionamiento |
| Caso 3. Deslizamiento en finca Los Mandarinos, estación km 29+200 (Ruta Nacional N.º 415). Ref. pág. 128. | Elaboración de estudios de preinversión | PLI + Contratación Vial | jul-22 | sep-22 | Perfil del proyecto |
| | Inscripción del proyecto en el BPIP del MIDEPLAN | PLI | oct-22 | dic-22 | Proyecto inscrito en MIDEPLAN |
| | Elaboración de los Términos de Referencia (TdR) para contratar estudios y diseños | Contratación Vial | oct-22 | mar-23 | Solicitud de contratación en el SICOP |
| | Contratación de estudios básicos, planos de catastro y diseños | Contratación Vial | abr-23 | sep-23 | Contrato formalizado + orden de inicio |
| | Elaboración de estudios técnicos, planos de catastro y diseños | Consultor + Contratación Vial | oct-23 | sep-25 | Diseño aprobado |
| | Expropiaciones | DABI (MOPT) | oct-25 | sep-26 | Terrenos inscritos a nombre del Estado |
| | Elaboración de los Términos de Referencia (TdR) para contratar la obra | Contratación Vial | oct-26 | dic-26 | Solicitud de contratación en el SICOP |
| | Contratación de la obra* | Contratación Vial | ene-27 | dic-27 | Contrato formalizado + orden de inicio |
| | Construcción de la obra | Constructora + Construcción Vial | ene-28 | dic-28 | Obra en funcionamiento |
| Caso 4. Deslizamiento estación km 105+000 (Ruta Nacional N.º 2) | Convocatoria de sesiones de análisis con el grupo de expertos de la institución | PLI | mar-22 | mar-22 | Convocatoria + agenda |
| | Sesiones de análisis con el grupo de expertos de la institución | PLI + Gerencias | abr-22 | jun-22 | Fichas técnicas + propuestas para elaborar TdR |
| | Elaboración de estudios de preinversión | PLI + Contratación Vial | jul-22 | sep-22 | Perfil del proyecto |
| | Inscripción del proyecto en el BPIP del MIDEPLAN | PLI | oct-22 | dic-22 | Proyecto inscrito en MIDEPLAN |
| | Elaboración de los Términos de Referencia (TdR) para contratar estudios y diseños | Contratación Vial | oct-22 | mar-23 | Solicitud de contratación en el SICOP |
| | Contratación de estudios básicos, planos de catastro y diseños | Contratación Vial | abr-23 | sep-23 | Contrato formalizado + orden de inicio |
| | Elaboración de estudios técnicos, planos de catastro y diseños | Consultor + Contratación Vial | oct-23 | sep-25 | Diseño aprobado |
| | Expropiaciones | DABI (MOPT) | oct-25 | sep-26 | Terrenos inscritos a nombre del Estado |
| | Elaboración de los Términos de Referencia (TdR) para contratar la obra | Contratación Vial | oct-26 | dic-26 | Solicitud de contratación en el SICOP |
| | Contratación de la obra* | Contratación Vial | ene-27 | dic-27 | Contrato formalizado + orden de inicio |
| | Construcción de la obra | Constructora + Construcción Vial | ene-28 | dic-28 | Obra en funcionamiento |
| Caso 5. Puente sobre río Lajas (Ruta Nacional N.º 901) | Convocatoria de sesiones de análisis con el grupo de expertos de la institución | PLI | mar-22 | mar-22 | Convocatoria + agenda |
| | Sesiones de análisis con el grupo de expertos de la institución | PLI + Gerencias | abr-22 | jun-22 | Fichas técnicas + propuestas para elaborar TdR |

| | | | | | |
|--|---|----------------------------------|--------|--------|--|
| | Elaboración de estudios de preinversión | PLI + Contratación | jul-22 | sep-22 | Perfil del proyecto |
| | Inscripción del proyecto en el BPIP del MIDEPLAN | PLI | oct-22 | dic-22 | Proyecto inscrito en MIDEPLAN |
| | Elaboración de los Términos de Referencia (TdR) para contratar estudios y diseños | Contratación Vial | oct-22 | mar-23 | Solicitud de contratación en el SICOP |
| | Contratación de estudios básicos, planos de catastro y diseño | Contratación Vial | abr-23 | dic-23 | Contrato formalizado + orden de inicio |
| | Elaboración de estudios básicos, planos de catastro y diseños | Consultor + Contratación Vial | ene-24 | dic-25 | Diseño aprobado |
| | Expropiaciones | DABI (MOPT) | ene-26 | dic-26 | Terrenos inscritos a nombre del Estado |
| | Elaboración de los Términos de Referencia (TdR) para contratar la obra | Contratación Vial | ene-27 | mar-27 | Solicitud de contratación en el SICOP |
| | Contratación de la obra* | Contratación Vial | abr-27 | mar-28 | Contrato formalizado |
| | Construcción de la obra | Constructora + Construcción Vial | abr-28 | dic-28 | Obra en funcionamiento |
| Caso 6. Deslizamiento estación km 9+700 (Ruta Nacional N.º 335) | Convocatoria de sesiones de análisis con el grupo de expertos de la institución | PLI | mar-22 | mar-22 | Convocatoria + agenda |
| | Sesiones de análisis con el grupo de expertos de la institución | PLI + Gerencias | abr-22 | jun-22 | Fichas técnicas + propuestas para elaborar TdR |
| | Elaboración de estudios de preinversión | PLI + Contratación Vial | jul-22 | sep-22 | Perfil del proyecto |
| | Inscripción del proyecto en el BPIP del MIDEPLAN | PLI | oct-22 | dic-22 | Proyecto inscrito en MIDEPLAN |
| | Elaboración de los Términos de Referencia (TdR) para contratar estudios y diseños | Contratación Vial | oct-22 | mar-23 | Solicitud de contratación en el SICOP |
| | Contratación de estudios básicos, planos de catastro y diseños | Contratación Vial | abr-23 | sep-23 | Contrato formalizado + orden de inicio |
| | Elaboración de estudios técnicos, planos de catastro y diseños | Consultor + Contratación Vial | oct-23 | sep-25 | Diseño aprobado |
| | Expropiaciones | DABI (MOPT) | oct-25 | sep-26 | Terrenos inscritos a nombre del Estado |
| | Elaboración de los Términos de Referencia (TdR) para contratar la obra | Contratación Vial | oct-26 | dic-26 | Solicitud de contratación en el SICOP |
| | Contratación de la obra* | Contratación Vial | ene-27 | dic-27 | Contrato formalizado + orden de inicio |
| | Construcción de la obra | Constructora + Construcción Vial | ene-28 | dic-28 | Obra en funcionamiento |
| Caso 7. Alcantarilla sobre quebrada Chiricana (Ruta Nacional N.º 2) | Convocatoria de sesiones de análisis con el grupo de expertos de la institución | PLI | mar-22 | mar-22 | Convocatoria + agenda |
| | Sesiones de análisis con el grupo de expertos de la institución | PLI + Gerencias | abr-22 | jun-22 | Fichas técnicas + propuestas para elaborar TdR |
| | Elaboración de estudios de preinversión | PLI + Contratación | jul-22 | sep-22 | Perfil del proyecto |
| | Inscripción del proyecto en el BPIP del MIDEPLAN | PLI | oct-22 | dic-22 | Proyecto inscrito en MIDEPLAN |
| | Elaboración de los Términos de Referencia (TdR) para contratar estudios y diseños | Contratación Vial | oct-22 | mar-23 | Solicitud de contratación en el SICOP |
| | Contratación de estudios básicos, planos de catastro y diseño | Contratación Vial | abr-23 | dic-23 | Contrato formalizado + orden de inicio |

| | | | | | |
|---|---|----------------------------------|--------|--------|--|
| | Elaboración de estudios básicos, planos de catastro y diseños | Consultor + Contratación Vial | ene-24 | dic-25 | Diseño aprobado |
| | Expropiaciones | DABI (MOPT) | ene-26 | dic-26 | Terrenos inscritos a nombre del Estado |
| | Elaboración de los Términos de Referencia (TdR) para contratar la obra | Contratación Vial | ene-27 | mar-27 | Solicitud de contratación en el SICOP |
| | Contratación de la obra* | Contratación Vial | abr-27 | mar-28 | Contrato formalizado |
| | Construcción de la obra | Constructora + Construcción Vial | abr-28 | dic-28 | Obra en funcionamiento |
| Caso 8. Deslizamiento en sector Cataratas (Ruta Nacional N.º 36) | Convocatoria de sesiones de análisis con el grupo de expertos de la institución | PLI | mar-22 | mar-22 | Convocatoria + agenda |
| | Sesiones de análisis con el grupo de expertos de la institución | PLI + Gerencias | abr-22 | jun-22 | Fichas técnicas + propuestas para elaborar TdR |
| | Elaboración de estudios de preinversión | PLI + Contratación Vial | jul-22 | sep-22 | Perfil del proyecto |
| | Inscripción del proyecto en el BPIP del MIDEPLAN | PLI | oct-22 | dic-22 | Proyecto inscrito en MIDEPLAN |
| | Elaboración de los Términos de Referencia (TdR) para contratar estudios y diseños | Contratación Vial | oct-22 | mar-23 | Solicitud de contratación en el SICOP |
| | Contratación de estudios básicos, planos de catastro y diseños | Contratación Vial | abr-23 | sep-23 | Contrato formalizado + orden de inicio |
| | Elaboración de estudios técnicos, planos de catastro y diseños | Consultor + Contratación Vial | oct-23 | sep-25 | Diseño aprobado |
| | Expropiaciones | DABI (MOPT) | oct-25 | sep-26 | Terrenos inscritos a nombre del Estado |
| | Elaboración de los Términos de Referencia (TdR) para contratar la obra | Contratación Vial | oct-26 | dic-26 | Solicitud de contratación en el SICOP |
| | Contratación de la obra* | Contratación Vial | ene-27 | dic-27 | Contrato formalizado + orden de inicio |
| | Construcción de la obra | Constructora + Construcción Vial | ene-28 | dic-28 | Obra en funcionamiento |
| Caso 9. Hundimiento estación km 68+700 (Ruta Nacional N.º 237) | Convocatoria de sesiones de análisis con el grupo de expertos de la institución | PLI | mar-22 | mar-22 | Convocatoria + agenda |
| | Sesiones de análisis con el grupo de expertos de la institución | PLI + Gerencias | abr-22 | jun-22 | Fichas técnicas + propuestas para elaborar TdR |
| | Elaboración de estudios de preinversión | PLI + Contratación Vial | jul-22 | sep-22 | Perfil del proyecto |
| | Inscripción del proyecto en el BPIP del MIDEPLAN | PLI | oct-22 | dic-22 | Proyecto inscrito en MIDEPLAN |
| | Elaboración de los Términos de Referencia (TdR) para contratar estudios y diseños | Contratación Vial | oct-22 | mar-23 | Solicitud de contratación en el SICOP |
| | Contratación de estudios básicos, planos de catastro y diseños | Contratación Vial | abr-23 | sep-23 | Contrato formalizado + orden de inicio |
| | Elaboración de estudios técnicos, planos de catastro y diseños | Consultor + Contratación Vial | oct-23 | sep-25 | Diseño aprobado |
| | Expropiaciones | DABI (MOPT) | oct-25 | sep-26 | Terrenos inscritos a nombre del Estado |
| | Elaboración de los Términos de Referencia (TdR) para contratar la obra | Contratación Vial | oct-26 | dic-26 | Solicitud de contratación en el SICOP |
| | Contratación de la obra* | Contratación Vial | ene-27 | dic-27 | Contrato formalizado + orden de inicio |
| | Construcción de la obra | Constructora + Construcción Vial | ene-28 | dic-28 | Obra en funcionamiento |

| | | | | | |
|--|---|----------------------------------|--------|--------|---|
| Caso 10. Hundimiento La Constanza sección 20060 (Ruta Nacional N.º 1) | Convocatoria de sesiones de análisis con el grupo de expertos de la institución | PLI | mar-22 | mar-22 | Convocatoria + agenda |
| | Sesiones de análisis con el grupo de expertos de la institución | PLI + Gerencias | abr-22 | jun-22 | Fichas técnicas + propuestas para elaborar TdR |
| | Elaboración de estudios de preinversión | PLI + Contratación Vial | jul-22 | dic-22 | Perfil del proyecto (en función de la condición original) |
| | Inscripción del proyecto en el BPIP del MIDEPLAN | PLI | ene-23 | mar-23 | Proyecto inscrito en MIDEPLAN |
| | Elaboración de los Términos de Referencia (TdR) para contratar la factibilidad | Contratación Vial | ene-23 | mar-23 | Solicitud de contratación en el SICOP |
| | Contratación de la factibilidad | Contratación Vial | abr-23 | sep-23 | Contrato formalizado + orden de inicio |
| | Elaboración de la factibilidad | Consultor + Contratación Vial | oct-23 | dic-24 | El estudio de factibilidad |
| | Elaboración de los Términos de Referencia (TdR) para contratar el diseño | Contratación Vial | ene-25 | mar-25 | Solicitud de contratación en el SICOP |
| | Contratación del diseño y planos de catastro | Contratación Vial | abr-25 | sep-25 | Contrato formalizado + orden de inicio |
| | Elaboración del diseño y planos de catastro | Consultor + Contratación Vial | oct-25 | sep-27 | Diseño concluido |
| | Expropiaciones | DABI (MOPT) | oct-27 | sep-28 | Terrenos inscritos a nombre del Estado |
| | Elaboración de los Términos de Referencia (TdR) para contratar la obra | Contratación Vial | oct-28 | dic-28 | Solicitud de contratación en el SICOP |
| | Contratación de la obra* | Contratación Vial | ene-29 | dic-29 | Contrato formalizado + orden de inicio |
| | Construcción de la obra | Constructora + Construcción Vial | ene-30 | dic-30 | Obra en funcionamiento |

Tabla 35. Programación de proyectos identificados como de alto riesgo. Fuente: elaboración propia

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Relacionadas con la recolección y procesamiento de la información

1. Hacia el año 2017, el CONAVI, en aras de cumplir con la disposición 4.8 del informe DFOE-IFR-IF-02-2017 de la Contraloría General de La República (CGR), así como el Plan Nacional de Gestión de Riesgo de la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE), inició con una faceta de investigación en el desarrollo de insumos o herramientas que permitiesen el levantamiento de información de campo, enfocada a daños sobre la RVN producto de eventos de índole hidrometeorológicos extremos.
2. Se desarrollaron dos formularios para inventariar daños y sitios vulnerables en la RVN. El primero en el año 2017 y el segundo en el año 2020. Aunque los dos se componen prácticamente de las mismas preguntas, el último fue mejorado con la intención de que el levantamiento de la información tuviera una mayor eficacia en el campo y así disminuir, en la medida de lo posible, errores en la recolección de datos. Se utilizó el teléfono móvil como herramienta tecnológica principal, aprovechando los recursos nativos del dispositivo tales como el GPS y la cámara. Asimismo, se otorgó la oportunidad para que el ingeniero de zona revisara y validara la información a través de la plataforma ArcGIS Online® y un visor web creado específicamente para dicho fin.
3. Los resultados obtenidos a partir de la aplicación de formularios elaborados tanto en Microsoft Excel® como Survey123® de ArcGIS Online®, año 2017 y 2020, respectivamente; permiten la generación de una base de datos consolidada con una gran cantidad de información de daños en activos viales, tales como carreteras, puentes vehiculares y peatonales, así como alcantarillas en rutas nacionales. Con esta información fue posible conocer el estado de muchas de esas estructuras, su respuesta ante la incidencia de un fenómeno natural y su estado post emergencia.

4. Con la información levantada, se realizó un análisis a través de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Este proceso permitió clasificar 474 puntos reportados con daños en la RVN a partir de 3 clasificaciones generales de severidad: Alta, Moderada y Baja. Con base en los resultados obtenidos se logra identificar, en conjunto con varios especialistas de ingeniería de CONAVI, las acciones que se deben tomar para abordar la problemática identificada. Esto permitirá a la Institución captar una serie de lecciones aprendidas para la ejecución de obras a fin de disminuir la vulnerabilidad y por ende, salvaguardar las inversiones realizadas en obras de conservación y eventualmente, en obras nuevas.
5. El formulario permitió recolectar 495 reportes hasta el mes de mayo de 2021, de los cuales, se descartaron 21 registros por inconsistencias o falta de información, siendo que, para el análisis, solamente se utilizaron 474. Al mes de noviembre de 2021 se han reportado 701 registros; es decir, 206 reportes adicionales desde el mes de mayo. Es importante indicar que, fue necesario hacer el corte para mayo, a fin de iniciar con el proceso de análisis de la información, talleres con el grupo de expertos y presentación de avances a la Dirección Ejecutiva y la Contraloría General de La República.

Los restantes registros serán evaluados de acuerdo a una programación que se estará formulando a principio de año. Se ha propuesto esta práctica para todos los años, a fin de dar continuidad a las medidas y acciones institucionales dirigidas a la prevención de emergencias producto de eventos hidrometeorológicos.

Relacionadas con la variabilidad y el cambio climático

6. Las modificaciones ocasionadas por la variabilidad y el cambio climático en los niveles absolutos de precipitación, así como en la frecuencia e intensidad de los eventos lluviosos, no necesariamente implican aumentos de estos índices en todo el territorio nacional. A pesar de los diferentes resultados obtenidos por proyecciones futuras basadas en distintos modelos climáticos, existe una tendencia entre ellos, acogida por la “Política Nacional de Adaptación al Cambio Climático de Costa Rica 2018 – 2030”, de proyectar escenarios secos en la mayor parte de la vertiente del Pacífico, en contraparte con la vertiente del Caribe, donde se proyectan aumentos en los niveles de precipitación. Por lo tanto, los análisis de las amenazas hidrometeorológicas

- en la infraestructura de la RVN deben contemplar esta diferenciación.
7. Las proyecciones de escenarios futuros basados en modelos climáticos han permitido definir tendencias en el comportamiento de diferentes variables. La “Política Nacional de Adaptación al Cambio Climático de Costa Rica 2018-2030” mencionada anteriormente, elaborada a partir del Quinto Informe de Evaluación del IPCC de 2014, adopta la tendencia de que para finales del Siglo XXI se proyectan aumentos de la precipitación anual de hasta el 50 % en la vertiente del Caribe, mientras que en la Zona Norte y la mayor parte de la Vertiente del Pacífico se esperan reducciones de hasta un 65 %. Gracias al nivel actual de conocimiento de los expertos ha sido posible generar estimaciones de este tipo y conocer las tendencias futuras en los comportamientos hidrometeorológicos; sin embargo, estas estimaciones aún no cuentan con un nivel de precisión tal que permita la modificación de los parámetros de diseño y factores de seguridad, para adaptar el diseño de obras hidráulicas al cambio climático.
 8. En las regiones donde se proyectan reducciones en los niveles absolutos de precipitación, es necesario considerar la posibilidad del aumento en la intensidad de los eventos lluviosos, a pesar de que se esperen disminuciones en su frecuencia, con especial atención a las áreas mayormente urbanizadas, donde la impermeabilización de los suelos ocasiona aumentos en las
 9. Todas las rutas costeras son susceptibles de afectación por el aumento en los niveles del mar producto del deshielo ocasionado por el cambio climático. Sin embargo, se deben realizar análisis a un mayor detalle para determinar el riesgo en cada caso específico, de manera en que se consideren variables locales como las interacciones complejas entre la presión del aire, el viento, corrientes marinas y circulación climática y no solamente la elevación del terreno.
 10. En las regiones donde se proyectan reducciones en los niveles anuales de precipitación, es necesario considerar la posibilidad del aumento en la intensidad de los eventos lluviosos, a pesar de que se esperen disminuciones en su frecuencia, con especial atención a las áreas mayormente urbanizadas, donde la impermeabilización de los suelos ocasiona aumentos en las

escorrentías superficiales y esto, a su vez, en los caudales que durante los eventos intensos podrían exceder la capacidad de las obras hidráulicas, lo cual implica consecuencias como el daño de elementos de la infraestructura vial.

11. Los esfuerzos del CONAVI deben enfocarse en alcanzar una disminución de la vulnerabilidad de la infraestructura de la RVN para reducir los riesgos de daños, debido a la dificultad de incidir en la probabilidad de ocurrencia de eventos naturales como los fenómenos hidrometeorológicos y al hecho de que el control de las amenazas solo es posible en algunos casos. Sin embargo, el rango físico de acción de esta Institución se limita al derecho de vía de las rutas nacionales, mientras que el aumento en la incidencia de daños en la RVN por eventos hidrometeorológicos se relaciona con un inadecuado manejo de las cuencas hidrográficas a raíz de la falta de ordenamiento territorial en todo el país, manifestada en modificaciones en el uso del suelo como deforestación, impermeabilización de grandes áreas, y otras actividades humanas que provocan aumentos en la escorrentía superficial, problemas que deben ser considerados en el nivel cantonal, regional y nacional y, por lo tanto, ser abordados como tales.

12. Paralelamente a los esfuerzos para alcanzar una disminución de la vulnerabilidad de la infraestructura de la RVN, centrados en el diseño y construcción de elementos resistentes a eventos hidrometeorológicos, existen medidas de adaptación y mitigación de los efectos ocasionados por la materialización de estas amenazas, como la construcción de obras de drenaje y encauzamiento de aguas producto de la escorrentía superficial. Sin embargo, al igual que el abordaje adecuado del ordenamiento territorial, algunas de estas medidas dependen de otras instituciones, tales como la exigencia de construcción de lagunas de retención de aguas pluviales en nuevas urbanizaciones, que permitan retener temporalmente o dosificar la escorrentía superficial de esas áreas, para evitar su incorporación total a los sistemas de alcantarillado pluvial durante el evento y de esta forma evitar exceder la capacidad hidráulica de estas obras. Medida que, por ejemplo, debe ser asumida y exigida por las municipalidades de cada cantón.

**Relacionadas con las acciones
y medidas para la adaptación de
la RVN**

13. Desde el año 2020, CONAVI oficializó la “Guía Metodológica para el

Seguimiento, Evaluación y Gestión de Riesgos en Desastres Naturales”, la cual se aplica en todo el ciclo de vida de los proyectos, con el propósito de ir construyendo una infraestructura cada vez menos vulnerable ante los eventos naturales extremos.

No obstante, con la elaboración de este Plan se requirió ajustar y en cierto grado modificarla, ante la necesidad de contar con un instrumento de mayor aplicabilidad en la valoración y gestión de riesgos producto de eventos hidrometeorológicos extremos o de alta intensidad.

Es así, como la “Guía Metodológica para el Seguimiento, Evaluación y Gestión de Riesgos en Desastres Naturales” se seguirá utilizando para la gestión de riesgos naturales de diferente índole, mientras que la “Metodología para la valoración y gestión de riesgos ante amenazas hidrometeorológicas” desarrollada en el Capítulo 5 y aplicada en al menos tres proyectos categorizados como de riesgo “No aceptable” en el Capítulo 6, se aplicará exclusivamente para aquellos sitios e infraestructuras vulnerables a eventos de origen hidrometeorológicos y climáticos.

14. La “Metodología para la valoración y gestión de riesgos ante amenazas hidrometeorológicas”, establece que todos aquellos riesgos calificados como “Muy Alto” y “Alto” deberán ser

considerados por la Institución, conforme con su Política de Riesgo, como “No Aceptables”, lo que conlleva a que cualquier recomendación de intervención deberá de gestionarse en el corto plazo. Esta categoría expone un nivel de riesgo tal, que la probabilidad de su materialización es muy alta, lo que puede conllevar a un colapso de la infraestructura y una interrupción del servicio.

El nivel de riesgo “Moderado” se considera como un riesgo “De Cuidado”, lo que implica que no se requiere de su intervención en el corto plazo, pero por su probabilidad de que se materialice ante determinadas circunstancias, se requiere de un constante monitoreo, lo que podría conllevar en cualquier momento, a un cambio de su riesgo a una categoría más alta.

El nivel de riesgo “Bajo” se categoriza como “Tolerable”, lo que conlleva a que el tipo de intervención recomendada sea preventiva y que se ubique dentro de los alcances de un mantenimiento rutinario y periódico. Se considera que no existe un nivel de riesgo bajo que no requiera una intervención por conservación vial, ya que una infraestructura mal conservada es candidata en el corto plazo en aumentar su nivel y categoría de riesgo.

15. La metodología desarrollada pone especial atención a factores como la probabilidad de ocurrencia del evento hidrometeorológico, el impacto del evento, el nivel del riesgo inherente, la madurez de los controles aplicados y la determinación del riesgo residual.

16. El impacto del evento se calculó a través del efecto multiplicativo de tres variables altamente sensibles, al momento de tomar una decisión relacionada con la priorización de recursos para atender una situación de emergencia, tales como: la importancia de la ruta nacional desde una visión estratégica, la prestación y continuidad del servicio y finalmente, la manera en que la Institución planificará la intervención que permita brindar una solución definitiva a la problemática identificada.

A cada una de estas variables se le brindó un peso relativo en función de las prioridades de la Administración; no obstante, si las prioridades cambian o se consideran que dichos pesos deben variar producto del criterio del grupo de profesionales expertos, la metodología permite sin mayor dificultad, realizar una nueva recalificación.

17. En cuanto a la madurez de los controles aplicados, para efectos de este estudio, no es permitido hablar de una madurez nula o de una situación

sin controles, ya que, no es opción el no realizar intervención alguna.

Lo anterior se fundamenta, en que siempre se deben programar trabajos de mantenimiento rutinario y preventivo en la infraestructura vulnerable, porque el deterioro de ésta conlleva a que en el corto o mediano plazo vaya aumentando el nivel de riesgo.

Un nivel de madurez “Satisfactorio”, busca brindar una solución definitiva que corrija la vulnerabilidad detectada o su reducción a un nivel de riesgo “Bajo”. Por su parte, el nivel de madurez “Adecuado”, disminuye en cierto grado el nivel de riesgo, pero no siempre brinda una solución definitiva.

18. Como parte de la metodología aplicada por este Plan, en la valoración y gestión de riesgos de origen hidrometeorológico y climáticos en la RVN, se conformó un grupo profesional de expertos con especialistas de las diferentes áreas técnicas del CONAVI; entre ellas, la Dirección de Diseño de Vías y Puentes, así como las Gerencias de Conservación y Construcción de Vías y Puentes, con el apoyo y asesoría del equipo de trabajo a cargo de la formulación de este Plan, compuesto de personal técnico de la Dirección de Planificación Institucional.

19. Los daños en la infraestructura vial vulnerable, recopilados por las

ingenierías de proyecto a cargo de la conservación de la RVN, se les aplicó un análisis estadístico descriptivo que permitió -en primera instancia- generar estadísticas generales de la infraestructura vial afectada, así como las inversiones realizadas por región y zona de conservación vial. Posterior a ello, se realizó una valoración previa mediante el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), con el fin de su remisión al grupo de profesionales expertos, quienes brindaron medidas generales aplicables a diferentes tipos de situaciones de vulnerabilidad. Finalmente, el grupo experto analizó tres casos considerados como críticos (nivel de riesgo “No aceptable”), a los cuales se les aplicó la metodológica desarrollada en el Capítulo 5, generando con ello, acciones y medidas específicas dirigidas a reducir los niveles de riesgo inherente y residual.

20. En este estudio se detectó, que las ingenierías de proyecto mantienen mucha heterogeneidad de criterios, en relación al daño y vulnerabilidad de una estructura producto de un evento hidrometeorológico o si la causa, radica respecto al mantenimiento de la misma. Lo que sí es un hecho, es que en la mayoría de los casos, una estructura vial con una conservación inapropiada es más susceptible o

vulnerable a una amenaza de origen hidrometeorológico y climático.

Es por ello, que la información recopilada pasa por diferentes filtros, entre ellos, el equipo a cargo del SIG en la Dirección de Planificación Institucional y el grupo de profesionales expertos, lo que permite la correcta clasificación de los casos en relación con el origen de su vulnerabilidad.

21. Al ser este un Plan de adaptación ante amenazas de origen hidrometeorológico, es claro, que una parte importante de las recomendaciones brindadas están dirigidas en mejorar el tratamiento y manejo de las aguas pluviales de escorrentía superficial. Si bien, pareciera ser algo obvio, para un país donde el promedio anual de lluvias está muy por encima de la media mundial, es primordial corregir deficiencias en infraestructura vial relacionadas con la construcción de cunetas, contracunetas y obras de protección de erosión y socavación. Así, cualquier intervención dirigida en brindar una solución satisfactoria ante una amenaza hidrometeorológica, requiere del adecuado diseño de obras de drenaje, a fin de evitar reconstruir nuevamente la vulnerabilidad que originó los daños en esa infraestructura.

22. La construcción de obras de drenaje y de manejo de aguas superficiales son vitales en proyectos donde se requiere disminuir la vulnerabilidad ante eventos hidrometeorológicos extremos y de alta intensidad. Sin embargo, la construcción de éstas, por simples que resulten ser, deberán tener estudios hidrológicos e hidráulicos que respalden sus diseños. En varias ocasiones, por brindar una solución en el corto plazo o con la premura exigida por la misma población afectada, puede que se construya este tipo de obras con diseños y estudios insuficientes o haciéndose uso únicamente de un criterio experto; sin embargo, debería optarse como una excepcionalidad a la regla.

23. No siempre es posible brindar una solución definitiva a una problemática identificada, y en ciertas ocasiones, se realizan intervenciones con el fin de ganar tiempo valioso para conseguir presupuesto o realizar los estudios y diseños que correspondan. No obstante, estas decisiones deberán ser congruentes con el riesgo que es capaz de asumir la Institución, en función del tiempo en que dicha infraestructura se encuentre fuera de servicio producto de un posible evento extremo, pero principalmente de las inversiones que deben estar realizándose con cierta periodicidad y

que, no brindan una solución definitiva a la problemática registrada.

24. Es vital el apoyo que pueda brindar el Administrador Vial a la ingeniería de proyecto de cada zona de conservación vial, en el tema preventivo del mantenimiento de las obras de drenaje y manejo de aguas, por lo que se le deberá exigir a éste, una participación más proactiva.

Por lo que, un adecuado inventario y la continua inspección de todas aquellas estructuras que requieren de un mantenimiento previo o anterior a un evento de origen hidrometeorológico, son acciones que podrían asegurar el debido funcionamiento de la infraestructura vial ante una condición climática crítica o extrema.

25. Un inadecuado mantenimiento de los puentes puede generar efectos negativos de carácter acumulativo, lo que hace a este tipo de estructuras, más vulnerables ante eventos hidrometeorológicos extremos o de alta intensidad.

26. Tanto los estudios hidráulicos como los geotécnicos están considerados en las contrataciones de conservación vial, pero queda a discreción del ingeniero de zona si los solicita o no, y en ciertas ocasiones, esta decisión es producto de la presión por brindar una solución de transitabilidad en el corto plazo. Cada caso requiere una

atención especial; sin embargo, se recomienda que dentro de lo posible, las intervenciones estén debidamente diseñadas con los estudios técnicos que la respalden.

27. Se identifica la figura del Administrador Vial como un especialista, que propone soluciones técnicas y que debe de brindar asesoría y apoyo al ingeniero de la

Administración en la toma de decisiones; por ejemplo, cuando este negocia con los contratistas. De modo que, si se paga por tener un criterio experto y si el Administrador Vial no es capaz de brindarlo, por lo que requiere subcontratar otra empresa para que colabore al respecto, se deberá valorar si dicha subcontratación debe ser pagada por la Administración.

Recomendaciones

1. La Institución debe encaminarse hacia un nuevo enfoque digital a través del uso de formularios y herramientas tecnológicas que permitan la eficacia y certeza de la recolección de datos de campo. Para esto, es fundamental que el CONAVI establezca políticas, normativas, procedimientos o disposiciones asociadas a esta labor. Esta función debe hacerse a través de la interacción de las diferentes unidades sustantivas, tales como la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes y todos aquellos actores que, por su naturaleza de trabajo, realicen actividades diarias en el campo. Asimismo, es necesario contar con un trabajo proactivo con las áreas de soporte como la Dirección de Planificación Institucional y el Departamento de Tecnologías de la Información.
2. Con la aplicación de esas políticas, normativas, procedimientos o disposiciones, la institución podrá plasmar de una manera más efectiva, la generación de nueva información que se convierta en un insumo de análisis, con el fin de generar acciones y mecanismos para salvaguardar la infraestructura vulnerable ante situaciones de emergencia.
3. Los ingenieros de cada una de las 22 zonas de conservación deben ser consecuentes y atender las instrucciones por parte de la Dirección Ejecutiva y la misma Gerencia de Conservación de Vías y Puentes. Esta razón obedece a la finalidad de promover la revisión y validación de

- los datos, cuando se realice un levantamiento de un daño. Lo anterior radica, en que algunas zonas de conservación vial no remitieron reportes de daños, por lo que no fue posible determinar si en las mismas se presentaron o no afectaciones de este tipo.
4. Los ingenieros a cargo de las zonas de conservación vial deben reportar al menos, mensualmente, la ocurrencia de daños en la infraestructura vial, tanto a través de la herramienta tecnológica prevista para ello, como mediante un informe con las intervenciones realizadas en cada uno de los casos. Estos reportes se deben dirigir tanto a la Dirección Ejecutiva, a su propia Gerencia y la Dirección de Planificación Institucional para la actualización del visor.
 5. Una vez que se tenga conocimiento de cuáles son las medidas de intervención por parte de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, la Unidad de Administración de Sistemas de Información (USI) en coordinación constante, actualizará el visor en el cual se plasmará toda obra ejecutada en atención a un daño acontecido. Con esta información, otras instituciones, de carácter público y privado, así como las comunidades y personas interesadas, podrán conocer las medidas efectuadas. Esto último, se hará con la finalidad de promover la transparencia de la Institución en función de la aplicación del presupuesto y las obras realizadas.
 6. Con respecto a la recomendación anterior, es necesario que se designen grupos de trabajo de ambas áreas, para que la información que se presente como resultado final de las evaluaciones hechas en campo, sea congruente y consistente, con el visto bueno por parte del responsable de la zona o director regional. Con ello, la USI, se asegurará de subir a la nube información actualizada con los controles de calidad correspondientes.
 7. En caso de que la USI detecte alguna inconsistencia, lo notificará al responsable de la zona de conservación, director regional y administrador vial. Con base en esta medida, será posible que el evento reportado sea revisado nuevamente y se realice el levantamiento una vez más, en caso de requerirse.
 8. El CONAVI, a través de la Dirección Ejecutiva y la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, deben instruir a los organismos de inspección, administradores viales y cualquier otro actor que realice levantamientos de la información, que cumplan con su participación en las respectivas capacitaciones impartidas por la USI, en las cuales se explica detalladamente el uso y

- funcionamiento de los formularios. Esta instrucción permitirá que el objetivo en la obtención de la información se logre con el cumplimiento y formalidad del caso. De no darse así, la información recolectada en campo podría contener errores e inconsistencias.
9. De requerirse, ya sea por la Dirección Ejecutiva, la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, o la misma Dirección de Planificación Institucional, se realizarán visitas a campo para comprobar la certeza de la información reportada. Esto se hará en aquellos sitios donde existan dudas o la información presente, una vez más, inconsistencias aun cuando ya se haya hecho una nueva revisión.
 10. La USI deberá mantener el visor de daños actualizado y con ello, realizar estudios, investigaciones e informes, según lo requiera la Dirección Ejecutiva, la Contraloría General de La República u otro ente que así lo demande, con el fin de cumplir con las políticas nacional referentes a la gestión de riesgo. Esto debe ir vinculado con el apoyo que brinde la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes o cualquier otra área sustantiva o administrativa del CONAVI, a la cual se le solicite información.
 11. Se recomienda el uso de la “Metodología para la valoración y gestión de riesgos ante amenazas hidrometeorológicas”, desarrollada en el Capítulo 5 de este Plan, en todos aquellos proyectos o estructuras identificadas como de riesgo ante una amenaza de origen hidrometeorológico y climático, esto gracias a la aplicación previa de la “Guía Metodológica para el Seguimiento, Evaluación y Gestión de Riesgos en Desastres Naturales” oficializada por CONAVI en el 2020.
 12. Se requiere el nombramiento permanente de un grupo profesional de expertos con personal técnico de las Gerencias de Contratación, Construcción y Conservación de Vías y Puentes, el cual contará con el apoyo y asesoría de la Dirección de Planificación Institucional.
 13. El grupo de profesionales expertos deberá estar conformado, por al menos, un representante de las áreas de puentes -preferiblemente a cargo del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP)-, hidrología e hidráulica, geotecnia, conservación y mantenimiento vial -preferiblemente a cargo del Sistema de Administración de Pavimentos (SAP)-, contratación administrativa y en administración de proyectos de mejoramiento y construcción de obra nueva.
 14. Este grupo deberá de reunirse, las veces que amerite, pero como mínimo

dos veces al año, a fin de trabajar con la información recopilada por las ingenierías de proyecto a cargo de las zonas de conservación vial.

15. Asimismo, deberá de dar seguimiento a las intervenciones realizadas producto de las recomendaciones brindadas por el mismo grupo de trabajo, con el propósito de valorar si en efecto las acciones y medidas implementadas realmente están impactando en la reducción de la vulnerabilidad y de los riesgos asociados a eventos de origen hidrometeorológicos e hidroclimáticos.
16. Para ello, la Institución deberá destinar y asegurar el presupuesto necesario y suficiente, para la realización de giras, pagar viáticos y demás recursos requeridos para cumplir con una programación de actividades planificadas por el mismo grupo de expertos.
17. Los casos identificados como infraestructura vial vulnerable, deberán ser analizados por el grupo experto institucional, el cual aplicará la “Metodología para la valoración y gestión de riesgos ante amenazas hidrometeorológicas” y elaborará un plan periódico de medidas y acciones de mejoras. En aquellos casos donde se recomienda una intervención mayor, que no se considere como una obra de conservación vial, se deberá

priorizar para su posible incorporación en los ejercicios presupuestarios de la Institución.

Esto, no sin antes aplicar los estudios de preinversión requeridos por el MIDEPLAN, para determinar la rentabilidad y factibilidad de la intervención, lo que permitirá la inscripción del proyecto en el BPIP y su incorporación en el POI y su Presupuesto. No obstante, este ejercicio lo tendrá a cargo, la Dirección de Planificación Institucional del CONAVI.

18. Toda intervención relacionada con la atención de una estructura dañada o deteriorada por un evento hidrometeorológico, o donde se requiere realizar una obra, a fin de disminuir su vulnerabilidad, debe contemplar los estudios y diseños que correspondan, con el propósito de brindar una solución integral de carácter definitivo. Esto implica que, las obras de drenaje y manejo de aguas también deben estar incluidas como parte de esa solución, con los estudios y diseños que respalden su dimensionamiento y ubicación.
19. En vista que una parte importante de las emergencias viales por un evento hidrometeorológico están relacionadas con el desprendimiento y caída de taludes de corte; siempre y cuando, el derecho de vía de una ruta nacional lo permita, se deberá

- procurar como medida de prevención, la construcción de contracunetas con su debido mantenimiento.
20. Para el registro de daños en puentes se deben realizar inspecciones 2 o 3 días después del evento pico. Dicha razón obedece, a que los daños se pueden apreciar con mayor detalle, cuando disminuyen los niveles de agua en el río.
 21. La figura del Administrador Vial debe ser mejor aprovechada, pues existe la percepción de que éstos podrían estar siendo subutilizados, sobre todo en función del perfil con que se les contrata. Esto puede radicar en parte, por un desconocimiento de los alcances de esta contratación, o porque no existe claridad en las funciones de la ingeniería de proyecto y del propio Administrador Vial.
 22. Para solucionar este tipo de vacíos, con respecto a lo que hace y debería hacer la figura del Administrador Vial, el grupo de profesionales expertos propone que el CONAVI elabore los procedimientos que establezcan claramente las funciones de éstos y su relación con las ingenierías de proyecto.
 23. Se debe revisar el perfil de contratación de los Administradores Viales, a fin de determinar si dentro de sus especialidades se encuentra la elaboración de diseños preliminares o anteproyectos, principalmente aquellos relacionados con canalización y drenaje de aguas pluviales, así como la elaboración de estudios hidrológicos e hidráulicos.
 24. Las ingenierías de proyecto a cargo de las zonas de conservación vial, no deberían de vincularse estrictamente con el criterio de los Administradores Viales para atender puntos vulnerables. Debe ser la Institución la que evalúe y demande, cual es la medida más efectiva que se debe ejecutar para solucionar problemas presentes o daños materializados.

Referencias

- [1] “Plan Nacional de Transportes de Costa Rica 2011-2035”, MOPT, 2011.
- [2] “Informe de evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica – Años 2018-2019”, LanammeUCR, 2019.
- [3] “Plan Nacional de Gestión del Riesgo 2016-2020”, CNE, 2016.
- [4] “Diagnóstico Integral del Riesgo de la Red Vial Nacional”, CONAVI, 2018.
- [5] “Metodología de evaluación del riesgo de desastres y cambio climático para proyectos del BID”, Banco Interamericano de Desarrollo, 2019.
- [6] Instituto Meteorológico Nacional, <http://cglobal.imn.ac.cr/index.php/cambio-climatico/cambio-climatico/>, 2021.
- [7] “Política Nacional de Adaptación al Cambio Climático de Costa Rica 2018-2030”, Gobierno de Costa Rica, 2018.
- [8] Manual de usuario, Visor de escenarios de cambio climático sobre Centroamérica, EUROCLIMA+, 2020.
- [9] “An alternative to radiative forcing for estimating the relative importance of climate change mechanisms”, Department of Meteorology, University of Reading, UK, 2003.
- [10] Ficha Informativa Climática Regional, Cuenca alta del río Tempisque – Costa Rica, GERICS, IMN, 2020.
- [11] Visor de Escenarios de Cambio Climático en Centroamérica, EUROCLIMA+, <https://centroamerica.aem.es/>, 2020.
- [12] M. Lizano, “Creación de escenarios del nivel del mar, ante el cambio climático para la ciudad de Puntarenas”, 2010.
- [13] “Gestión Municipal del Riesgo de Desastres: Normas y elementos básicos para su inclusión en el ordenamiento territorial”, CNE, 2014.
- [14] Plan Operativo Institucional 2021 – CONAVI. Costa Rica, 2021. Tomado de: <https://conavi.go.cr/documents/20126/36925/Plan+Operativo+Institucional+2021+fd.pdf/7de94a2b-8da0-0d1b-0fa3-9776889b6a04?t=1617984017070>
- [15] Guía Metodológica para el Seguimiento, Evaluación y Gestión de Riesgos en Desastres Naturales. Costa Rica, CONAVI, 2020.
- [16] Diagnóstico Integral del Riesgo de la Red Vial Nacional. Costa Rica, CONAVI, 2018. Tomado de: <https://conavi.go.cr/documents/20126/100352/Diagnostico+Integral+del+Riesgo.pdf/309b6a11-1d58-7c91-9f80-f75c0782453e?t=1571413035547>
- [17] Ley Nacional de Emergencias y Prevención del Riesgo (N.º 8488). Costa Rica, CNE, 2005. Tomado de: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=56178
- [18] Marco Orientador para la Valoración y Gestión de Riesgos del Consejo Nacional de Vialidad. Costa Rica, CONAVI, 2020.
- [19] Riesgos ante eventos hidrometeorológicos extremos en Liberia, Carrillo, Matina y Talamanca. Costa Rica, IMN. Tomado de:

<http://cglobal.imn.ac.cr/documentos/publicaciones/RiesgoEventosHMExtremos/offline/download.pdf>

<https://repositorio-snp.mideplan.go.cr/handle/123456789/90>

[20] Amenazas, riesgos, vulnerabilidad y adaptación frente al cambio climático. Colombia, UNODC, 2018. Tomado de: <https://www.unodc.org/documents/colombia/2013/Agosto/DA2013/MATERIAL-DIFUSION-No.3-ADAPTACION.pdf>

[21] Eventos hidrometeorológicos extremos lluviosos en Costa Rica desde la perspectiva de la adaptación al cambio en el clima. Costa Rica, 2012, UNA. Tomado de: <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/ambientales/article/view/7713>

[22] El clima, el cambio climático, la vulnerabilidad y acciones contra el cambio climático: Conceptos básicos. Costa Rica, CATIE, 2017. Tomado de: https://www.conservation.org/docs/default-source/publication-pdfs/cascade_modulo-1-el-clima-el-cambio-climatico-la-vulnerabilidad-y-acciones-contra-el-cambio-climatico.pdf

[23] Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. UNISDR, 2009. Tomado de: https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Informe_completo_97.pdf

[24] Directrices Generales para el establecimiento y funcionamiento del Sistema Específico de Valoración del Riesgo Institucional (SEVRI) (D-3-2005-CO-DFOE). Costa Rica, CGR, 2005. Tomado de: <https://www.cgr.go.cr/03-documentos/normativa/control-interno.html>

[25] Plan Nacional de Transportes 2011-2035. Costa Rica, MOPT, 2011. Tomado de:

Apéndices y anexos

Fichas de valoración de riesgos para casos clasificados como de severidad alta.

Caso 1. Puente Amarillo sobre el río Corredor.

| | | | | |
|---|--|--|---------------------------|----------|
| ID : | 608-001-PV | | | |
| Ubicación : | "Puente Amarillo" sobre río Corredor | | | |
| Ruta: | 608 | | Sección: | 60372 |
| Clase: | Terciaria | | Clasificación PNT: | CIT |
| Cantón: | Corredores | | Distrito: | Corredor |
| Coordenadas CRTM05: | X 613 726 | | Y 949 870 | |
| Evento: | Avenida | | | |
| Estructura: | Puente | | | |
| Elemento: | Superestructura | | | |
| Daño: | Anegación y arrastre de materiales | | | |
| Causas de la vulnerabilidad: | Capacidad hidráulica insuficiente Falta de mantenimiento (remoción de troncos y materiales) | | | |
| Impacto: | Interrupción en el servicio y baja redundancia del sistema | | | |
| Observaciones de campo: | Paso cerrado recurrentemente. Daños a la estructura del puente y eventual colapso. | | | |
| Medidas aplicadas | -Remoción de materiales en la estructura (realizar consulta a compañeras de gestión ambiental sobre intervención en cauces). La limpieza del cauce se puede realizar dentro de los límites del derecho de vía. -Monitoreo constante de la estructura. | | | |
| Acciones propuestas: | - <i>Sustitución de la estructura para aumentar su capacidad hidráulica (Aumentar longitud del puente o el nivel de rasante. Requerido análisis hidráulico)</i> | | | |
| Caracterización lugar (entorno) | | | | |
| Zona rural de cultivos extensivos como palma aceitera y piña ubicada a 8 km al sur de Ciudad Neily. | | | | |

Fotografías



Caso 2. Colapso de un tramo de la Ruta N.º 237.

| | | | |
|--|--|-----------------------------|----------|
| ID : | 237-001-CA | | |
| Ubicación : | Dos puntos en las márgenes del río Caño Seco | | |
| Ruta: | 237 | Sección: | 60281 |
| Clase: | Secundaria | Clasificación PNT: | RAC |
| Cantón: | Corredores | Distrito: | Corredor |
| Coordenadas CRTM05: | X 616327 / 616230 | Y 957473 / 957962 | |
| Evento: | Inundación | | |
| Estructura: | Carretera | | |
| Elemento: | Calzada, dique | | |
| Daño: | Pérdida de un tramo de la carretera, ruptura de dique | | |
| Causas de la vulnerabilidad: | Invasión del derecho de vía a la zona de inundación del río Caño Seco | | |
| Impacto: | Interrupción en el servicio y baja redundancia del sistema | | |
| Observaciones de campo: | Paso cerrado, pérdida total de calzada, ruptura de dique | | |
| Medidas aplicadas | -Restitución de relleno para recuperación de la vía (consultar con Conservación si se realizaron obras de protección adicionales) | | |
| Acciones propuestas: | <i>Modificar el trazado de la ruta, para lo cual se requieren expropiaciones y la inclusión y coordinación con otras instituciones como la Municipalidad de Corredores</i> | | |
| Caracterización lugar (entorno) | | | |
| Desarrollo lineal de mediana densidad a lo largo de tramo de la vía principal a aproximadamente 1 km del centro de Ciudad Neily. | | | |



Fotografías



Caso 3. Deslizamiento en Ruta N.º 415, finca Los Mandarinos, estación Km 29+200

| | | | | |
|---------------------------------|---|--------------------|---------|--|
| ID: | 415-001-CA | | |  |
| Fecha de actualización: | 15-09-2021 | | | |
| Ubicación : | Finca los Mandarinos (km 29+200) | | | |
| Ruta: | 415 | Sección: | 70431 | |
| Clase: | Terciaria | Clasificación PNT: | CIT | |
| Cantón: | Siquirres | Distrito: | Florida | |
| Coordenadas CRTM05: | X | Y | | |
| | 541 727 | 1 106 850 | | |
| Evento: | Deslizamiento | | | |
| Estructura: | Carretera | | | |
| Elemento: | Carretera, talud | | | |
| Daño: | Pérdida de tramo de carretera | | | |
| Estado actual del servicio: | Cerrado | | | |
| Causas de la vulnerabilidad: | Pendientes elevadas, inestabilidad y problemas de manejo de aguas (condiciones adversas geológicas, geomorfológicas e hidráulicas). | | | |
| Impacto: | Afectación económica y social de las comunidades aledañas, que son principalmente de actividad lechera | | | |
| Observaciones de campo: | Deformación de la superficie de rodamiento y posterior pérdida de tramo de carretera. | | | |
| Medidas aplicadas: | <p>Antes del colapso:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Limpieza de canalizaciones de agua - Sellado y bacheo de grietas - Restitución del nivel de rasante <p>Después del colapso:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cierre y señalización preventivo (luego del corte de la ruta) | | | |
| Acciones propuestas: | <ul style="list-style-type: none"> - Estudios preliminares para determinación de soluciones paliativas y definitivas. - Como solución paliativa se tiene la habilitación del paso por el talud de corte. - Como solución definitiva se tiene la construcción de un paso alternativo, ya sea por el talud de corte o por el trazado actual. - Existen otras soluciones que se salen del alcance de la institución (rutas alternas de dominio cantonal). - Debido a la extensión de la afectación, no es una opción la utilización de un puente modular. | | | |
| Caracterización lugar (entorno) | | | | |
| | Zona rural agropecuaria, principalmente de producción lechera. | | | |



Situación antes del colapso



Situación antes del colapso



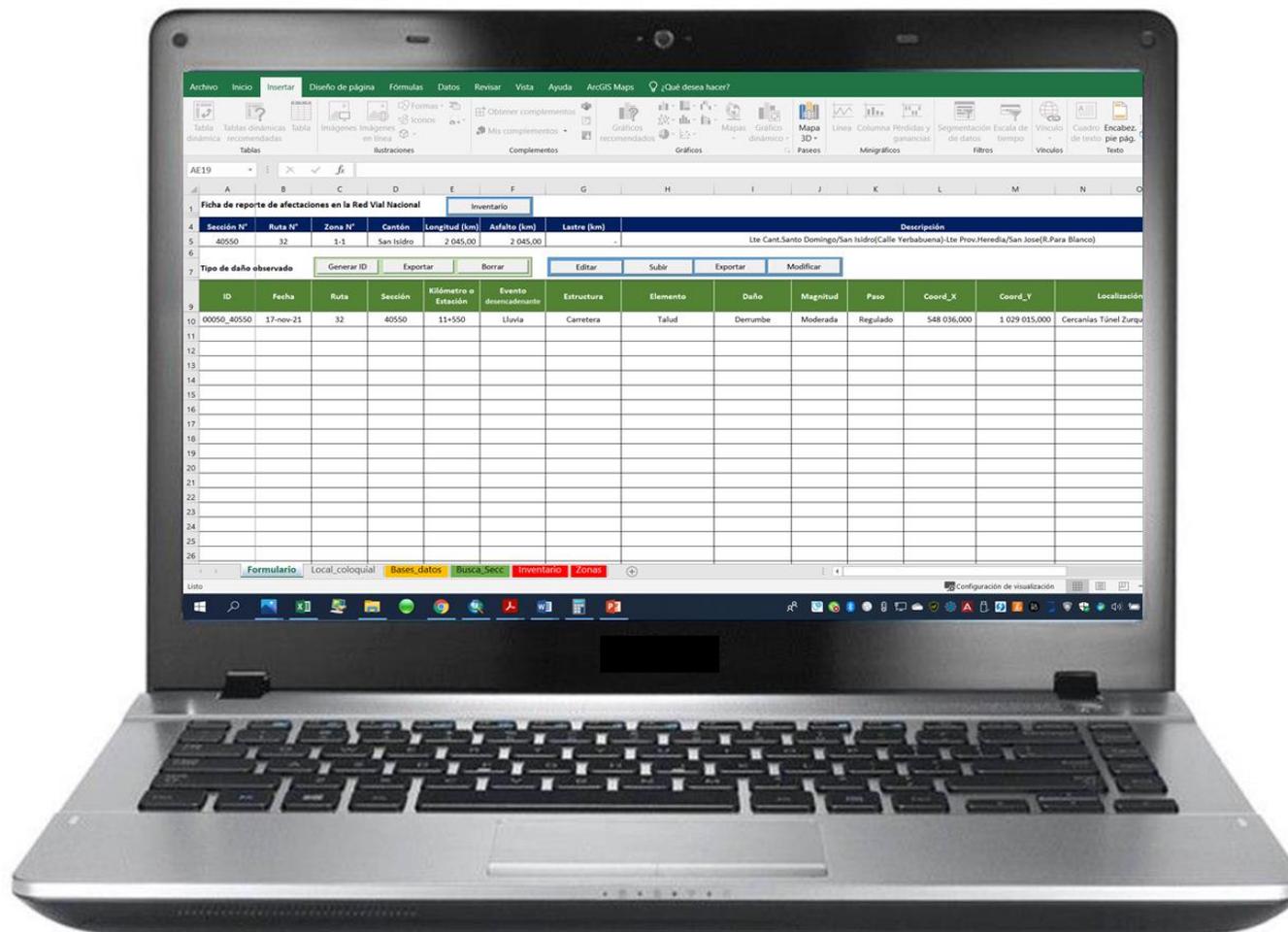
Situación después del colapso



Situación después del colapso

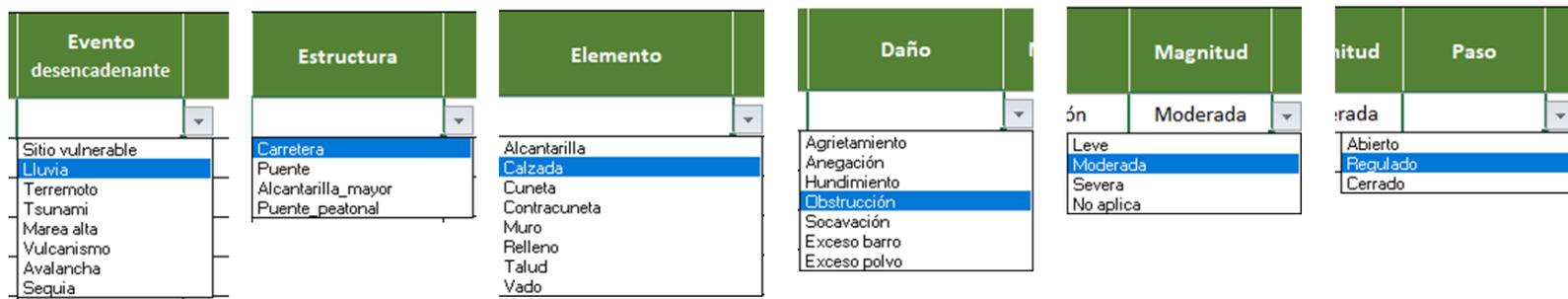
Herramienta Microsoft Excel®, año 2017

Herramienta elaborada por la USI de la Dirección de Planificación Institucional con Microsoft Excel® y utilizada por la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, para el levantamiento y reporte de daños en la Red Vial Nacional de Costa Rica, aplicada en el año 2017.



En este insumo se definieron columnas tales como:

- ID: número compuesto para identificar cada reporte.
- Fecha: día, mes y año del evento.
- Ruta y sección de control: elementos propios de cada Ruta Nacional. Había la posibilidad de autocompletar estos campos con el botón de “Inventario”.
- Kilómetro o estación: sitio del evento tomando como medida el inicio de la Ruta.
- Estructura: Carretera, Puente, Alcantarilla_mayor o Puente_peatonal.
- Elemento: componente de cada estructura. Por ejemplo, Calzada en Carretera.
- Daño: tipo de daño presentado (inundación, deslizamiento, hundimiento, etc).
- Magnitud: Leve, moderado, severo.
- Paso: cerrado, regulado, abierto.
- Coordenadas X y Y.
- Localización coloquial: nombre que comúnmente suele conocerse popularmente.
- Medida o acción: mecanismo de respuesta mediante el cual la Gerencia de Conservación toma para atender la situación.
- Costo: monto de inversión a realizar.
- Fecha de ejecución: fecha estimada para dar inicio a las obras.
- Emergencia o imprevisibilidad: número de decreto.
- Observaciones.



The image shows a series of dropdown menus for a form. The first menu, 'Evento desencadenante', has 'Lluvia' selected. The second, 'Estructura', has 'Carretera' selected. The third, 'Elemento', has 'Calzada' selected. The fourth, 'Daño', has 'Obstrucción' selected. The fifth, 'Magnitud', has 'Moderada' selected. The sixth, 'Paso', has 'Regulado' selected.

La herramienta otorga la posibilidad de desplegar listas según tipo de pregunta. Imágenes con fines ilustrativos.

Ejemplo:

| | A | B | C | D | E | F | G |
|----|--|-----------|---------|------------|----------------------|-----------------------|-------------|
| 1 | Ficha de reporte de afectaciones en la Red Vial Nacional | | | | | Inventario | |
| 4 | Sección N° | Ruta N° | Zona N° | Cantón | Longitud (km) | Asfalto (km) | Lastre (km) |
| 5 | 40550 | 32 | 1-1 | San Isidro | 2 045,00 | 2 045,00 | - |
| 7 | Tipo de daño observado | | | Generar ID | Exportar | Borrar | Editar |
| 9 | ID | Fecha | Ruta | Sección | Kilómetro o Estación | Evento desencadenante | Estructura |
| 10 | 00050_40550 | 17-nov-21 | 32 | 40550 | 11+550 | Lluvia | Carretera |

| | H | I | J | K | L | M | N | O | P |
|--|----------|----------|-----------|----------|-------------|---------------|------------------------|---|---|
| Descripción | | | | | | | | | |
| Lte Cant.Santo Domingo/San Isidro(Calle Yerbabuena)-Lte Prov.Heredia/San Jose(R.Para Blanco) | | | | | | | | | |
| | Subir | Exportar | Modificar | | | | | | |
| | Elemento | Daño | Magnitud | Paso | Coord_X | Coord_Y | Localización coloquial | | |
| | Talud | Derrumbe | Moderada | Regulado | 548 036,000 | 1 029 015,000 | Cercanías Túnel Zurquí | | |

| | A | N | O | P | Q | R | S | T | U | V | W | X | Y | Z | AA | AB |
|----|--|------------------------|---|---------------------------------|--------------------|-------------------------------|-----------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
| 1 | Ficha de reporte de afectaciones en la Red Vial Nacional | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Sección N° | Código | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 40550 | 11_032_40550 | ara Blanco) | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Tipo de daño observado | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ID | Localización coloquial | Medida o acción tomada para atender la afectación o la vulnerabilidad | Costo o estimación (millones €) | Fecha de ejecución | Emergencia o Imprevisibilidad | Observaciones | | | | | | | | | |
| 10 | 00050_40550 | Cercanías Túnel Zurquí | Atención por contratos de imprevisibilidad | 2 000 000,00 | 20/11/2017 | DE-CNE-567 | Remoción de material sobre la vía | | | | | | | | | |

Herramienta Survey123®, año 2020

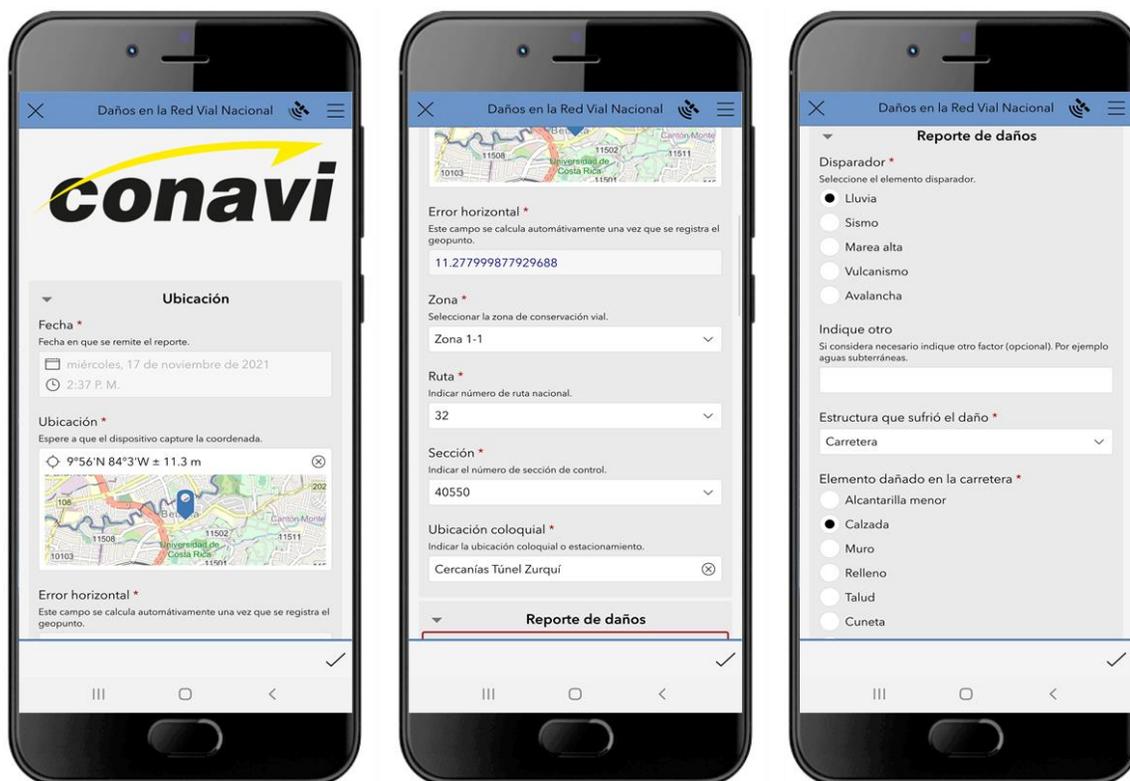
Herramienta elaborada por la USI de la Dirección de Planificación con Survey123® y utilizada por la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, para el levantamiento y reporte de daños en la Red Vial Nacional de Costa Rica, año 2020.

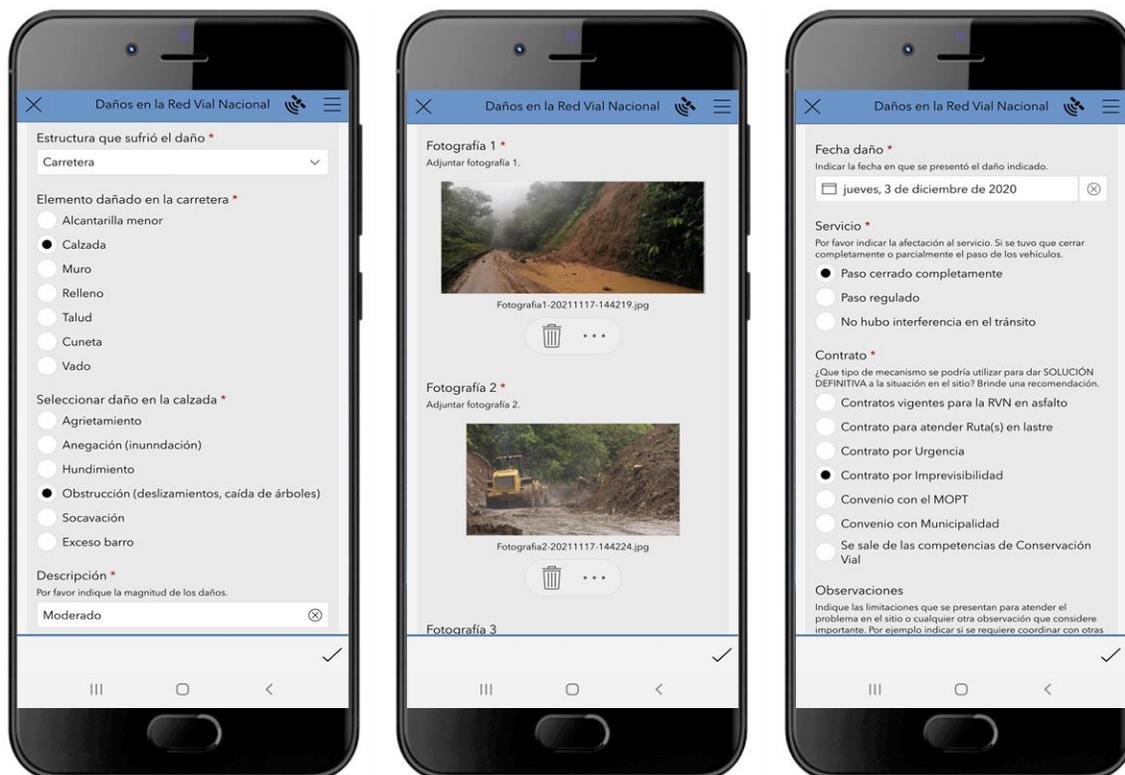


Actualmente, es la herramienta utilizada por el CONAVI para realizar el levantamiento de información de campo referente a daños en la infraestructura de la Red Vial Nacional por la incidencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos.

El uso de esta aplicación se debió primeramente a; la Institución contaba y cuenta con licenciamiento para el uso de productos ArcGIS-ESRI®, y en segundo lugar, la aplicación Survey 123® se adaptó de una manera más eficiente al levantamiento de la información, en comparación a la herramienta utilizada en el año 2017.

Fue puesta en marcha en el último trimestre de 2020. Cuenta con las preguntas que tenía la herramienta anterior, algunas de las cuales se mejoraron y otras se agregaron con la finalidad de optimizar el análisis de los datos. Por ejemplo, la aplicación otorga la funcionalidad de integrar fotografías, videos e incluso audio, además, estandariza las coordenadas geográficas a un mismo sistema de proyección, y por último, es posible utilizarla sin conexión inmediata a internet.





Imágenes con fines ilustrativos. Cualquier duda consulta o comentario sobre estas herramientas, puede comunicarse al correo planificacion.institucional@conavi.go.cr, a través del cual se le dará el seguimiento respectivo.

Matriz de valoración y gestión de riesgos – Mejora Metodológica.

| Infraestructura vulnerable | | Amenaza por evento hidrometeorológico: | Causa de la vulnerabilidad- Consecuencia | | Probabilidad | Impacto (s) | | Nivel de riesgo inherente |
|--|------------------|--|---|---|---------------|---|------------|---------------------------|
| Ubicación | Clasificación | | Causa | Consecuencia | | Descripción | Valoración | |
| Puente Amarillo, Ruta N° 608 | Puente vehicular | Lluvia intensa | Capacidad hidráulica insuficiente. Falta de mantenimiento (remoción de troncos y materiales) | Afectación de la seguridad vial. Cierre frecuente de la vía. Daños a la estructura del puente y eventual colapso. | Muy frecuente | Interrupción del servicio y baja redundancia del sistema. | Alto | Muy alto |
| Tramo de carretera en Ciudad Neily, Ruta N° 237 | Carretera | Avenida | Invasión a la zona de inundación del río Caño Seco. | Colapso de la vía. Pérdida de un tramo de la carretera | Frecuente | Interrupción en el servicio y baja redundancia del sistema. | Alto | Muy alto |
| Deslizamiento Km 29+200 (Finca Mandarinos), Ruta N°415 | Carretera | Lluvia intensa | Mal manejo de aguas pluviales. Pendientes elevadas en el terreno (condiciones adversas geológicas, geomorfológicas e hidráulicas) | Deslizamiento. Pérdida de un tramo de carretera. | Frecuente | Interrupción del servicio. Afectación económica y social de las comunidades aledañas, cuyo sustento se basa principalmente en la actividad lechera. | Alto | Muy alto |

Continuación...

| Medidas de administración | | | | | | Plazo de implementación de las acciones propuestas | Responsable de la medida de control | Nivel de avance y/o resultado de la aplicación de las medidas durante el período | Observaciones | |
|---|---------------------|-----------------|------------------------------------|---|------------------------------|--|-------------------------------------|--|---------------|--|
| Aplicadas o de control | Madurez del control | Riesgo residual | Tratamiento para mitigar el riesgo | Acciones propuestas | Requiere incluirse en el POI | | | | | |
| -Remoción de materiales en la estructura (realizar consulta a compañías de gestión ambiental sobre intervención en cauces). La limpieza del cauce se puede realizar dentro de los límites del derecho de vía. -Monitoreo constante de la estructura. | Control débil | Muy alto | Reducir | - Sustitución de la estructura para aumentar su capacidad hidráulica (Aumentar longitud del puente o el nivel de rasante. Requerido análisis hidráulico) | SI | | | | | |
| -Restitución de relleno para recuperación de la vía (consultar con conservación si se realizaron obras de protección adicionales) | Control adecuado | Alto | Reducir | Modificar el trazado de la ruta, para lo cual se requieren expropiaciones y la inclusión y coordinación con otras instituciones como la Municipalidad de Corredores | SI | | | | | |
| - Limpieza de canalizaciones de agua - Sellado y bacheo de grietas - Restitución del nivel de rasante - Cierre y señalización preventivo (luego del corte de la ruta) | Control débil | Alto | Reducir | - Estudios preliminares para determinación de soluciones paliativas y definitivas. - Como solución paliativa se tiene la habilitación del paso por el talud de corte. - Como solución definitiva se tiene la construcción de un paso alterno, ya sea por el talud de corte o por el trazado actual. - Existen otras soluciones que se salen del alcance de la institución (rutas alternas de dominio cantonal). - Debido a la extensión de la afectación, no es una opción la utilización de un puente modular. | SI | | | | | |

Compromiso de gestión 54- 2017-Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI)

Porcentaje de Avance: 100%

Metas evaluadas:

M.53.: M.53.Diagnóstico integral del riesgo de la red vial nacional y cantonal.

Eje: E4. Inversión Financiera Sostenible,
Infraestructura y Servicios

Ámbito: A1. Reducción del Riesgo

Lineamiento: L16. Protección de la Inversión
en Infraestructura Descripción del
lineamiento:

El Estado y las instituciones incorporarán el análisis y la gestión del riesgo en todo el ciclo de vida de los proyectos de inversión, en las fases de diseño, ejecución y operación para garantizar la sostenibilidad de las obras tendientes a resguardar la calidad, seguridad, durabilidad de los bienes y servicios, así como la adaptación o ajuste a los eventos futuros de desastre. De igual modo, deberán planificar la ejecución de obras de reducción y mitigación de riesgo a efecto de controlar amenazas y tomar la previsión del mantenimiento preventivo y correctivo de las obras hasta el término de la vida útil. Con el fin de reducir el potencial efecto de amenaza de las obras de infraestructura sobre la población y los bienes, las evaluaciones económico-social y financieras de los proyectos de inversión deben contemplar los factores de riesgos a desastre y delimitar las medidas tendientes

a mitigar y reducir los efectos perniciosos de las obras en el entorno social y ambiental. Las obras deben formularse siguiendo los lineamientos del Plan de Ordenamiento Territorial cuando existan, o mediante la coordinación con los órganos competentes. A efecto del blindaje en la inversión en infraestructura pública que consideren los cambios en el contexto de riesgo, deben realizar de manera regular ajustes y actualizaciones de las normas constructivas y de contratación. El proceso de financiamiento de la obra privada (urbanizaciones, casas de habitación, complejos productivos industriales, entre otros) realizado por diversas organizaciones del sistema

financiero nacional deberá incorporar, además de la evaluación de riesgo financiero, la evaluación de los riesgos a desastres. Estos ajustes de blindaje deben ser adecuadamente registrados para conformar una base de datos que permita llevar un seguimiento de las previsiones de inversión en blindaje climático por institución. (CNE, PNGR 2016-2030, 2015, p.45).

Acción Estratégica: E4.-A1.16.3.
Programas de mantenimiento y renovación
de infraestructura física

Código: E4.-A1.16.3. Descripción:

Meta: M.53.Diagnóstico integral del riesgo
de la red vial nacional y cantonal.

Código: M.53.

Descripción:

Avance: 100%

Comentario sobre avance: Se cumplió a cabalidad con lo solicitado por la meta, a razón de que este Consejo, elaboró un Diagnóstico Integral del Riesgo para la Red Vial Nacional; documento aprobado mediante Acuerdo N° 17-2019 de la Sesión Ordinaria del 7 de marzo de 2019 del Consejo de Administración del CONAVI.

Aspectos Positivo: Hasta la fecha, las dependencias involucradas a nivel institucional, han colaborado con un alto sentido de compromiso y participación.

Obstáculos: Ha sido muy complejo buscar y obtener información de otras entidades estatales.

¿Reciben Asesoría?: No Organización Asesora:

¿Su organización requiere asesorías?: No Temas de Necesidad de Asesoría:

Productos:

A1.16.3.2. Un informe de la condición de riesgo presente de la red vial nacional y cantonal.

Código: A1.16.3.2.

Detalle:

Descripción:

Año Inicial: 2017

Año Final: 2017

Descripción de Fuentes de Verificación:
Portada, prólogo y contenido del Diagnóstico

Integral del Riesgo de la Red Vial Nacional
Fuentes de Verificación:

<http://monitor.cne.go.cr/sites/default/files/Diagnostico%20Integral%20del%20Riesgo%20Portada.pdf>

M.52.: M.52.A partir del Sistema Específico de Valoración de Riesgos (SEVRI), las instituciones públicas desarrollan rutinas periódicas de valoración de riesgo de la infraestructura y los equipos, como parte de sus estrategias de continuidad de serv

Eje: E4. Inversión Financiera Sostenible, Infraestructura y Servicios

Ámbito: A1. Reducción del Riesgo

Lineamiento: L16. Protección de la Inversión en Infraestructura Descripción del lineamiento:

El Estado y las instituciones incorporarán el análisis y la gestión del riesgo en todo el ciclo de vida de los proyectos de inversión, en las fases de diseño, ejecución y operación para garantizar la sostenibilidad de las obras tendientes a resguardar la calidad, seguridad, durabilidad de los bienes y servicios, así como la adaptación o ajuste a los eventos futuros de desastre. De igual modo, deberán planificar la ejecución de obras de reducción y mitigación de riesgo a efecto de controlar amenazas y tomar la previsión del mantenimiento preventivo y correctivo de las obras hasta el término de la vida útil. Con el fin de reducir el potencial efecto de amenaza de las obras de infraestructura sobre la población y los

bienes, las evaluaciones económico-social y financieras de los proyectos de inversión deben contemplar los factores de riesgos a desastre y delimitar las medidas tendientes a mitigar y reducir los efectos perniciosos de las obras en el entorno social y ambiental. Las obras deben formularse siguiendo los lineamientos del Plan de Ordenamiento Territorial cuando existan, o mediante la coordinación con los órganos competentes. A efecto del blindaje en la inversión en infraestructura pública que consideren los cambios en el contexto de riesgo, deben realizar de manera regular ajustes y actualizaciones de las normas constructivas y de contratación. El proceso de financiamiento de la obra privada (urbanizaciones, casas de habitación, complejos productivos industriales, entre otros) realizado por diversas organizaciones del sistema

financiero nacional deberá incorporar, además de la evaluación de riesgo financiero, la evaluación de los riesgos a desastres. Estos ajustes de blindaje deben ser adecuadamente registrados para conformar una base de datos que permita llevar un seguimiento de las previsiones de inversión en blindaje climático por institución.

(CNE, PNGR 2016-2030, 2015, p.45).

Acción Estratégica: E4.-A1.16.3.
Programas de mantenimiento y renovación de infraestructura física Código: E4.-A1.16.3.

Descripción:

Meta: M.52.A partir del Sistema Específico de Valoración de Riesgos (SEVRI), las instituciones públicas desarrollan rutinas periódicas de valoración de riesgo de la infraestructura y los equipos, como parte de sus estrategias de continuidad de servicios.

Código: M.52.

Descripción:

Avance: 100%

Comentario sobre avance: Se ha elaborado una herramienta que permitirá identificar las zonas e infraestructura vial vulnerable ante eventos hidrometeorológicos y fenómenos naturales extremos.

Aspectos Positivo: Hasta la fecha, las dependencias involucradas a nivel institucional, han colaborado con un alto sentido de compromiso y participación.

Obstáculos: Ha sido muy complejo buscar y obtener información de otros entes estatales.

¿Reciben Asesoría?: No Organización Asesora:

¿Su organización requiere asesorías?: No Temas de Necesidad de Asesoría:

Productos:

A1.16.3.1. 70% de instituciones públicas desarrollan obras correctivas como parte de sus estrategias o planes de continuidad de servicios.

Código: A1.16.3.1.

Detalle:

Descripción:

Año Inicial: 2016

Año Final: 2020

Descripción de Fuentes de Verificación:
Manual de la herramienta que será utilizada
en los meses de setiembre y octubre en la
Red Vial Nacional para la identificación de
zonas e infraestructura vial vulnerables
Fuentes de Verificación:

<http://monitor.cne.go.cr/sites/default/files/Manual%20para%20el%20reporte%20de%20>

M.44.: M.44.Diseño de una metodología de delimitación y clasificación de riesgos aplicable al Sistema Específico de Valoración de Riesgos (SEVRI), con el cual las instituciones identifican los eventos potenciales de emergencia o desastre propios

Eje: E4. Inversión Financiera Sostenible, Infraestructura y Servicios

Ámbito: A2. Preparativos y Respuesta para Desastre

Lineamiento: L15. Presupuesto para la Gestión del Riesgo y la Adaptación al Cambio Climático

Descripción del lineamiento:

Las instituciones estatales deberán reflejar la previsión de recursos para la gestión del riesgo y la adaptación al cambio climático, constituyendo una responsabilidad que debe ser objeto de fiscalización por parte de las entidades que supervisan el gasto público; esto se realizará por medio de programas

presupuestarios o mediante el control del gasto asignado a actividades específicas de estos campos de acción, haciendo uso de cuentas contables para el registro de costos. Es indispensable el uso de nuevas herramientas que permitan realizar las estimaciones presupuestarias por esos riesgos. De igual manera, es necesaria la determinación de pasivos del riesgo y de los pasivos contingentes a efecto de hacer la previsión ante eventos futuros y garantizar la continuidad de servicios.

(CNE, PNGR 2016-2030, 2015, p.44).

Acción Estratégica: E4.-A2.15.1. Estrategias de Continuidad de Servicios Código: E4.-A2.15.1. Descripción:

Meta: M.44.Diseño de una metodología de delimitación y clasificación de riesgos aplicable al Sistema Específico de Valoración de Riesgos (SEVRI), con el cual las instituciones identifican los eventos potenciales de emergencia o desastre propios Código: M.44.

Descripción:

Avance: 100%

Comentario sobre avance: Se ha elaborado una Guía Metodológica para el

Seguimiento, Evaluación y Gestión de Riesgos a Desastres Naturales, específica para el Consejo Nacional de Vialidad.

Aspectos Positivo: La metodología se realizó en estrecha coordinación con la Unidad de Control Interno, dependencia que

demonstró en todo momento, un alto grado de
compromiso y apoyo.

Obstáculos:

¿Reciben Asesoría?: No Organización
Asesora:

¿Su organización requiere asesorías?: No
Temas de Necesidad de Asesoría:

Productos:

A2.15.1.2. 70% de instituciones públicas
cuentan con estrategias o planes de
continuidad de servicios.

Código: A2.15.1.2.

Detalle:

Descripción:

Año Inicial: 2016

Año Final: 2020

Descripción de Fuentes de Verificación:

Fuentes de Verificación:

[\[%20Gu%C3%ADa%20Metodologica.pdf\]\(http://monitor.cne.go.cr/sites/default/files/Po
rtada%20-%20Gu%C3%ADa%20Metodologica.pdf\)](http://monitor.cne.go.cr/sites/default/files/Po
rtada%20-</p></div><div data-bbox=)