

## **Conservación Vial: Efecto de la escorrentía superficial sobre el sistema de infraestructura de drenaje en vías de índole no urbana. Caso de estudio: Ruta Nacional 219, Oreamuno, Costa Rica.**

Autor: Ing. Sebastián Arias Chacón, Lic.1

Cargo: Diseñador de Vías.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Costa Rica.

Correo electrónico: sach\_cr@yahoo.com

### **Resumen**

El presente artículo describe los resultados negativos que son producidos en el sistema de infraestructura de drenaje específicamente por el efecto del exceso de la escorrentía superficial sobre la red vial de índole no urbana, y que a la postre son agravados dichos resultados por las ausentes o equívocas prácticas de conservación vial en los distintos elementos que conforman el sistema de drenaje; dificultando así el control de este proceso hidrológico. A partir de lo anterior se decidió ejemplificar tales efectos mediante un caso de estudio, el cual fue ubicado geográficamente en un tramo de la Ruta Nacional 219 de la Red Vial Costarricense, localizado a su vez dentro del cantón de Oreamuno de la provincia de Cartago. El caso de estudio consistió en una inspección de campo, donde se revisó el estado de los diferentes elementos que forman parte de la infraestructura de drenaje vial existente. Luego se realizó un análisis de las diferentes patologías presentes, para finalmente proponer posibles soluciones.

### **Palabras claves**

Conservación Vial, Drenaje, Escorrentía, Patología, Cartago, Hidrología, Hidráulica.

### **Introducción**

El objeto de este estudio radica en exponer los problemas que sufren los distintos elementos del sistema de drenaje, para así dar a conocer la importancia que dichos dispositivos tienen directamente para la red vial (alcantarillas, cabezales, estructuras de conducción de flujo y cunetas) y crear conciencia en procura de una mejora sustancial en las prácticas actuales. Ya que este sistema necesita una atención adecuada y especial dentro del programa de conservación vial (en este caso a cargo del Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI), pero que también va dirigido a otras Instituciones inmersas en la temática), para asegurar la vida útil de la infraestructura de drenaje que a su vez repercutirá también en la prolongación de los demás elementos que forman parte de la vía, como lo son el pavimento, taludes, entre otros. Indirectamente, también el ambiente estará a expensas de la calidad en la que estén cada uno de los elementos del sistema de drenaje, sobre los problemas que pudieran presentarse, como lo podrían ser la pérdida de soporte de terrenos adyacentes, inseguridad vial, inundación en asentamientos humanos, contaminación de cuerpos de agua, erosión y sedimentación excesiva,

---

<sup>1</sup> Licenciado en Ingeniería en Construcción del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR).

entre otros. A su vez, mediante el caso de estudio se desea mostrar algunos aspectos importantes de evaluación del estado del sistema de drenaje mediante los resultados cualitativos obtenidos en esta investigación, donde se evidencia el abandono de este tipo de elementos, principalmente desde el punto del mantenimiento, tanto rutinario como periódico y de la rehabilitación, y que serán de utilidad a los distintos profesionales inmersos en este campo, a manera de ser contemplados en futuras tareas de conservación.

La razón por la que se escogió la Ruta Nacional 219, y en especial el tramo que se encuentra inmerso dentro del cantón de Oreamuno, comprendido entre la zona norte del distrito de Cot y el restante en el distrito de Potrero Cerrado, fue principalmente por los antecedentes que la zona presentaba debido al efecto negativo que la escorrentía superficial tenía sobre la red vial en ese sitio, sumado a un par de acontecimientos ahí ocurridos en años anteriores, relacionados con el deceso de algunas personas principalmente en el sector conocido como la “Vuelta del Tapón”, en el distrito de Cot, por causa del arrastre de vehículos producto del efecto de un exceso no regulado de escorrentía superficial. A pesar de que se centralizó la investigación en un tramo específico, la realidad es que cualquier tramo que se hubiera escogido evidenciaría la problemática en la mayor parte de la Red Vial Costarricense, con lo cual los resultados obtenidos en la investigación sirven como parámetros de evaluación para otros profesionales, ya que dicha situación podría reflejar la situación que cualquier otra vía pueda tener.

Para preparar la inspección visual en la zona, realizada en el mes de octubre del 2010, se recurrió a la información disponible que fue principalmente sustentada del “Formulario del Estado del Camino”, dispuesto por la Dirección de Planificación Sectorial del MOPT, y en segunda instancia se complementó con la del “Manual para la Inspección Visual de Estructuras de Drenaje”, elaborado por la Universidad Nacional de Colombia, en convenio con el Instituto Nacional de Vías (INVIAS). Es preciso aclarar que la información plasmada en el presente artículo pertenece a una investigación más amplia denominada “Recomendación hidrológica-hidráulica para controlar el agua de escorrentía sobre tramos críticos de carretera del cantón de Oreamuno, Cartago”, como parte de lo cual se desarrollaron otros estudios, dentro de los cuales se pueden mencionar:

-La implementación de una nueva metodología para la priorización de obras de infraestructura de drenaje (la cual identifica de una forma ingenieril los tramos en los cuales se

necesita realizar inversiones, además de ser una guía para la programación y comparación de proyectos de esa índole), aplicable tanto para la Red Vial Nacional como para la Cantonal.

-Recopilación e interpretación de datos de lluvias máximas para la determinación de intensidades máximas y la posterior creación de curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF), de utilidad para el análisis hidrológico en la zona de estudio.

-Diseño hidráulico de distintas obras, dentro de las cuales se pueden mencionar: canales desviadores de flujo, alcantarillas, cunetas, obras de entrega y recepción de flujo, entre otras.

-Inspección visual del estado de la infraestructura de drenaje existente (tema que es tratado en este artículo), entre otros aspectos relevantes desarrollados en la citada investigación.

Antes de entrar en el desarrollo del tema es importante destacar a continuación una breve descripción del entorno:

- Pendiente promedio dominante: Mayor al 15%.
- Tipo de terreno: Montañoso.
- Uso mayoritario del suelo: Agrícola y ganadero.
- Tipo de pavimento: Asfáltico.
- Longitud aproximada del recorrido: 10 873 m.
- Tipo de suelo: Suelos residuales de origen volcánico, generalmente MH o ML, según clasificación SUCS.
- Cuenca a la que pertenece la zona: Reventazón.
- Localización aproximada de distanciamiento promedio entre alcantarillas: 500 m.
- Cantidad de días lluviosos: [150-200].
- Precipitación promedio anual: [2000-2500] mm.

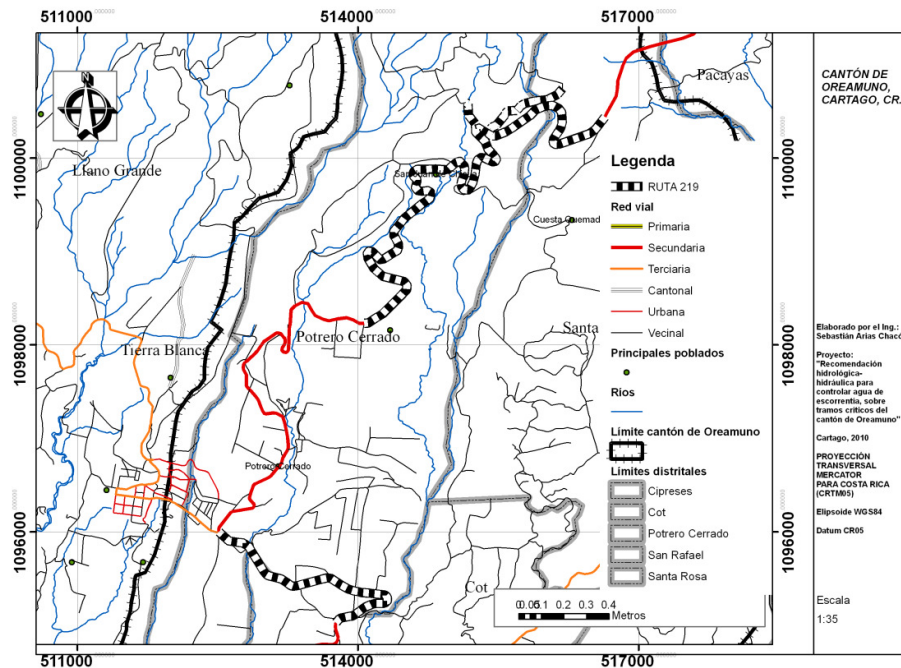


Figura 1. Ubicación Geográfica del trayecto inspeccionado. Elaborado por el autor.

## Desarrollo

### Escorrentía superficial

La escorrentía superficial está ligada proporcionalmente a la magnitud de la precipitación pluvial, por lo que forman parte en la determinación de caudales hidrológicos de muchos estudios.

El escurrimiento (o escorrentía) superficial, puede describirse como el proceso que se inicia con la precipitación de agua desde las zonas más altas, y que luego de forma laminar a través de una pendiente descendente, se va acumulando el flujo, hasta llegar a un punto de desagüe artificial o de índole natural.

Todo lo anterior ocurre en un espacio físico denominado cuenca hidrológica y en un tiempo definido como Tiempo de Concentración.

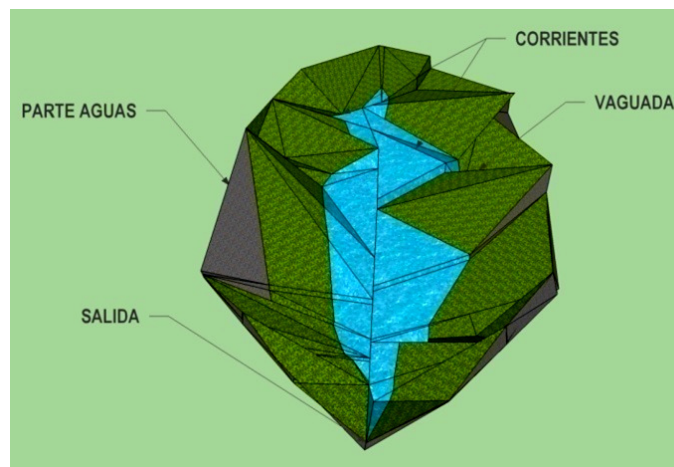


Figura 2. Partes de una cuenca hidrográfica. (Arias, 2010).

Seguidamente, se presentarán las partes básicas de una cuenca hidrográfica o de captación:

- Parte aguas o divisoras: Son las líneas que dividen cronométricamente al terreno que delimita la cuenca.
- Vaguada: Es la zona que capta y conduce el agua procedente de la lluvia con la que forma los cauces de la cuenca.
- Corrientes: Son los cursos de agua que fluyen desde las vaguadas hacia un punto en común de desagüe.
- Salida: Es el punto de desfogue de la cuenca en la que todas las corrientes confluyen.

Según el manual de la Comisión Estatal de Aguas (CEA) del Poder Ejecutivo del Estado de Querétaro, 2010, la escorrentía superficial es afectada directamente por dos grupos de características:

- De la cuenca hidrológica:
  - *Topográficas: tamaño, forma elevación, usos de suelo, red de drenaje, longitud, pendiente, drenaje artificial.*
  - *Geológicas: tipo de suelo, permeabilidad, formación de aguas freáticas, estratificación.*
- Climatológicas:
  - *Radiación solar.*
  - *Presión atmosférica.*

- *Humedad.*
- *Viento.*
- *Temperatura.*
- *Precipitación*

Por la relación entre la variedad de factores resultaría para fines prácticos muy complejo evaluar todo ese conjunto de variables en un proyecto, por lo que se ha realizado una simplificación de su análisis en las diferentes metodologías relacionadas con el estudio de la escorrentía superficial, como sucede en la mayoría de las teorías que son llevadas a la práctica en ingeniería.

#### Manejo de escorrentía superficial

Un problema que en general afecta a las vías es la escorrentía superficial que proviene principalmente de la precipitación pluvial. Esta puede ser controlada a través de dispositivos diseñados por ingenieros expertos en el campo en estudio, para aminorar parcialmente o en su totalidad los efectos negativos que dicha agua sin encauzar pueda provocar. Dentro de esos efectos se pueden nombrar los siguientes:

- Fenómeno de “Hidroplaneo” en vehículos.
- Inundación de viviendas.
- Erosión de suelos.
- Arrastre de sedimentos.
- Disminución del nivel de servicio.
- Desestabilización de taludes.
- Socavación de estructuras.
- Reducción acelerada de la vida útil de la vía.
- Costos elevados de mantenimiento. Daños de capas de rodamiento por problemas de infiltración en capas inferiores.

El diseño de las estructuras puede ser clasificado de diversas maneras, según como se desee agrupar. Por ejemplo:

- Función: filtración, control de erosión-sedimentación, disipación de energía, etc.
- Localización respecto al eje de la vía: subterráneo, transversal, longitudinal, vertical...

La que se especificó para este proyecto fue la clasificación de las obras en dos zonas: la zona urbana y la zona rural.

Para dicha clasificación se presentan las siguientes estructuras típicas correspondientes:

#### *Zona rural*

##### Básicas

- Cunetas.
- Bordillos o berma.
- Paso de alcantarilla.
- Cabezal de entrada.
- Cabezal de salida.
- Estructuras de captura y entrega de flujo; ejemplo: canales artificiales, tomas (también denominada poceta o lavadera), etc.

##### Complementarias

- Contracunetas (zanjas de coronación).
- Disipadores de energía.
- Canales colectores.
- Canales desviadores.<sup>2</sup>
- Vado.
- Badén.
- Canal transversal (también llamado caballete desviador).<sup>3</sup>

#### *Zona urbana*

##### Básicas

- Tubería de alcantarillado pluvial (colectores).
- Pozos de visita.

---

<sup>2</sup> Son canales que se construyen arriba del corte de la vía o estructura, con el objeto de desviar completamente la escorrentía y alejarla lo más posible de la estructura o talud. (Suárez, -)

<sup>3</sup> Dispositivo artificial de drenaje frecuentemente colocado a ciertas distancias entre sí, que se construye dejando montículos de suelo sobre la superficie del camino que interrumpen el flujo de agua y que desvían el agua fuera de la superficie de la calzada. Se puede circular sobre ellos con vehículos de rodada alta o constituirán un paso infranqueable. (Keller & Sherar, 2002)

- Estructuras de captura de flujo (tragantes y cajas de registro).
- Cordón y caño.
- Estructuras de entrega de flujo.

#### Complementarias

- Disipadores de energía.
- Canal colector.
- Canal transversal (también llamado caballete desviador).

Otro aspecto fundamental en el drenaje de vías para el control de la escorrentía superficial y el adecuado funcionamiento de las estructuras, es el bombeo transversal tanto en los espaldones como en los carriles. El bombeo transversal se puede presentar en un solo sentido de circulación o en ambos sentidos a partir de la línea de centro de la vía. En superficies de rodamiento de concreto o asfalto se recomienda un rango de 2-6%, y en caminos de lastre o tierra el mínimo ronda el 6%.

Además, los caminos son fuertes factores de modificación del impacto sobre las aguas subterráneas y principalmente de las aguas superficiales que son el objeto de estudio de este proyecto. Por ello es de vital importancia una buena planeación, diseño, construcción y conservación de una obra vial para reducir los efectos negativos, dentro de los cuales se pueden mencionar los siguientes:

- Funcional: insatisfacción del usuario, exceso de erosión y sedimentación.
- Estructural: altos costos de rehabilitación.

#### Conservación Vial

Este concepto es de vital importancia en el ámbito de las carreteras debido a que, culturalmente, en Costa Rica no se ha tomado en cuenta. No obstante, su implementación es relevante, ya que los elementos ligados a la estructura del camino, son expuestos a la intemperie, sufriendo daños que deben ser contrarrestados con una buena inversión en conservación vial. Esto evitaría problemas de deterioros, subdesarrollo en la región, despilfarro de dinero, impactos negativos de gran escala en la población por efectos climáticos, entre otros.

En muchas ocasiones las actividades de conservación no son debidamente empleadas, o no son programadas de la mejor manera por errores precisamente conceptuales. Debido a esto se quiso rescatar textualmente o en forma resumida los conceptos relacionados con el tema de drenajes de la información presentada principalmente en la obra titulada *Conservación de caminos: Modelo participativo del Proyecto MOPT/GTZ<sup>4</sup>* y erradicar así los errores antes mencionados.

Conceptos de conservación vial

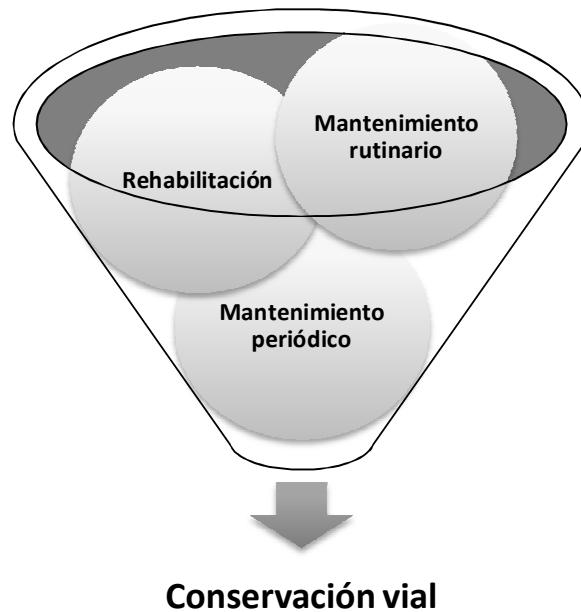


Figura 3. Componentes principales de la conservación vial. (Arias, 2010).

La conservación vial es principalmente, la suma de dos componentes: la rehabilitación y el mantenimiento, que se definirán con mayor detalle a continuación:

- **Mantenimiento:** *Consiste en prever y solucionar los problemas que se presentan a causa de su uso, y así brindar al usuario el nivel de servicio para el que la carretera fue diseñada (Barquero, 1998).*
- **Mantenimiento rutinario:** *Es el conjunto de labores de limpieza de drenajes, control de vegetación, reparaciones menores y localizadas del pavimento y restitución de la demarcación, que se deben de efectuar de una manera continua y sostenida, a través del*

<sup>4</sup>(Barquero, 1998)

tiempo, para preservar la condición operativa y el nivel de servicio y de seguridad de las vías (Barquero, 1998).

- **Mantenimiento periódico:** *Es el conjunto de actividades programables cada cierto período (de 1 a 3 años, según corresponda), tendientes a renovar la condición original de los pavimentos mediante la aplicación de capas adicionales de lastre, grava, tratamientos superficiales o recarpeteos asfálticos, según sea el caso, sin alterar la estructura de las capas del pavimento subyacente (Barquero, 1998).*
- **Rehabilitación:** *Es restablecer el nivel de servicio de una estructura, llevándolo a su estado original. Además puede incluir, por una única vez en cada caso, la construcción o reconstrucción del sistema de drenaje, que no implique la construcción de puentes o alcantarillas mayores (Barquero, 1998).*

Otras definiciones no contempladas dentro del tema de la conservación vial son:

- **Reconstrucción:** *La renovación completa de la estructura del camino, con previa demolición parcial o total de la estructura del pavimento (Barquero, 1998).*
- **Mejoramiento:** *Mejoras o modificaciones de estándar horizontal o vertical de los caminos. También incluyen ampliación de calzada, elevación del estándar del tipo de superficie (tierra  $\Rightarrow$  lastre  $\Rightarrow$  asfalto  $\Rightarrow$  otros), construcción de alcantarillas grandes, puentes o intersecciones (Barquero, 1998).*

Relacionado con lo anterior y específicamente con el objetivo del presente proyecto, se conoce que la ausencia de la conservación vial produce efectos negativos. Estos según (Barquero, 1998) son:

- *Pérdida de materiales de forma acelerada que a la postre deben ser sustituidos.*
- *Gran cantidad de emanaciones, lo cual incide en el ambiente.*
- *Disminución de beneficios sociales, que puede proveer la implementación de las distintas actividades asociadas.*

Las actividades derivadas del mantenimiento se clasifican principalmente en dos grupos (Barquero, 1998); el primero por la periodicidad de su intervención, y el segundo por el método de ejecución predominantemente empleado, en el caso del rutinario.

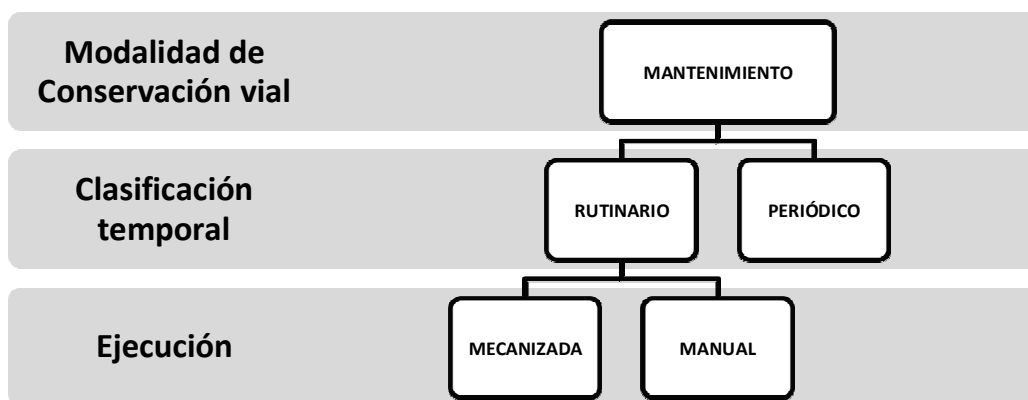


Figura 4. Esquema descriptivo de mantenimiento vial. (Arias, 2010).

Además, las actividades de mantenimiento se diferencian entre si es un camino de pavimento asfáltico o si es de lastre y tierra. A continuación se presenta la lista de actividades de mantenimiento (rutinario y periódico), tanto para lastre-tierra, como para asfalto que inciden en el sistema de drenaje:

ACTIVIDADES	RMELT	RMALT	PLT	RMEA	RMAA	BENEFICIO PRINCIPAL APORTADO AL SISTEMA DE DRENAJE SUPERFICIAL
Limpieza y chapea		X			X	Asegura eficiencia en escurrimiento de las aguas superficiales
Limpieza de cunetas	X	X		X	X	Asegura libre escurrimiento del agua y capacidad del área hidráulica
Limpieza contracunetas		X			X	Asegura libre escurrimiento del agua y capacidad del área hidráulica
Limpieza de alcantarillas		X			X	Libre flujo de agua a través de toda su sección.
Limpieza de cabezales		X			X	Evitar obstrucciones en la salida y entrada del flujo de agua de las alcantarillas.
Control de malezas	X			X		Asegura eficiencia en escurrimiento de las aguas superficiales
Limpieza de derrumbes	X			X		Evita obstrucciones y/o desvíos del flujo (operación anormal en el sistema) en los distintos elementos.
Limpieza de espaldones				X		Recuperación idónea en la evacuación de agua superficial.
Conformación de la superficie de rueda	X					Recuperación idónea en la evacuación de agua superficial.
Reparación o sustitución de cunetas, alcantarillas, y cabezales			X			Evita la acumulación excesiva de agua en ciertos puntos vulnerables (por erosión, inundación, deslizamientos...) del sistema.

RMELT=Mantenimiento Rutinario Mecanizado para Lastre y Tierra.  
 RMALT=Mantenimiento Rutinario Manual para Lastre y Tierra.  
 PLT=Mantenimiento Periódico para Lastre y Tierra.  
 RMEA=Mantenimiento Rutinario Mecanizado para Asfalto.  
 RMAA=Mantenimiento Rutinario Manual para Asfalto.

Cuadro elaborado por el autor basado en la información de la fuente: (Barquero, 1998).

Cuadro 1. Clasificación y descripción de principales actividades de mantenimiento (Arias, 2010).

Es preciso explicar que la clasificación de las distintas actividades de mantenimiento rutinario mecanizado (maquinaria y/o herramientas complejas) o manual (mano de obra intensiva con herramientas simples) se debe principalmente a aspectos de efectividad en la ejecución de cada una de ellas, según se hace mención en (Barquero, 1998).

### Inspección de infraestructura de drenaje

*“Se obtiene lo que se inspecciona, no lo que se espera.”* (Keller & Sherar, 2002).

*Criterios de inspección visual del estado de la infraestructura de drenaje utilizados en Costa Rica.*

### *CONDICIÓN DE DRENAJE<sup>5</sup>*

1. *PESIMO. El agua escurre por la calzada durante periodos de lluvia sobre una buena parte de la subsección y no existen cunetas longitudinales definidas. Las estructuras de drenaje no existen o son completamente inadecuadas.*
2. *MALO. Una evaluación visual indica que la mayoría de las alcantarillas y cunetas son inadecuadas. Existen vados en algunos sitios en vez de estructuras de drenaje. Hay estancamiento de agua a nivel de la estructura del pavimento, sobre una buena parte del tramo, y durante periodos largos, con desbordamiento ocasional sobre la calzada.*
3. *REGULAR. La existencia de erosión, socavación aparente o indicaciones de estancamiento frecuente de agua al nivel de la estructura de pavimento, indica que la capacidad hidráulica de la alcantarilla no es suficiente.*
4. *BUENO. La mayoría de las alcantarillas y cunetas aparentemente funcionan bien, pero existen indicaciones en algunos sitios de que el agua se estanca a la entrada de la alcantarilla o permanece en las cunetas longitudinales, a nivel de la estructura del pavimento, por algún tiempo durante los periodos de lluvia.*
5. *EXCELENTE. Todas las alcantarillas y cunetas están bastante limpias y funcionan debidamente y aparentemente son adecuadas en cuanto a tamaño, longitud y localización.*

Otros criterios complementarios de inspección visual de infraestructura de drenaje

---

<sup>5</sup> Tomado a partir del “Formulario del Estado del Camino” dispuesto por la Dirección de Planificación Sectorial del MOPT.

Este apartado hace referencia a lo descrito en el Manual de Inspección Visual de Estructuras de Drenaje, del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), del Ministerio de Transporte de la República de Colombia (Universidad Nacional de Colombia-Instituto Nacional de Vías, 2006).

En dicho manual se tratan los temas de inspección de estructuras como drenajes subterráneos (disipadores, filtros, drenes horizontales, pozos de drenaje, y galerías de drenaje). Al mismo tiempo se toma en cuenta la inspección de canales de conducción, alcantarillas y cunetas. Se aclara que para efectos del presente trabajo, estas últimas tres estructuras fueron las que se tomaron en cuenta a la hora de determinar el estado actual del sistema de drenaje de los tramos en estudio.





#### Criterios para el drenaje longitudinal

- Escalonamiento: La cuneta a lo largo de su estructura está compuesta por módulos que son los segmentos que se encuentran separados por las juntas transversales. El escalonamiento se refiere al desnivel entre las juntas transversales de los distintos módulos o la junta transversal respecto de la estructura del pavimento:
- Grietas: Las grietas se evalúan como la abertura que exista en uno de los elementos donde pueda existir algún tipo de infiltración o vegetación, considerándose aquella que sea mayor a 3 mm.
- Desgaste: Se considera como desgaste cuando se perciba la pérdida del recubrimiento o partículas, que a su vez generen rugosidad en la superficie generando un aumento en la probabilidad de socavación.
- Desportillamiento: Su efecto se refiere a la desintegración de las esquinas, bordes de las juntas (transversal, longitudinal) o hasta grietas.
- Fracturamiento: Esto ocurre cuando existen 2 bloques (fragmentos de cuneta) de aproximadamente 900 cm<sup>2</sup>, en un mismo módulo, de lo contrario se consideran como grietas.
- Separación de la cuneta: La patología evaluada consiste en el aumento del ancho de la junta longitudinal, que se determina mediante la separación de la cuneta, respecto al pavimento u hombro.
- Obstrucción: En este caso se evalúa la deposición de sedimentos dentro de la cuneta el cual provoca estancamiento.

Criterios para el drenaje transversal


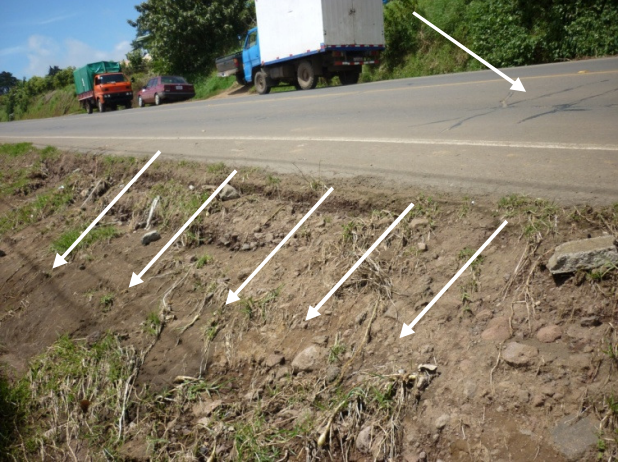




- Grietas: Las grietas se evalúan como la abertura que exista en uno de los elementos. Como por ejemplo la existencia de grietas verticales (unión aleta-muro cabezal).
- Pérdida parcial o total de la tubería
- Grietas o fracturamientos en estructuras de conducción o entrega de flujo: Se consideran grietas, cuando su longitud es menor a 10 cm. De lo contrario, se considerará una fractura.
- Separación de tuberías
- Hundimiento o aplastamiento de secciones de tubería: Existe cuando hay un desplazamiento vertical entre las secciones de alcantarilla.
- Exposición de la tubería al tráfico
- Exposición del acero de refuerzo
- Socavación (suelo, concreto): En este caso se debe considerar también las juntas con existencia parcial o ausente del mortero de pega
- Defectos constructivos: Entre los defectos que se pueden presentar están: pendiente inadecuada, malos acabados, hormigueros, desprendimiento de repello, entre otros.
- Mantenimiento inadecuado: Como por ejemplo: invasión de maleza, obstrucción en la entrada, salida e interior de la tubería, etc.






Resultados<sup>6</sup>

<b>Drenaje longitudinal</b>	
 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Obstrucción</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fracturas</li> <li>▪ Grietas</li> <li>▪ Obstrucción</li> <li>▪ <sup>7</sup>*Estructuras incompletas</li> </ul>
<b>R.1</b>	<b>R.2</b>
 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Defectos constructivos</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ *Estructuras incompletas</li> <li>▪ Desgaste</li> </ul>
<b>R.4</b>	<b>R.5</b>

<sup>6</sup>R: La letra R, que antecede a un número tiene la intención de denotar de una forma abreviada la palabra resultado.





<sup>7</sup> Las observaciones que posean un asterisco (\*), no forman parte de los criterios propuestos en el Manual de la Universidad Nacional de Colombia y el Instituto Nacional de Vías), sino que son un criterio adicional que el autor incluyó en estos casos específicos y los cuales se consideraron importantes.

 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Obstrucción</li> <li>▪ Grietas</li> <li>▪ *Estructuras incompletas</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Desgaste</li> <li>▪ *Daño en la estructura de pavimentos</li> </ul>
<p><b>R.6</b></p>	<p><b>R.7</b></p>
 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Desgaste</li> <li>▪ *Daño en la estructura de pavimentos</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Desgaste</li> <li>▪ *Daño en la estructura de pavimentos</li> </ul>
<p><b>R.8</b></p>	<p><b>R.9</b></p>
 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ *Inexistencia de drenaje longitudinal</li> <li>▪ *Insuficiente bombeo transversal</li> <li>▪ Daño en el pavimento</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Obstrucción</li> </ul>

<b>R.10</b>	<b>R.11</b>	
 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Grietas</li> <li>▪ Escalonamiento</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Grietas</li> <li>▪ Fracturamiento</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Desgaste</li> <li>▪ *Estructuras incompletas</li> </ul>
<b>R.12</b>	<b>R.13</b>	<b>R.14</b>
 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Obstrucción</li> <li>▪ Desgaste</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Obstrucción</li> </ul>	
<b>R.15</b>	<b>R.16</b>	
<b>Drenaje transversal</b>		

 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mantenimiento inadecuado</li> <li>▪ Defectos constructivos (ocultamiento de cabezal)</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ *Ubicación inadecuada de objetos (tuberías)</li> <li>▪ Mantenimiento inadecuado</li> <li>▪ Defectos constructivos (ausencia de estructura de recepción de flujo)</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mantenimiento inadecuado</li> <li>▪ Defectos constructivos (ausencia de estructura de recepción de flujo)</li> <li>▪ Fracturas</li> <li>▪ Socavación</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>R.17</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>R.18</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>R.19</b></p>
 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mantenimiento inadecuado</li> <li>▪ Defectos constructivos (ausencia de estructura de recepción de flujo)</li> <li>▪ Fracturas</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ *Ubicación inadecuada de objetos (tuberías)</li> </ul>	
<p style="text-align: center;"><b>R.20</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>R.21</b></p>	

 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mantenimiento inadecuado</li> <li>▪ Defectos constructivos (ausencia de estructura de entrega de flujo)</li> <li>▪ Fracturas</li> <li>▪ Socavación</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mantenimiento inadecuado</li> </ul>
<p><b>R.22</b></p>	<p><b>R.23</b></p>
 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mantenimiento inadecuado</li> <li>▪ Defectos constructivos</li> <li>▪ Grietas</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Defectos constructivos</li> </ul>
<p><b>R.24</b></p>	<p><b>R.25</b></p>
 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Defectos constructivos</li> <li>▪ Mantenimiento inadecuado</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Defectos constructivos (ausencia de estructura de recepción de flujo)</li> </ul>
<p><b>R.26</b></p>	<p><b>R.27</b></p>

 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hundimiento de secciones de tubería</li> <li>▪ Fracturas</li> <li>▪ Separación de tuberías</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Exposición del acero de refuerzo</li> <li>▪ Defectos constructivos</li> </ul>
<b>R.28</b>	<b>R.29</b>
 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Grieta vertical (unión aleta-muro cabezal)</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Defecto constructivo</li> <li>▪ Pérdida parcial de tubería</li> </ul>
<b>R.30</b>	<b>R.31</b>

### Conclusiones

1. Una particularidad que surgió durante el proyecto, es la evidencia de la falta de mantenimiento de las vías tanto nacionales como cantonales y específicamente del sistema de drenaje. Esto se pudo inferir tanto con la inspección visual como de las experiencias de las personas de la zona. Por lo que se podría clasificar como una condición pésima del estado del drenaje según la clasificación establecida en el “Formulario del Estado del Camino” expuesto en el desarrollo de este artículo.
2. Se halló que los errores podrían derivarse de un producto de malas prácticas (tanto de las entidades encargadas de la conservación vial, como de los vecinos pertenecientes a la región de estudio), de un nulo, escaso o mal empleo del presupuesto destinado a este campo

por parte de la administración municipal y del CONAVI (autoridades principales, organismos de inspección y unidades ejecutoras; que son las principales figuras en que se organiza esta entidad), junto con un ausente o insuficiente monitoreo de las labores de conservación vial que se ejecutan en las distintas vías por parte de estas instituciones ya nombradas. Al igual que en los tramos inspeccionados, existen muchos casos semejantes posiblemente en el resto de la red vial, que son reflejo de una realidad que existe en el país.

3. Se corroboró mediante la inspección realizada y la consulta de algunos vecinos del cantón de Oreamuno la poca participación de los “Comités de Caminos”<sup>8</sup> en la promoción y coordinación de la conservación de la red vial de las distintas comunidades visitadas durante el proyecto.
4. Se ratificó, mediante la inspección realizada como parte de este estudio, el daño que el exceso de escorrentía genera en la estructura de pavimentos, fincas, casas; entre otros. Esto se debe principalmente a la ausencia de un buen sistema hidráulico pluvial en las distintas vías, de un acertado trabajo de conservación vial y de un buen manejo de la modificación de la cobertura del suelo sumado a un mejoramiento de las prácticas agrícolas.

### **Recomendaciones**

1. Crear, a partir de la obtención de financiamiento, grupos comunitarios remunerados y encargados de las obras de conservación en las distintas localidades (amparados en el Decreto-34624-MOPT, en lo que respecta a Conservación Vial Participativa), ya que según se corroboró a lo largo de todo el proyecto, se considera que los vecinos de las zonas más afectadas, son los mayores conocedores de los problemas existentes. Esto sería una buena solución, que se traduciría en una mayor fuente de empleo y la proyección de desarrollo en el cantón y de la propia administración municipal; en lugar de encargarlas a compañías privadas que son contratadas actualmente para efectuar tal labor, puesto que no cumplen con lo mínimo, según se corroboró en la inspección funcional-estructural del sistema de drenaje. Los recursos podrían provenir de los que actualmente dispone CONAVI para la conservación vial, y/o de las partidas específicas de las Asociaciones de Desarrollo conjuntamente con lo disponible por la Municipalidad entre otras ayudas provenientes de donaciones externas. Finalmente se debe promover la creación y el fortalecimiento de los

---

<sup>8</sup> Organización creada para fomentar la participación ciudadana en las decisiones del gobierno local para el desarrollo comunal en materia de conservación vial, contemplada en el decreto 34624-MOPT.

Comités de Caminos en el cantón de Oreamuno: una organización legalmente contemplada al estar adscrita a la Asociación de Desarrollo más cercana y cuya jurisdicción será decidida por la misma comunidad.

2. Contrarrestar las malas prácticas de conservación vial y de diseño encontradas durante el desarrollo de la inspección en el presente estudio con capacitación de calidad tanto por el grupo profesional encargado de este tipo de labores como por la población vecina. Esta capacitación puede ser gestionada por medio de las administraciones responsables, en conjunto con el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA) (que tiene una de sus sedes en el cantón de Oreamuno) y del Instituto Tecnológico de Costa Rica (Escuela de Ingeniería en Construcción y el Centro de Investigación en Vivienda y Construcción CIVCO entre otras escuelas como la de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental,...), entre otras instituciones.
3. Coordinar con la dirección de Gestión Municipal del MOPT, la inclusión de la asistencia de profesionales del Instituto Costarricense de Electricidad (I.C.E.), Ministerio de Agricultura y Ganadería (M.A.G.), Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (A.Y.A), entre otros muchos. Ya que se debe buscar la colaboración de todos esos entes para obtener financiamiento, asesoría, coordinación, cartas de entendimiento o convenios, en pro del desarrollo de un programa general para el mejoramiento integral del drenaje en carreteras (contemplando los ámbitos ambiental, laboral, de construcción, hídrico, de gestión, etc.). Debe conocerse que cada institución (directa o indirectamente) maneja algún tipo de proyecto; aunque generalmente lo realiza de forma aislada, por lo que se pensaría que podría trabajarse en conjunto para lograr objetivos concretos tanto en largo, mediano y corto plazo; de esta manera se colabora con la población y no se desperdician recursos.
4. Es importante sugerir para posteriores proyectos de investigación o conservación vial (realizadas por las distintas administraciones), la realización de una georeferenciación detallada de todas las obras de drenaje existentes y de la cuantificación y localización de los distintos daños a estructuras aledañas o puntos, en los que la escorrentía superficial ha creado algún tipo de problema, con el fin de elaborar una base de datos con los cuales de esta manera se realizaría de una forma más acertada la puesta en práctica de los distintos planes de trabajo.

**Literatura consultada y Citada**

Arias, S. 2010. Recomendación hidrológico-hidráulica para controlar el agua de escorrentía sobre tramos críticos de carretera del cantón de Oreamuno, Cartago. Costa Rica: Tecnológico de Costa Rica.

Barquero, E., et al. 1998. Conservación de caminos: Un modelo participativo Proyecto MOPT/GTZ. Costa Rica: Sociedad Alemana de Cooperación Técnica GTZ.

Comisión Estatal de Aguas del Poder Ejecutivo del Estado de Querétaro. 2010. Normas y lineamientos técnicos para las instalaciones agua potable, agua tratada, drenaje sanitario y drenaje pluvial de los fraccionamientos y condominios de las zonas urbanas del estado de Querétaro. México: CEA-Querétaro.

Instituto Tecnológico de Costa Rica. 2008. Atlas Digital de Costa Rica 2008. Costa Rica: ITCR.

Keller, G., & Sherar, J. 2002. Ingeniería de caminos rurales guía de campo para las mejores prácticas de administración de caminos rurales. México: United States Agency for International Development.

Suárez, J. Control de erosión en zonas tropicales. Colombia: Universidad Industrial de Santander.

Universidad Nacional de Colombia-Instituto Nacional de Vías. 2006. Manual para la inspección visual de estructuras de drenaje. Colombia: Universidad Nacional de Colombia-INVIAS.