



Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales



PROGRAMA DE  
INFRAESTRUCTURA DEL  
TRANSPORTE

# Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

LM-PI-UE-005-2012

## **INFORME DE FISCALIZACIÓN RUTA NACIONAL 27**

Preparado por:

Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional

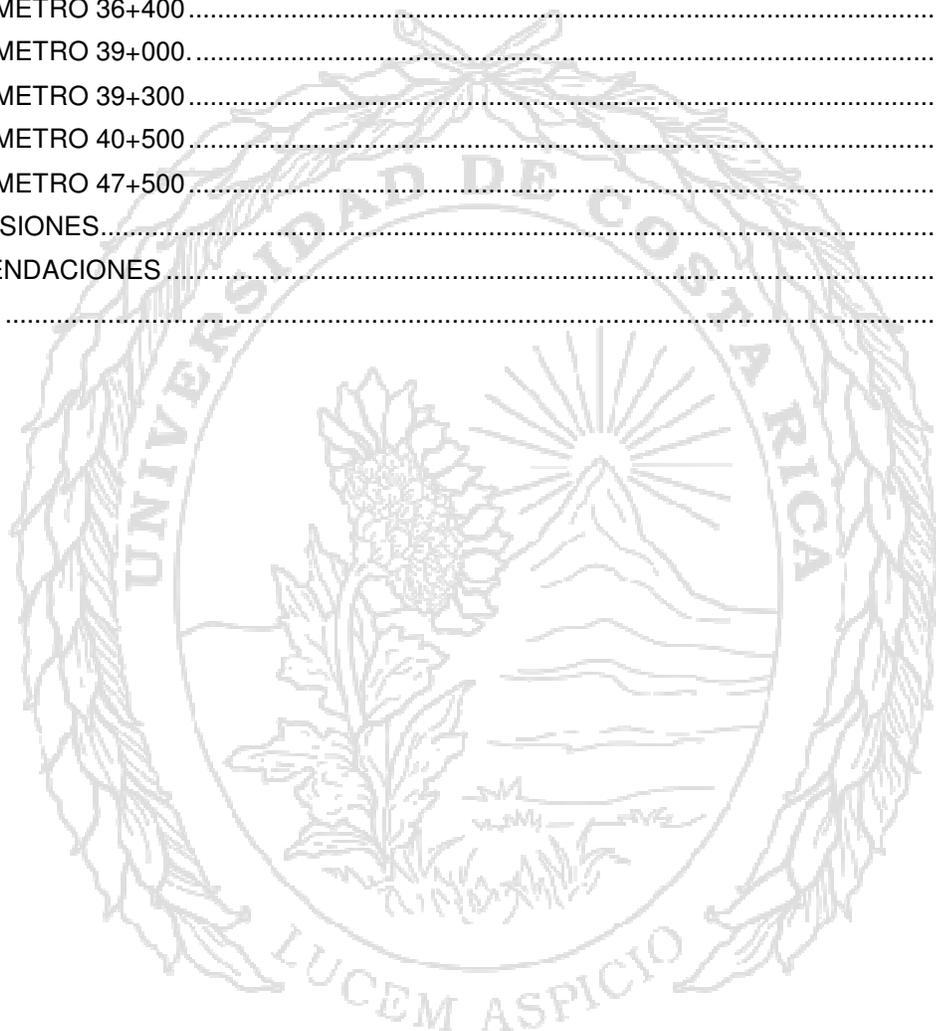
San José, Costa Rica  
Julio, 2012

<b>1. Informe</b> LM-PI-UE-005-2012		<b>2. Copia No.</b> 1
<b>3. Título:</b> INFORME DE FISCALIZACIÓN RUTA NACIONAL 27		<b>4. Fecha del Informe</b> Julio 2012
<b>7. Organización y dirección</b> Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
<b>8. Notas complementarias</b> No aplica		
<b>9. Resumen</b> <i>El 22 de junio de 2012 ingenieros de la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional del LanammeUCR y de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica recorrieron la Ruta Nacional 27 con el fin de determinar las condiciones de diferentes estructuras hidráulicas y geotécnicas, dándole seguimiento a informes presentados en el pasado por el LanammeUCR, para determinar la evolución de dichas estructuras en el tiempo y las acciones tomadas por el concesionario en cuanto a construcción de obras nuevas y mantenimiento o modificación de existentes. En este recorrido se analizaron particularmente cinco puntos, a saber: Km 36+400, 39+000, 39+300, 40+500 y 47+500. De la evaluación realizada se desprende que si bien la concesionaria ha realizado algunas obras hidráulicas y geotécnicas, sobre todo para el manejo del agua de escorrentía, todavía existen algunas situaciones que deben mejorarse, sobre todo porque se siguen identificando algunas obras que parecen no corresponder a un criterio ingenieril en su diseño y construcción y otras que, aunque se han destacado en informes anteriores, siguen sin ser atendidas o mejoradas. Se identificaron algunos taludes que se considera requieren de protección contra la erosión, cunetas para las cuales se considera se debe revisar su diseño y calidad constructiva, así como algunas obras que podrían más bien localizar problemas de erosión y socavación. Se destaca la necesidad de tener programas de mantenimiento para todas las obras de la infraestructura vial.</i>		
<b>10. Palabras clave</b> Ruta Nacional 27, estructuras hidráulicas, estructuras geotécnicas	<b>11. Nivel de seguridad:</b> Ninguno	<b>12. Núm. de páginas</b> 19 + 20 de Anexos
<b>13. Preparado por:</b>		
Ing. Diego Cordero Carballo, M.Sc. Ingeniero Civil, UGERVN 		
Fecha: 27 / 7 / 2012	Fecha: / /	Fecha: / /
<b>15. Revisado por:</b>		<b>16. Aprobado por:</b>
Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal LanammeUCR 	Ing. Roy Barrantes Jiménez Coordinador UGERVN 	Ing. Guillermo Loría Salazar, Ph.D. Coordinador General PITRA 
Fecha: / /	Fecha: / /	Fecha: / /



## Tabla de Contenidos

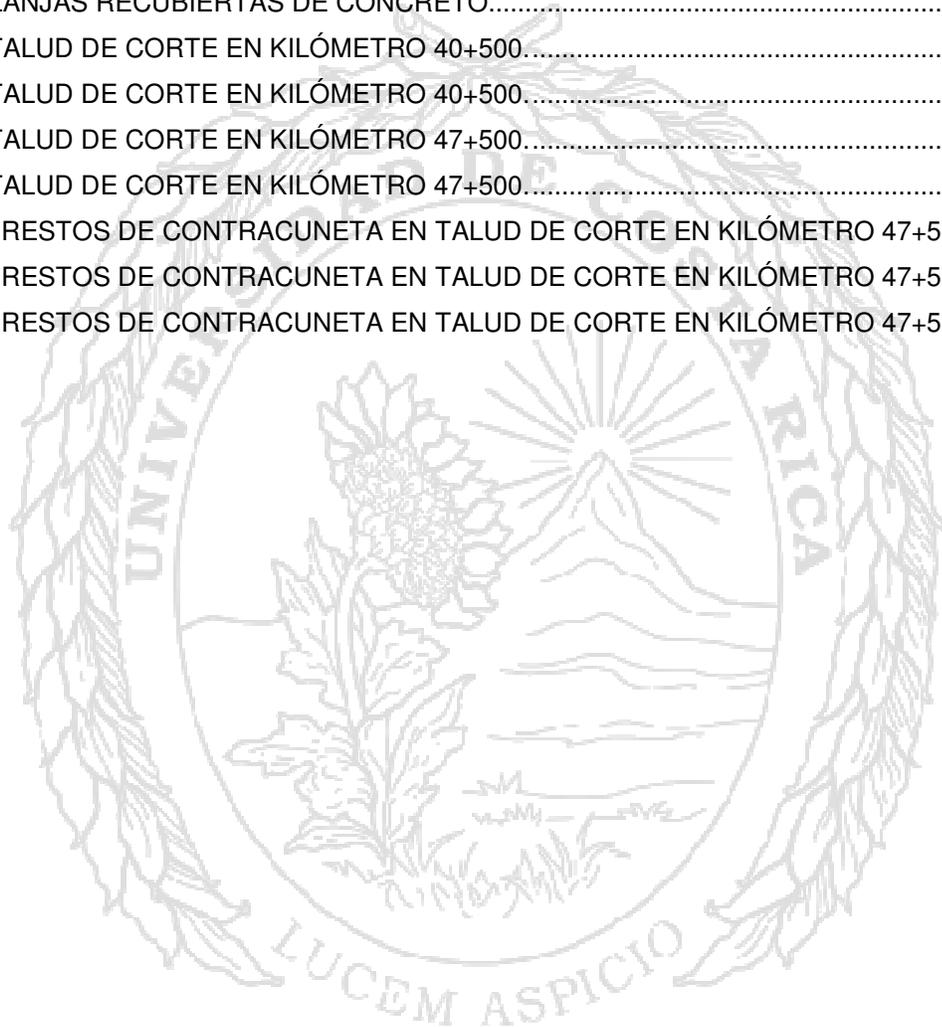
ÍNDICE DE FIGURAS .....	4
1. POTESTADES .....	5
2. OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN .....	5
3. METODOLOGÍA Y ALCANCE DE LA EVALUACIÓN .....	5
4. COMENTARIOS SOBRE LAS CONDICIONES DE OBRAS HIDRÁULICAS Y GEOTÉCNICAS.....	7
4.1. KILÓMETRO 36+400 .....	7
4.2. KILÓMETRO 39+000 .....	10
4.3. KILÓMETRO 39+300 .....	10
4.4. KILÓMETRO 40+500 .....	11
4.5. KILÓMETRO 47+500 .....	13
5. CONCLUSIONES .....	17
6. RECOMENDACIONES .....	18
7. ANEXOS .....	19





## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. VISTA PANORÁMICA DE TALUD DE CORTE EN KILÓMETRO 36+400.....	8
FIGURA 2. TRABAJOS DE CONSTRUCCIÓN DE CONTRACUNETAS EN TALUD DE CORTE EN KILÓMETRO 36+400. ....	8
FIGURA 3. CONTRACUNETA CONSTRUIDA EN TALUD DE CORTE EN KILÓMETRO 36+400.....	9
FIGURA 4. CONTRACUNETA CONSTRUIDA EN TALUD DE CORTE EN KILÓMETRO 36+400.....	9
FIGURA 5. ZANJAS RECUBIERTAS DE CONCRETO.....	11
FIGURA 6. TALUD DE CORTE EN KILÓMETRO 40+500.....	12
FIGURA 7. TALUD DE CORTE EN KILÓMETRO 40+500.....	12
FIGURA 8. TALUD DE CORTE EN KILÓMETRO 47+500.....	13
FIGURA 9. TALUD DE CORTE EN KILÓMETRO 47+500.....	14
FIGURA 10. RESTOS DE CONTRACUNETA EN TALUD DE CORTE EN KILÓMETRO 47+500.....	15
FIGURA 11. RESTOS DE CONTRACUNETA EN TALUD DE CORTE EN KILÓMETRO 47+500.....	15
FIGURA 12. RESTOS DE CONTRACUNETA EN TALUD DE CORTE EN KILÓMETRO 47+500.....	16





## 1. POTESTADES

Según se establece en el Artículo 6 de la Ley No. 8114 de Simplificación y Eficiencia Tributarias para lograr la eficiencia de la inversión pública, la Universidad de Costa Rica, a través del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR), deberá efectuar una evaluación anual de las carreteras en concesión. De conformidad con lo señalado el presente es un informe técnico de fiscalización que se enmarca dentro de las funciones que la citada ley le confiere al LanammeUCR.

## 2. OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN

El objetivo de la evaluación realizada fue determinar las condiciones de diferentes estructuras hidráulicas y geotécnicas de la Ruta Nacional 27, dándole seguimiento a informes presentados en el pasado por el LanammeUCR, para determinar la evolución de dichas estructuras en el tiempo y las acciones tomadas por el concesionario en cuanto a construcción de obras nuevas y mantenimiento o modificación de existentes.

## 3. METODOLOGÍA Y ALCANCE DE LA EVALUACIÓN

Dentro de las evaluaciones de la red vial que realiza la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional del LanammeUCR se ejecutan visitas de campo para determinar el estado de diferentes componentes de la infraestructura vial con el fin de garantizar la máxima eficiencia de la inversión pública de reconstrucción y conservación óptima de la red vial costarricense.

Para este informe, ingenieros de la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional del Programa de Infraestructura del Transporte del LanammeUCR y del Departamento de Ingeniería Hidráulica de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica recorrieron, el día 22 de junio de 2012, la Ruta Nacional 27 con el fin de dar seguimiento a informes presentados en el pasado por el LanammeUCR, para determinar la evolución de estructuras hidráulicas y geotécnicas en el tiempo y las acciones tomadas por el concesionario en cuanto a construcción de obras nuevas y mantenimiento o modificación de

Informe LM-PI-UE-005-2012	Fecha de emisión: 26 de julio de 2012	Página 5 de 19
---------------------------	---------------------------------------	----------------



existentes. Durante la visita se realizó una evaluación visual de dichas obras. Se presentan en este informe comentarios para cinco sitios particulares (kilómetros 36+400, 39+000, 39+300, 40+500 y 47+500), los cuales durante el recorrido fueron considerados como los más importantes a evaluar por su condición en ese momento y por ser sitios evaluados en el pasado por este laboratorio.





#### **4. COMENTARIOS SOBRE LAS CONDICIONES DE OBRAS HIDRÁULICAS Y GEOTÉCNICAS**

Durante el recorrido realizado a la Ruta Nacional 27, el 22 de junio de 2012, se evaluaron visualmente las obras en cinco estacionamientos particulares (36+400, 39+000, 39+300, 40+500 y 47+500), pues se consideran obras importantes y características de la ruta. En particular las situaciones identificadas en estos puntos tratan aspectos de la calidad del diseño, de la construcción y del mantenimiento de obras hidráulicas y geotécnicas.

##### **4.1. KILÓMETRO 36+400**

Este punto corresponde a un talud de corte que ha mostrado evidencias de inestabilidad en el pasado. Para atender esta situación la geometría del talud ha sido modificada. Otro aporte para mejorar la estabilidad del talud ha sido la construcción de contracunetas. Este tipo de estructuras se consideran fundamentales como obras complementarias, no obstante, se identificaron algunos aspectos que se considera deben mejorarse en cuanto a la calidad de la construcción y mantenimiento de las mismas. Entre las situaciones identificadas es que las contracunetas no presentan acero de refuerzo lo que ha provocado en este punto, así como en otros con este mismo tipo de estructuras, que se agrieten o separen en las juntas, lo que a su vez repercute en infiltración de agua en el cuerpo del talud. Durante la visita realizada se observó que las obras estaban terminadas en algunas de las terrazas, mientras que en otras apenas se estaban construyendo. Al momento de la visita había operarios en labores de construcción, y no se observó que hubiera un ingeniero inspector presente. (Ver Figuras 1 y 2 y Anexos).

Para este punto se recomienda considerar la utilización de una solución para evitar la erosión por agua y viento de la cara del talud, situación que se hace evidente actualmente por la acumulación de material en las cunetas ya construidas. (Ver Figuras 3 y 4 y Anexos).



**Figura 1. Vista panorámica de talud de corte en Kilómetro 36+400.**  
Estado del talud al 22 de junio de 2012.



**Figura 2. Trabajos de construcción de contracunetas en talud de corte en Kilómetro 36+400.**  
Estado del talud al 22 de junio de 2012.



**Figura 3. Contracuneta construida en talud de corte en Kilómetro 36+400.**  
Estado del talud al 22 de junio de 2012.



**Figura 4. Contracuneta construida en talud de corte en Kilómetro 36+400.**  
Estado del talud al 22 de junio de 2012



#### **4.2. KILÓMETRO 39+000.**

En este punto se ubica un cabezal de entrada de una alcantarilla, para la cual durante una gira realizada en noviembre de 2010 se había identificado erosión alrededor de la estructura, situación que se considera ha sido provocada por la geometría de la misma. Según se pudo constatar durante el recorrido, la condición del cabezal no ha sido mejorada a la fecha. Una explicación detallada de lo identificado para este punto se proporciona en el informe incluido en los Anexos.

#### **4.3. KILÓMETRO 39+300**

En este punto se pudo observar la existencia de zanjas de poca profundidad sobre el talud del terraplén, las cuales están recubiertas con concreto. Si bien no es clara la solución que estas obras suponen, pues son obras no convencionales, se considera que son para encausar el agua de escorrentía. No obstante, estas obras no corresponden a una salida de agua de la carretera ni terminan en un adecuado sistema de disipación de energía. Esta condición podría provocar la concentración de agua en diferentes partes del terraplén, lo que puede provocar la infiltración de agua en puntos concentrados del talud, la erosión del mismo y/o la infiltración de agua en el relleno, lo que puede contribuir a la inestabilidad del mismo. (Ver Figura 5 y Anexos).



**Figura 5. Zanjas recubiertas de concreto.**  
Estado del terraplén al 22 de junio de 2012

#### 4.4. KILÓMETRO 40+500

En este punto se observaron obras de evacuación de escorrentía pluvial en el talud, poco convencionales por su configuración. Si bien no se identificó erosión por salpique de agua, en la parte baja de las obras hay un muro de concreto que sirve para redirigir el agua hacia las cunetas, lo que ante eventos de lluvia importante puede provocar salpique de agua sobre la carretera y/o vehículos que por ahí transiten, lo que puede suponer peligros para los usuarios en cuanto a seguridad vial (Ver Anexos).

Vale la pena mencionar que estas obras se ubican sobre un talud compuesto por materiales que se consideran altamente erosionables, especialmente por agua de escorrentía. Se hace evidente en el talud la presencia de surcos y depositación de material en la base, señales de erosión por agua de escorrentía y arrastre de material. (Ver Figuras 6 y 7).



**Figura 6. Talud de corte en Kilómetro 40+500.**  
Estado del talud al 22 de junio de 2012.



**Figura 7. Talud de corte en Kilómetro 40+500.**  
Estado del talud al 22 de junio de 2012.

#### 4.5. KILÓMETRO 47+500

Este punto corresponde a un talud de corte de gran altura que ha presentado problemas de inestabilidad en el pasado. En este punto, para contribuir a solventar el problema de inestabilidad se han construido en varias ocasiones sistemas de control de agua (contracunetas) y se ha colocado un pedraplén en su base. De la misma manera, y no de forma total, se ha cubierto el talud con un geotextil para evitar la erosión superficial. Se observaron bloques de gran tamaño que se considera deben ser removidos para evitar que caigan a la carretera.



**Figura 8. Talud de corte en Kilómetro 47+500.**  
Estado del talud al 22 de junio de 2012.



**Figura 9. Talud de corte en Kilómetro 47+500.**  
Estado del talud al 22 de junio de 2012.

Durante la visita se pudo constatar que hay restos en el talud de contracunetas antiguas y que han fallado a diferentes alturas. Esta situación se considera altamente peligrosa, pues ante eventos de lluvias fuertes o de caerles suelo o rocas a estas estructuras, o inclusive el crecimiento de vegetación por debajo de las mismas, podrían desprenderse y caer a la base del talud, pudiendo quebrarse al chocar contra el pedraplén, lo que podría provocar que fragmentos de concreto caigan a la carretera o impacten un vehículo.



**Figura 10. Restos de contracuneta en talud de corte en Kilómetro 47+500.**  
Estado del talud al 22 de junio de 2012.



**Figura 11. Restos de contracuneta en talud de corte en Kilómetro 47+500.**  
Estado del talud al 22 de junio de 2012.



**Figura 12. Restos de contracuneta en talud de corte en Kilómetro 47+500.  
Estado del talud al 22 de junio de 2012.**





## 5. CONCLUSIONES

A partir de lo observado durante el recorrido realizado a la Ruta Nacional 27 el pasado 22 de junio de 2012, se desprenden las siguientes conclusiones:

1. Para el talud ubicado en el kilómetro 36+400 se han realizado modificaciones geométricas, lo que se supone con el fin de proporcionar un mayor factor de seguridad al talud. De igual manera se están construyendo obras complementarias como contracunetas. No obstante, estas últimas se considera tienen deficiencias en la calidad de su diseño y construcción. Se observó erosión del talud por agua y viento, situación que a la fecha de la gira no había sido atendida.
2. Hay obras que fueron señaladas como deficientes en informes pasados (e.g. cabezal en kilómetro 39+000) que no han sido atendidas y más bien presentan un deterioro mayor.
3. Se observaron obras de evacuación de aguas poco convencionales, tanto en taludes de corte como en terraplenes (e.g. 39+300 y 40+500). Para algunas de ellas (e.g. 39+300) la solución que suponen no es clara, y más bien se considera pueden concentrar posibles problemas por la calidad de su diseño (si lo tienen) y de la construcción de estas obras. Los alineamientos y confluencias entre cunetas y contracunetas, en algunas ocasiones se considera no adecuado, lo que podría provocar socavación localizada.
4. Para el talud del kilómetro 47+500 las situaciones más evidentes son el diseño (si lo tienen) y construcción de cunetas y contracunetas en un sistema que se considera no convencional, principalmente por estar dispuestas de acuerdo a un criterio que se considera aleatorio y no responde a un criterio de ingeniería hidráulica o estructural. Otra situación que merece especial atención es la presencia de restos de contracunetas en la cara del talud, las cuales pudieron haber fallado por la situación antes descrita.

Informe LM-PI-UE-005-2012	Fecha de emisión: 26 de julio de 2012	Página 17 de 19
---------------------------	---------------------------------------	-----------------



## 6. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a la Administración, a través del Consejo Nacional de Concesiones, solicitar al concesionario la revisión de los aspectos incluidos en este informe y en otros anteriores emitidos por el LanammeUCR.
2. Se recomienda a la Administración, a través del Consejo Nacional de Concesiones, solicitar al concesionario los estudios técnicos, diseños, planes de mantenimiento, entre otros, de todas las soluciones empleadas y por emplear para el manejo de agua de escorrentía tanto a nivel de carretera (e.g., cunetas), en taludes (e.g. contracunetas) y sistemas asociados (e.g. disipadores de energía), así como de aquellas obras realizadas para la estabilidad de taludes, sean obras directas en taludes y terraplenes, como aquellas otras realizadas para estabilizar los mismos, retener caída de rocas, entre otros.
3. Se recomienda a la Administración, a través del Consejo Nacional de Concesiones, solicitar al concesionario para su revisión, con especial atención, los estudios hidrológicos realizados para el diseño de las obras hidráulicas, dado que en informes pasados se señalaron deficiencias en la estimación de los coeficientes de escorrentía y los valores de intensidades de precipitación, lo que en su momento se indicó provoca que los periodos de retorno para el diseño de las obras se reduzcan a 10 años aproximadamente.
4. Se recomienda a la Administración, a través del Consejo Nacional de Concesiones, solicitar al concesionario para su revisión, los estudios de laboratorio y campo que se realicen para el diseño, construcción y mantenimiento de toda obra geotécnica que se construya en la Ruta Nacional 27. Se recomienda además a la Administración, a través del Consejo Nacional de Concesiones, solicitar al concesionario los resultados de los sistemas de monitoreo y auscultación que tenga implementados para revisar sus resultados y de ser el caso, apuntar opciones de mejor o proponer nuevos sitios a ser monitoreados.



## 7. ANEXOS



# Gira a la ruta 27

Ing. Alberto Serrano Pacheco, Ph.D.

---

## Índice

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Aspectos visto en la gira</b>	<b>2</b>
2.1	Kilómetro 39+000 . . . . .	3
2.2	Punto donde se han revestido de concreto las zanjas . . . . .	7
2.3	Trabajos nuevos realizadas . . . . .	10
2.4	Kilómetro 47+500 . . . . .	12
2.5	Kilómetro 36+400 . . . . .	16
<b>3</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>19</b>
	<b>Bibliografía</b>	<b>20</b>

---

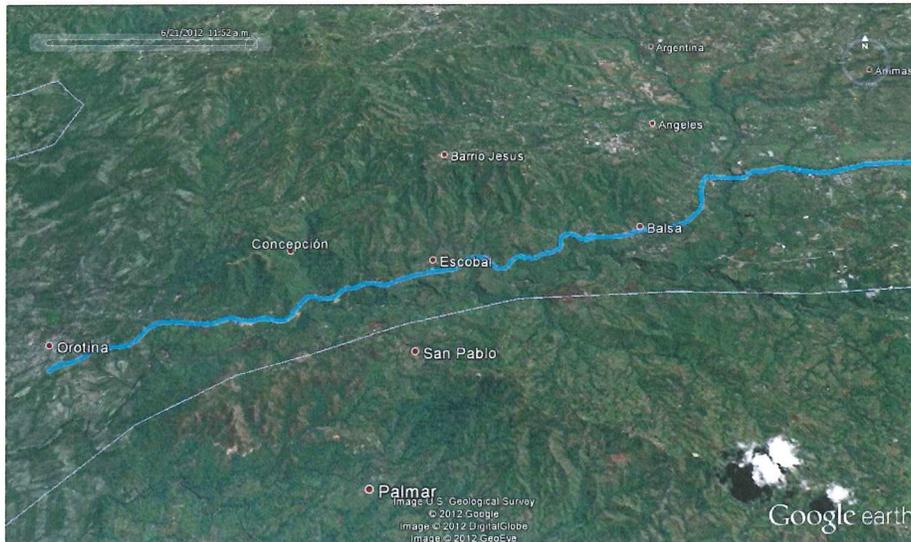


## 1. Introducción

El objetivo principal del presente informe es analizar el cumplimiento de especificaciones técnicas con respecto a temas que se consideran relevantes para garantizar el nivel de servicio y seguridad de los usuarios de la ruta nacional 27.

Para el cumplimiento del objetivo se realizó una gira a la ruta nacional 27 el día 22 de junio del año en curso. En dicha gira se visitaron puntos donde se habían identificado problemas en el pasado, ver Serrano et al. (2010). En la figura 1, se muestra el tramo de la ruta visitado dicho día.

A continuación se mencionan y analizan los aspectos más importantes encontrados en la gira.



**Figura 1:** Tramo visitado de la ruta nacional 27.

## 2. Aspectos visto en la gira

En la gira realizada el día 22 de junio de 2012, se visitaron cinco puntos en el tramo de Atenas a Orotina, ver figura 1. Es importante mencionar que durante de la gira se pudo observar que problemas identificados en el estudio Serrano et al. (2010) aún no han sido resueltos por los encargados de la Ruta Nacional 27.

## 2.1. Kilómetro 39+000

En este punto se pudo verificar que aún se presentan una entrada de cabezal cuadrado que no ha sido mejorado. Este tipo de estructura provoca esto complica la entrada del agua hacia la alcantarilla. Otro problema adicional de este cabezal, es la generación de turbulencia a la entrada, lo que provoca erosión alrededor de la estructura. En la figura 2(a), se muestra el estado de la alcantarilla a finales de 2010, donde se puede apreciar los problemas de erosión que se tenían en la entrada de la misma. En la figura 2(b), se puede apreciar el estado actual de la alcantarilla, como se puede observar la vegetación ha cubierto la entrada de la alcantarilla. Este es un aspecto positivo, debido a que reduce la erosión en la entrada de la misma. Sin embargo, si no se controla la vegetación podría causar problemas para el ingreso del agua a la alcantarilla provocando que el agua invada la superficie de rodamiento, ésto sumado a que el cabezal de entrada no es el adecuado para facilitar el ingreso del agua.

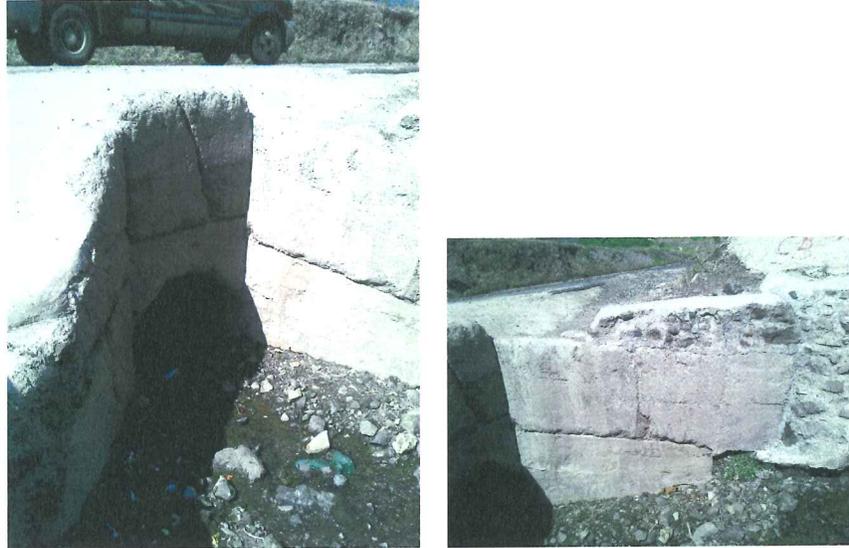


(a) Cabezal de entrada gira noviembre de 2010 (b) Cabezal de entrada gira 22 de junio de 2012.

**Figura 2:** *Cabezal de alcantarilla cuadrado.*

Otro problema que se identificó en el año 2010 y que se encuentra actualmente en algunas obras es el acabado deficiente de las mismas. Ésto se puede observar en las figuras 3(a) y 3(b), donde se puede apreciar que la calidad de los trabajos constructivos no es la mejor. Esta misma condición se observó en la gira realizada a finales de 2010. Dichos acabados, facilitan la infiltración del agua a través de la estructura, lo cual podría provocar la socavación de la misma y, en caso extremo, su colapso. Adicionalmente, estos acabados deficientes generan turbulencia al flujo, que podría generar problemas de erosión.

La falta de mantenimiento en el sistema de alcantarillas es un punto



(a) Entrada a alcantarilla, gira 22 de junio de 2012. (b) Delantal de alcantarilla, gira 22 de junio de 2012.

**Figura 3:** *Estructura de entrada a alcantarilla con acabados deficientes.*

preocupante, debido a que esto reduce la capacidad hidráulica de las mismas. Esta reducción podría ocasionar, durante un evento de precipitación, que el agua inunde la superficie de rodamiento, poniendo en peligro a los usuarios. Dicha condición queda reflejada en las figuras 4(a) y 4(b).

En la figura 5(a), se muestran unos dados construidos para disipar la energía. Como se puede apreciar, las dimensiones de los mismos no parecen corresponder con las dimensiones del canal, debido a que abarcan mucha área transversal. Esta condición hace que el agua una vez que choca con los dados salpique y produzca erosión en las zonas aledañas al canal, esto se puede apreciar en la figura 5(b) (donde la escala representa 20 cm).

Asimismo, dentro de los aspectos detectados en la gira realizada en noviembre de 2010 y que se repiten actualmente, es la ausencia de obras disipadoras de energía. En la figura 6(a), se puede apreciar que no existe ninguna obra que disipe la energía a la salida de la alcantarilla. Esta situación podría provocar una fuerte erosión aguas abajo del punto, debido a que el flujo puede alcanzar una velocidad tal que erosione la base de la estructura. En la figura 6(b), se puede apreciar como el agua cae libremente sobre la salida de una alcantarilla, esta configuración es poco convencional.



(a) Sedimentación a la entrada de alcantarilla.



(b) Sedimentación a la salida de alcantarilla.

**Figura 4:** *Sedimentación en alcantarillas.*



(a) Dados disipadores de energía mal dimensionados y mal anclados.



(b) Erosión provocada por el salpique.

**Figura 5:** *Sedimentación en alcantarillas.*



(a) Ausencia de estructura disipadora de energía.



(b) El agua cae libremente sobre la salida de una alcantarilla.

**Figura 6:** *Falta de obras disipadoras de energía para prevenir erosión y diseño poco convencional.*

## 2.2. Punto donde se han revestido de concreto las zanjas

En este punto se pudo observar la colocación de concreto formando “caminos” para la evacuación del agua. En la figura 7, se muestran las zanjas recubiertas de concreto en varios puntos del talud. Aunque no es clara, se supone que es una “solución” para evitar la erosión en el talud debido al agua que viaja sobre el mismo.

No obstante, estas zanjas recubiertas de concreto parece no responder a un diseño de un sistema de evacuación de aguas pluviales. Ésto debido a que el inicio y final, ver figura 8(a) y 8(b), no son adecuados. El inicio no responde a una salida de agua de la superficie de rodadura y el agua no llega a una canal o sistema de evacuación, simplemente termina en un punto del talud. Las zanjas que alcanzan llegar al pie del talud no cuentan con un adecuado sistema de disipación de energía. Esta condición podría provocar erosión al pie del talud que podría llevar a poner en peligro al mismo.



(a) Zanja recubierta de concreto.



(b) Grupo de zanjas recubiertas de concreto sobre el talud.

**Figura 7:** *Revestimiento de concreto sobre zanjas.*

Desde el punto de vista de ingeniería, dichas zanjas revestidas parece una solución tomada en sitio que no responde a un diseño adecuado para una medida de protección contra la erosión debido a la escorrentía. Es importante mencionar que no se notó erosión cerca de dichas zanjas revestidas. No obstante, es un punto que se tiene que dar seguimiento en el transcurso de la temporada de lluvia.

En la figura 9, se muestra la salida de una alcantarilla donde se puede apreciar una grieta importante en la estructura del cabezal. Es importante verificar si representa un riesgo importante que podría provocar el colapso de la misma. Ya que de fallar, el agua no podría ser evacuada y podrían en riesgo el relleno de la carretera.



(a) Inicio de la una de las zanjas recubiertas de concreto. (b) Fin de la zanja recubierta de concreto.

**Figura 8:** *Revestimiento de concreto sobre zanjas.*



**Figura 9:** *Grieta en el cabezal de salida.*

### 2.3. Trabajos nuevos realizadas

En este tramo se identificaron obras de evacuación de escorrentía pluvial en el talud. Dichas obras corresponden a canales en gradas para la disipación de la energía del agua, las cuales se muestran en la figura 10. Al final de las estructuras y con el fin de redireccionar el flujo hacia la cuneta se construyeron unos muros de concreto, donde le agua que fluye de los canales choca y cambia su dirección para luego ser evacuada por la cuneta de la carretera. A pesar de que su diseño es poco convencional, es decir, no sigue los lineamientos habituales de diseño de este tipo de obras, no se identificó en campo erosión por efecto del salpique del agua. No obstante, el terminar en un muro donde el agua choca y cambia drásticamente de dirección, ver figura 11, podría provocar que el agua salpicara sobre la superficie de rodamiento provocando molestias y los usuarios de la carretera.



(a) Estructura disipadora de energía en gradas. (b) Estructura disipadora en gradas.

**Figura 10:** *Obras nuevas de evacuación de escorrentía con disipadores de energía en gradas.*



Figura 11: Muro de concreto para redireccionar el flujo hacia la cuneta.

## 2.4. Kilómetro 47+500

Este punto es una de los que presenta mayor número de problemas desde el punto de vista de manejo de agua superficial. Presenta una serie de cunetas y contracunetas que no responden a una diseño convencional de este tipo de sistemas. Ésto debido principalmente a que las cunetas están dispuestas siguiendo más un criterio de ubicación que parece “aleatorio” en lugar de un criterio de ingeniería, ver figura 12(a).

En la figura 13, se puede apreciar contracunetas falladas debido a la erosión o falla del talud.



(a) Protección contra erosión superficial y cunetas falladas a lo largo del talud.



(b) Canal de desfogue donde se puede apreciar el cambio de color debido al sedimento.

**Figura 12:** *Obras realizadas en el talud.*

Asimismo, se pudo constatar en campo la presencia de mucha agua sobre el talud, la cual no es evacuada por ninguno de los sistemas que se tienen actualmente construidos. Esta situación se puede observar en la figura 14. En este punto se identificó un tubería que evacua agua sobre el talud, no se pudo conocer de donde provenie la misma, ver figura 14(b). Sin embargo, esta agua viaja por el talud sin ningún control, lo cual es un punto que podría generar problemas a futuro de no ser controlada.

Se presenta un acabado deficiente que ha provocado en ciertas partes



**Figura 13:** *Contra-cunetas falladas por erosión o falla del talud.*



(a) Agua que viaja por el talud sin ningún control. (b) Tubería “colapsada” que evacua agua al talud.

**Figura 14:** *Problemas con el agua sobre el talud.*

problemas en las estructuras, como se puede observar en la figura 15.

Se identificó el fallo de parte de las obras del talud ubicadas más al oeste del mismo. Dicho fallo se debe reparar lo antes posible para no poner en peligro a los usuarios de la carretera y del talud mismo. Este se puede ver en la figura 16.



(a) Canal de salida del cuneta principal (b) Socavación de la cuneta debido a mala  
donde se aprecia el acabado deficiente. calidad en el proceso constructivo.

**Figura 15:** *Problemas de acabados deficientes.*



(a) Obra de evacuación de escorrentía superficial colapsada.



(b) Falla importante en la parte oeste del talud.

**Figura 16:** *Colapso de las estructuras en la parte oeste del talud.*

## 2.5. Kilómetro 36+400

Esta es una obra sobre un talud donde se encuentra personal trabajando actualmente. La obra no se ha terminado, sin embargo, existen ciertas preocupaciones con respecto a los trabajos realizados y los trabajos que se deberán realizar para su culminación.

Dentro de los problemas identificados, se puede mencionar que las contracunetas no presenta acero de refuerzo, por lo que ya hay muestra de grietas importantes en las cunetas y contracunetas, ver figura 17. Esta condición podría poner en peligro la estabilidad del talud, debido a que el agua que fluya por estas estructuras durante un evento de precipitación, se infiltrará al terreno por estas grietas, saturando el talud y aumenta el peso del mismo. Se debe mejorar este aspecto constructivo y de diseño para evitar este potencial peligro sobre el talud.



(a) Obreros trabajando en la construcción de las contracunetas. (b) Las cunetas no presenta acero de refuerzo.

**Figura 17:** *Constucción de las contracunetas sobre el talud.*

Aunque la obra no se ha terminado, un punto importante que se deberá tratar cuando se concluya la obra, es la protección contra la erosión superficial. Como se puede apreciar en la figura 18, el talud no presenta ninguna obra de protección contra la erosión y esto ha generado surcos de erosión que se reflejan en gran cantidad de sedimento en las contracunetas. Es im-

portante recalcar que la obra no se ha terminado, sin embargo, éste es un punto importante a tomar en cuenta y se deberá tratar lo antes posible para evitar que todo ese sedimento llegue a las alcantarillas (pudiendo disminuir su capacidad hidráulica por sedimentación) y posteriormente al río.



(a) Zorros provocados por la erosión superficial. (b) Sedimentación en las contracunetas debido al proceso de erosión sobre los taludes.

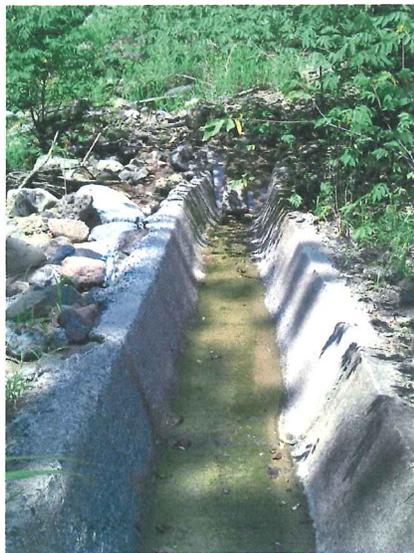
**Figura 18:** Problemas debido a la falta de protección contra la erosión superficial.

Asimismo, no se identificó obras disipadoras de energía para evitar problemas de socavación. Estas obras son importantes debido a que las pendientes de las cunetas y contracunetas son fuertes, lo que provoca que el agua alcance velocidades importantes (del orden de los 5 m/s o superiores) que producirían gran erosión o socavación de las estructuras. En la figura 19(a), se puede observar que la cuneta que recolecta casi la totalidad del agua del talud presenta una obra de disipación ya colapsada, debido a que dicha obra es insuficiente para disipar la energía que trae el agua del talud. Asimismo, se ha dado un proceso de socavación de la misma estructura debido al efecto del salpique que se presenta en la misma, ver figura 19(b).

### 3. Conclusiones

Dentro de las conclusiones del trabajo se deben mencionar:

- La colocación de cunetas y contracunetas parece no obedecer a una planificación sistemática y criterios de ingeniería sino más bien al resultado de la oportunidad y las situaciones inesperadas.
- El acabado de las cunetas/contracunetas es deficiente en muchas oportunidades y parece no obedecer a un criterio de ingeniería (hidráulico o estructural). En algunas oportunidades no son revestidas lo cual podría ser perjudicial pues eventualmente facilitaría la infiltración y saturación de los taludes con el consecuente peligro.
- Los alineamientos y conexiones (confluencias) entre las cunetas/contracunetas no es el adecuado en muchas oportunidades lo cual podría producir socavación localizada.
- Los disipadores de energía y estructuras de control podrían no estar bien dimensionadas o mal ubicados, es decir, la proyección de la obra no es la adecuada. Por esto, podrían más bien estar provocando erosión y socavación localizada en algunos sitios.
- La falta de refuerzo de las cunetas/contracunetas ha provocado grietas en las mismas, que facilitarían el ingreso del agua hacia el terreno, esta condición podría provocar un aumento en el contenido de humedad del talud pudiendo provocar problemas de estabilidad en el mismo.
- En términos generales, se evidencia una falta de mantenimiento, muchas cunetas/contracunetas y alcantarillas están llenas de sedimento.
- La aplicación de técnicas de control de erosión mínimas o inexistentes, lo cual produce una gran cantidad de sedimentos que llegan a las cunetas/contracunetas y alcantarillas disminuyendo su capacidad hidráulica. Asimismo, este sedimento tarde o temprano llegará al río lo que podría causar en un caso extremo un desequilibrio en su dinámica fluvial o un daño ambiental al ecosistema que ahí se presenta.
- La salida de las alcantarillas (a medio talud) es problemática por la posibilidad de falla debido a asentamientos y deformaciones del talud, que podrían causar daños en la alcantarilla. Dichos daños podrían ser: reducción de su capacidad hidráulica, ruptura de la misma que causaría



(a) Fin de la cuneta que recolecta casi la totalidad del agua del talud, ausencia de obra disipadora o dicha obra se encuentra colapsada.



(b) Socavación en la cuneta.

**Figura 19:** *Deficiencias en cuanto a la disipación de energía del agua.*

saturación el relleno y, eventualmente, podría causar el fallo del mismo, entre otros.

- Cabezales mal alineados y socavación de las márgenes de la carretera.
- De los puntos visitados, el que presenta mayor número de problemas y, por ende, la condición más crítica es el kilómetro 47+500. En este punto se deben realizar más obras para el manejo de la escorrentía superficial y control de erosión.
- El revestir con concreto las zanjas sobre el talud no responde a un diseño convencional como obra para la protección de la erosión. Adicionalmente, la forma en la que se realizó podría poner en peligro al talud, debido a que no se presenta ningún sistema de disipación de energía al final de las mismas. 4 Esto podría provocar erosión muy localizada que podría llevar a poner en peligro el talud.

## **Bibliografía**

A. Serrano, A. Sánchez, y R. Murillo. Revision hidrológica e hidráulica de cinco puntos de la carretera nacional 27. Reporte técnico, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, 2010.

