

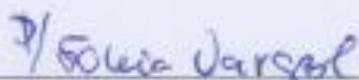
**Diagnóstico general y propuestas técnicas de mejoras respecto a la geometría horizontal, el drenaje transversal, el señalamiento vial y posibles ampliaciones para la ruta 10 (Paraíso-Naranjo)**



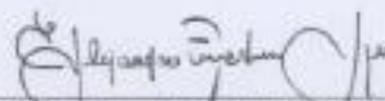


### CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

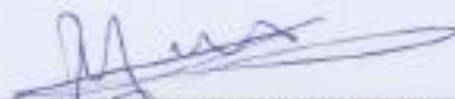
Proyecto de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por los profesores Ing. Gustavo Rojas Moya, Ing. Alejandro Medina Angulo, Ing. Rafael Baltodano Goulding, Ing. Rommel Cuevas Kauffmann, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.



Ing. Gustavo Rojas Moya.  
Director



Ing. Alejandro Medina Angulo.  
Profesor Guía



Ing. Rafael Baltodano Goulding.  
Profesor Lector



Ing. Rommel Cuevas Kauffmann.  
Profesor Observador



# Abstract

This document contains the technical guidance required to perform a general diagnosis of the state of the horizontal geometry, the drainage system and of the road signing for the route number 10 (Paraíso-Turrialba) with the objective of providing the corresponding technical proposals related to the proper adjustments.

The description of the geographic information system ArcGIS use, and of AutoCAD Civil 3D use is presented, as well as the use of smartphone applications in order to identify the state of the road infrastructure elements in study, namely: road's transverse sewers, bus stops, gutters, shoulders, general road demarcation, and bridges of the route. Besides, it contains an analysis of the road transverse sewers for a return period of 25 years and finally, using AutoCAD Civil 3D and satellite images of Google Earth, and the road geometrical design formulas, contains an analysis of the design speed normalization, and of capacity, with the objective of projecting more adequate, and better levels of design, security and service for the route.

Keywords: diagnosis, highway infrastructure, technical proposals.

# Resumen

Este documento reúne las pautas técnicas necesarias para realizar un diagnóstico general del estado de la geometría horizontal, del manejo de aguas y del señalamiento vial de la ruta 10 (Paraíso-Naranjo) para realizar las propuestas técnicas de mejoras correspondientes.

Se presenta la descripción del uso del sistema de información geográfica ArcGIS, de AutoCAD Civil 3D, y de aplicaciones para teléfonos inteligentes como herramientas para identificar el estado de los elementos de infraestructura vial estudiados, a saber: alcantarillas transversales a la vía, paradas de autobús, cunetas, espaldones, señalización, demarcación general de la vía, y puentes de la ruta. Contiene además un análisis de capacidad de las alcantarillas transversales para un periodo de retorno de 25 años y finalmente, empleando AutoCAD Civil 3D e imágenes satelitales de Google Earth, y las fórmulas de diseño geométrico vial, contiene un análisis de normalización de velocidades de diseño, y de capacidad, con el objetivo de proyectar niveles de diseño, de seguridad, y de servicio más adecuados para la ruta.

Palabras clave: diagnóstico, infraestructura vial, propuestas.



**Diagnóstico general y propuestas técnicas de mejoras respecto a la geometría horizontal, el drenaje transversal, el señalamiento vial y posibles ampliaciones para la ruta 10 (Paraíso-Naranjo)**



# **Diagnóstico general y propuestas técnicas de mejoras respecto a la geometría horizontal, el drenaje transversal, el señalamiento vial y posibles ampliaciones para la ruta 10 (Paraíso-Naranjo)**

DONALD DAVID PADILLA RODRÍGUEZ

Proyecto final de graduación para optar por el grado de  
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Setiembre del 2017

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN





# Contenido

PREFACIO.....	1
RESUMEN EJECUTIVO.....	3
INTRODUCCIÓN.....	5
METODOLOGÍA.....	19
RESULTADOS.....	43
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	59
CONCLUSIONES.....	68
APÉNDICES.....	71
ANEXOS.....	115
REFERENCIAS.....	135



# Prefacio

Los recursos del gobierno provienen de toda la población, y son inversiones que deben enfocarse y aprovecharse óptimamente pues dichos recursos deben distribuirse, y ser suficientes para los sectores importantes de inversión pública (vivienda, bienes de consumo, seguridad, entre otros), y es obligación del estado cuidar de todas las inversiones, particularmente las que mayor impacto tienen en la economía nacional. Por esto nació el artículo 2° de la Ley N° 7798, con el objeto de la creación del Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI), la cual expresa: “la conservación vial es actividad ordinaria de servicio público prioritario e interés nacional.” El propósito final del CONAVI es convertir el transporte en un sistema ágil, económico, eficiente, seguro y suficiente para impulsar el desarrollo nacional y la calidad de vida de los costarricenses.

En Costa Rica, el proceso de identificar las necesidades de conservación vial debe ajustarse de manera urgente a la inclusión de las nuevas tecnologías de información y a los paquetes computacionales más recientes en el área de los sistemas de información geográfica. Mediante el uso de este tipo de herramientas que permitan un mejor y más rápido desempeño por cuanto a levantar información en campo, es posible establecer una base de datos que permita tomar mejores decisiones dirigidas a maximizar los recursos asignados a la gestión vial, enfocándose no sólo en los pavimentos y obras asociadas, sino también en los distintos elementos relacionados con la conservación vial.

Con el objetivo de aportar al esfuerzo de la nación, con respecto a la conservación vial, con este trabajo se pretende presentar un diagnóstico general y propuestas técnicas de mejoras respecto a la geometría horizontal, el drenaje transversal, señalamiento vial y posibles ampliaciones para la ruta 10 (Paraíso-Naranjo) como parte importante del trabajo por considerar dentro de un programa de gestión de la conservación de la infraestructura vial, haciendo uso de sistemas de información

geográfica, paquetes especializados de cómputo, y aplicaciones para teléfonos inteligentes.

## Agradecimientos

A Dios, principalmente, las gracias por permitirme el milagro de la vida.

A mi madre, la Sra. Dixie Rodríguez Cordero, por ese apoyo incondicional durante toda mi vida. Por haber sido la columna vertebral en la consecución de esta meta que alcanzo, y la de mi existencia hasta hoy en día. Por ser una madre y persona tan fuerte y ejemplar. Gracias por tanto y por todo.

A mis hermanas Jenipher y Dixie, por la ayuda brindada.

A mi novia, Valeria Calderón, por todo su apoyo.

A la señora Antonieta y el señor Carlos González, por su hospitalidad.

A mi estimado amigo Sebastián por el compañerismo, disposición y buen ánimo durante todo el trabajo de campo.

Al Ing. Alejandro Medina, tutor de este trabajo, por su paciencia, su generosa colaboración.

# Resumen ejecutivo

La conservación vial es de interés público prioritario e interés nacional en Costa Rica. En los últimos años los esfuerzos y recursos se han enfocado principalmente en la estructura de los pavimentos, dejando las obras asociadas a la infraestructura vial rezagadas y un tanto olvidadas. De acuerdo con la investigación realizada, se encuentra que se requiere de un adecuado mantenimiento y de una planeación dirigida no sólo a la estructura de pavimento, sino también dirigida a todas las obras asociadas a la infraestructura vial puesto que esto significaría reducir los costos en general, así como incrementar la seguridad y los niveles de servicio de la red vial nacional.

El tramo de la ruta 10 en estudio, comprende una distancia de 20 kilómetros que comienza desde el límite cantonal de Paraíso, hasta la escuela de Naranjo, lo cual corresponde a dos secciones de control definidas de acuerdo con los lineamientos del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). Este trabajo presenta un diagnóstico general y propuestas técnicas de mejoras respecto a la geometría horizontal, el drenaje transversal, señalamiento vial y posibles ampliaciones para la ruta 10 (Paraíso-Naranjo) como parte importante por considerar dentro de un programa de gestión de la conservación de la infraestructura vial.

Este documento contiene además, la descripción del uso del sistema de información geográfica ArcGIS y de aplicaciones para teléfonos inteligentes para visualizar la información recopilada en los inventarios realizados, los cuales permitieron elaborar informes del estado de las alcantarillas transversales a la vía, de las paradas de autobús, de las cunetas, señalización, demarcación general de la vía, y de acciones para evaluar adecuadamente los puentes de la ruta, incluyendo

las propuestas técnicas de mejoras correspondientes según el informe. Además, contiene un análisis de capacidad de las alcantarillas transversales para un periodo de retorno de 25 años, y finalmente, empleando AutoCAD Civil 3D e imágenes satelitales de Google Earth, y las fórmulas de diseño geométrico de carreteras, un análisis de normalización de velocidades de diseño y de capacidad de la ruta, realizados con el objetivo de proyectar niveles de diseño, y de servicio más adecuados para la ruta.

Se encontró que la creación de inventarios georeferenciados son indispensables para tener información real, ordenada y disponible justo a tiempo permitiendo una mejor gestión y disposición de los recursos destinados a la conservación de la infraestructura vial. También, las nuevas tecnologías fueron de gran utilidad para levantar información en campo rápidamente, así como para seguir el reconocimiento y análisis que permitió elaborar inventarios, informes, tomar decisiones y plantear mejoras dirigidas a los distintos elementos asociados a la conservación vial.

Con respecto a los puentes, se identificó que las variables que deben de considerarse ante la tarea de evaluar los puentes de la ruta en estudio son: realizar preliminarmente un inventario con toda la información resultado de una inspección visual del deterioro del puente, y segundo, calificar el grado de deterioro del puente, siguiendo lo estipulado por el Manual de Inspección de Puentes de MOPT.

Se identificó que, de forma general, la ruta en estudio presenta deficiencias en el sistema de manejo de aguas, en el sistema de señalización y demarcación, y que es altamente recomendable la construcción de espaldones a lo largo de toda a ruta.

Toda la caracterización de los distintos elementos fue realizada en forma visual, y ha sido

documentada debidamente, y respaldada por medio de fotografías, y por medio de un video georreferenciado, los cuales se adjuntan como parte de los archivos en el disco que acompaña a este documento.

No se contó con levantamientos topográficos, estudios geotécnicos, de pavimento, hidrológicos, que permitieran realizar mejores estimaciones. Su elaboración estuvo fuera del alcance de este proyecto, se recomienda contar con dichos estudios cuando sea requerido realizar los análisis para etapas finales de diseño.

No se consideró ningún aspecto relacionado con la estructura de pavimento y su condición o grado de funcionalidad.

# Introducción

Cuando se trata de conservación vial, se necesita identificar el estado de las vías y de los elementos que intervienen en el transporte, así como los factores que directamente influyen en el comportamiento del tránsito. Una vez identificados, se requiere de métodos adecuados de evaluación y de análisis a fin de que se puedan plantear programas de mantenimiento y planes de mejoras que contribuyan a obtener una mejora considerable en la red vial nacional.

Se ha demostrado internacionalmente, que un apropiado mantenimiento de la red caminera disminuye significativamente los costos de operación de los vehículos, reduce los tiempos de recorrido, mejora la comodidad para la circulación vehicular y aminora los accidentes de tráfico por causa del mal estado de la vía, todo lo cual facilita el acceso de los bienes producidos en las localidades apartadas hacia los centros consumidores y ayuda a expandir los servicios públicos de diferente índole en las zonas rurales. Asimismo, un mantenimiento vial efectivo y sostenido, evita las rehabilitaciones y las reconstrucciones, las cuales tienen siempre repercusiones económicas costosas y son técnicamente evitables. ( Ministerio de transportes y comunicaciones República de Perú, 2006)

El objetivo principal de este documento es reunir las pautas técnicas suficientes para realizar un diagnóstico general del estado de la geometría horizontal, del manejo de aguas y del señalamiento vial de la ruta 10 (Paraíso-Naranjo) con el fin de documentar las propuestas técnicas de mejoras que corresponden, tomando como guía principal el manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de las carreteras SIECA 2011.

Este documento contiene, además, la descripción del uso del sistema de información geográfica ArcGis para gestionar y visualizar de manera ordenada y sistematizada la información que fue previamente inventariada en campo mediante formularios elaborados para tal fin. Dichos formularios se crearon con el objetivo de

registrar el estado de las alcantarillas transversales a la vía y de las paradas de autobús, tomando en cuenta aspectos técnicos observados por el MOPT (Ministerio de Obras públicas y Transporte) y el CONAVI (Consejo Nacional de Vialidad). De manera complementaria, se obtuvo un video georreferenciado utilizando la aplicación para teléfonos inteligentes Autoboy, como método para evidenciar el estado de las cunetas, señalización, demarcación general de la vía. El uso de ArcGis facilitó la elaboración de informes del estado de las alcantarillas transversales a la vía, de las paradas de autobús, y el video georreferenciado facilitó la elaboración de informes del estado de las cunetas, espaldones, señalización, y demarcación general de la vía. Todos los informes se muestran en la sección de resultados.

Con respecto a los puentes, se realizó un reconocimiento de las variables que deben de considerarse ante la tarea de evaluar los puentes de la ruta de estudio, variables orientadas a conformar la base que sustente un plan de mantenimiento rutinario y periódico.

Este documento también contiene un análisis de capacidad de las alcantarillas transversales para un período de retorno de 25 años, y finalmente, empleando AutoCAD Civil 3D e imágenes satelitales de Google Earth, y las fórmulas, contiene un análisis de normalización de velocidades que se realizó con el objetivo de proyectar mejores niveles de diseño, y de servicio adecuados para la ruta.

## Alcance

El alcance de este trabajo se dirige en gran parte al reconocimiento de necesidades de conservación vial, específicamente: de alcantarillas, señalización, puentes, y paradas de autobús, con el propósito de realizar la propuesta de mejoras correspondiente.

El levantamiento de campo se realizó con formularios creados tomando en consideración los debidos aspectos técnicos para tal efecto. Se limitó a la caracterización del estado de los distintos elementos viales partiendo de la inspección visual en campo. No obstante, se realizó un registro fotográfico y un video georreferenciado que respalda cada reconocimiento y caracterización.

Los formularios propuestos, para inventarios de necesidades de conservación vial, y el uso de sistemas de información geográfica aquí presentadas demuestran que existen mejores y más rápidas maneras de adquirir, y de usar información relacionada con necesidades de conservación vial. No pretende ser una solución definitiva, sino que pretende plantear alternativas para dicha actividad, por ello las ideas aquí documentadas pueden ser modificadas y adaptadas según las necesidades específicas de solventar los objetivos de un proyecto de conservación de la infraestructura vial. Las propuestas aquí planteadas requieren del uso de criterio profesional para su adaptación, aplicación y utilización según la necesidad.

Las actividades identificadas preliminarmente para la evaluación de los puentes van orientadas a reconocer los criterios para plantear las actividades propias del mantenimiento rutinario y periódico que aplican a los puentes, lo que responde a limpieza y reparaciones puntuales y menores de los puentes, particularmente enfocadas en mejorar la seguridad vial. Queda fuera del alcance de este proyecto la identificación de actividades que deben realizarse cuando se trata de temas de rehabilitación.

Además, concordando con el objetivo principal del proyecto, se realiza como parte preliminar de un análisis de mejoras, una revisión de la velocidad de diseño de las curvas como sigue: Mediante el uso de AutoCAD Civil 3D se modela el alineamiento horizontal de la ruta, y se obtiene los radios de giro de todas las curvas, seguidamente, mediante las fórmulas de diseño geométrico de vías, se determina la velocidad de diseño de cada una de las curvas, y con esas velocidades, se efectúa un análisis de normalización de la velocidad de diseño cuyo objetivo es homogenizar las velocidades, y valorar la posibilidad de disminuir el tiempo de recorrido de la ruta, de manera que se alcance un mejor nivel de diseño y de servicio. Ésta última actividad está fuera del alcance de la conservación vial, por ende, no pretende ser un diseño, sino que pretende ser una estimación inicial que debe ser analizada con mayor detalle, tomando en cuenta aspectos, principalmente físicos, económicos y

operacionales para poder concluir acerca de un diseño definitivo de dichas curvas.

Finalmente, se considera que las obras de estabilidad de taludes, estructuras de contención, y capacidad soportante del suelo a lo largo de la ruta está fuera del alcance de este trabajo.

A continuación, se detalla las limitaciones del proyecto:

- ❖ No se utilizó equipo topográfico de precisión; el levantamiento se realizó con aplicaciones para teléfonos inteligentes, tomando en consideración que, para efectos de este trabajo, el levantamiento de información no es parte de una etapa de diseño, sino que es parte de una etapa de reconocimiento de necesidades para su posterior análisis y valoración.

## Objetivos

### Objetivo general

- ❖ Realizar una evaluación general del estado de la geometría horizontal, del manejo de aguas y del señalamiento vial de la ruta 10 (Paraíso-Naranjo) para dictaminar las mejoras técnicas correspondientes.

### Objetivos Específicos

- ❖ Realizar un inventario de alcantarillas transversales a la vía, y de paradas de autobús de la ruta 10 (Paraíso-Naranjo) para realizar las propuestas técnicas de mejoras correspondientes.
- ❖ Efectuar una inspección visual del estado de los puentes e investigar acerca de las variables que deben de considerarse ante la tarea de evaluar los puentes de la ruta para acotar la base que sustente un plan de mantenimiento rutinario y periódico.
- ❖ Utilizar el sistema de información geográfica ArcGis para visualizar la información recopilada en los inventarios y vincularla al tramo en estudio, con el propósito de comparar las ventajas con

respecto la forma en que se maneja esta información en Costa Rica.

- ❖ Revisar que el caudal de diseño de las alcantarillas cumple para un periodo de retorno de 25 años para proponer su modificación de ser requerida.
- ❖ Obtener un video georreferenciado que permita evidenciar el estado de las cunetas, señalización y demarcación general de la vía, para proponer recomendaciones técnicas.
- ❖ Utilizar AutoCAD Civil 3D e imágenes satelitales de Google Earth para crear un modelo aproximado del alineamiento horizontal de la ruta, que permita estimar los radios de giro, y por medio de las fórmulas, obtener las velocidades de diseño de las curvas.
- ❖ Realizar un análisis de normalización de las curvas, haciendo uso de la información del objetivo anterior, con el fin de homogenizar las velocidades para valorar la posibilidad de disminuir el tiempo de recorrido de la ruta.
- ❖ Determinar la demanda y la capacidad de la carretera al final de un plazo de 10,15 y 20 años para valorar la posibilidad de requerir una ampliación.

# Marco Teórico

## Conceptos

### Red Vial Nacional

Vías públicas que según las disposiciones contenidas en el artículo 1º de la Ley General de Caminos Públicos, No. 5060 del 22 de agosto de 1972, están constituidas por las carreteras primarias, secundarias y terciarias. La planificación, programación, administración, financiamiento, ejecución y control de la conservación y construcción de esta red vial corresponde al Consejo Nacional de Vialidad, de conformidad con lo dispuesto en la Ley de Creación de dicho Consejo (No. 7798). (MOPT, 2014).

### Carretera

Es un conjunto de elementos dedicados exclusivamente a brindar a los usuarios un transporte seguro, confortable, de mínimo costo (deterioro de los vehículos, combustibles y lubricantes) y de mínimo tiempo de viaje. ( Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2012)

### Carretera Arterial Menor Rural

Son corredores para movimiento con longitud de viaje y densidad de tránsito adecuados para permitir numerosos viajes entre departamentos o municipios. Constituyen vías cuyo diseño debería esperarse que provea velocidades de viaje relativamente altas, y mínima interferencia de los movimientos directos. (SIECA , 2011)

### Derecho de vía

Franja de terreno, propiedad del estado, de naturaleza demanial, destinada para la construcción de obras viales para la circulación de vehículos, y otras obras relacionadas con la seguridad, el ornato y el uso peatonal, generalmente comprendida entre los linderos que la separan de los terrenos públicos o privados adyacentes a la vía. (Lanname, 2015)

### Tránsito Promedio Diario Anual

Se define como el volumen total durante un período determinado de tiempo (en general días), mayor que un día y menor o igual que un año, dividido por el número de días comprendido en ese período de tiempo. (SIECA , 2011)

### Velocidad de Ruedo

Es la velocidad a la cual un vehículo viaja en un tramo de una carretera es conocida como la velocidad de ruedo. La velocidad de ruedo es la longitud del tramo de la carretera dividida entre el tiempo requerido para que el vehículo recorra ese tramo. (SIECA , 2011)

### Velocidad de Diseño

La velocidad de diseño (también conocida como Velocidad Directriz) es la velocidad seleccionada para determinar varias características geométricas de la carretera. La velocidad de diseño asumida debe ser consistente con la topografía, el uso de

la tierra adyacente y la clasificación funcional de la carretera.

## Capacidad

Es el máximo número de vehículos que pueden circular en un punto dado durante un período específico de tiempo, bajo condiciones prevalecientes de la carretera y el tránsito. Suponiendo que no hay influencias del tránsito más adelante, dentro del punto en análisis. (SIECA , 2011)

## Capacidad funcional

Capacidad que tiene la vía de brindar un servicio al usuario, considerando aspectos de confort, seguridad vial, costos de operación vehicular o deterioro de los vehículos por irregularidad de las vías, velocidad de circulación, niveles de congestamiento, contaminación ambiental por gases o por ruido. ( Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2015)

## Nivel de Servicio

El nivel de servicio, en que el flujo vehicular de servicio para diseño es el máximo volumen horario de tránsito que una carretera puede acomodar sin que el grado de congestamiento alcance los niveles preseleccionados por el diseñador, tras conciliar los intereses de los conductores, dispuestos a tolerar quizá un mínimo de congestamiento. (SIECA , 2011)

## Seguridad vial

Conjunto de acciones orientadas a prevenir o evitar los riesgos de accidentes de los usuarios de las vías y reducir los impactos sociales negativos por causa de la accidentalidad. ( Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2015)

## Mantenimiento

Según la Real Academia de la Lengua Española, el término “mantenimiento” se refiere al conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios e industrias puedan seguir funcionando.

## Conservación Vial

Conjunto de actividades destinadas a preservar, en forma continua y sostenida, el buen estado de las vías, de modo que se garantice un servicio óptimo al usuario. (MOPT, 2015)

## Mantenimiento rutinario

Actividades desarrolladas para conservar una vía de regular a buen estado. Incluye labores, de limpieza de drenajes, control de vegetación, reparaciones menores y localizadas del pavimento y la restitución de la demarcación, que deben efectuarse de manera continua y sostenida a través del tiempo, una o dos veces al año para preservar la condición operativa, el nivel de servicio y seguridad de las vías. Incluye también la limpieza y las reparaciones menores y localizadas de las estructuras de puentes. ( Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2015)

Según la SIECA 2010, las actividades normalmente consideradas en el ámbito centroamericano son:

- ❖ Desmonte del derecho de vía.
- ❖ Limpieza de cunetas revestidas.
- ❖ Limpieza de cunetas de tierra.
- ❖ Limpieza de alcantarillas.
- ❖ Reperfilado en carreteras de tierra.
- ❖ Reperfilado con compactación de carreteras.
- ❖ Reperfilado con compactación de hombros.
- ❖ Sello de juntas y grietas en pavimentos y hombros de concreto hidráulico.
- ❖ Sello de fisuras y grietas en pavimentos y hombros asfálticos.
- ❖ Bacheo en carreteras y hombros de mezclas asfálticas.
- ❖ Bacheo de tratamientos superficiales y hombros tratados.

- ❖ Limpieza, reacondicionamiento y reposición de señales verticales.
- ❖ Limpieza y restitución de defensas metálicas.
- ❖ Mantenimiento de señalización horizontal.
- ❖ Conservación de puentes.
- ❖ Limpieza de la superficie de rodadura.
- ❖ Reposición de ojos de gato.
- ❖ Conservación de alcantarillas.
- ❖ Reemplazo de losas de hormigón.

## Mantenimiento periódico

Conjunto de actividades programables cada cierto período, tendientes a renovar la condición original de los pavimentos mediante la aplicación de capas adicionales de tratamientos superficiales o sobre-capas asfálticas o de secciones de concreto, según el caso, sin alterar la estructura de las capas del pavimento subyacente. El mantenimiento periódico de los puentes incluye la limpieza, pintura y reparación o cambio de elementos estructurales dañados o de protección. ( Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2015)

## Rehabilitación

Reparación selectiva y refuerzo del pavimento o la calzada, previa demolición parcial de la estructura existente, con el objeto de restablecer la solidez estructural y la calidad de ruedo originales. Además, por una sola vez en cada caso, podrá incluir la construcción o reconstrucción del sistema de drenaje que no implique construir puentes o alcantarillas mayores. Antes de cualquier actividad de rehabilitación en la superficie de ruedo, deberá verificarse que el sistema de drenaje funcione bien. La rehabilitación de puentes se refiere a reparaciones mayores, tales como el cambio de elementos o componentes estructurales principales o el cambio de la losa del piso. ( Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2015)

## Mejoramiento

Mejoras o modificaciones de estándar horizontal o vertical de los caminos, relacionadas con el ancho, el alineamiento, la curvatura o la pendiente longitudinal, a fin de incrementar la capacidad de

la vía, la velocidad de circulación y aumentar la seguridad de los vehículos. También se incluyen dentro de esta categoría, la ampliación de la calzada, la elevación del estándar del tipo de superficie (“upgrade”) de tierra a lastre o de lastre a asfalto, y la construcción de estructuras tales como alcantarillas grandes, puentes o intersecciones. Esta actividad está fuera del alcance de la conservación vial.

## Inventario de Infraestructura Vial

El inventario de infraestructura vial se emplea para conocer las condiciones de operabilidad y funcionalidad de una vía, a partir de una descripción detallada de sus condiciones físicas, geométricas y de diseño; la forma más usual de elaborar este inventario es a través de una inspección visual, que consiste en hacer un reconocimiento a lo largo del sector o tramo objeto de estudio, para cuantificar y calificar sus condiciones. (González, 2016)

## Inventario de Necesidades de Conservación Vial

Se refiere a la contabilización de las necesidades de mantenimiento rutinario y periódico, así como la rehabilitación de una vía para alcanzar un estado adecuado de funcionamiento. Incluye el inventario del funcionamiento de los sistemas de evacuación pluvial y las estructuras de puentes y alcantarillas mayores. (Ministero de Obras Públicas y Transportes, 2014)

## Espaldones

Son partes de la estructura de una carretera, contiguo a la calzada. Su función es estacionamiento en emergencias, circulación peatonal, incremento de la visibilidad, también estabilidad a la vía y espacio adicional para maniobras imprevistas. (Dobles, 2013)

## Obras de drenaje

Las obras de drenaje y subdrenaje, configuran un sistema que se destina a recibir y encauzar el agua para sacarla, en forma eficiente y rápida, fuera del camino. ( Ministerio de transportes y comunicaciones República de Perú, 2006)

## Puente

Estructura construida para salvar un cauce o extensión de agua como una quebrada, río, canal, lago o bahía. (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2007)

## Accesorios

Elementos sin función estructural pero vitales para garantizar el buen funcionamiento del puente tales como superficie de rodamiento, barandas y juntas de expansión.

## Superestructura

Compuesta por el piso, los elementos principales (vigas, cerchas y arco) y los elementos secundarios (diafragmas, sistemas de arriostramiento, portales y aceras).

## Subestructura

Comprende los apoyos, los bastiones y las pilas.

## Accesos de aproximación

Están compuestos por los rellenos con sus respectivas protecciones y la losa de aproximación cuando exista.

## Alcantarillas

Son obras de drenaje transversales a la vía que permiten y facilitan el paso del agua proveniente

de cauces, canales o cunetas. (Secretaría de Obras Públicas Transporte y Vivienda, 2012)

## Cabezal de Salida

Son estructuras similares a un muro de contención, que sirven para sostener el terreno que circunda la alcantarilla y amarrar el último tubo de ésta. (Dobles, 2013)

## Cunetas

Las cunetas son las zanjas laterales, generalmente triangulares, que se construyen paralelas al eje de la vía, entre el borde de la plataforma y el pie del talud. La función de esta obra de drenaje es la de recibir y evacuar eficientemente el agua de lluvia superficial proveniente de la superficie del afirmado del camino y de los taludes. ( Ministerio de transportes y comunicaciones República de Perú, 2006)

## Intensidad de la Lluvia

Es el elemento fundamental de la escorrentía. Ciertos intervalos cortos de los aguaceros presentan una mayor intensidad y por lo tanto inducen los mayores caudales y determinan los valores de diseño de una red de evaluación. Una lluvia puede caracterizarse por su "hietograma" y por las curvas intensidad-duración-frecuencia", que brindan las intensidades medias máximas obtenidas para las duraciones de lluvias dadas, y para diferentes periodos de retorno. (Dobles, 2013)

## Cuenca Hidrológica

Se entiende por cuenca hidrológica, cuenca de drenaje o cuenca imbrífera el territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que drena sus aguas al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago (endorreico). Una cuenca hidrográfica es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada divisoria de aguas. (SIECA , 2011)

## **Pavimento**

Estructura construida sobre la subrasante para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y para mejorar las condiciones de comodidad y seguridad para el tránsito. ( Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2012)

## **SIG**

Un sistema de información geográfica (SIG), es un modelo informatizado del mundo real, en un sistema de referencia ligado a la Tierra para satisfacer unas necesidades de información concretas. En cualquier caso, se compone de datos, hardware, software, recursos humanos y un esquema organizativo. (Instituto Geográfico Nacional, 2017)

## **Geodesia**

La geodesia es una rama de la ciencia que estudia lo referente a la medición del tamaño, forma y posición de los objetos en la superficie de la tierra. La medición de una distancia es afectada por la irregularidad de la superficie terrestre y por tanto es necesario definir una referencia sobre la cual se harán las mediciones. Una vez definido un sistema geodésico de referencia es posible calcular con exactitud posiciones y relacionarlas entre sí.

## **Georreferenciación**

La georreferenciación es el proceso matemático para relacionar la posición de un objeto o superficie en un plano (analógico, ráster o vectorial) con su posición homóloga en la superficie terrestre. Para georreferenciar un dato es necesario un datum geodésico.

## **Estructura de la información geográfica**

### **Puntos**

Fenómenos puntuales en los cuales se desea conocer la posición X, Y. Ejemplos: Alcantarillas, señales, poblados, puntos críticos, pozos y puentes.

### **Arcos, Lineal**

Fenómenos lineales en los cuales se definen su posición y longitud. Ejemplos: Vías, caminos, drenajes, oleoductos y líneas eléctricas.

### **Nodo**

Fenómenos puntuales en la intersección de arcos. Ejemplos: Intersección (desvíos) de red vial, semáforos y entrega de agua en las redes de drenaje.

### **Polígono**

Fenómenos superficiales definidos por regiones homogéneas acotadas por una frontera. Ejemplo: Lotes, uso de suelo, cobertura vegetal y límites administrativos. ( Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2012)

## **Proyecciones y datums de Costa Rica**

En Costa Rica se utilizan geodatos en los sistemas de referencias Lambert Norte (CRLN), Lambert Sur (CRLS), Costa Rica Transversal de Mercator 1998 (CRTM98) y Costa Rica Transversal de Mercator 2005 (CRTM05). A partir de junio del 2005 el sistema de referencia oficial es CRTM05.

### **CRTM05**

El decreto Número 33797-MJ-MOPT del treinta de marzo del 2007 (La Gaceta N° 108 miércoles 6 de junio del 2007) establece que la proyección oficial para la cartografía de Costa Rica es la Transversal de Mercator para Costa Rica (CRTM05). (Gobierno de Costa Rica, 2007). El mismo decreto establece que el datum horizontal oficial para Costa Rica es el CR05, enlazado al Marco

Internacional de Referencia Terrestre (ITRF2000) del Servicio Internacional de Rotación de la Tierra (IERS) para la época de medición 2005.83, asociado al elipsoide del Sistema Geodésico Mundial (WGS84).

## **Atlas Costa Rica 2014**

El Atlas Costa Rica 2014 es una base de datos con información geográfica de Costa Rica, disponible de forma gratuita en internet. (Tecnológico de Costa Rica, 2016)

# Antecedentes

En los últimos años, las instituciones relacionadas con el sector vial, (MOPT-CONAVI), se han enfocado en un esfuerzo por mantener el estado de los pavimentos de las redes viales nacionales. Han prestado muy poca atención a la seguridad y al confort del usuario, lo cual se relaciona con la revisión de los diseños y aspectos geométricos de las rutas nacionales, así como con la atención al estado, mantenimiento, construcción o reconstrucción de puentes, señalización, drenajes y obras complementarias. Aspectos como falta de demarcación, señalización, mantenimiento de alcantarillas, revisión y optimización de las velocidades de diseño, y la falta de obras complementarias como guarda vías, espaldones, puentes peatonales, obras de iluminación y aceras, han sido causales de accidentes y de importantes pérdidas económicas y humanas. En resumen: elevados costos de operación vehicular para los usuarios, bajas velocidades de operación y altos niveles de congestión y de contaminación ambiental. Tal y como menciona Lannane (2015), en el sexto informe de evaluación de la red vial nacional pavimentada:

Se recomienda al MOPT, CONAVI, COSEVI y otras entidades relacionadas con el sector vial implementar un sistema de gestión vial, efectivo, con el debido soporte técnico y programa de inversión a largo plazo, que garantice la recuperación, desarrollo, la sostenibilidad del patrimonio vial y una mayor seguridad vial en un umbral de 10 años, objetivo que requiere el país para dar soporte a su desarrollo económico y social. No se podrá mejorar la calidad de la inversión realizada en la red de carreteras con el mismo estilo de gestión que se ha venido utilizando hasta ahora, ya que el presente informe demuestra un avance casi nulo para recuperar la red vial pavimentada entre 2012 y 2014. Se

recomienda definir las políticas de gestión de infraestructura vial con una visión de largo plazo, que trasciendan los periodos de gobierno (4 años), y que plantee objetivos para la infraestructura vial de manera integrada; no enfocándose únicamente en los pavimentos y obras asociadas, sino buscando que el transporte terrestre se convierta en un sistema ágil, económico, eficiente, seguro y suficiente para impulsar el desarrollo nacional y la calidad de vida de los costarricenses. p.111

Principalmente relacionado con el estado, conservación, y mejoramiento de las estructuras de pavimento a nivel nacional, dicho informe es muestra clara que en Costa Rica, el interés por cuanto a vías y rutas nacionales abarca aspectos tales como: capacidad estructural, índice de regularidad internacional (IRI), capacidad funcional, costos de operación vehicular, perfil longitudinal, información que ha sido presentada de manera ordenada y sistémica para efectos de reportar el estado estructural y funcional de las estructuras de pavimento, y dicho sea de paso, para evaluar el grado de efectividad de las labores realizadas por cada una de las empresas contratistas encargadas de la conservación y mantenimiento de cada una de las rutas. Pero parece ser que se ha dejado de lado que, dentro de la gestión de una red vial de carreteras y su análisis respectivo, la seguridad, el mantenimiento rutinario y periódico, y la percepción de los usuarios es sumamente importante. Las carreteras están hechas para hacer de la transitabilidad de los usuarios una experiencia confortable, segura y económica, lo cual, a su vez, mejora el desarrollo económico de la nación.

Parte del informe mencionado anteriormente, al cual se hace referencia, se enfoca en dar a conocer resultados estadísticos acerca de la opinión ciudadana, parte de la cual se muestra en la figura 1:

Problemas de la red vial*	Metropolitana	Resto del Valle Central	Resto del país	Todas las regiones
<i>Huecos</i>	50,4%	53,9%	46,8%	50,5%
<i>Señalización</i>	33,8%	26,8%	28,6%	30,9%
<i>Carreteras en mal estado, parches, bacheos, etc.</i>	28,3%	26,1%	27,0%	27,5%
<i>Mucho tránsito, congestionamiento</i>	24,5%	16,7%	13,9%	20,3%
<i>Falta mantenimiento</i>	17,2%	15,7%	15,5%	16,5%
<i>Demarcación</i>	17,7%	14,1%	16,3%	16,5%
<i>Calles angostas, estrechas, pocos carriles</i>	16,0%	15,0%	10,7%	14,7%
<i>Falta de aceras, espaldones, puentes peatonales</i>	14,2%	16,7%	11,1%	14,2%
<i>Puentes</i>	10,8%	12,7%	17,5%	12,7%
<i>Otras razones</i>	12,9%	8,5%	12,3%	11,7%
<i>Falta de planificación, administración</i>	10,8%	7,5%	6,7%	9,1%
<i>Alcantarillado</i>	8,1%	8,8%	4,8%	7,6%
<i>No responde</i>	3,7%	5,9%	12,3%	6,0%
<i>Problemas naturales, derrumbes, topografía, inundaciones, hundimientos</i>	5,6%	5,6%	4,8%	5,4%
<i>Iluminación, poca iluminación</i>	2,9%	4,9%	3,6%	3,5%
<i>Semáforos</i>	5,2%	1,6%	1,6%	3,5%

Figura 1. Opinión sobre la problemática de la red nacional por parte de los entrevistados según región de residencia, porcentaje dicotómico y no excluyente por región (Fuente: Lannane 2015)

Los argumentos que han sido planteados en este apartado hacen evidente la necesidad existente de prestar atención a los aspectos relacionados con la infraestructura vial, y que en nada tienen que ver con el estado estructural y funcional de las estructuras de pavimento. Claro está, que no se trata tampoco de dejar de lado las estructuras de pavimento, es más bien una forma de señalar que también existen otros aspectos, igual de importantes que requieren de atención.

Se ha demostrado internacionalmente, que un apropiado mantenimiento de la red caminera disminuye significativamente los costos de operación de los vehículos, reduce los tiempos de recorrido, mejora la comodidad para la circulación vehicular y aminora los accidentes de tráfico por causa del mal estado de la vía, todo lo cual facilita el acceso de los bienes producidos en las localidades apartadas hacia los centros consumidores y ayuda a expandir los servicios públicos de diferente índole en las zonas rurales.

Asimismo, un mantenimiento vial efectivo y sostenido, evita las rehabilitaciones y las reconstrucciones, las cuales tienen siempre repercusiones económicas costosas y son técnicamente evitables. ( Ministerio de transportes y comunicaciones República de Perú, 2006)

Después de realizar una investigación con el propósito de identificar la forma en que se procede a nivel nacional con respecto a la infraestructura vial, y los elementos a ser considerados en un programa de gestión de conservación vial, se encontró la existencia de un potencial en el uso de herramientas computacionales y aplicaciones para teléfonos inteligentes para efectos de recopilar, gestionar y analizar dichos elementos; En general, obras de drenaje, alcantarillas, cunetas, calzada, derecho de vía, puentes, señalización, aceras, pasos peatonales, espaldones, ciclo vías y paradas. Dicha afirmación se fundamenta en que se determinó que el trabajo realizado para gestionar

el tema de conservación vial a nivel nacional tiene su soporte en formularios físicos como sigue:

La información que deberán suministrar las Municipalidades al MOPT para ser incorporadas dentro del Registro Vial de la Red Cantonal. (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2014). Constará de las siguientes seis boletas o formularios enumeradas a continuación:

- a) Boleta de Inventario Físico.
- b) Boleta de Inventario Socio-Económico.
- c) Boleta de Tránsito Promedio Diario.
- d) Boleta de Inventario de Puentes.
- e) Boleta de Índice de Viabilidad Técnico-Social.
- f) Croquis de Camino.

Dichos formularios contienen información realmente útil, pero la eficiencia en la gestión de la información provoca una limitación, así como la potencia, velocidad y capacidad de uso de datos provee una computadora convencional, haciendo uso de paquetes computacionales ofrecidos en el mercado. Esto aunado a que la información documentada en estos formularios está escrita a mano, en algunos casos difíciles de entender o interpretar, y peor aún, algunas piezas de información valiosa se pierden en algunos formularios, donde la caligrafía empleada es poco legible.

El sentido de la importancia de las instituciones públicas encargadas de gestionar la infraestructura vial, y obras civiles asociadas, se puede comprender después de recordar lo establecido en la normativa nacional en cuanto a funciones específicas del MOPT-CONAVI en cuanto a infraestructura vial:

1) El artículo 2º, inciso a), de la Ley N° 3155 establece como objetivo del Ministerio de Obras Públicas y Transportes MOPT, el “Construir, mantener y mejorar las redes de carreteras y caminos del país y regular y controlar el transporte por carretera.”

2) El artículo 2º de la Ley N° 7798, creación del Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) expresa que “la conservación vial es actividad ordinaria de servicio público prioritario e interés nacional.” El

artículo 4º establece como objetivos del CONAVI los siguientes:

- a) Planear, programar, administrar, financiar, ejecutar y controlar la conservación y la construcción de la red vial nacional, en concordancia con los programas que elabore la Dirección de Planificación del Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
- b) Administrar su patrimonio.
- c) Ejecutar, mediante Contratos, las obras, los suministros y servicios requeridos para el proceso de conservación y construcción de la totalidad de la red vial nacional.
- d) Fiscalizar la ejecución correcta de los trabajos, incluyendo el control de la calidad.
- e) Promover la investigación, el desarrollo y la transferencia tecnológica en el campo de la construcción y conservación vial.
- f) Celebrar Contratos o prestar los servicios necesarios para el cumplimiento de sus objetivos y funciones.

Estas dos disposiciones de la ley son el fundamento que deben sustentar las acciones que emprendan el MOPT-CONAVI, así como las Municipalidades, en cuanto a la conservación de la red de carreteras del país, mejorando las condiciones de tránsito y el nivel de servicio, y fortaleciendo la gestión de preservación vial e incrementando las actividades en este particular mediante la contratación de empresas que desarrollen estas actividades. ( Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2015)

Con el objetivo de aportar al esfuerzo de la nación, con respecto a la conservación vial, con este trabajo se pretende presentar un diagnóstico general y propuestas técnicas de mejoras respecto a la geometría horizontal, el drenaje transversal, señalamiento vial y posibles ampliaciones para la ruta 10 (Paraíso-Naranjo) como parte importante del trabajo por considerar dentro de un programa de gestión de la conservación de la infraestructura vial, haciendo uso de sistemas de información geográfica, paquetes especializados de cómputo, y aplicaciones para teléfonos inteligentes.

# Formularios Oficiales

Los formularios que se emplean en Costa Rica son los propuestos actualmente por el MOPT para el inventariado vial, cuyo uso se describe en el decreto No. 38578-MOPT-21-10-2014). (Ministero de Obras Públicas y Transportes, 2014)

Dichos formularios son los oficiales, y deben ser usados como requisito para la inscripción de las vías públicas en el Registro Vial de dicho Ministerio para efectos de crear información uniforme y consistente. En el Anexo III se muestra el escaneado de un formulario de Inventario General de Carreteras y Caminos, ya completado con información real, correspondiente al tramo de la ruta en estudio, el cual se formuló para recolectar información general de las carreteras, incluyendo las necesidades de conservación vial. Dicho formulario se solicitó en la oficina de planificación sectorial del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, y fue facilitado sin mayor contratiempo pues es información pública de libre acceso, éste difiere un poco de los formatos oficiales recientes, debido a que es uno de los administrados actualmente por el MOPT, y que eran usados previo a la derogación del decreto mencionado.

La deficiencia primordial en esta forma de inventariar las carreteras y caminos es no trasladar la información a un archivo o base de datos digital, sino que se conserva en estos formatos físicos, resultando en una enorme pérdida de información dado que los datos son completados a mano, en algunos casos con caligrafía difícil de entender, y con trazos que se confunden fácilmente. Otra deficiencia importante es la dificultad respecto a la complejidad con la que este formulario pretende capturar toda la información conforme se recorre la ruta. Tales afirmaciones se pueden corroborar con una rápida revisión visual del formulario.

Después de revisar varias fuentes bibliográficas, con el objetivo de reunir las características técnicas con las que debe contar el levantamiento y digitalización de un inventario vial, se encontró que existen actualmente sistemas y metodologías muy sofisticadas para efectos de realizar un inventario, en donde por ejemplo, un

vehículo cuenta con receptor GPS, un sistema de cámaras, y una computadora portátil configurados para registrar las coordenadas geodésicas conforme se recorre la carretera, y simultáneamente se graba un video, de manera que se asocia la imagen con el posicionamiento. Se encontró que dichos sistemas son sumamente útiles, dada la gran capacidad ofrecida para manipular y recopilar información. Por ejemplo, en el Manual de Inventarios Viales, se menciona:

Uno de los periféricos del sistema (teclado de computadora o teclado programable) permite al operador introducir atributos a las imágenes con el uso del teclado. Por ejemplo, si se observa elementos tales como señales o puentes se les puede anexar comentarios como: “señal reguladora en mal estado”, “puente en buen estado”, etc. Todo el sistema está coordinado mediante una terminal portátil robusta con montaje fijo para vehículos que combina una construcción resistente con una gran capacidad de procesamiento y transmisión de datos a través de redes inalámbricas, lo que permite registrar la información. ( Ministerio de transportes y Comunicaciones, 2015)

En Costa Rica se está aplicando una tecnología similar, aunque apenas el enfoque va orientado a crear una capa cartográfica de las líneas de centro de calle de la red vial cantonal de Costa Rica. Mediante el decreto DE-37016-MOPT, el Llaname, a través del programa de infraestructura de transporte, publicó el “Informe de Asesoría Técnica: Propuesta para la creación de una capa cartográfica de la red vial cantonal de Costa Rica, conformada por los códigos de los caminos municipales.” A manera de resumen de dicho documento, se presenta figura 2:

**Tabla 1. Características principales de la nueva capa cartográfica**

Requisito	Característica	Descripción
1	Tipo de Geometría	Línea
2	Representación	Línea de centro de calle
3	Formato	Digital, archivo <i>shapefile</i> u otro con tabla de atributos asociada
4	Campos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Código del camino municipal (texto).</li> <li>• Kilómetros (numérico, 3 decimales).</li> </ul>
5	Unidades	Métrico
6	Sistema de Proyección Cartográfica	CRTM05
7	Precisión Zona Urbana	$\pm 1$ m
8	Precisión Zona Rural	$\pm 3$ m
9	Alcance	Códigos de caminos registrados en la Dirección de Planificación Sectorial.

**Figura 2.** Características principales de la nueva capa cartográfica. (Fuente: Lanname, 2014)

Se puede observar que el tipo de geometría propuesto en el Lanname es del tipo línea, para comenzar a formar capas cartográficas en el nuevo sistema de proyección cartográfica CRTM05, y además esta es una fuente de referencia importante por cuanto a la precisión de las mediciones, las cuales en este caso se indica que en zonas rurales es de  $\pm 3$ m.

# Metodología

## Identificación

### Zonas de Conservación

CONAVI ha dividido el territorio nacional en grandes zonas de conservación que corresponden a zonas a las cuales se les ha asignado a uno o varios contratistas para realizar labores de conservación vial por periodos de tres años.

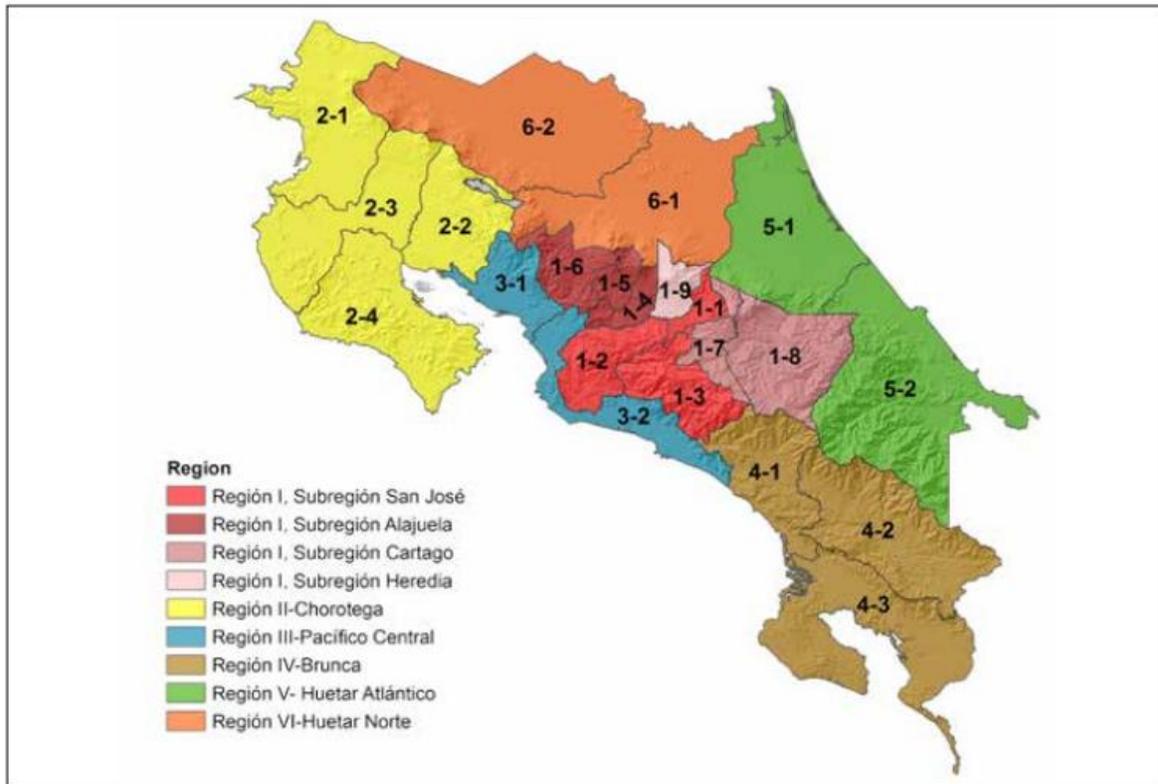
La inversión realizada en la red vial corresponde con la Licitación Pública N° 20009LN-.000003-CV y define las 22 Zonas de Conservación que se muestran en la figura 3:

Región	Provincia	Zona
Región I – Subregión San José	San José	1-1
		1-2
		1-3
Región I – Subregión Alajuela	Alajuela	1-4
		1-5
		1-6
Región I – Subregión Cartago	Cartago	1-7
		1-8
Región I - Subregión Heredia	Heredia	1-9
Región II- Chorotega	Guanacaste	2-1
		2-2
		2-3
		2-4
Región III- Pacífico Central	Puntarenas	3-1
		3-2
Región IV- Brunca	San José, Puntarenas	4-1
		4-2
		4-3
Región V- Huetar Atlántico	Limón	5-1
		5-2
Región VI- Huetar Norte	Alajuela	6-1
		6-2

**Figura 3.** Zonas de conservación vial. (Fuente: Lanname, 2015)

## Región

La zona donde se ubica el estudio corresponde a la zona 1-8, Región I-Subregión Cartago, la cual es posible ubicar en la siguiente figura 4:



**Figura 4.** División del territorio nacional en las 22 zonas de conservación vial. (Fuente: Lanname, 2015)

## Secciones de Control

El CONAVI a su vez, para efectos de tener un mejor control, ha subdividido las zonas en secciones de control, las cuales se muestran en la figura 5, a continuación:

RUTAS PRIMARIAS				
RUTA	ESTACIÓN	SECC CONT	DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN
6	261	21222	LLANO AZUL(R.730)-UPALA(R.4)	
10	749	30061	LA LIMA(R.2)-GUADALUPE DE CARTAGO(R.236)	LA LIMA(PUENTE RIO REVENTADO)
10	S/N	30062	GUADALUPE DE CARTAGO(R.236)-CARTAGO(R.233)(BØLOS ANGELES)	
10	S/N	30040	CARTAGO(R.233)(BØLOS ANGELES)-LTE CANT.CARTAGO/PARAISO(RIO BLANQUILLO)	CEMENTERIO DE PARAISO
10	583	30021	LTE CANT.CARTAGO/PARAISO(RIO BLANQUILLO)-PARAISO(R.224)	
10	585	30022	PARAISO(R.224)-LTE CANT.PARAISO/ALVARADO(CRUCÉ LA FLOR)	CERVANTES(1+000 KM ANTES IGLESIA)
10	585	30471	LTE CANT.PARAISO/ALVARADO(CRUCÉ LA FLOR)-BIRRIS(R.404)	
10	587	30472	BIRRIS(R.404)-LTE CANT.ALVARADO/JIMENEZ(CRUCÉ LOURDES(CALLEJON))	
10	587	30010	LTE ALVARADO/JIMENEZ(C.LOURDES)-LTE JIMENEZ/TURRI(425 DESP CRUCE COLORADO)	NARANJO(ESCUELA)
10	EP 6	30460	LTE JIMENEZ/TURRIALBA(0+425 MTS DESP CRUCE COLORADO)-TURRIALBA(R.230)	RECREO(3+000 KMS ANTES DE ENTRADA A SAN JUAN NORTE)
10	591	30001	TURRIALBA(R.230)-ESLABON(R.232)	ESLABON(PTE RIO REVENTAZON)
10	588	30002	ESLABON(R.232)-LTE PROV.CARTAGO/LIMON(FINCA AMISTAD)	PAVONES(ESCUELA BLAS SOLANO)
10	795	70420	LTE PROV.CARTAGO/LIMON(FINCA AMISTAD)-SIQUIRRES(R.32)	ESCUELA DE EL COCO
14	714	60251	RIO CLARO(R.2)-GOLFITO(HOTEL LAS GAVIOTAS)(INICIO ZONA URBANA)	BAMBEL(PTE RIO COTO COLORADO)
			GOLFITO(LAS GAVIOTAS)(INICIO ZONA URBANA)-GOLFITO(R.14)(DEPOSITO	

Figura 5. Secciones de Control definidas por el CONAVI (Fuente: Anuario de Tránsito 2013)

## Tramo en estudio

El trabajo realizado corresponde a la evaluación del estado de la geometría horizontal, del manejo de aguas y del señalamiento vial para la ruta 10 (Paraíso-Naranjo), lo cual comprende el estudio de la ruta 10, a lo largo de un tramo de 20 kilómetros que comienza desde el límite cantonal de Paraíso, hasta la escuela de Naranjo. Tramo que corresponde a las secciones de control 30022 y 30471, de las cuales se conoce el tránsito promedio diario (Anexo VII). Según el SIECA, basándose en el TPD, la ruta 10 se puede clasificar como un sistema arterial menor rural, porque los valores de TPD van desde 3000 a 1000.

A continuación, en la figura 6, se muestra la ubicación del tramo de la Ruta 10, comenzando en el banderín azul denominado PC 1 (Paraíso), terminando en el banderín azul denominado PC-21 (Naranjo):

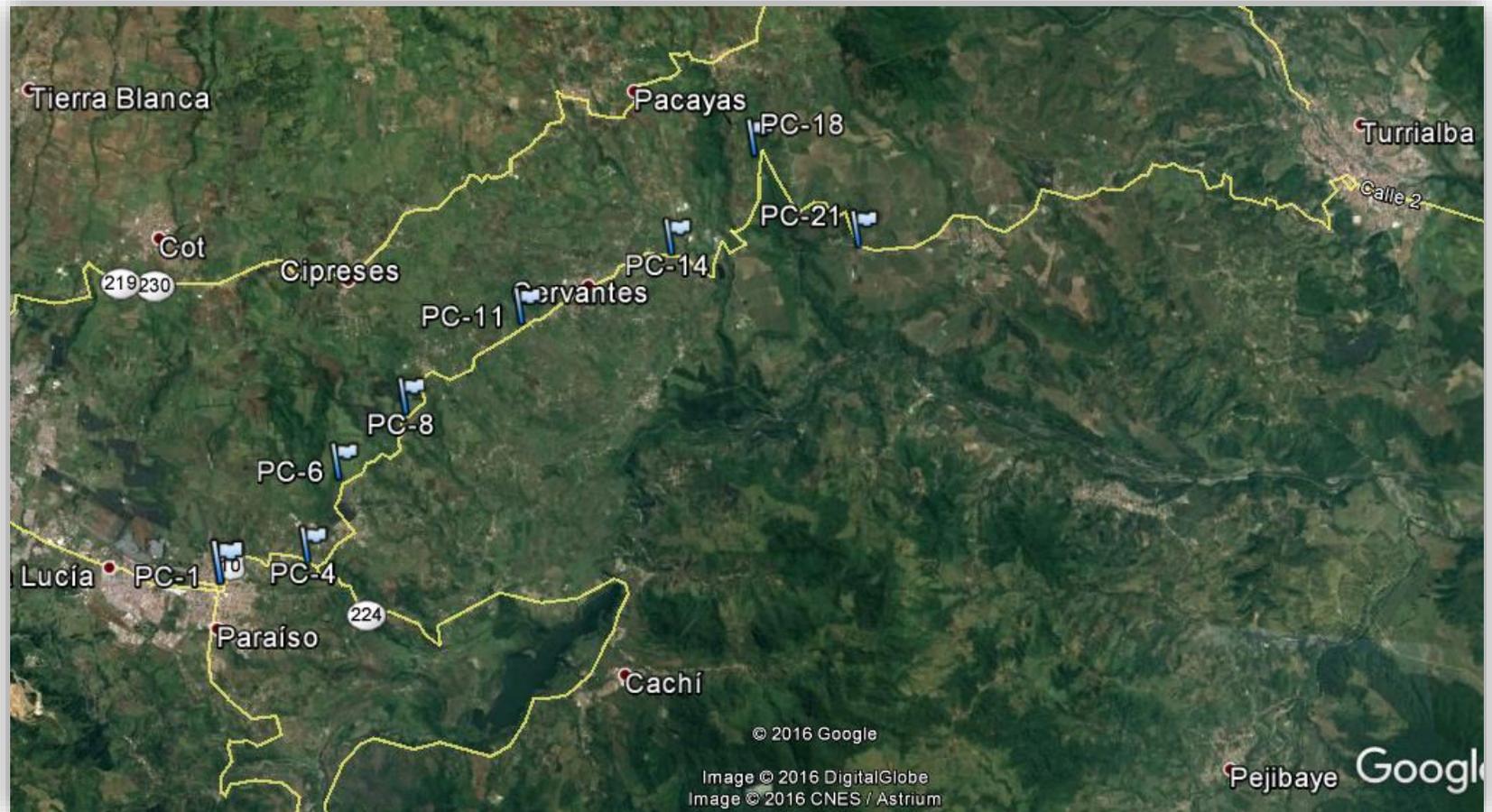


Figura 6. Ubicación de la ruta. (Fuente: Google Earth Pro)

# Herramientas

## Teléfono Inteligente

Se utilizó durante todo el proceso de levantamiento un celular inteligente marca Huawei, modelo G7-L03, con operador de telefonía ICE Kolbi. Sistema operativo Android 4.4.4. En este dispositivo fueron instaladas las aplicaciones mencionadas adelante en este apartado, y fue la principal herramienta de trabajo, utilizando además la cámara que tiene incorporada en la parte trasera para tomar todas las fotografías mostradas en este proyecto. Debe cerciorarse que se cuente con suficiente memoria, y con un plan de acceso al uso de datos de Internet, preferiblemente de tarifa plana.

## Batería Portátil

Se utilizó una batería portátil marca Klip XTREME para recargar el teléfono inteligente, la cual tiene capacidad de 7500mAh (miliamperios hora), y basta para recargar el teléfono inteligente hasta cuatro veces, lo cual es más que suficiente para un día de trabajo.

## GPS Odómetro

Se trata de una aplicación para teléfonos inteligentes de uso gratuito, desarrollada por GPS Tools. Se empleó la versión 2.53. La figura 7 muestra su icono.



Figura 7. GPS odómetro. (Fuente: Google Play)

Esta aplicación sirve para medir la distancia recorrida. Se debe tener en cuenta que esta aplicación utiliza mucha energía de la batería para hacer funcionar al GPS. Con esta aplicación se obtuvo las distancias en metros, desde el inicio hasta el final, sirviéndose de la medición brindada por dicha aplicación para establecer estacionamientos de alcantarillas, puntos de control, paradas de autobús y puentes. Existen otras aplicaciones similares, también aptas para la misma tarea, entre ellas: Podómetro, Walking Odometer Pro, Odometer. La figura 8 muestra su interfaz.

## Características

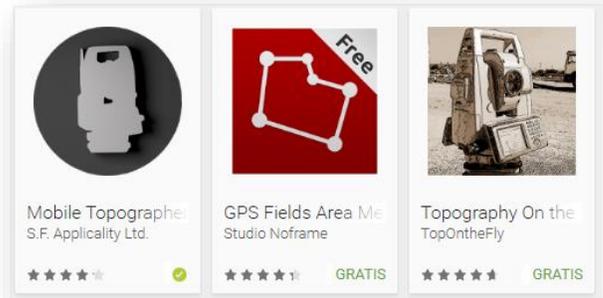
- ❖ Precisión similar a otros odómetros de la misma categoría.
- ❖ Incluye un temporizador.
- ❖ Incluye opción de pausa/reanudar para cada viaje.
- ❖ Incluye una cerradura para evitar el reinicio/parada/arranque accidental del viaje.
- ❖ Incluye lectura de desplazamiento (distancia en línea recta desde el punto de partida.)
- ❖ Incluye lectura de la trayectoria.



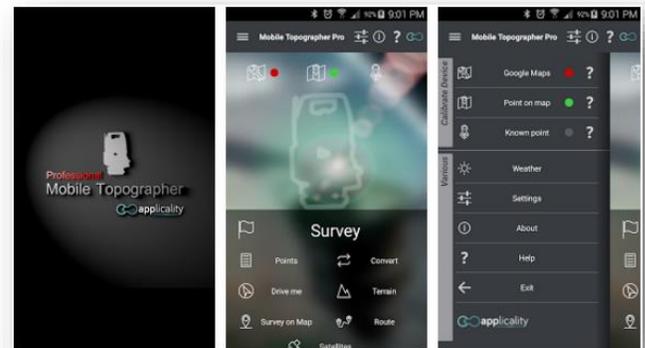
**Figura 8.** Captura de pantalla  
(Fuente: GPS Odómetro)

## Mobile Topographer

Esta se trata de otra aplicación para teléfonos inteligentes de uso gratuito, desarrollada por Stathis D. Stathakis S.F. Appicality Ltd. Versión 7.8.3. Esta aplicación se utilizó durante todo el proceso del levantamiento de los elementos del inventario realizado. Es básicamente un GPS, pero acompañado de las tecnologías más recientes para teléfonos inteligentes. La figura 9 muestra algunos tipos de aplicaciones GPS disponibles. La figura 10 muestra la interfaz de Mobile topographer. La figura 11 muestra una captura de pantalla de cómo luce la aplicación al momento de registrar un punto. La figura 12 muestra la función de localización de puntos de Mobile topographer.



**Figura 9.** Aplicaciones GPS disponibles  
(Fuente: Google Play)



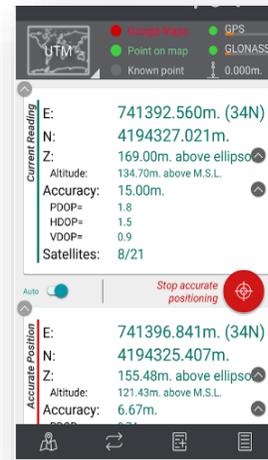
**Figura 10.** Interfaz de Mobile Topographer. (Fuente: Google Play)

## Características

Estas son las características básicas de la aplicación Mobile Topographer en su versión gratuita:

- ❖ Exporta datos en el formato estándar de archivos shape (.shp).
- ❖ Importa archivos en la proyección WGS84 y CRTM05.
- ❖ Importa puntos desde archivos de texto (.txt, .csv) o archivos shape (.shp).
- ❖ Recolecta información del terreno.

- ❖ Muestra puntos recolectados en mapa, usando como plataforma Google maps.
- ❖ Muestra la elevación del dispositivo.
- ❖ Calcula el área, el perímetro y número de vértices del polígono.
- ❖ Calibración manual en mapa, seleccionando puntos conocidos.
- ❖ Muestra y convierte información geodésica y cartesiana.
- ❖ Soporta Sistema de unidades métrico e inglés.
- ❖ Tiene la opción de localizar cualquier punto que se le indique, con la opción "Drive me"
- ❖ Guardar múltiples listas de puntos para poder utilizarlas en otro momento.
- ❖ Exporta listas de puntos a:
  - .txt (archive de texto)
  - .csv (archive separado por comas y puntos)
  - .kml (archive de Google earth)
  - .gpx (Formato de intercambio GPS)
  - .dxf (archivo de dibujo)
  - .shp (archivos shape)
- ❖ Enviar archivos en el formato deseado a cualquier correo electrónico, o bien, subir los archivos a la nube, Google drive, por ejemplo.
- ❖ Muestra la señal del satélite, y el número de satélites, indicando a cuáles satélites se conecta.
- ❖ Soporta todas las constelaciones:
  - GNSS:
  - GPS
  - GLONASS
  - QZSS
  - BEIDO



**Figura 11.** Captura de pantalla (Fuente: Mobile Topographer)

De igual manera, existen otras aplicaciones similares, entre ellas: GPS Field Area Measure, Topography on the Fly, Topografía 2.0. No obstante, esta aplicación, Mobile Topographer, tiene una versión Pro, con un precio actualmente de \$11.307 en Google Play (tienda de aplicaciones Android), y supera por mucho a las otras aplicaciones que se ofrecen en la tienda Android, y a otras aplicaciones para teléfonos inteligentes. Entre las características destacables de la versión Pro, están:

- ❖ Modelado de la topografía del terreno en 3D, creación de curvas de nivel.
- ❖ Carga, guarda y exporta modelos en 3D y curvas de nivel.
- ❖ Registro de ruta, ofrece estadísticas, muestra en mapa en tiempo real, y además carga, guarda, y exporta la ruta.



Figura 12. Función de localizar puntos ( Fuente: Mobile Topographer)

## Autoboy

Esta se trata de una aplicación para teléfonos inteligentes de uso gratuito, desarrollada por HappyConz. Versión 3.3.3. Esta aplicación se utilizó para grabar todo el recorrido de la ruta, con el beneficio de que la imagen es asociada la posición, segundo con segundo, utilizando como plataforma el Google Maps, de manera que al final se puede conocer la posición de las imágenes que se van mostrando en el video. El teléfono inteligente debe tener la aplicación instalada, y suficiente espacio de almacenamiento. Debe tenerse en cuenta que es requerido del cable cargador del teléfono, y de un adaptador de USB para vehículos, de manera que se pueda cargar el teléfono en caso de que la carga de la batería esté por acabar. La figura 13 muestra el ícono de la aplicación Autoboy.



Figura 13. Autoboy Dash Cam-BlackBox (Fuente: Google Play)

## Características

- ❖ Grabación continua mientras que el celular tenga batería.
- ❖ Ofrece la opción de dónde se quiere almacenar la información, memoria interna/ externa.
- ❖ Ajusta automática la cámara, proveer el enfoque, acercamiento, efecto, exposición, de manera que se obtiene en todo momento la mejor calidad de imagen.
- ❖ Brinda la opción de tomar fotografías y videos al mismo tiempo.
- ❖ Ofrece la opción de compartir videos en YouTube.
- ❖ Cuenta con sensor GPS, sensor de encendido automático cuando el carro enciende.

## Bubble Level

Bubble Level es una aplicación gratuita, provisionada por Google Play, y desarrollada por Gamma Play. Es un instrumento que se puede utilizar para determinar el grado de inclinación de una superficie. Conforme se inclina el celular, la aplicación indica en grados la inclinación de las superficies. Es posible calibrar el dispositivo para mejorar la precisión. Esta aplicación se utilizó para obtener en grados, el peralte de todas y cada una de las curvas consideradas en el análisis de normalización de las velocidades de diseño de las curvas.

## SASPlanet

De origen ruso, SASPlanet es un programa gratuito utilizado para acceder a servidores de cartografía en línea. Con este programa es posible descargar imágenes de alta resolución utilizando como plataforma una gran variedad de proveedores, entre ellos, Google Earth. Una de las principales ventajas es que es posible descargar las imágenes en una gran variedad de formatos. La figura 14 muestra la interfaz de SAS Planet.



Figura 14. SASPlanet. (Fuente: Imágenes de Google)



Figura 15. Cinta métrica. (Fuente: Google imágenes)

La otra cinta que se utilizó fue una cinta de tela, de 15 metros de largo. Esta fue ideal para medir sin problemas, a pesar de los vehículos que transitaban cuando se midió el ancho de la calzada, el derecho de vía de cerca, y la longitud de las alcantarillas. Se recomienda cintas de tela o plásticas, y también es beneficioso una cinta más larga, las hay de varios tamaños, 20, 30 y 50 metros de longitud. La figura 16 es un ejemplo de la cinta métrica empleada

## Cintas Métricas

Se utilizaron dos cintas métricas: una de metal de 5 metros, la cual fue de utilidad para medir las dimensiones de las secciones de las alcantarillas. Se recomienda una de 8 metros, pues tiene el potencial de facilitar algunas mediciones como anchos de puentes, o espaldones o barandas de puentes, y la profundidad de algunas alcantarillas del tipo sección cuadrada. La figura 15 es similar a la cinta métrica empleada.



Figura 16. Cintas métricas.  
(Fuente: Imágenes de Google)

## Pintura en Aerosol

Se empleó pintura en aerosol para marcar a cada kilómetro los puntos de control. Se recomienda pintura de un color llamativo, en este caso se utilizó un color naranja fluorescente.

## Visita Preliminar

Previo al levantamiento de la información requerida, se realizó una visita a la ruta con el objetivo de inspeccionar visualmente los principales aspectos por tomar en consideración para efectos de elaborar los formularios. Se realizaron dos actividades: primero, se recorrió 4 kilómetros caminando, y segundo, se utilizó la aplicación Autoboy, para obtener un video georreferenciado de toda la ruta en estudio.

## Formularios Propuestos

Un inventario de necesidades de conservación vial debe contener la información suficiente para poder cumplir con los objetivos planteados según las necesidades, y muy importante también, según los objetivos deseados a alcanzar. Existen diversas fuentes de información donde se recomienda el uso de formularios para el inventariado de infraestructura vial, no obstante, se considera importante mantener el uso de la terminología empleada por CONAVI y el MOPT, así como mantener el mismo formato de unidades por la razón de pretender dar una perspectiva de mejora del trabajo realizado actualmente, pudiendo ser adaptable al sistema de inventarios de infraestructura vial con del país. Se recomienda realizar una visita de campo, recorrer toda la ruta en misión de reconocimiento para poder formarse una idea del estado de la ruta, y para que, en función de las principales necesidades detectadas, se creen formularios rápidamente mediante cualquier procesador de textos. Se debe procurar que dichos formularios cuenten con espacio suficiente para realizar las anotaciones a mano, y deben de contar con un espacio en donde

se debe dejar claro el tramo que se está inventariando, de manera que cualquier persona pueda ubicarse fácilmente.

En cuanto al tipo de información que se debe incluir, un formulario de necesidades de conservación vial debe ir orientado a recolectar información acerca de las obras de drenaje, calzada, derecho de vía, puentes, estructuras viales, señalización y demarcación, estado de los taludes, seguridad vial, intersecciones y obras de contención, principalmente.

Con el objetivo de realizar un inventario de alcantarillas transversales a la vía, y de paradas de autobús para la ruta 10 (Paraíso-Naranjo), se elaboraron formularios para esta ruta en específico, y son resultado de la adaptación de varios formularios para las principales necesidades detectadas visualmente durante una primera visita a la ruta, las cuales son: deficiencias en el sistema de alcantarillado, demarcación y señalización, ausencia o existencia de paradas inadecuadas para el usuario que emplea el servicio de transporte público. También se levantó información general de la ruta: tipo de superficie de ruedo, su ancho, su estado (bueno, regular, malo), derecho de vía, y existencia o inexistencia de cunetas y espaldones.

Dichos formularios, cabe destacar fueron pensados para que su llenado fuera de manera casi que intuitivo, pues no se consideró importante dar una descripción de cómo llenarlos. Además, las versiones digitales de los formularios propuestos se muestran en los apéndices I, II y III, ya debidamente llenos, con lo cual se puede observar cómo se podrían utilizar.

## Inventario

Para realizar el levantamiento de inventario de alcantarillas transversales a la vía, y de paradas de autobús para la ruta 10 (Paraíso-Naranjo), se hizo uso de los formularios propuestos, los cuales se muestran en los apéndices I, II y III. Se decidió recorrer la ruta a pie, debido a que, para la actividad de identificación y localización de alcantarillas, se detectó que en vehículo difícilmente se puede observar la existencia o no existencia de alcantarillas dado que algunas se encuentran sumamente escondidas debajo de la vegetación. El levantamiento fue realizado por dos personas, una persona llevó el control del

estacionamiento mediante el GPS odómetro y registro de coordenadas mediante el Mobile Topographer, y la otra persona llenó formularios y registró fotografías.

Se logró inventariar 11 kilómetros el día 25 de agosto del 2016, desde Paraíso hasta el centro de Cervantes (parada de autobuses frente a la iglesia), y los otros 9 kilómetros el día 7 de setiembre del 2016, de Cervantes hasta Naranjo (parada de autobuses frente la iglesia). Se caminó por el sentido izquierdo de la vía, y se contó en todo momento con chalecos reflectivos de seguridad.

## Procedimiento en Campo

### Inventario de Puntos de Control

Los puntos de control son secciones de control, que se documentaron a cada kilómetro. En cada punto de control, se marcó una señal en la superficie de rodamiento con pintura en aerosol, como se muestra en la figura 17.



Figura 17. Punto de control 19. (Fuente: Elaboración propia.)

Cada punto de control quedó registrado fotográficamente. Se registró, además, una fotografía de la sección de la ruta en ese punto, con el fin de generar una muestra representativa de la sección de la ruta. Con el objetivo de tener parámetros para clasificar la ruta 10 de una mejor manera, para cada punto de control se anotó en el formulario: datos generales de la vía, (mostrado en el apéndice I), información acerca del estacionamiento, código de la fotografía tomada, superficie de rodadura, y derecho de vía (distancia entre cerca y cerca o distancia que físicamente fue posible de medir con el uso de una cinta métrica).

Se registró el posicionamiento de cada sección de control empleando la aplicación Mobile Topographer.

### Inventario de Alcantarillas

Conforme se fue recorriendo la ruta, se fueron encontrando las alcantarillas. Se anotó en el formulario: identificación de alcantarillas, información acerca del estacionamiento en donde se encuentra la alcantarilla, el tipo de alcantarilla (sencilla, doble, triple), las dimensiones de la sección transversal de cada una de las alcantarillas, la longitud de lado a lado de la carretera, el estado (obstruida, medianamente obstruida, limpia), la existencia o no de cabezales, y finalmente los códigos de las fotografías de entrada, y de salida de la alcantarilla. Se registró el posicionamiento de cada alcantarilla empleando la aplicación Mobile Topographer.

Para el inventario se debe indicar el kilometraje de la vía en donde se encuentra y se debe medir su longitud en metros con aproximación al centímetro. Además, se debe indicar el tipo de material con el que han sido construidas, el porcentaje de colmatación o azolvamiento en el que se encuentran y si posee cabezales y/o tragantes. (Secretaría de Obras Públicas Transporte y Vivienda, 2012).

El estado de las alcantarillas se clasificó como limpia (menos del 5% de la sección transversal con obstrucciones), medianamente obstruida (entre el 5 y el 25% de la sección transversal obstruida), obstruida (más del 25% de la sección transversal obstruida).

### Inventario de Paradas de autobús

Conforme se fue recorriendo la ruta, se fueron fotografiando las paradas de autobús existentes. Se anotó el código de la fotografía, y se registró la posición de cada una de las paradas empleando la aplicación Mobile Topographer. Es importante mencionar que se desconocen todos esos puntos en donde no existe rótulo, o parada física de autobús, es decir, paradas oficiales, pero sin ser fácilmente reconocibles durante el recorrido del levantamiento.

## Identificación de puentes

Con el objetivo de efectuar una inspección visual del estado de los puentes, conforme se recorrió la ruta, se registró la posición mediante Mobile Topographer, y también se registró una fotografía de cada uno de los puentes. Se anotó el nombre del río o quebrada, el estado del cauce (obstruido, medianamente obstruido, limpio, otro), el tipo de material (concreto reforzado, acero, madera), el tipo (viga simple, marco rígido, cercha paso superior, arco paso superior), el ancho, la longitud, protección lateral (pasamanos metálico, o de hormigón, de madera, de mampostería, no existe), y el número de carriles. Cabe mencionar, que dadas las condiciones (topográficas, cercas, vegetación) no fue posible revisar visualmente la condición de los puentes desde un ángulo favorable para visualizar adecuadamente, y de manera segura, la sección inferior, por lo que dichas secciones no se pudieron fotografiar.

## Mejoras técnicas; Alcantarillas

El criterio para categorizar una alcantarilla como aceptable, no aceptable o excelente se basa en que una alcantarilla no debe pasar más de una semana sin que una obstrucción dada sea removida, o más de un mes sin que reciba mantenimiento correctivo, en caso de aparición de grietas o fallas en los delantales, aletones, cabezales o hundimientos debido a la falla de la alcantarilla. La sección 800-Drenajes, del Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras es de donde se obtuvo las pautas concernientes a las alcantarillas y aquí contempladas, y discutidas en el análisis de resultados. Contiene todos aquellos aspectos por considerar cuando se requiere dar mantenimiento a las alcantarillas, y también otros aspectos importantes como de control de calidad, colocación y transporte. (Secretaría de Integración Económica Centroamericana, 2010)

## Mejoras técnicas; Paradas de Autobús

Con respecto a las paradas de autobús, se propuso mejoras técnicas orientadas a mejorar el

nivel de servicio de la ruta 10. Dichas propuestas observan las recomendaciones y criterios del SIECA 2011.

## Puentes

Se realizó una investigación respecto de los criterios existentes y fueron comparados con la información con que se cuenta con el objetivo de reconocer variables que deben de considerarse ante la tarea de evaluar los puentes. Se encontró de gran utilidad los criterios de la Secretaría de Integración Económica Centroamericana 2010, y del Manual de Inspección de Puentes del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT).

## Mejoras Técnicas; Puentes

Las actividades identificadas preliminarmente para la evaluación de los puentes van orientadas a reconocer los criterios para plantear las actividades propias del mantenimiento rutinario y periódico aplicado a los puentes, lo que responde a limpieza y reparaciones puntuales y menores de los puentes, particularmente enfocadas en mejorar la seguridad vial.

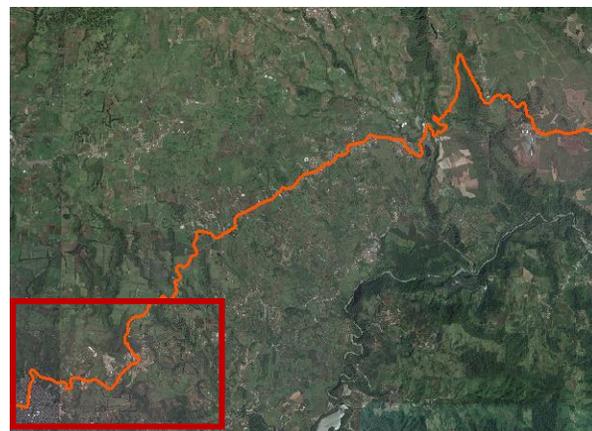
Los criterios empleados son los criterios propuestos por la Secretaría de Integración Económica Centroamericana 2010. Así mismo, se observa los criterios propuestos por el Manual de Inspección de Puentes del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT).

## Uso de ArcGis

Para efectos de una mejor visualización de la información recopilada en los inventarios se utilizó el sistema de información geográfica ArcGis, puesto que el uso de este paquete computacional es bastante útil como herramienta de revisión, gestión y visualización de toda la información obtenida mediante el trabajo de campo. La figura 18 es un ejemplo de la interfaz de ArcGIS.



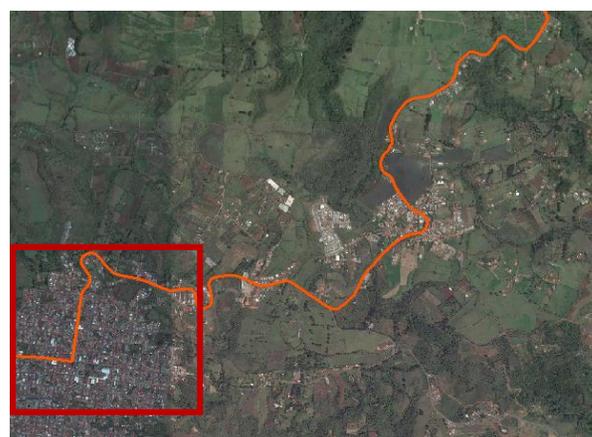
**Figura 18.** ArcGIS (Fuente: Google imágenes)



**Figura 19.** Modelo de la ruta estudio, proyectado sobre imagen de alta resolución de Google Earth a escala 1: 80,000 (Fuente: Elaboración propia empleando ArcGIS)

## Imágenes de Alta Resolución

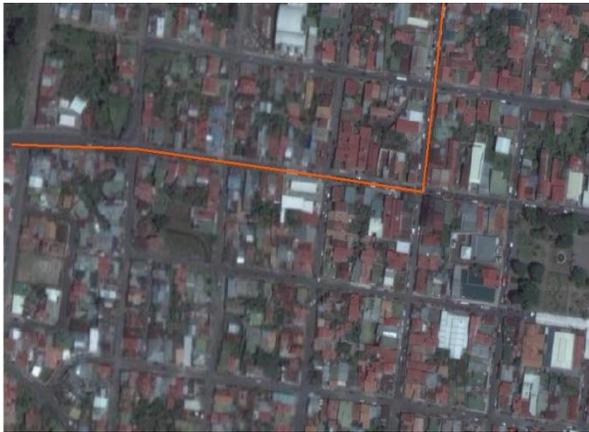
Como resultado de incursionar en la aplicación de ArcGIS, se optó por el uso de imágenes de alta resolución de Google Earth obtenidas de SASPlanet como recurso para proveer acercamientos y resoluciones aceptables a fin de que se pueda observar, localizar y ubicar acertadamente cualquier punto de control, alcantarilla, puente o parada de autobús registrado en la base de datos producto del levantamiento de inventario. Estas imágenes de alta resolución permiten visualizar la zona claramente desde poco acercamiento, hasta un acercamiento de tan sólo metros sobre la superficie, lo cual permite acercarse tanto como se necesite, teniendo una adecuada percepción del posicionamiento de los puntos inventariados en el mapa, tal como se puede percibir en tres acercamientos a discreción, representados por el cuadro en rojo, mostrado en las figuras 19, 20, 21 y 22:



**Figura 20.** Primer acercamiento al modelo de la ruta a escala 1: 25,000 (Fuente: Elaboración propia empleando ArcGIS)



**Figura 21.** Segundo acercamiento al modelo de la ruta a escala 1: 8,000 (Fuente: Elaboración propia empleando ArcGIS)



**Figura 22.** Tercer acercamiento al modelo de la ruta a escala 1: 1,500 (Fuente: Elaboración propia empleando ArcGIS)

## SASPlanet

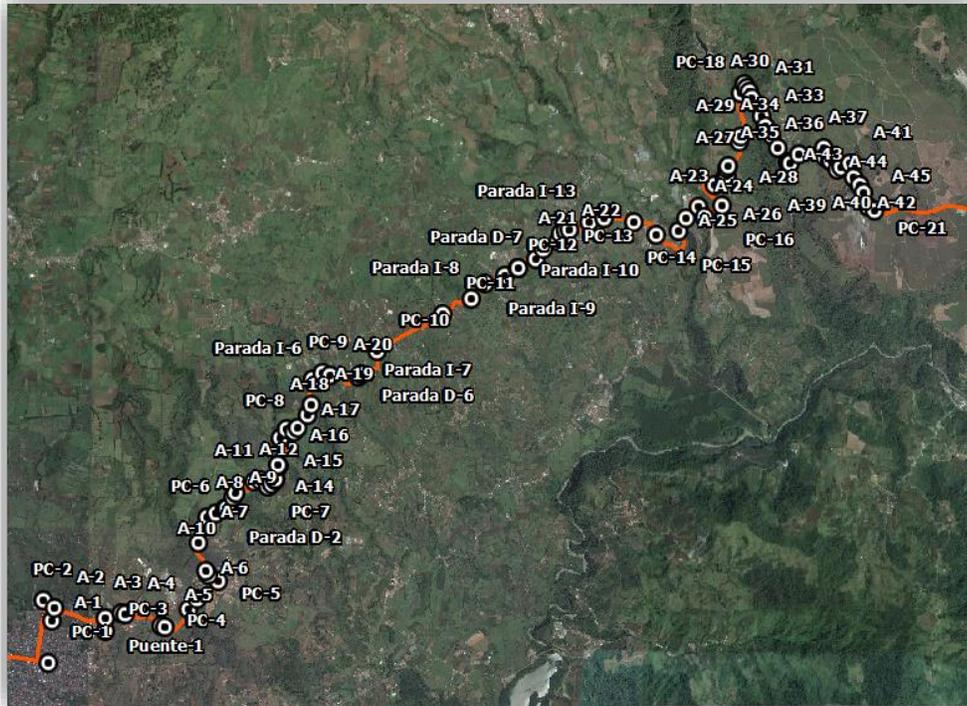
Se descargó el software libre SASPlanet, y se utilizó la versión más reciente de la fecha 11-11-2015, la cual no necesita instalarse. El procedimiento fue el siguiente: Se acercó el área, se encerró el área de interés con un polígono, se seleccionó la resolución deseada, se eligió el formato de salida (muy importante, se debe escoger formato .ecw dado que es el más apropiado para ArcGis), se le dio nombre, se escogió la carpeta de salida, se confirmó que se utilizaría como mapa base el Google Maps, se escogió zoom 19, y finalmente se le seleccionó la opción: guardar. El resultado es una imagen

georreferenciada con el sistema de coordenadas elegido (en este caso CRTM05).

## ArcMap

Una vez que se contó con la imagen de alta resolución de la región, se utilizaron capas de información contenidas en la base de datos Atlas Costa Rica 2014, fue de particular utilidad, la capa de datos: redcaminos2014crtm05, esta fue colocada sobre la imagen de alta resolución, y desde ella es posible visualizar toda la red vial de Costa Rica. Siguiendo de esta manera, se aisló el tramo de la ruta 10 en estudio, y se añadió la información obtenida durante el levantamiento mediante el Mobile Topographer, por el cual fue posible de cargar dado el formato de salida que ofrece la aplicación, formato KML.

A continuación, en la figura 23, se muestra cómo lucen las capas conforme se describió, que, dicho sea de paso, están georreferenciadas de acuerdo con el sistema de coordenadas geográficas CRTM05.



**Figura 23.** Capas de información sobre imagen de alta resolución (Fuente: Elaboración propia empleando ArcGIS)

Como se puede observar, la ruta 10 es el trazo irregular de color anaranjado. La serie de puntos mostrados, corresponden a puntos etiquetados como puntos de control (PC), alcantarillas (A), paradas de autobús (Parada D/I), y puentes.

## Tabla de Atributos

Como parte de las funciones de ArcMap, es posible la creación de extensas bases de datos que se pueden ordenar y manejar de manera sistematizada, ordenada y eficiente mediante la creación de tablas de atributos. Una tabla de atributos tiene la capacidad de contener información de cada uno de los elementos que pertenecen al inventario, principalmente y entre ellos se destaca: nombre del elemento, posicionamiento (latitud, longitud, altitud), fotografías, información descriptiva cualitativa y cuantitativa.

## Visualización

Con respecto a la forma de visualizar la información contenida en la base de datos (fotografías, nombre, descripciones, posición geográfica), ArcMap tiene una herramienta denominada: HTML popup. Esta herramienta resulta muy útil por ello es posible seleccionar con el cursor cualquier punto deseado, y en seguida se despliega una ventana que contiene toda la información acerca del elemento. Se adjunta en un disco todos los archivos requeridos para poder visualizar la información mediante el uso del paquete computacional ArcGis. En la sección de resultados se muestra cómo luce una ventana de información tal como se ha descrito.

# Caudal de Diseño

Con el objetivo de revisar el cumplimiento del caudal de diseño de las alcantarillas para un período de retorno de 25 años, se revisó literatura para identificar los aspectos requeridos de observar con respecto al diseño de alcantarillas, y se encontró que el primer paso para diseñar una estructura de drenaje es estimar el volumen de agua llegado a ella en un período determinado. Se identificó además que requieren estudios hidrológicos, topográficos e hidráulicos, y principalmente, conocer las características singulares de la zona, pues las características inciden en el comportamiento de la demanda. Existen dos fases importantes en el ciclo hidrológico las cuales son la precipitación y el escurrimiento. El volumen de agua llegada a una estructura de drenaje en un período determinado de tiempo es llamado descarga de diseño o caudal de diseño, y cuando se trata de diseño, éste debe de ser determinado con la mayor precisión posible con la finalidad de seleccionar adecuadamente el tamaño de sección apropiado.

## Caudal de Escorrentía

El caudal de diseño o caudal de escorrentía, según (Dobles, 2013), es el agua que discurre y cae sobre una superficie de suelo, no se infiltra, no es absorbida por la vegetación, ni se estanca en alguna parte de la superficie. Existen varios elementos interventores en la escorrentía, los cuales son: la permeabilidad del suelo, la intensidad de lluvia, la pendiente del terreno, la resistencia que ofrece el relieve irregular del suelo, la cobertura vegetal, el área de la cuenca hidrográfica y sus características fisiográficas.

## Cálculo: Caudal de Escorrentía

Para el cálculo del caudal de escorrentía se utilizó el método racional. Según Dobles (2013) el método racional se origina en el tipo de análisis que realiza. El caudal es establecido mediante la siguiente relación:

$$Q = \frac{1}{3,6} C i A$$

Ecuación-1

Q = Caudal en m3/seg  
 C = Coeficiente de escorrentía  
 i = Intensidad de lluvia (de diseño) en mm/hora  
 A = Área tributaria en km<sup>2</sup>

## Coeficiente de Escorrentía

El coeficiente de escorrentía se designa con la letra C, y tiene un valor inferior a la unidad pues representa la razón entre escorrentía y precipitación. Podría tener un valor igual a 1 en el caso donde toda la precipitación se convirtiera en escorrentía, lo cual implica que el área donde cae la lluvia sea impermeable y por esto no actúe como depósito. (Dobles, 2013)

A continuación, se muestra en la figura 24, una tabla que contiene coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional:

Características de la superficie	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Area de cultivos</b>							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
<b>Pastizales</b>							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.40	0.46	0.49	0.53	0.60
<b>Bosques</b>							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Figura 24. Coeficientes de escorrentía Fuente: (Ven Te Chow, 1994)

Para un periodo de retorno de 25 años, y zonas boscosas, el coeficiente de escorrentía varía de 0,31 a 0,45. Se usó en los cálculos 0,45 por razones de realizar un análisis más conservador.

## Tiempo de Concentración (tc)

En cuanto a la duración de lluvia, se ha dicho que se considera una duración igual al tiempo de concentración, que es el tiempo que tarda el agua en hacer el recorrido del punto más alejado al

punto de concentración o captación en la cuenca hidrográfica. (Dobles, 2013)

De los trabajos realizados por C.E. Ramser y P. Kirpich, éste último obtuvo la siguiente fórmula para calcular el tiempo de recorrido del terreno:

$$t_c = 0,0195 \cdot (L^3/h)^{0,385} \quad \text{Ecuación-2}$$

En la cual:

$t_c$  = Tiempo en minutos

L = Longitud del cauce principal en metros

h = Diferencia de elevación entre los puntos extremos del cauce principal en metros.

### Intensidad de la lluvia (i)

Tasa temporal de precipitación, o sea, la profundidad por unidad de tiempo (mm/h) y se expresa como:

$$i = \frac{P}{D}$$

Ecuación-3

Donde P es la profundidad de la lluvia en mm o en pulgadas, y D es la duración, dada usualmente en horas. (Ven Te Chow, 1994)

El instituto meteorológico nacional elaboró curvas de intensidad duración frecuencia de algunas estaciones meteorológicas mecánicas, dentro de estas estaciones está una en Pacayas. Se encontró apropiado emplear la información de la estación de Pacayas, ya que la zona se encuentra en tierras de mayor elevación y hacia el norte de la ruta 10.

Seguidamente, puede calcular el tiempo de concentración  $t_c$  y con ese valor entrar al gráfico que representa un periodo de retorno de 25 años, para encontrar la intensidad de la lluvia en mm/hr. A continuación, se muestra en la figura 25 las curvas intensidad duración frecuencia de la estación Pacayas de la cual se obtuvo las intensidades de precipitación en mm/hr para la zona de Pacayas:

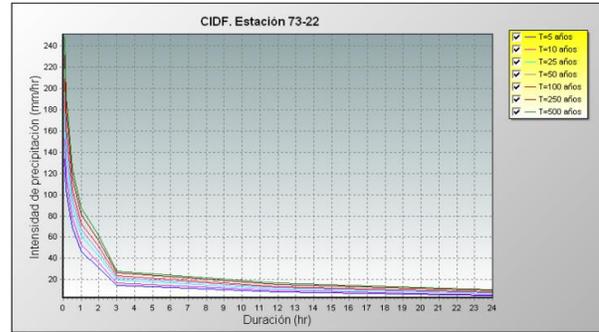


Figura 25. Curvas Intensidad Duración Frecuencia  
Fuente: (Instituto Meteorológico Nacional, 2011)

Se muestra en el Anexo II, una ampliación de la figura anterior.

### Modelo de Elevación Digital (DEM)

Para delimitar automáticamente una cuenca utilizando ArcGis se requirió la creación de un modelo de elevación digital (DEM) mediante ArcMap, herramienta de ArcGis, a partir de una capa shape tomada del Atlas Costa Rica llamada relieve2008crtm05. Dicho modelo de elevación digital se muestra en la figura 26, a continuación:

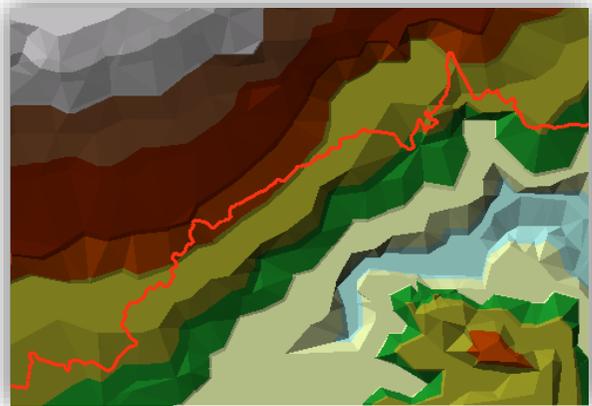
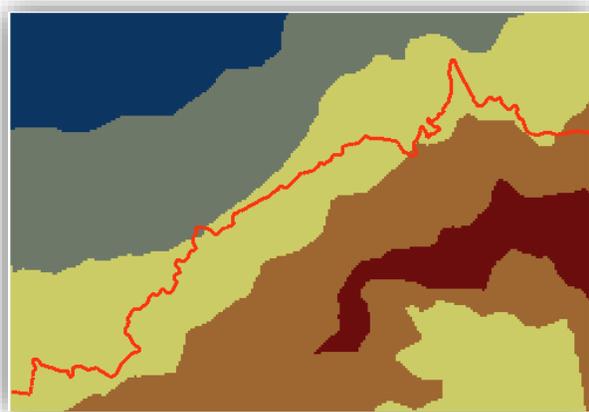


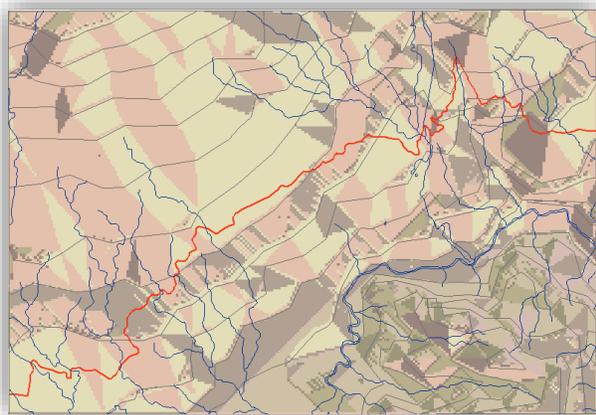
Figura 26. Modelo de elevación digital (Fuente: Elaboración propia empleando ArcGIS)

Es necesario corregir el modelo de elevación digital, el cual se muestra en la figura 27, pues normalmente se presentan celdas con direcciones de drenaje indefinidas, lo que quiere decir que ninguna celda rodeándola es de menor elevación.



**Figura 27.** Modelo de elevación digital corregido. (Fuente: Elaboración propia empleando ArcGIS)

Seguidamente se define la dirección de flujo de la red hídrica, para lo cual es posible crear con ArcGis un ráster definiendo el flujo direccional de cada celda con la celda vecina que tenga la elevación más baja. A continuación, en la figura 28, se muestra el modelo empleado para encontrar las áreas y las longitudes de las cuencas, lo cual fue posible debido a que el modelo muestra la dirección del flujo para cada cuenca. Cada color representa una dirección de flujo.



**Figura 28.** Modelo: Dirección del flujo hídrico (Fuente: Elaboración propia empleando ArcGIS)

En la figura anterior se puede observar el modelo de flujo de la red hídrica, a la cual se le superpone recortes de capas del Atlas Digital Costa Rica 2014; Redcamino2014crtm05 (en rojo), y representa la ruta en estudio. Relieve2008crtm05

(curvas de nivel en color gris). Rios1200000crtm05 (color azul), representa la red hídrica de la zona.

## Cuencas en Estudio

Se utilizó el modelo creado y mostrado en el apartado: Uso de ArcGis; Éste se empleó para ubicar las alcantarillas inventariadas, y una vez ubicadas, se identificó aquellas alcantarillas que reciben la descarga de las principales cuencas de la zona mediante el uso del modelo mostrado en la figura 28. Modelo: Dirección del flujo hídrico.

Las alcantarillas identificadas son las alcantarillas A-11, A-23, A-37, A-41. Tres de ellas de sección rectangular y una de ellas de sección circular.

Para cada una de las alcantarillas identificadas es posible identificar fácilmente mediante el modelo de dirección de flujo hídrico, las áreas tributarias en km<sup>2</sup> y las longitudes de los cauces principales en metros. Mediante el modelo de elevación digital se pudo determinar la diferencia de elevación entre los puntos extremos del cauce principal, en metros.

Finalmente, se aplica la fórmula del método racional para determinar el caudal de escorrentía.

## Calculo: Caudal de Diseño

Las alcantarillas se consideran canales abiertos, con flujo uniforme, pues la condición de carga a la entrada o a la salida no es frecuente en estas estructuras. (Dobles, 2013)

## Manning-Strickler

Las estructuras de drenaje deben satisfacer en cualquier punto la relación  $Q \leq Q_1$ , en la cual Q es el caudal de escorrentía ya definido, y Q<sub>1</sub> es el caudal de saturación o la capacidad de la estructura de drenaje, que se puede calcular por las fórmulas conocidas de Manning-Strickler, u otras bajo la consideración de canal abierto, si este es el caso. (Dobles, 2013)

A continuación, la fórmula de Manning-Strickler:

$$Q1 = S * \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * \sqrt{i}$$

Ecuación-4

Donde:

- S= Superficie mojada
- R=Radio hidráulico Medio
- i = Pendiente del canal o alcantarilla
- 1/n = coeficiente de rugosidad

## Pendiente (i)

No se obtuvo en campo la pendiente de cada alcantarilla, pero por tratarse de una revisión, el cálculo del caudal de diseño se realizó considerando la suposición de una pendiente mínima del 2%, dado que puede considerarse como límite inferior mínimo aceptable.

## Coeficiente de Manning (n)

El valor más recomendable para usar en los diseños es 0,013. Para tuberías antiguas, cuando se tenga dudas de la calidad de la construcción, es conveniente utilizar un valor más alto, tal como 0,015. (Infante, 2006)

## Secciones Rectangulares

Según Béjar (1995) para calcular las propiedades o relaciones geométricas para secciones rectangulares, como la que se muestra en la siguiente figura 29, se emplea las siguientes fórmulas:

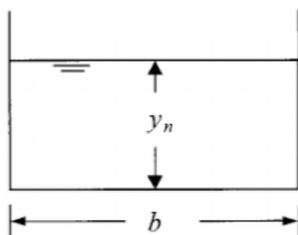


Figura 29. Canal rectangular (Fuente: Imágenes de Google)

$$T = b \dots \dots \dots \text{Ecuación-5}$$

$$R = by/(b+2y) \dots \dots \dots \text{Ecuación-6}$$

$$P = b+2y \dots \dots \dots \text{Ecuación-7}$$

$$A = by \dots \dots \dots \text{Ecuación-8}$$

## Secciones Circulares

Según Béjar (1995), para calcular las propiedades o relaciones geométricas para secciones circulares, como la que se muestra en la figura 30, a continuación, se emplea las siguientes fórmulas:

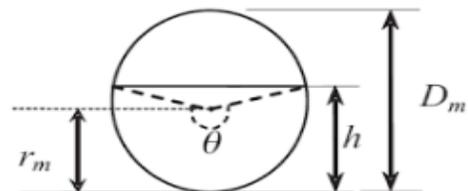


Figura 30. Canal circular (Fuente: Imágenes de Google)

$$r = D/2 \dots \dots \dots \text{Ecuación-9}$$

$$\theta = 2 * \cos^{-1}(1 - \frac{y}{r}) \dots \dots \dots \text{Ecuación-10}$$

$$A = 0,5 * r^2 * (\theta - \sin \theta) \dots \dots \dots \text{Ecuación-11}$$

$$P = r * \theta \dots \dots \dots \text{Ecuación-12}$$

$$R = A/P \dots \dots \dots \text{Ecuación-13}$$

## Registro de Video

Con el objetivo de obtener un video georreferenciado que permita identificar el estado de las cunetas, hombros o espaldones señalización y demarcación general de la vía, se utilizó la aplicación para teléfonos inteligentes Autoboy.

## Procedimiento

El procedimiento fue sencillo; se sujetó firmemente el teléfono inteligente al retrovisor del vehículo en

el cual se realizó el recorrido, con ayuda de un par de ligas de goma, y se procedió a grabar el video. Seguidamente se observó el video, y se obtuvo capturas de pantalla de los casos típicos del estado de las cunetas, hombros, señalización y demarcación general de la vía que se presentan de manera regular a lo largo de la ruta. Luego se procedió a investigar criterios y parámetros deseables con respecto a las cunetas, espaldones, señalización y demarcación general de la vía con el fin de proponer recomendaciones de mejoras.

## Mejoras técnicas; Cunetas

Las disposiciones para la construcción de cunetas revestidas, y para la reconformación de cunetas sin revestir se pueden encontrar en la sección 804- Construcción de cunetas revestidas y en la sección 805-Reconformación de cunetas sin revestir del Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras. (Secretaría de Integración Económica Centroamericana, 2010)

## Mejoras técnicas; Hombros o espaldones

En la sección 500-Hombros, del Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras se presenta en detalle aspectos de rehabilitación y de mantenimiento para Hombros, los cuales son aplicables a la ruta en estudio y en general a la red vial nacional. Complementariamente se observan las disposiciones del SIECA 2011.

## Mejoras técnicas; Señalización

El Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito de la SIECA, agosto 2004, es el que debe emplearse en Costa Rica.

## Evaluación: Señalamiento Vial

Se utilizarán los criterios establecidos por el MOPT para evaluar la suficiencia de señalamiento en la vía, dándole un valor entre 1 y 5 al tramo de

estudio. (MOPT, Dirección General de planificación sectorial, 2014). Estos criterios son:

1. No existen señales o son tan inadecuadas que no proveen información útil al conductor.
2. Existen muy pocas señales de modo que el usuario que no conoce bien el camino no puede confiar en que le proveerá la información requerida.
3. El señalamiento es regular en cuanto a cantidad y ubicación, siendo notable la falta de algunas señales de precaución y de guía.
4. El señalamiento es bastante completo, faltando solamente algunas señales de guía para usuarios que no conocen el camino.
5. Las señales son completamente adecuadas en número y ubicación, propiciando así toda la información que el usuario pueda necesitar para conducir con seguridad y tranquilidad.

Puede encontrarse en la sección 902-Mantenimiento y/o reposición de señalización vertical todas las disposiciones dirigidas a la señalización vertical, y se puede encontrar todos los detalles en la sección 901-Mantenimiento y/o reposición de señalización horizontal del Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras, (Secretaría de Integración Económica Centroamericana, 2010)

De manera complementaria, puede revisarse la sección 718- Materiales para señalamiento y demarcación del Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes, CR-2010.

# AutoCAD Civil 3D

La velocidad de diseño se puede obtener al despejar de la ecuación-14 la variable  $V$ , de la fórmula de radio mínimo. Los detalles se explican a continuación:

## Alineamiento Horizontal

La línea de centro de una carretera se conforma de un conjunto de rectas o tangentes y curvas que pueden ser circulares o arcos de enlace entre tangentes, este conjunto conforma una proyección horizontal del eje de la vía conocido como

alineamiento horizontal. La curvatura se puede expresar por su radio o por el ángulo de desviación de las tangentes enlazadas, al cual se le llama ángulo de la curva. El trazado del alineamiento horizontal se controla principalmente por las siguientes consideraciones: Categoría de la carretera (primaria, secundaria, terciaria), topografía del área, velocidad de diseño, distancia de visibilidad, coordinación con el perfil, costos de construcción. (SIECA , 2011)

## Modelado

Con el objetivo de estimar los radios de giro, y por medio de las fórmulas, obtener las velocidades de diseño de las curvas, se utilizó AutoCAD civil 3D imágenes satelitales de alta resolución de Google Earth, obtenidas de SASPlanet, para crear una polilínea sobre la línea de centro de la carretera, y seguidamente, con la polilínea y las herramientas de AutoCAD Civil 3D, es posible modelar el alineamiento horizontal de la carretera. Cuando se modela el alineamiento horizontal de la carretera, se puede obtener cuadros con información acerca de todos los parámetros geométricos de las curvas. Es posible exportar toda la información de interés a una hoja Excel.

## Radio Mínimo

Existe una relación entre la velocidad de diseño y el radio de curvatura. Esta relación se gobierna por la ecuación que describe la operación de un vehículo en una curva, además la ecuación limita un radio mínimo para cierta velocidad de diseño. (SIECA , 2011). Esta ecuación es:

$$R = \frac{V^2}{127 * (e + f)}$$

*Ecuación-14*

En donde:

R: radio de curvatura (m)

V: velocidad de diseño (km/h)

e: tasa de peralte de la carretera (%)

f: factor de fricción lateral

## Peralte

Para obtener el peralte de todas las curvas, se realizó un recorrido en vehículo el día 24 de febrero del 2017, durante el cual se empleó la aplicación Bubble Level para obtener el grado de inclinación de cada curva, dato que fue anotado en una hoja de Excel. El valor empleado es el valor paralelo a la sección transversal de la ruta.

## Fricción lateral

Según (Dobles, 2013), cuando se trata de estabilidad de los vehículos en las curvas, se emplea un coeficiente de rozamiento en la dirección transversal a la calzada, y éste es del orden de 0,16, pues se han obtenido valores entre 0,12 y 0,20. Para radio mínimo de curva hay razones que obligan a introducir factores de seguridad altos. Debe pensarse en virajes adicionales de las ruedas directrices cuando el vehículo es solicitado transversalmente por la fuerza del viento, "la pérdida de peso" del vehículo, debido a las vibraciones verticales de las ruedas lo que ocasiona disminución de la adherencia. Por lo tanto, se limita el coeficiente de fricción a 0,16 como máximo valor recomendable para velocidades de hasta 100 km/hora.

## Procedimiento

Como valores iniciales se cuenta con las longitudes de los radios de las curvas en metros, valores obtenidos como se describió antes, en el apartado AutoCAD Civil 3D, y se utiliza 0.16 como máximo valor recomendable, según Miguel Dobles. Con estos valores iniciales, y empleado la Ecuación-14, es posible obtener una aproximación inicial de velocidad de diseño de cada una de las curvas. Con dicha velocidad, se emplea la tabla de coeficientes de fricción absoluta, en el Anexo II, se interpola para obtener el coeficiente de fricción según la velocidad, y se repite el procedimiento de nuevo, hasta que coeficiente de fricción se mantenga constante.

Las velocidades resultantes responden a las velocidades de diseño de las curvas, y es posible obtener un promedio de las velocidades de diseño de las curvas.

# Normalización

Según el diccionario de la Real Academia de la lengua española, la palabra normalización significa regularizar o poner en orden lo que no estaba, o hacer que algo se ajuste a una norma, regla o modelo común.

Con el fin de valorar la posibilidad de disminuir el tiempo de recorrido de la ruta, las velocidades de las curvas se deben de ajustar a una velocidad dada, donde se presta especial importancia a reducir los cambios bruscos de velocidad. Una vez que se conoce la velocidad promedio de las curvas, es posible proponer diferentes tamaños de radios y analizar cómo afectan los nuevos cambios a la velocidad promedio de diseño, y a su vez, cómo influyen estos cambios al tiempo de recorrido de la ruta.

Como valores iniciales se cuenta con las longitudes de los radios de las curvas en metros, valores obtenidos como se describió antes, en el apartado AutoCAD Civil 3D, y se utiliza 0.16 como máximo valor recomendable, según Miguel Dobles. Con estos valores iniciales, y empleado la Ecuación-14, es posible obtener una aproximación inicial de velocidad de diseño de cada una de las curvas. Con dicha velocidad, se emplea la tabla de coeficientes de fricción mostrada en el Anexo VII, se interpola para obtener el coeficiente de fricción según la velocidad, y se repite el procedimiento de nuevo, hasta que coeficiente de fricción se mantenga constante.

Las velocidades resultantes responden a las velocidades de diseño de las curvas, y es posible obtener un promedio de las velocidades de diseño de las curvas.

Existe una serie de aspectos que según SIECA 2011, que hacen de la normalización un aspecto sumamente importante por cuanto a la capacidad funcional y de servicio de una carretera; como por ejemplo: La seguridad vial está optimizada al conectar los elementos geométricos a la velocidad de diseño, de modo que la geometría resultante tiene una coherencia que reduce la posibilidad que un conductor se enfrente con una situación inesperada. Este concepto de expectativa del conductor forma la base del conjunto de normas de diseño en las que quedan explícitos los aspectos de seguridad. Donde sea posible, las calles arteriales deben diseñarse y los dispositivos de control regularizarse para permitir velocidades de marcha de 30 a 75 KPH. Las

velocidades altas en caminos rurales representan un problema de seguridad por lo que actualmente los proyectistas se concentran en intentos de controlar y reducir la velocidad. Para lograr este objetivo, las velocidades altas son sacrificadas para preservar la seguridad. Un itinerario muy heterogéneo puede requerir una subdivisión en secciones y una velocidad de diseño diferente en cada sección. En estos casos que no son nada deseables, el cambio de velocidad no debe ser grande, un orden de 20 km/hora es aceptable.

Tomando en cuenta la señalización y la demarcación horizontal de la ruta, se encontró que la velocidad de diseño esperada es de 60 km/h en general, de 40 km/h en tramos que atraviesan zonas pobladas y comerciales, y de 25 km/h en zonas escolares. Esto es un indicio preliminar de la velocidad de diseño que se puede preseleccionar para normalizar la ruta. Se preselecciona 50 km/h como la velocidad de diseño preliminar que se debe de utilizar para efectuar la normalización, como sigue: Se obtiene nuevamente la velocidad promedio de diseño de las curvas, pero esta vez, para todas aquellas curvas con velocidades de diseño menores que 50 km/h, se les considera con velocidad de diseño de 50 km/h. Una vez hecho esto, es posible obtener una nueva velocidad promedio de diseño de las curvas. Como se sabe que la velocidad de diseño de las curvas es uno de los elementos que controla la velocidad de ruedo en una carretera, es posible estimar la mejora en la disminución del tiempo de recorrido en un tramo dado. Si se recuerda que la velocidad es equivalente a la distancia recorrida en el tiempo de recorrido, es posible despejar el tiempo de recorrido.

## Capacidad

Un objetivo principal del análisis de capacidad es estimar el número razonable máximo de vehículos que una carretera puede acomodar con razonable seguridad, durante un período de tiempo. Si las carreteras operan cerca de su capacidad, el análisis de capacidad también estima el aumento de tránsito que una carretera puede acomodar mientras mantiene su nivel de operación prescrito. La capacidad frecuentemente se mide en vehículos por hora (veh/hr).

En carreteras de dos carriles, bajo condiciones ideales de tránsito y de las vías, se alcanzan

capacidades de 2800 automóviles por hora en ambos sentidos de la circulación. Las condiciones ideales se alcanzan con flujos ininterrumpidos, sin interferencia lateral de vehículos o peatones, sin mezcla de vehículos pesados en la corriente del tránsito, con carriles normales de 3.6 metros de anchos, hombros de ancho apropiado, altas velocidades de diseño y carencia de restricciones en la distancia de visibilidad de adelantamiento o rebase.

Para carreteras de dos vías, los valores básicos de la capacidad bajo condiciones ideales son descritos como sigue:

- ❖ Flujo ininterrumpido
- ❖ 3.60 m de ancho de carril
- ❖ 1.80 m de distancia mínima lateral (ancho del hombro)
- ❖ Sin vehículos pesados
- ❖ Velocidad de diseño  $\geq 90$  km/h
- ❖ Sin restricciones en la distancia de visibilidad de rebase.
- ❖ Sin interferencia de paso de peatones
- ❖ En ambas direcciones, el tránsito se considera igual (50%/50%)

Para el análisis de capacidad se empleó el SIECA y el Libro: Diseño Geométrico de Carreteras, ambos mencionados en la bibliografía.

Según (Dobles, 2013), para carreteras de dos carriles se considera que cada carril tiene un sentido, y por tanto se calcula la capacidad para ambos. Como ya se ha mencionado, según el Manual de Capacidad de Carreteras, en estas vías

se obtienen 2800 vehículos por hora en condiciones ideales (ambos sentidos). Este valor de capacidad se puede conocer como capacidad real, si se le multiplica por los factores que toman en cuenta el alejamiento de las condiciones ideales:

$$C = (2800) * f_a * f_d * f_i * f_e * f_s * f_p$$

En la cual:

C = Capacidad para ambos sentidos en veh/hora  
 $f_d$  = factor por obstáculos laterales a la derecha.  
 (Anexo VIII; Tabla 7.4.2)

$f_i$  = factor por obstáculos laterales a la izquierda.  
 (Anexo VIII; Tabla 7.4.2)

$f_e$  = factor que tiene en cuenta la experiencia de los conductores (1,0 en caso de conductores duchos, 0,75 a 0,90 para los no duchos).

$f_s$  = factor de distribución de tránsito en cada sentido. (Anexo VIII; Tabla 7.4.4)

$f_p$  = factor que tiene en cuenta la composición real del tránsito, cuyo valor es:

$$f_p = \frac{100}{100 - Pa - Pc - Pr + EaPa + EcPc + ErPr}$$

En donde:

$Pa$  = % de autobuses.

$Pc$  = % de camiones.

$Pr$  = % de vehículos de recreo.

$Ea$  = Equivalente de autobuses. (Anexo VIII; Tabla 7.4.3)

$Ec$  = Equivalentes de camiones. (Anexo VIII; Tabla 7.4.3)

$Er$  = Equivalente de vehículos de recreo. (Anexo VIII; Tabla 7.4.3)

Según SIECA 2011, las horas pico de la mayoría de las carreteras rurales, entre el 55 y el 70 por ciento del tránsito total se mueve en un solo sentido, por lo que la utilización de un 60 por ciento como factor promedio de distribución direccional parece razonable, a falta de otros elementos de juicio.

Una vez que se conoce la capacidad de la carretera, es posible comparar dicha capacidad con la demanda actual, y con la demanda proyectada a un año futuro de interés. La demanda actual se obtuvo de información facilitada por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), cuyos más recientes valores de demanda de tránsito corresponden a mediciones de Tránsito Promedio Diario (TPD), realizadas en el 2015, en las secciones de control en Birris, y en Naranjo, como se puede observar en el Anexo VI

Seguidamente, empleando la siguiente fórmula, según Miguel Dobles:

$$TPD_{final} = TPD_{inicial} * (1 + i)^n$$

Donde:

$TPD_{inicial}$  = Tránsito Promedio Diario Inicial

$TPD_{final}$  = Tránsito Promedio Diario Final

$i$  = Tasa de Crecimiento Promedio Anual

n = Número de años hasta el final del periodo de análisis.

Para determinar la tasa de crecimiento, también se empleó también la información del Anexo VI del MOPT donde se determinó el porcentaje de cambio en el crecimiento vehicular entre los años de los cuales se tiene información resultado de las mediciones, y posteriormente, se determinó el porcentaje de cambio en el crecimiento vehicular promedio anual, lo cual es sencillamente sumar todas las magnitudes de los cambios, y dividirlos por la cantidad de cambios, es decir, es la simple obtención de un promedio.

Según el SIECA, es difícil definir el período de diseño de una carretera porque los elementos principales pueden tener diferentes períodos de vida física. Cada segmento está sujeto a variaciones en la estimación de vida esperada debido a influencias no fácilmente sujetas al análisis, como la falta de mantenimiento o cambios radicales inesperados en el uso de la tierra, con los resultantes cambios en los volúmenes de tránsito, cargas y demandas. Se recomienda adoptar un período de proyección de veinte años como base para el diseño. Usualmente, la estimación del tránsito más allá de este período sobre una vía específica no se justifica debido a que no pueden preverse con ningún grado de precisión los cambios en la economía regional, población y desarrollo de la tierra a lo largo de la carretera. En este caso, se realiza una estimación a 10, 15 y 20 años, para analizar el comportamiento, y valorar la posibilidad de requerir una ampliación. Es importante notar que los datos con los que se cuenta son datos registrados desde el año 1987, hasta el año 2015. Partiendo como año cero de análisis, se toma el año 2015, lo que significa que, para los horizontes de análisis de 10, 15 y 20 años son proyecciones realizadas a los años 2025, 2020 y 2035 respectivamente.

## Intensidad de Tránsito

El flujo máximo del tránsito en una carretera es su capacidad, que ocurre cuando se alcanza la densidad crítica y el tránsito se mueve a la velocidad crítica. Esto regularmente ocurre en la hora pico del volumen del tránsito, la hora pico es el período más crítico.

Se emplea el concepto de la treintava hora. En carreteras rurales, el valor de la 30 VHD (treintava hora) se sitúa normalmente entre el 12 y el 18 por ciento del TPDA con un término medio bastante representativo de 15 por ciento del TPDA. Para carreteras rurales de dos carriles, el valor de VHD es el tránsito total en ambos sentidos de viaje.

## Ampliación

Si se divide la intensidad al final del periodo de análisis por la capacidad de la carretera, calculados ambos como se describe anteriormente, cuando la intensidad excede la capacidad, es posible determinar el número de carriles requeridos para suplir la demanda, según el periodo de análisis.

# Resultados

## Inventarios

Como resultado del cumplimiento del primer objetivo de este proyecto, con el uso de los formularios, y de la información inventariada en ellos, se elaboró un informe del estado de las alcantarillas de la ruta, y un informe del estado de las paradas de autobús, con sus debidas recomendaciones de mejoras. Los formularios elaborados, como resultado del trabajo de campo (inventarios) se muestran debidamente llenos en los apéndices I, II y III. El apéndice I. Formulario: Datos Generales de la vía, muestra mediciones de derecho de vía, y de anchos de calzada para cada punto de control.

En esta sección, resultados, se muestra más adelante el formulario: Inventario de puentes, el cual fue requerido como complemento del segundo objetivo específico. Los inventarios realizados fueron empleados para realizar los informes presentados a continuación:

### Informe del estado de las Alcantarillas

El informe contiene fotografías para evidenciar el estado de cada una de las alcantarillas, su descripción y recomendaciones de mejoramiento para cada alcantarilla según su estado. Este informe puede observarse en el apéndice IV. A continuación, se muestra, en síntesis, el informe de alcantarillas:

Dispuestas a lo largo del tramo en estudio se encontró un total de 45 alcantarillas de hormigón con una longitud de entre 9 y 22 metros. Como estado en general, 87% de las alcantarillas presenta vegetación, sedimentos y obstrucciones, ya sea interiormente o en sus entradas.

En el siguiente gráfico, se muestra el estado de las alcantarillas, refiriéndose al

porcentaje de alcantarillas limpias, medianamente obstruidas, y obstruidas:



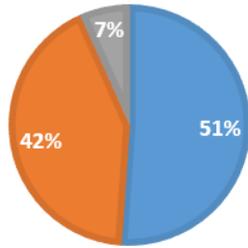
**Gráfico 1.** Estado de las alcantarillas.  
(Fuente: Elaboración propia)

Como se puede observar en el gráfico 1, un 22% de las alcantarillas se encuentran obstruidas, un 36% medianamente obstruidas, y un 42% limpias. A manera de observación, un total de 5 alcantarillas, lo que representa el 11% de las alcantarillas presenta una tubería u otro elemento no deseado atravesándolas de lado a lado, lo que representa una obstrucción.

Finalmente, se muestra en el gráfico 2, la clasificación de las alcantarillas según su condición (aceptable, no aceptable, excelente):

### CONDICIÓN DE LAS ALCANTARILLAS

■ Aceptables ■ No aceptables ■ Excelentes



**Gráfico 2.** Condición de las alcantarillas  
(Fuente: Elaboración propia)

Como se puede observar en el gráfico 2, un 51% de las alcantarillas se clasifican como aceptables, un 42% se clasifican como no aceptables, y un 7% en condición excelente. Para recordar, tal como se describió en la metodología, el criterio empleado para clasificar que una alcantarilla sea aceptable, no aceptable o excelente, se basa en que una alcantarilla no debe pasar más de una semana sin que una obstrucción dada sea removida, o más de un mes sin que reciba mantenimiento correctivo, en caso de aparición de grietas o fallas en los delantales, aletones, cabezales o hundimientos debido a la falla de la alcantarilla.

Como necesidad prioritaria se requiere en general de una limpieza manual para remover todo tipo de materiales que se encuentren obstruyendo las alcantarillas. Debe de limpiarse los cauces de entrada y salida existentes dentro del derecho de vía de la carretera y hasta una longitud de 50 metros dentro de cauces naturales aguas arriba y aguas debajo de la obra. Si las alcantarillas se encuentran enterradas, deben excavarlas para darles la forma original. La alcantarilla A-37 de la ruta en estudio, es un ejemplo claro de las condiciones ideales, y deseables de una alcantarilla, según las especificaciones y recomendaciones de distintos manuales. A continuación, se muestra la figura 31, la alcantarilla A-37:



**Figura 31.** Alcantarilla A-37  
(Fuente: Propia)

## Informe de Paradas de Autobús

Este informe contiene fotografías para evidenciar el estado de cada una de las paradas de autobús, y puede observarse en el apéndice V. A continuación, se muestra en síntesis el informe del estado de las paradas de autobús:

Dispuestas a lo largo de tramo en estudio, se encontró un total de 30 paradas de autobús. Dichas paradas se fueron contando en sentido Paraíso-Naranjo. Al lado derecho de la calle (Sentido: Paraíso-Naranjo) se encontraron 12 paradas de autobús. Al lado izquierdo de la calle (Sentido: Naranjo-Paraíso), se encontraron 18 paradas de autobús.

Con respecto a las paradas de autobús, un 70% de las paradas se encuentran en condiciones inaceptables, dado que no cuentan ya sea con caseta, losa de concreto y banca. Lo cual se establece como condiciones mínimas deseables para que una parada de bus sea aceptable, cómoda y segura. Un 10% de las paradas de autobús no tienen caseta. Un 43% de las paradas de autobús no cuentan con banca. Un 23% de las paradas de autobús no tienen losa de concreto (tienen piso de tierra). Un 67% de las paradas de autobús son provisionales (son hechas, no cuentan con características típicas).

# Puentes

A lo largo del tramo se encontraron cuatro puentes de dos carriles, y de concreto reforzado. Todos ellos presentan características similares; Todos cuentan con pasamanos de concreto. Visual, y superficialmente la superficie de rodamiento aparenta buen estado, se encuentra bien definida la demarcación de líneas separadoras de carriles, y se encuentran debidamente rotulados. A continuación, se muestra cuadro 1, formulario: Identificación de puentes:

**Cuadro 1.** Formulario para la Identificación de puentes

## IDENTIFICACION DE PUENTES

**Identificación de Puentes:**

Levantó: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Código del camino: □□□□□□□□ Ruta: □□□

Puente	Kilómetro	Nombre Río o Quebrada	Estado del Cauce	Material	Tipo	Ancho (m)	Long. (m)	Protección Lateral	Carriles	Códigos fotografías
P1	2+180	Páez	3	1	1	9,40	9,80	2	2	001
P2	3+477	Birrisito	2	1	1	5,00	10,50	2	2	002
P3	14+187	Birris	3	1	1	6,80	26,20	2	2	003
P4	17+140	Quebrada Honda	3	1	1	6,80	10,60	2	2	004

**Códigos:**

<u>Material</u>	<u>Tipo de puente</u>	<u>Estado del cauce</u>	<u>Protección lateral</u>
1 = Concreto Reforzado	1 = Viga Simple	1 = Obstruido	1 = Pasamanos metálico
2 = Acero	2 = Marco Rígido	2 = Medianamente Obstruido	2 = Pasamanos hormigón
3 = Madera	3 = Cercha Paso Superior	3 = Limpio	3 = Pasamanos madera
	4 = Arco Paso Superior	4 = Otro (describa)	4 = Mampostería
			5 = No existe

Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Fuente: Elaboración Propia.

## Acciones preliminares

Antes de realizar propuestas de mejoras técnicas para los puentes de la ruta 10 es necesario evaluar la condición de los puentes. La evaluación del estado de los puentes es una actividad compleja en la que intervienen muchas variables, y requiere del conocimiento adecuado y la pericia de profesionales calificados en el área.

Previo a dar mantenimiento a un puente, se debe realizar una adecuada inspección técnica, si existe un inventario el proceso es más sencillo, ya que al llegar al lugar ya se cuenta con información como: nombre del puente, ubicación del puente (tanto en estacionamiento respecto a la ruta como coordenadas del lugar), dimensiones del puente, tipo de puente, elementos del puente. Para efectuar una evaluación adecuada y de la misma forma en todos los puentes, es necesario llevar consigo un formato con el cual se evaluarán todos los elementos del puente y los de su entorno. El formulario debe ser sencillo y directo, para evitar conclusiones no apegadas a la realidad. Las respuestas deben ser categóricas y concisas. (Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA), 2010)

Para evaluar los puentes de la ruta en estudio, siguiendo los lineamientos del Manual de Inspección de Puentes del MOPT, primero se debe realizar una inspección visual del deterioro del puente, y segundo, se debe calificar el grado de deterioro del puente.

## Inspección Visual del Puente

Consiste en recopilar toda la información relacionada con el estado de deterioro sufrido por la estructura. La inspección visual que se realiza para la evaluación del deterioro del puente es parte importante de la inspección periódica de los puentes. Los datos son también utilizados para analizar un estimado de los costos de reparación del puente, priorizar la reparación del puente y clasificar el grado de deterioro de estos. Si los datos no son precisos o registrados correctamente, los resultados no son fiables para cumplir el propósito de la administración de puentes.

El trabajo del inspector es informar acerca de la condición estructural y de seguridad del puente, reconociendo que elementos necesitan

ser reparados para lograr mantener la seguridad de la estructura y evitar los costos de su reemplazo. Se requiere que el inspector de puentes debe provea registros precisos. Por las siguientes razones:

1. Establecer y mantener un archivo de la historia estructural.
2. Identificar y evaluar los requerimientos de la reparación de puentes.
3. Identificar y evaluar las necesidades de mantenimiento de puentes.

El inspector debe de estar pendiente de que los problemas menores sean corregidos a tiempo antes de que el daño evolucione y aumente así el costo de la reparación. (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2007)

Para efecto de realizar la inspección visual de los puentes, el Manual de Inspección de Puentes dispone de los siguientes formularios:

**Formulario-1** Inventario básico del puente. Características generales.

**Formulario-2** Inventario básico del puente. Detalle de superestructura.

**Formulario-3** Inventario básico del puente. Detalle de subestructura.

**Formulario-4** Inventario básico del puente. Planos.

**Formulario-5** Inventario básico del puente. Fotografías.

**Formulario-6** Inspección del puente. Grado de daño.

**Formulario-7** Inspección del puente. Fotografías.

Puede revisarse con mejor detalle la manera en que se utilizan dichos formularios en el Manual de Mantenimiento de Puentes del Ministerio de Obras Públicas y Transporte.

## Evaluar el grado de deterioro

Dentro de los lineamientos para evaluar el grado de deterioro de los puentes, se incluye la evaluación de los siguientes elementos: pavimentos, barandas, juntas de expansión y losa.

## Pavimentos

Dentro de este elemento se deben de evaluar cinco tipos de daños: ondulaciones, surcos, agrietamiento, baches y sobrecapas de asfalto.

- ❖ Sonidos extraños.
- ❖ Filtración de agua.
- ❖ Ausencia (faltante) o deformación de juntas que presente algún desplazamiento vertical.
- ❖ Obstrucción y acero de refuerzo expuesto.

## Barandas

En el caso de las barandas de concreto se calificarán tres daños: agrietamiento, acero de refuerzo expuesto y al igual que las de acero la ausencia del elemento (faltante). Las siguientes figuras, 33 y 34, muestran el grado de daño por baranda faltante, y el grado de daño por grietas, respectivamente.

Grado del daño	Descripción
1	Se cuenta con la totalidad de la baranda
2	Algunas partes de la baranda están dañadas
3	Hace falta menos del 10 % de la baranda
4	Hace falta entre 10% y 30 % de la baranda
5	Hace falta más del 30% de la baranda

**Figura 33.** Grado de daño por baranda faltante  
Fuente: (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2007)

**Tabla 6-9 Grado de daño por grietas**

Grado del daño	Descripción
1	No hay grietas
2	Se observan algunas grietas
3	El espesor de la grieta es menor a 0.3mm con intervalos de 50cm
4	El espesor de la grieta es mayor a 0.3mm con intervalos de 50cm
5	Se observan grietas con espesores de varios mm

**Figura 34.** Grado de daño por grietas.  
Fuente: (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2007)

## Juntas de Expansión

La junta de expansión debe ser capaz de resistir los cambios climáticos para llevar a cabo su función y no comprometer la calidad del viaje de los vehículos que transitan en el puente. El inspector debe ser capaz de reconocer aquellas juntas de expansión que no están funcionando apropiadamente. Dentro de los tipos de deterioro que puede presentar las juntas encontramos:

## Losa

Las losas están sujetas a una variedad de daños causados por diferentes factores, tales como el tráfico, la exposición a la intemperie y contaminación ambiental. Además de las deficiencias de diseño y construcción, como un recubrimiento insuficiente, remoción de la formaleta antes de tiempo, una mezcla de concreto pobre o una vibración inapropiada, todos estos factores pueden contribuir al deterioro del puente. Usualmente las losas son de concreto siendo los daños más comunes: grietas en una y dos direcciones, descascaramiento, acero de refuerzo expuesto, nidos de piedra, eflorescencia y agujeros.

## Acerca de la seguridad vial en los puentes

Deberá diseñarse toda la señalización horizontal y vertical que proporcione información acerca de la cercanía al puente, tipo de cargas y dimensiones, dando cumplimiento a lo establecido en el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito. (Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA), 2010)

## Uso de ArcGis

Como resultado del uso de ArcGis para visualizar la información recopilada en los inventarios, se obtiene la capacidad para desplegar la información requerida de un elemento determinado (alcantarilla, parada de autobús, y punto de control) en pantalla, con sólo seleccionar el punto que representa el elemento de interés. En la siguiente figura 35, se muestra la ubicación de la alcantarilla A-5:



**Figura 35.** Punto: Alcantarilla A-5  
(Fuente: Propia)

La ventana que se despliega contiene toda la información disponible del elemento seleccionado: Posicionamiento, fotos, clasificación, y todos los parámetros relacionados (tamaño, forma, tipo, condición, longitud, estado). Un ejemplo de cómo luce una ventana de estas se muestra en la figura 36, a continuación:

A-5

A-5

Elemento	A-5
Posicionamiento	Lat=9.84354459 Lon=-83.85173504 Alt=1325.00m. X=516261.783m, Y=1088444.473m, Z=1325.00m, h=1319.00m.

Foto Entrada



Foto Salida



Fotografía	<Null>
Alcantarilla	A-5
Tipo	Hormigón Circular
Sección	Doble
Dimensiones o Diámetro	0,60
Longitud	15,30
Estado	Obstruída
Cabezales	
Delantales	No verificable
Observaciones	Gran densidad de vegetación. La salida está enterrada, la estructura aparenta estar en buen estado.
Recomendaciones	Requiere de limpieza
Condición	No aceptable

**Figura 36.** Función: Ventana desplegable HTML de ArcGIS (Fuente: Elaboración propia empleando ArcGIS)

# Caudal de diseño

## Caudal de escorrentía

Como resultado de estimar el volumen de agua (caudal de escorrentía) para un período de retorno

de 25 años, se siguió el procedimiento descrito en la metodología, y se llegó al resultado de que las cuatro alcantarillas analizadas tienen la capacidad suficiente para suplir la necesidad de drenar el caudal de escorrentía para un período de retorno de 25 años sin problemas. Los resultados se presentan en los cuadros 2, 3 y 4 a continuación:

**Cuadro 2.** Caudales de escorrentía para las alcantarillas para un periodo de retorno de 25 años

Alcantarilla	Dif. Elevación		tc (min)	Intesidad mm/hora	Área Tributaria (km <sup>2</sup> )	Qdiseño (m <sup>3</sup> /seg)
	h (m)	Longitud (m)				
A-11	272	2349	18	105	1.64	21.5
A-23	122	2099	21	85	0.94	10.0
A-37	99	712	7	170	0.22	4.7
A-41	101	1411	14	125	0.48	7.5

Fuente: Elaboración Propia.

## Caudal de diseño

Como resultado de calcular el caudal de diseño para las alcantarillas identificadas: A-11, A-23, A-

37, A-41, se presenta cuadro 3 para las alcantarillas con sección transversal cuadrada, y el cuadro 4, para la alcantarilla de sección transversal circular a continuación:

**Cuadro 3. Capacidad de diseño en m3/seg de las alcantarillas cuadradas identificadas**

	Dimensiones			S (m <sup>2</sup> )	R	i <sup>0.5</sup>	1/n	Qcapacidad
	Reales (m)	b (m)	y (m)					
A-11	1.5x2	1.5	1.8	5.1	0.53	0.14	66.67	31.47
A-23	1.30X1.00	1.3	0.9	3.1	0.38	0.14	66.67	15.26
A-41	2x1.50	2	1.35	4.7	0.57	0.14	66.67	30.62

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 4. Caudales o capacidad de diseño de la alcantarilla circular identificada**

	Díámetro	Radio	Ángulo	A(m <sup>2</sup> )	P(m)	R	Q (m <sup>3</sup> /s)
	φ (m)	r(m)	θ				
A-37	1.3	0.65	4.9961	1.258	3.247	0.387	6.304

Fuente: Elaboración Propia.

## Registro de video

Como resultado de la obtención del video georreferenciado, se tiene la capacidad de identificar y evidenciar el estado de las cunetas, señalización, y demarcación general de la vía.

Se presenta a continuación, la descripción del estado de las cunetas, señalización, y demarcación general de la vía, lo cual ha sido debidamente respaldado mediante imágenes que son capturas de pantallas realizadas al video obtenido.

### Cunetas

Si bien no se realizó un inventario de las cunetas de la ruta, es posible reproducir el video y observar el estado de las cunetas, y realizar capturas de pantalla donde sea de interés. En seguida se muestra los casos típicos y su descripción:

### Cunetas conformadas en tierra

De manera general, las cunetas conformadas en tierra se encuentran con obstrucciones (ramas secas), depósitos de sedimentos, y socavación. Muestra de esto son las figuras 37, 38 y 39, mostradas a continuación:



**Figura 37.** Cuneta conformada en tierra con obstrucciones. (Fuente: Propia)



**Figura 40.** Cuneta conformada en concreto con depósito de sedimentos. (Fuente: Propia)



**Figura 38.** Cuneta conformada en tierra con depósito de sedimentos y vegetación. (Fuente: Propia)



**Figura 41.** Cuneta conformada en concreto con depósito de sedimentos y vegetación. (Fuente: Propia)



**Figura 39.** Cuneta conformada en tierra con socavación. (Fuente: Propia)

Existe un tramo de cuneta de concreto de 1,6 km, entre el PC-16 y el PC-17, la cual se encuentra en perfectas condiciones, limpia y en buen estado, y se muestra la siguiente figura 42.



**Figura 42.** Cuneta conformada en concreto nueva y en perfectas condiciones. (Fuente: Propia)

## Cunetas de Concreto

De igual manera, las cunetas conformadas en concreto se encuentran con obstrucciones (ramas secas) y depósitos de sedimentos. Muestra de esto son las figuras 40, 41 y 42, mostradas a continuación:

## Mejoras técnicas para las cunetas

Las cunetas deben de estar siempre limpias y sin roturas. La forma de revisión es una inspección visual semanal. La tolerancia es que no se permiten obstrucciones por más de 24 horas, la reparación de roturas debe de hacerse en menos de 7 días. Puede observarse la figura anterior, la figura 42, es un ejemplo de cómo deben lucir las cunetas de concreto en todo momento.

Las cunetas en tierra deben mostrarse siempre limpias y sin erosiones u obstrucciones. (Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA), 2010)

## Señalización y Demarcación

De acuerdo con el sistema de clasificación mostrado en la metodología, la señalización se puede clasificar como nivel 2: Existen muy pocas señales de modo que el usuario que no conoce bien el camino no puede confiar en que le proveerá la información requerida. En seguida se muestran capturas de pantalla acerca de la señalización y demarcación de la ruta 10, en las figuras 43, 44, 45, 46, 47, 48 y 49. Cada una con su debido comentario:



**Figura 43.** Demarcación en desviación de la ruta.  
(Fuente: Propia)

En esta figura es posible apreciar la demarcación en una salida de la ruta.



**Figura 44.** Demarcación y señalización en curva.  
(Fuente: Propia)

Nótese el rótulo en la esquina inferior derecha, el cual se encuentra dañado.



**Figura 45.** Demarcación y señalización en recta.  
(Fuente: Propia)

Dispositivo de señalización vertical, del tipo restrictivo.



**Figura 46.** Señal informativa.  
(Fuente: Propia)

Dispositivo de señalización vertical del tipo informativo.



**Figura 47.** Señalización de prevención. (Fuente: Propia)



**Figura 48.** Señal dañada y fuera de posición. (Fuente: Propia)

Señal restrictiva perdida entre la maleza.



**Figura 49.** Señalización vertical en puente Birris. (Fuente: Propia)

Puente del río Birris, cuyas barandas de concreto no se encuentran pintadas en amarillo. Ni se cuenta con la señalización horizontal y vertical que proporcione información acerca de la cercanía al puente, tipo de cargas y dimensiones, dando cumplimiento a lo establecido en el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito. (Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA), 2010)

## Mejoras técnicas para la señalización

Se recomienda dar mantenimiento a las señales de tránsito de toda la ruta. Es necesario observar un estricto control al hacerse el reemplazo de los dispositivos, que deberán cumplir con las características de diseño y colocación previstas originalmente. Dichos dispositivos se clasifican en:

1. Dispositivos de Reglamentación.
2. Dispositivos de Prevención (Advertencia de peligro).
3. Dispositivos de Información.

El mantenimiento incluye limpieza de señales de tránsito dentro del derecho de vía y defensas metálicas con sus elementos reflectivos (si tuvieran). La limpieza se deberá efectuar manualmente o con una máquina para lavado a presión. Las señales verticales y defensas metálicas deben permanecer totalmente limpias de manchas, pintura o materiales adheridos a ellas, que impidan u obstruyan su visibilidad. Para esto se deben utilizar materiales que más convengan y sean efectivos, con el propósito de no causar deterioro y oxidación de los dispositivos.

Los daños menores en las señales, tales como deformaciones, marcas de piedra o menores que no perjudiquen la legibilidad y puedan ser arreglados en el lugar, se pueden reparar sin mover la señal de su soporte.

Todas las señales que ameriten una reparación mayor deben ser identificadas y dar aviso a la supervisión, para que notifiquen a los responsables del mantenimiento y/o señalización vial, para que sean reparadas y/o sustituidas por nuevas.

Se muestra en Anexo V el tipo de dispositivos que podrían ser empleados en la ruta. (Secretaría de Integración Económica Centroamericana, 2010)

## Recomendaciones para la demarcación

Este trabajo consiste en repintar o restituir la demarcación horizontal del pavimento, comprendiendo todas las líneas, marcas y signos. Comprende los trabajos que se describen a continuación: a) Limpieza y premarca de la superficie de rodadura. b) Aplicación de pintura en

las líneas transversales y longitudinales, marcas y signos. c) Protección de líneas recién pintadas y mantener los dispositivos de seguridad vial en óptimas condiciones.

Las tachas u ojos de gatos deben de estar completos, limpios, y sin daños. (Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA), 2010)

## Hombros o Espaldones

La ruta 10 no tiene espaldones u hombros, y se puede verificar en el video georeferenciado.

## Recomendaciones acerca de los espaldones

Es muy importante que el hombro o espaldón tenga una apariencia tal que invite a usarlo en las emergencias, en todas las condiciones del tiempo; debe ser tan parejo en su superficie, que permita la desaceleración del vehículo sin peligro, pero no debe provocar el deseo de usarlo como carril de circulación porque se anularía su utilidad como refugio en situaciones de emergencia.

Donde haya que acomodar ciclistas, es aconsejable ampliar los hombros a 1.20 metros de ancho mínimo. Para las carreteras colectoras del sistema vial Centroamericano, este mínimo se

puede ampliar a 1.60 metros. Los hombros deben ser revestidos para proporcionar un mejor soporte a la calzada y redondeados en el borde exterior. El revestimiento puede ser de grava, de material estabilizado químicamente o consistir en un tratamiento superficial bituminoso, una mezcla asfáltica o un concreto hidráulico, según las características de la carretera y las demandas del tránsito.

Dentro de la práctica corriente de diseño de los hombros, debe considerarse una pendiente máxima transversal del 6 por ciento dependiendo de la pluviosidad del lugar, empezando con un mínimo de 2 por ciento. Por tipo de superficie, los hombros pueden tener pendientes transversales de 2 al 6 por ciento cuando se trata de hombros asfaltados o con concreto hidráulico, de 4 a 6 por ciento en hombros revestidos de grava y de 6 a 8 por ciento en hombros engramados.

En aquellos casos donde por circunstancias especiales no sea posible construir los hombros recomendados, deberá como alternativa, proveerse refugios para vehículos cada 400 metros a cada lado, provistos de sus secciones de transición tanto para el ingreso como para la salida de dichas instalaciones de emergencia. Dado que el ancho de hombros se determina en función de la carretera, y del tipo de terreno que cruza, SIECA 2011 recomienda anchos de hombros según tipo de carretera, en este caso, anchos de espaldones de 1,2 a 1,6 metros. De acuerdo con la información mostrada en la siguiente figura 50:

Tipo de Carretera		Acceso	Tipo de Superficie	Ancho de Hombros (m)		Ancho de Aceras (m)
				Internos	Externos	
AA	Autopista	Controlado	Alto	1.0 - 1.5	2.5 - 3.0	
AR	Arterial Rural	Controlado	Alto	1.0 - 1.5	2.5 - 3.0	2.0
AU	Arterial Urbana	Controlado	Alto	1.0 - 1.5	2.5 - 3.0	2.0
AMR	Arterial Menor Rural	-	Alto	-	1.2 - 1.6	1.0 - 1.2
AMU	Arterial Menor Urbana	-	Alto	-	1.2 - 1.6	1.0 - 1.2
CMR	Colector Mayor Rural	Controlado	Alto	1.0 - 1.5	2.5 - 3.0	1.2 - 2.0
CMU	Colector Mayor Urbana	-	Alto	0.5 - 1.0*	1.2 - 1.8	1.2 - 1.5
CR	Colectoras Menor Rural	-	Intermedio	-	1.2 - 1.6	1.0 - 1.2
CS	Colectoras Menor Urbana	-	Intermedio	-	1.2 - 1.6	1.0 - 1.2
LR	Local Rural	-	Intermedio	-	0.75-1.6	1.0 - 1.2
LU	Local Urbano	-	Intermedio	-	0.75-1.6	1.0 - 1.2
R	Rural	-	Bajo	-	-	-

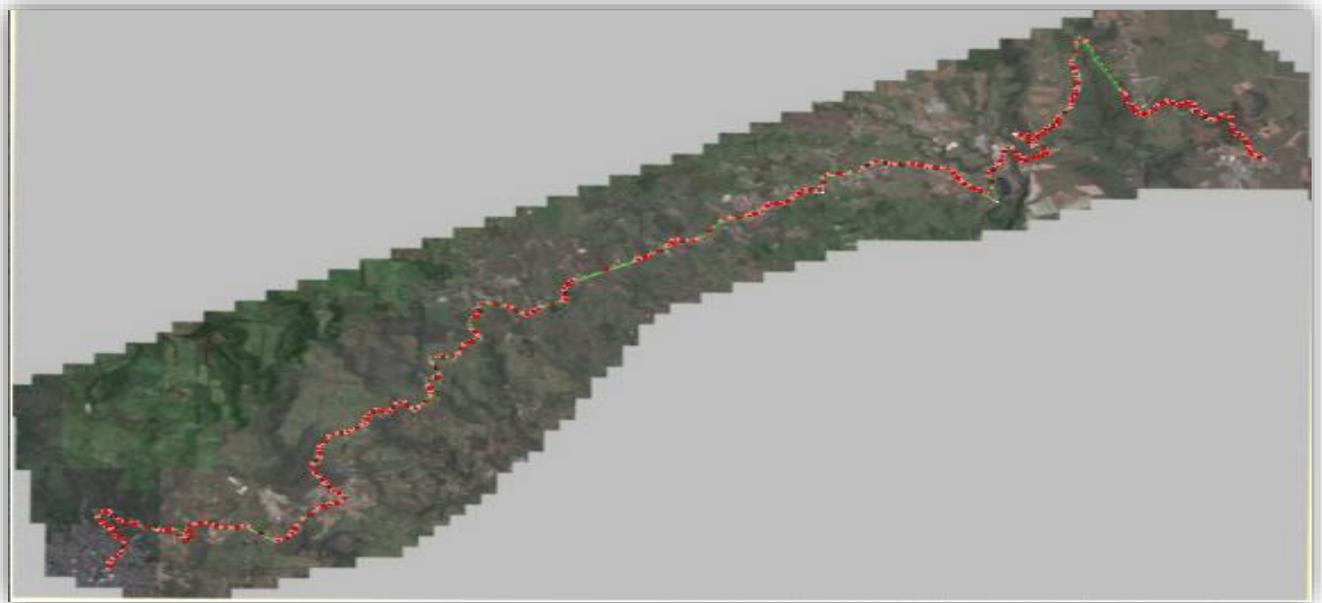
\* Solamente con mediana

Figura 50. Anchos mínimos de hombros y aceras Fuente: (SIECA 2011)

# AutoCAD Civil 3D

## Modelado

Con ayuda de AutoCAD Civil 3D se puede georreferenciar imágenes satelitales de alta resolución obtenidas de SASPlanet. A continuación, se muestra en la figura 51, la imagen satelital empleada:



**Figura 51.** Imagen satelital de Google earth, obtenida con SASPlanet, empleada en el modelo AutoCAD Civil 3D (Fuente: Elaboración propia empleando AutoCAD Civil 3D)

Una vez georreferenciadas, es posible trazar una polilínea sobre la línea de centro de la carretera, y seguidamente, con la polilínea y las herramientas de AutoCAD Civil 3D, se puede modelar el alineamiento horizontal de la carretera.

Seguidamente se muestra el modelo del alineamiento de la carretera mostrado en la figura 52:



**Figura 52.** Modelo del alineamiento horizontal de la carretera. (Fuente: AutoCAD Civil 3D)

Quando se modela el alineamiento horizontal de la carretera, se puede obtener cuadros con información acerca de todos los parámetros geométricos de las curvas. Es posible exportar toda la información de interés a una hoja Excel. En Anexo VI, se muestra un recorte de la tabla que se exportó a Excel, con información de las curvas (radio de giro, longitud, posicionamiento global).

## Velocidad de diseño

Para encontrar la velocidad de diseño de cada curva, se despeja la variable  $V$  de la ecuación-14, utilizando los valores obtenidos de peralte de las curvas, y un factor de fricción transversal máximo de 0,16, tal como se describe en la metodología. Se muestra en el Apéndice VI, el cuadro con las velocidades de diseño calculadas para cada curva, en km/h. de diseño de las curvas, la cual es de

44.7 km/h. Como valores iniciales se cuenta con las longitudes de los radios de las curvas en metros, valores obtenidos como se describió antes, en el apartado AutoCAD Civil 3D, y se utiliza 0.16 como máximo valor recomendable, según Miguel Dobles (2013). Con estos valores iniciales, y empleado la Ecuación-14, es posible obtener una aproximación inicial de velocidad de diseño de cada una de las curvas. Con dicha velocidad, se emplea la tabla mostrada en el Anexo VII, se interpola para obtener el coeficiente de fricción según la velocidad, y se repite el procedimiento de nuevo, hasta que coeficiente de fricción se mantenga constante. Las velocidades resultantes responden a las velocidades de diseño de las curvas, y es posible obtener un promedio de las velocidades de diseño de las curvas. Se identifica que existe un total de 125 curvas a lo largo de toda la ruta de estudio. Una vez calculadas las velocidades de diseño de las curvas, se determinó que la velocidad promedio es de 44.7 km/h. Se estableció además que un total de 86 curvas tienen velocidades de diseño menores a 50 km/h,

entre ellas, existe un total de 13 curvas con velocidades de diseño menores que 30 km/h. Se tiene que la velocidad de diseño máxima es de 80.9 km/h (Curva 119), y la mínima de 22 km/h (Curva 92). Es posible calcular la velocidad promedio

## Normalización

Según los cálculos realizados, conforme de describió en la metodología, se encontró lo siguiente:

Una vez que se sustituye las velocidades de diseño de las curvas menores de 50 km/h, por una velocidad de 50 km/h, se vuelve a calcular el promedio de la velocidad de diseño de las curvas y se encuentra que la velocidad promedio de diseño aumenta a 53.2 km/h. Si se toma en consideración que el tramo en análisis es de 22 km, es posible calcular como se describe en la metodología, el tiempo de recorrido, el cual es de 29.5 minutos antes de la normalización, y de 24.8 minutos después de la normalización, lo que sugiere una disminución de 4.8 minutos en el tiempo de recorrido. Siguiendo el mismo procedimiento para normalizar las curvas, se decidió también obtener estimaciones para velocidades de diseño de 55, 60, 65 y 70 km/h. En seguida, se muestra el cuadro 5, que contiene un resumen de los principales resultados obtenidos:

**Cuadro 5. Principales resultados obtenidos derivados de un análisis de normalización a distintas velocidades de diseño**

Velocidad Normalizada (km/h)	Ahorro en minutos	Mínimo de Curvas que deben cambiar	Aumento Máximo de Radio (m)
50	4.8	15	75.88
55	6.4	23	96.14
60	7.9	44	118.33
65	9.4	74	142.46
70	10.7	82	168.51

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, para las distintas velocidades normalizadas, se obtuvo el ahorro en

minutos, el número de curvas que deben ser modificadas para lograr dicha normalización, y el aumento máximo en los radios de curvatura de las curvas que deben modificarse. El criterio empleado para determinar el número de curvas que deben cambiar es el criterio de la SIECA, el cual estipula que un cambio de velocidad aceptable entre tramos de una carretera no debe ser más de 20 km/h. En este sentido, se estimó la diferencia entre la velocidad de diseño de las curvas, y la velocidad de diseño que se empleó para como base para la normalización, y se contó el número de curvas cuyo cambio de velocidad es mayor que 20 km/h. Este es el número mínimo de curvas que deben de ser intervenidas para efectos de cumplir con los estándares de seguridad, de diseño, y de servicio estipulados por la SIECA 2011. Tomando en cuenta todas las mejoras técnicas respecto a los distintos elementos de infraestructura vial tratados en este proyecto, y si las curvas se modifican, al menos para alcanzar una velocidad normalizada a 50 km/h, es muy probable que en términos generales los niveles de diseño y de servicio mejoren para la ruta.

En el Apéndice 6 se muestra las velocidades, los radios, los coeficientes de fricción, las velocidades normalizadas  $V_{norm}$  (Km/h), los radios normalizados  $R_{norm}$  (km/h), según los resultados del cálculo, para la velocidad normalizada a 50 km/h.

## Capacidad

Después seguir el procedimiento mostrado en la metodología, para las dos secciones de control de las cuales se posee información, se encontró lo siguiente: En la estación de Birrís, para 10, 15, y 20 años, se requieren 3, 7 y 17 carriles respectivamente, basado en la estimación de que actualmente la ruta cuenta con una capacidad de 234 vehículos/hora.

En la estación de la Escuela de Naranjo, se encuentra que se requieren 2, 3 y 7 carriles para 10, 15 y 20 años respectivamente, basado en la estimación de que actualmente la ruta cuenta con una capacidad de 301 vehículos/hora.

# Análisis de los resultados

Como resultado del cumplimiento del objetivo general, en esta sección se muestra el análisis de los resultados obtenidos, es decir, la interpretación de los resultados, o la evaluación de los resultados bajo el criterio de las referencias competentes, y mencionadas en la metodología. La intención es identificar y establecer todos los parámetros que permitan concluir acerca del diagnóstico general de la geometría horizontal, del drenaje transversal y del señalamiento vial de la ruta en estudio, así como de analizar las propuestas técnicas de mejoras en función de la capacidad de proyectar mejores niveles de diseño, de seguridad, y de servicio.

## Inventarios

Los inventarios de elementos de infraestructura vial son la base de todo diagnóstico de infraestructura vial puesto que, para evaluar y posteriormente realizar propuestas técnicas de mejoras es indispensable identificar y documentar cuantos elementos existen, cuál es su ubicación y cuál es su estado. El uso de formularios para tal fin debe ser planeado y coordinado previamente a la visita en campo, de manera que se elaboren formularios acordes a las necesidades o problemáticas que se requieren solventar. Una vez que se identifica las necesidades, es posible consultar distintas fuentes y emplear los mejores criterios para plantear propuestas técnicas de mejoras, y consiguientes planes de acción.

El uso de las aplicaciones para teléfonos inteligentes que se utilizaron en este proyecto tienen con un grado de precisión suficiente para las tareas de inventariado y localización de cada uno de los elementos documentados, por lo que se recomienda su uso en proyectos similares donde se requiera por ejemplo realizar una revisión, o donde se requiera localizar elementos espacialmente con el objetivo de obtener

estimaciones, que a fin de cuentas no requieren de un grado de precisión topográfico como si se tratase de una etapa de diseño. La cámara de un teléfono inteligente es más que suficiente para documentar fotografías, y aplicaciones como Mobile Topographer son de gran utilidad para inventariar todos los elementos de infraestructura vial.

## Alcantarillas

Se identifica deficiencias en el sistema de evacuación de aguas transversal a la vía. Tal como se muestra en la sección de resultados, de un total de 45 alcantarillas transversales a la ruta, un 42% de las alcantarillas se encuentran en condición no aceptable. Dentro de los casos típicos que se encuentran a lo largo de la sección, se puede seleccionar como ejemplo de alcantarillas en mal estado la alcantarilla A-2, A-5, A-15, las cuales se muestran en las figuras 53, 54 y 55 a continuación:



**Figura 53.** Entrada obstruida de Alcantarilla A-2  
(Fuente: Propia)



**Figura 54.** Salida enterrada de Alcantarilla A-5.  
(Fuente: Propia)



**Figura 55.** Salida de Alcantarilla A-15.  
(Fuente: Propia)

En las figuras 53, 54 y 55, se pueden observar ejemplos de lo que no es aceptable en el estado de las alcantarillas en una carretera. Es requerido mantener las alcantarillas permanentemente libres de obstrucciones, y los elementos de protección deben estar en buen estado, es decir, sin grietas, roturas, desgastes y sin exposición del acero. Puntualmente, se debe reconstruir los cabezales, los aletones, los delantales, y acatar todas las recomendaciones puntuales mostradas en el apéndice IV. Informe del Estado de las Alcantarillas de la ruta 10 (Paraíso-Naranjo).

El efecto del agua sobre los elementos de la infraestructura vial ha sido ampliamente estudiado y documentado, lo que significa que una adecuada gestión de la conservación de los elementos compuestos en el sistema de evacuación de aguas es sumamente importante para reducir el deterioro y por ende reducir los costos por rehabilitación o reconstrucción, y para

mantener los niveles de diseño y de servicio originales.

## Propuestas técnicas de mejoras para las alcantarillas

Como propuestas técnicas de mejora se tiene:

1. Elaborar un plan de mantenimiento rutinario y periódico, con ayuda de ArcGis como herramienta de gestión de datos.
2. Evaluar los daños de los elementos del sistema de alcantarillado transversal.

## Plan de mantenimiento rutinario y periódico

El objetivo es mantener el drenaje transversal en óptimas condiciones para evitar el deterioro de la infraestructura vial. Dentro de las tareas se incluye el uso del sistema de información geográfica ArcGis como plataforma de gestión de datos, conservar un historial de las actividades realizadas, y actualizar la información periódicamente, como mínimo, de manera anual. La entrega principal son los informes de estado de las estructuras de drenaje, y de su estado de limpieza y funcionamiento, con lo que se pueda crear planes de mantenimiento rutinario y periódico, a cuál se le deberá dar el debido seguimiento.

## Evaluación de daños de elementos del alcantarillado transversal

El objetivo es identificar las alcantarillas que se encuentran en peor estado para elaborar planes de rehabilitación del sistema de alcantarillado transversal. Dentro de las tareas se incluye realizar la evaluación de los distintos daños que pueden darse en los elementos poseídos en las alcantarillas, elaborar planes de rehabilitación de las alcantarillas, incluir la información en los sistemas de información geográfica y darle seguimiento.

Algunos daños que pueden encontrarse en los elementos de las alcantarillas son los siguientes:

- ❖ Grietas en aletas y muro cabezal.
- ❖ Grietas en la tubería principal.
- ❖ Grietas verticales en la unión entre el muro cabezal y las aletas.
- ❖ Fracturas con pérdidas parciales o totales de las tuberías.
- ❖ Grietas o fracturamientos en canales disipadores.
- ❖ Separación de secciones de tubería permitiendo infiltración de agua.
- ❖ Hundimientos o aplastamientos de secciones de tubería.
- ❖ Exposición de acero de refuerzo cabezal aletas y tubería.
- ❖ Socavación de concreto y suelo de aletas y muro cabezal.
- ❖ Deterioro y pérdida del mortero de pega de uniones de tubería.
- ❖ Defectos constructivos y en los acabados.

Estos y otros aspectos de los sistemas de manejo de aguas de las carreteras pueden ser revisados con detalle en el Manual para la Inspección Visual de las Estructuras de Drenaje. (Universidad Nacional de Colombia, 2006)

Las propuestas anteriores están orientadas a atender la necesidad de implementar un sistema de gestión donde es posible conocer las necesidades en tiempo real, y en consecuencia es posible definir los planes de acción requeridos para solventar dichas necesidades. Es importante que el modelo de gestión de la conservación sea manejado de forma que se le dé continuidad al trabajo, dándole seguimiento al uso de los recursos, y pensando en el beneficio a largo plazo.

Un plan de mantenimiento rutinario y periódico el cual utilice sistemas de información geográfica como herramienta de gestión de datos, es importante para visualizar, localizar las necesidades en tiempo real, habilitando la capacidad de tomar decisiones acerca de las acciones concretas y definidas que deben de conformar los planes de mantenimiento rutinario y periódico. Otra utilidad de los sistemas de información geográfica es la facilitación en la elaboración de informes de estado de las estructuras que componen la infraestructura vial.

Otra actividad importante por considerar como parte de una propuesta de mejoras técnicas al sistema de alcantarillado transversal es evaluar los daños de los elementos del sistema de alcantarillado transversal con el objetivo de identificar las alcantarillas que se encuentran en

peor estado para elaborar planes de rehabilitación. Así mismo, es posible añadir toda esta información a las bases de datos de los sistemas de información geográfica, para ir creando un historial, que a largo plazo podría permitir una mejor estimación de los costos.

Una vez que se cuenta con los planes de acción, es posible convertir un sistema de evacuación de aguas deficiente, en un sistema de evacuación de aguas que se encuentre constantemente en óptimas condiciones, y que por tanto contribuya a evitar el deterioro de la infraestructura vial, manteniendo de esta forma el nivel de servicio y de seguridad, así como el ahorro.

## Paradas de Autobús

Se logró identificar que un 70% de las paradas se encuentran en condiciones inaceptables, dado que no cuentan ya sea con caseta, losa de concreto y banca. Esta clasificación es brindada pensando en que las condiciones mínimas deseables es que las paradas puedan ofrecer resguardo a las personas, y cierto grado de comodidad. No obstante, se revisó las recomendaciones del Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, se puede decir que ninguna de las paradas de la ruta en estudio es funcional.

Según SIECA (2011), para evitar conflictos entre la corriente de tránsito principal y los vehículos de transporte colectivo que están obligados por la naturaleza de su servicio a detenerse en su recorrido por la vía, para recoger y bajar pasajeros, debe construirse un número adecuado de bahías para autobuses a lo largo de las carreteras.

## Propuesta técnica de mejoras para las paradas de autobús

Se propone la construcción de bahías para autobuses con carriles de aceleración y desaceleración, rampas para el acomodo de los autobuses y el acceso fácil de los pasajeros, aceras de suficientes dimensiones para la demanda de pasajeros, casetas abiertas por razones de seguridad para la protección contra la

intemperie y demás accesorios como bancas, gradas, pasamanos y facilidades para minusválidos.

En relación con la distribución de los estacionamientos, se recomienda como regla general que se construyan en carreteras de dos o más carriles de circulación, espaciados cada 10 kilómetros a cada lado de la vía o según las mediciones de la demanda. El ancho de las bahías para autobuses se propone que tenga entre 3.0 y 4.0 metros, sin embargo, cuando haya acumulación de vehículos, debe haber un ancho

mínimo de 5.0 metros para posibilitar el adelantamiento de los vehículos estacionados. (SIECA , 2011). Cabe mencionar que físicamente es posible la construcción de estas bahías a lo largo de esta ruta en estudio, pues existen varias zonas donde el derecho de vía se extiende hasta en más de ocho metros, dejando campo para la construcción de estas estructuras.

A continuación, se muestra la figura 32, para ilustrar la recomendación del Manual SIECA 2011:

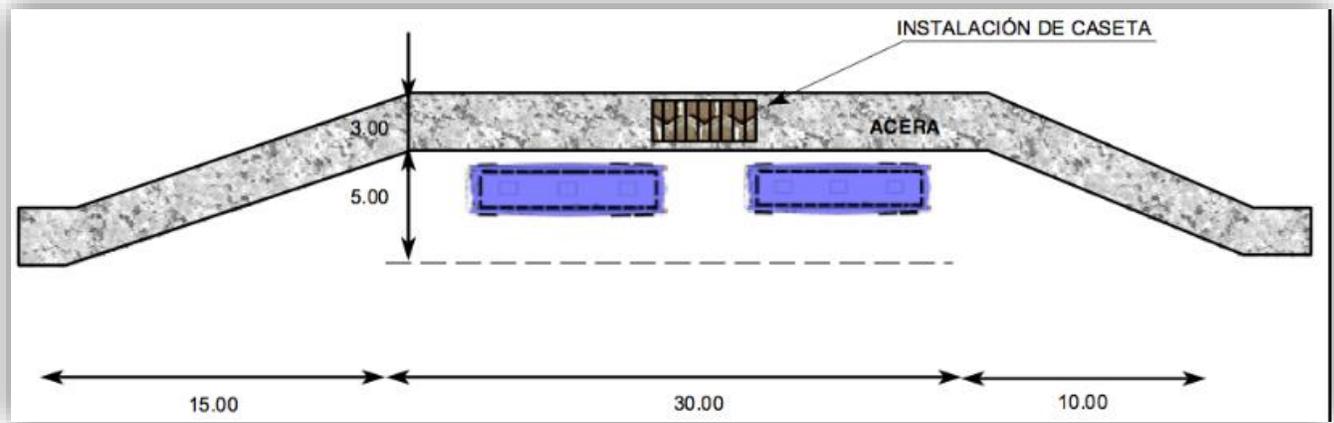


Figura 56. Bahía para autobús con carriles de aceleración desaceleración (Fuente: SIECA 2011)

Principalmente para evitar conflictos entre la corriente de tránsito principal, se propone la construcción de bahías de autobús, con carriles de aceleración y desaceleración. Tanto como por brindar a las personas seguridad y mayor comodidad, y para mejorar el nivel funcional de la ruta, evitando las constantes paradas e interrupciones en el flujo del tránsito, se propone la construcción de bahías de autobús cada 10 km, o donde sea requerido según un estudio de demanda, o la construcción de una plataforma que provea una luz de 5m de manera que les permita a los demás vehículos un adelantamiento seguro.

## Puentes

Conocer las condiciones de los puentes permite identificar el estado de deterioro, y planificar el mantenimiento o rehabilitación de los puentes de forma eficiente.

Los puentes como estructuras de enlace entre regiones cumplen funciones vitales para el desarrollo económico, social y cultural entre otras. Por tal motivo, es indispensable que posean una adecuada condición estructural y de seguridad permitiendo así, un tránsito continuo y confiable a través de la vida útil de la estructura. (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2007)

La inspección visual que se realiza para la evaluación del deterioro del puente es parte importante de la inspección periódica de los puentes. Los datos son también utilizados para analizar un estimado de los costos de reparación del puente, priorizar la reparación del puente y clasificar el grado de deterioro de estos. Si los datos no son precisos o registrados correctamente, los resultados no son fiables para cumplir el propósito de la administración de puentes. (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2007)

De los cuatro puentes de dos carriles, de concreto reforzado, se encontró que todos cuentan con pasamanos de concreto reforzado, y visualmente se identificó que tiene carencias menores; pintura, señalización y demarcación de seguridad, lo cual, para efecto de mejorar la fluidez del tránsito en la ruta, es un aspecto importante por tomar en cuenta.

Para efectos de conservar y/o mejorar el nivel de servicio de la ruta 10, se propone realizar preliminarmente un inventario con toda la

información resultado de una inspección visual del deterioro del puente, y segundo, calificar el grado de deterioro del puente, siguiendo lo estipulado por el Manual de Inspección de Puentes de MOPT. Otro aspecto importante por considerar dentro de la mejora técnica que representa diagnosticar el estado de los puentes con la finalidad de proponer recomendaciones de mejoras, se encuentra la actividad de guardar registros acerca de las inspecciones. Prestar atención al buen estado de los pavimentos, barandas, juntas de expansión y losas de los puentes contribuye a mantener un tránsito fluido y a mantener o mejorar el nivel de servicio de la ruta.

Cuando durante la operación no se le da el mantenimiento adecuado por limitaciones presupuestarias, se debe tener el criterio de asignar los recursos para aquellos puentes que, por su ubicación, una interrupción causaría costos de operación muy elevados, y dejaría incomunicadas gran cantidad de comunidades. Para estos casos, es necesario que exista una evaluación (cuando menos una vez al año) para identificar las posibles fallas en los diferentes elementos, y contar con un inventario de puentes con fallas identificadas de acuerdo a la magnitud y ubicación, que permita programar las acciones correctivas necesarias.

Conservar registros acerca de las inspecciones de los puentes, y de las evaluaciones del deterioro de los puentes, es importante debido a que permite realizar proyecciones y estimaciones acerca de los elementos necesitados a ser reparados para mantener la seguridad de la estructura, y de esta manera evitar costos de su reemplazo.

Todos estos aspectos forman una base sobre la cual se puede elaborar y formular planes de mantenimiento rutinario y periódico que incremente la seguridad a lo largo del recorrido, así como un ahorro por concepto de mantenimiento y rehabilitación a mediano y largo plazo.

## Uso de ArcGis

Las recientes tecnologías de información son de gran utilidad en la gestión de la información porque facilitan el inventariado, revisión y la visualización en tiempo real. Ofrece la facilidad de que la información se pueda visualizar en cualquier

computador, lo que además facilita el análisis y la elaboración de informes técnicos. A diferencia de los formularios empleados por el MOPT, la información se puede almacenar y encontrar cuando se necesite sin dificultades, y además, existe la posibilidad de compartir la información. Como parte de las funciones de ArcMap, es posible la creación de extensas bases de datos que se pueden ordenar y manejar de manera sistematizada, ordenada y eficiente mediante la creación de tablas de atributos, y esto denota una clara ventaja sobre los sistemas convencionales empleados actualmente.

En Costa Rica se está aplicando una tecnología similar, aunque apenas el enfoque va orientado a crear una capa cartográfica de las líneas de centro de calle de la red vial cantonal de Costa Rica, se recomienda altamente la implementación de tecnologías de información como ArcGis, así como de aplicaciones para teléfonos inteligentes, para tener control, manejo y disposición eficiente de la valiosa información, con lo cual es posible optimizar el uso de los recursos y agilizar la toma de decisiones.

## Caudal de Diseño

Con respecto al manejo de aguas, se identificó que las cuatro alcantarillas responsables de evacuar las cuencas que atraviesan la ruta en estudio, y que no son puentes, tienen la capacidad suficiente para suplir la necesidad de drenar el caudal de escorrentía para un período de retorno de 25 años sin problemas. La alcantarilla A-11 debe suplir la demanda de diseño de 21.5 m<sup>3</sup>/seg, y tiene una capacidad de 31.47 m<sup>3</sup>/seg. La alcantarilla A-23 debe suplir la demanda de diseño de 10 m<sup>3</sup>/seg, y tiene una capacidad de 15.26 m<sup>3</sup>/seg. La alcantarilla A-37 debe suplir la demanda de diseño de 4.7 m<sup>3</sup>/seg, y tiene una capacidad de 6.3 m<sup>3</sup>/seg. Finalmente, la alcantarilla A-41 debe suplir la demanda de diseño de 7.5 m<sup>3</sup>/seg, y tiene una capacidad de 30.62 m<sup>3</sup>/seg.

El método racional para el cálculo del caudal máximo de escorrentía pluvial continúa siendo uno de los métodos más utilizados mundialmente para el diseño de sistemas de drenaje. A pesar de su simplicidad de uso es necesario tener presente sus restricciones y aplicar correctamente la metodología. (Alonso, 1995)

La principal limitación del método racional es que es aplicable para cuencas de áreas tributarias cercanas a un kilómetro cuadrado. Para cuencas de mayor tamaño se produce un error y se obtiene como resultado una estimación de caudal máximo de escorrentía menor al que realmente podría presentarse para el período de retorno analizado. Otra limitación es que, en los cálculos para las cuatro cuencas analizadas, se empleó un coeficiente de escorrentía de para un periodo de retorno de 25 años, y zonas boscosas, recomendado por (Ven Te Chow, 1994). El coeficiente de escorrentía varía de 0,31 a 0,45 en zonas boscosas, y se usó en los cálculos 0,45 por razones de realizar un análisis más conservador.

Las cuencas analizadas en este proyecto, se tratan de cuencas de áreas tributarias menores a 1 km<sup>2</sup>, excepto la de la alcantarilla A-11 que presenta un área tributaria estimada en 1,64 km<sup>2</sup>. El trabajo realizado en este proyecto fue orientado a la revisión de capacidad de las alcantarillas, ante un caudal máximo de diseño de 25 años, y se estimó la capacidad de la alcantarilla A-11 en 31,47 m<sup>3</sup>/seg, mientras que el caudal máximo estimado para un período de retorno de 25 años es de 21,5 m<sup>3</sup>/seg, es decir, que la demanda es tan sólo un 68% de la capacidad real de la alcantarilla (estimada en funcionando al 90% de su capacidad). Además, según Alonso (1995), las variaciones en las estimaciones de caudales máximos de diseño, empleando el método racional, comienzan a resultar significativas para cuencas mayores a 13 km<sup>2</sup>, por lo tanto, se puede decir que las alcantarillas tienen capacidad suficiente para disponer las aguas de las cuencas de análisis.

El efecto de las aguas en las alcantarillas y obras asociadas podría tener consecuencias considerables en magnitud y costo, sobre todo en el costo de reconstrucción o rehabilitación de dichas estructuras dado un evento no previsto. Es recomendable observar todas las recomendaciones mencionadas acerca de la gestión de la conservación de alcantarillas mencionadas en apartados anteriores.

## Registro de Video

Las nuevas tecnologías permitieron la obtención de videos georreferenciados mediante un teléfono inteligente. Dentro de las ventajas de estas

tecnologías, se encuentra la de la capacidad adquirida para localizar rápidamente cualquier ubicación según la necesidad, además de que, según el dispositivo empleado, es posible la visualización en una pantalla grande, mediante un proyector. Tan sólo es requerido con los puertos de salida adecuados en el dispositivo.

Los videos obtenidos permitieron identificar y evidenciar los casos típicos del estado de las cunetas, hombros, señalización y demarcación general de la vía que se presentan de manera regular a lo largo de la ruta.

Como recomendaciones de mejoras al sistema de cunetas, se identificó el deber realizarse una limpieza de vegetación, de sedimentos, y de toda clase de materiales que las esté obstruyendo.

Con respecto a la señalización y demarcación de la ruta en estudio, se identificó que la señalización se puede clasificar como nivel 2: Existen muy pocas señales de modo que el usuario no conocedor del camino no puede confiar en que le proveerá la información requerida.

Se recomienda realizar estudios de tránsito para definir las zonas donde se deben instalar señales, así como el tipo de señal requerido, sobre todo para que las señales sean completamente adecuadas en número y ubicación, propiciando así toda la información que el usuario pueda necesitar para conducir con seguridad y tranquilidad.

Otra recomendación es dar mantenimiento a las señales de tránsito de toda la ruta, en cuanto a limpieza y reparación. Se recomienda también utilizar equipos de medición del estado de la demarcación como reflectómetros, para determinar su nivel de deterioro.

Con respecto a los espaldones, se identificó que se requiere construir espaldones a lo largo de toda la ruta, o cuando no se pueda, proveerse refugios para vehículos cada 400 metros a cada lado, provistos de sus secciones de transición tanto para el ingreso como para la salida de dichas instalaciones de emergencia.

## AutoCAD Civil 3D

Con el objetivo de estimar los radios de giro, y por medio de las fórmulas, obtener las velocidades de diseño de las curvas, se utilizó AutoCAD civil 3D imágenes satelitales de alta resolución de Google Earth, obtenidas de SASPlanet, para crear una polilínea sobre la línea de centro de la carretera, y seguidamente, con la polilínea y las herramientas de AutoCAD Civil 3D, fue posible modelar el alineamiento horizontal de la carretera. Cuando se modeló el alineamiento horizontal de la carretera, se pudo obtener cuadros con información acerca de todos los parámetros geométricos de las curvas. Fue posible entonces exportar toda la información de interés a una hoja Excel con información de las curvas (radio de giro, longitud, posicionamiento global). El modelo del alineamiento de la carretera mostrado en la figura 52.

Son ya mundialmente conocidas las bondades de los paquetes computacionales Autodesk, dado que permiten realizar modelos tridimensionales bastante útiles para efectos de diseño, en este caso, el modelamiento debe ser validado mediante un levantamiento topográfico real de la ruta, lo cual sería un parámetro de comparación bastante provechoso, que permitiría realizar ajustes al modelo actual, y como resultado, mejores estimaciones para efectos finales de diseño y construcción.

Para encontrar la velocidad de diseño de cada curva, se despejó la variable  $V$  de la ecuación-14. Como valores iniciales se utilizó las longitudes de los radios de las curvas en metros, valores obtenidos como se describió antes, en el apartado AutoCAD Civil 3D, y se utiliza 0.16 como máximo valor recomendable, según Miguel Dobles. Con estos valores iniciales, y empleado la Ecuación-14, es posible obtener una aproximación inicial de velocidad de diseño de cada una de las curvas. Con dicha velocidad, se empleó la tabla x mostrada en anexos, se interpoló para obtener el coeficiente de fricción según la velocidad, y se repitió el procedimiento de nuevo, hasta que coeficiente de fricción se mantuvo constante. Las velocidades resultantes respondieron a las velocidades de diseño de las curvas, y fue posible obtener un promedio de las velocidades de diseño de las curvas, el cual es de 44.7 km/h. Es importante tomar en cuenta que existe un error asociado a la estimación de los peraltes de las curvas, los cuales fueron obtenidos mediante el uso de una aplicación para teléfonos inteligentes llamada: Bubble Level. Dicha incertidumbre podría

conocerse y reducirse al comparar con valores derivados de la medición con equipos topográficos en campo. No obstante, para efectos de este proyecto resulta suficiente pues se trata tan solo de una revisión geométrica preliminar y no de un diseño.

A pesar de la existencia de cierta incertidumbre asociada al modelamiento, y de la estimación del peralte de las curvas, se conoce que un levantamiento topográfico de la geometría horizontal y vertical de la ruta, sería de gran importancia para corregir y ajustar el modelado, y de esta manera poder derivar en estimaciones más aproximadas a la realidad, lo cual representa ahorro en tiempo, y costo en las consecuentes etapas de diseño y construcción.

## Normalización

En el caso de la ruta 10, se revisó todas y cada una de las curvas enlistadas en la información que se extrajo del AutoCAD Civil 3D para identificar aquellas rectas que el programa define como curvas y eliminarlas de la lista. La razón es que las rectas dan como resultado radios que permiten velocidades mayores a la velocidad de diseño, y que alteran el cálculo de la velocidad de diseño promedio de las curvas, dando como resultado una velocidad promedio de las curvas muy diferente a la real. Una vez que se sustituyó las velocidades de diseño de las curvas menores de 50 km/h, por velocidades de diseño de 50 km/h, se volvió a calcular el promedio de la velocidad de diseño de las curvas y se encuentra que la velocidad promedio de diseño aumento de 44.7 km/h a 53.2 km/h. Si se toma en consideración que el tramo en análisis es de 20 km, es posible calcular como se describe en la metodología, el tiempo de recorrido, el cual es de 29.5 minutos antes de la normalización, y de 24.8 minutos después de la normalización, lo que sugiere una disminución de 4.8 minutos en el tiempo de recorrido. De manera similar, también se realizó una valoración para la normalización considerando velocidades de diseño de 55, 60, 65 y 70 km/h, como se muestra en la sección de resultados.

Con respecto a la normalización, por un lado, en el caso de normalizar las velocidades de diseño de las curvas de la ruta a una velocidad de 70 km/h, se encuentra un ahorro de 10.7 minutos en el

tiempo de recorrido de la ruta, lo cual resulta significativo, y bastante llamativo, no obstante, el número mínimo de curvas que deben cambiar empleando el criterio de la SIECA 2011 es de 82, además de que se esperan aumentos en el tamaño de los radios de hasta 168.51 metros, lo cual significa enormes costos en tiempo y recursos en el tema de expropiaciones y en varios de los casos, se encuentra la dificultad física de construir estas curvas, ya sea porque se requiere de mover grandes masas de tierra, como resultado de cortes o rellenos. Para concluir acerca de la viabilidad, también podría realizarse un análisis costo-beneficio, para determinar si es factible llevar a cabo un cambio de tal magnitud en esta carretera, no obstante, se cuenta con suficiente información para formarse una idea muy amplia del enorme costo que representa un ahorro de tan sólo 10.7 minutos en el tiempo de recorrido de la ruta.

Por otro lado, con respecto a la normalización a una velocidad de diseño de 50 km/h, ciertamente 4.8 minutos de disminución en el tiempo de recorrido no sugiere un cambio significativo, no obstante, con velocidades de este rango, y sobre todo con un recorrido que atraviesa condiciones de relieve montañoso, estas velocidades son favorables para conservar los niveles de seguridad. Con respecto al nivel de servicio, según Miguel Dobles, se usa para describir flujos y sus condiciones cuando las intensidades de tránsito están por debajo de la capacidad de la vía.

Dentro de los factores que intervienen en el nivel de servicio están: velocidad de ruedo y duración del viaje. Retardos, interrupciones, cambios bruscos de velocidad. Libertad de maniobra y posibilidades de conservar la velocidad que se desea.

Cabe valorar la posibilidad de materializar los cambios sugeridos, para ello, se debe analizar la posibilidad de extender dichas curvas hasta los radios sugeridos. Según las mediciones de derecho de vía realizadas, tomando en consideración que fueron mediciones realizadas de cerca de cerca, o hasta donde las condiciones lo permitieron, se tiene que el derecho de vía se extiende desde los 12.40 metros, hasta los 20 metros. Mientras que los radios tienen un aumento de 0.11 metros hasta 75.88 metros. Cabe razonar que existen diversas variables que analizar, particularmente relacionadas con el ahorro en combustible, el deterioro vehicular, tiempo de recorrido, beneficios sociales, comerciales,

macroeconómicos y microeconómicos, el costo ambiental y el gasto de recursos en general.

## Capacidad

Según el SIECA, para determinar las proyecciones del tránsito en una carretera se emplea desde complejos análisis econométricos, hasta los que se caracterizan por su extrema simplicidad en el cálculo, o dependen del buen juicio y criterio del diseñador. El primero se fundamenta en el análisis de las tendencias históricas del comportamiento del tránsito, conocidas mediante registros de los volúmenes durante un período mínimo de diez años de duración, para desprender de ellas las hipótesis de crecimiento más probable del tránsito durante los años venideros, en sus diferentes componentes de la corriente vehicular.

Para la ruta en estudio, se cuenta con información del comportamiento del tránsito, pero no por intervalos regulares, y no existe registro de un periodo de mínimo diez años. La estimación de la tasa de crecimiento anual no es completamente confiable debido a esta carencia en información requerida para realizar mejores estimaciones. Como se puede observar en la sección de resultados, se pudo estimar la cantidad de carriles requeridos al final del periodo de análisis para las dos secciones de control. Cabe mencionar que dichas secciones de control podrían representar tan sólo dos tramos aislados del resto del recorrido de la ruta, por lo que se requiere realizar un extenso trabajo relacionado con estudios de tránsito, que se enfoque en conocer las tendencias de tránsito según los tramos de la carretera, y según la cantidad, el tipo de vehículos, y los requerimientos locales a lo largo del recorrido, particularmente entre intersecciones.

Después seguir el procedimiento mostrado en la metodología, para las dos secciones de control de las cuales se posee información, se encontró lo siguiente: En la estación de Birris, para 10, 15, y 20 años, se requieren 3, 7 y 17 carriles respectivamente, basado en la estimación de que actualmente la ruta cuenta con una capacidad de 234 vehículos/hora.

En la estación de la Escuela de Naranjo, se encuentra que se requieren 2, 3 y 7 carriles para 10, 15 y 20 años respectivamente, basado en la estimación de que actualmente la ruta cuenta con una capacidad de 301 vehículos/hora.

Con respecto al espacio físico, es posible determinar que al año 2030 se estima que la ruta ya no tendrá espacio para la construcción de los carriles que se requieren para satisfacer la demanda vehicular, porque se hace evidente la necesidad de realizar estudios preliminares para determinar la ubicación, y para diseñar una ruta adicional.

# Conclusiones

Las alcantarillas transversales forman parte de un sistema ineficiente de manejo de aguas. Deben de estar limpias y libres de obstrucciones, sin grietas, o deterioros. Puntualmente, se debe acatar todas las recomendaciones puntuales mostradas en el apéndice IV. Informe del Estado de las Alcantarillas de la ruta 10 (Paraíso-Naranja).

Las paradas de autobús son inaceptables e inseguras, y obstaculizan el tránsito. Se debe de construir bahías para autobús para evitar interrupciones en el flujo de tránsito, y para seguridad de las personas Cabe mencionar que físicamente es posible la construcción de estas bahías a lo largo de esta ruta en estudio, pues existen varias zonas donde el derecho de vía se extiende hasta en más de ocho metros, dejando campo para la construcción de estas estructuras.

Se debe dar seguimiento para que los problemas menores en los puentes sean inventariados, identificados y corregidos a tiempo antes de que evolucionen los daños y representen un aumento significativo en los costos de reparación.

El uso de Arcgis permite tener información real, actualizada, ordenada y disponible justo a tiempo, para la elaboración de informes del estado de los elementos de infraestructura vial. La información se puede gestionar de manera ordenada y eficiente mediante la creación de tablas de atributos, lo cual representa una clara ventaja sobre los formularios empleados actualmente por el MOPT.

Se encuentra que la capacidad de las alcantarillas A-11, A-23, A-37, A-41, es suficiente para suplir la necesidad de drenar el caudal de escorrentía. No obstante, es necesario mantener el cauce libre de obstrucciones, vegetación, y residuos mediante un adecuado plan de mantenimiento.

El video georreferenciado permitió detectar de una forma visual, y muy económica, deficiencias en el sistema de cunetas, señalización, demarcación a lo largo de toda la ruta. Fue posible documentar los casos típicos y localizarlos en el mapa fácilmente. Las cunetas y las señales de tránsito deben de estar en buen estado y limpias. La demarcación debe ser siempre visible, y debe proveer de información adecuada al conductor. Debe construirse espaldones a lo largo de toda la ruta, como carril auxiliar de emergencia. Todos estos aspectos se interrelacionan, y si se observan, podría contribuir a un incremento en los niveles de servicio y de seguridad de la ruta.

Tomando en cuenta todas las mejoras técnicas respecto a los distintos elementos de infraestructura vial tratados en este proyecto, y si las curvas se modifican, al menos para alcanzar una velocidad normalizada a 50 km/h, es muy probable que en términos generales los niveles de diseño y de servicio mejoren para la ruta, y con ello es posible un ahorro de 4.8 minutos en el recorrido de la ruta.

La capacidad de la ruta no da abasto para la demanda de tránsito futura en los escenarios de 10, 15 y 20 años. Actualmente, por las condiciones de la ruta, al encontrarse al borde de un sistema montañoso, y en terrenos quebrados, y con respecto al espacio físico, es posible determinar que al año 2030 se estima que la ruta ya no tendrá espacio para la construcción de los carriles que se requieren para satisfacer la demanda vehicular, porque se hace evidente la necesidad de realizar estudios preliminares para determinar la ubicación, y para diseñar una ruta adicional.

# Recomendaciones

El uso de las aplicaciones para teléfonos inteligentes que se utilizaron en este proyecto tienen con un grado de precisión suficiente para las tareas de inventariado y localización de cada uno de los elementos documentados, por lo que se recomienda su uso en proyectos similares donde se requiera por ejemplo realizar una revisión, o donde se requiera localizar elementos espacialmente con el objetivo de obtener estimaciones, que a fin de cuentas no requieren de un grado de precisión topográfico como si se tratase de una etapa de diseño.

Se recomienda elaborar planes de emergencia, tomando en consideración avenidas máximas de descarga de aguas pluviales de las principales cuencas. Es posible el uso de sistemas de información geográfica para elaborar este tipo de bases de datos. Debe realizarse estudios de hidrología en la zona, para conocer con mejor precisión las avenidas máximas en caso de eventos extremos. Deberán incluir el cálculo de socavación general (socavación local, por contracción del cauce y socavación por degradación o sedimentación).

Evaluar los daños de los elementos del sistema de alcantarillado transversal con el objetivo de identificar las alcantarillas que se encuentran en peor estado para que posteriormente se realice un plan de rehabilitación. Como resultado de esto, es posible también añadir toda la información a bases de datos de sistemas de información geográfica, para ir creando un historial, que a largo plazo podría permitir una mejor estimación de los costos. Debe además asignarse un inspector que esté pendiente de que los problemas menores sean corregidos a tiempo antes de que el daño evolucione y aumente el costo de la reparación.

Realizar estudios de tránsito para definir las zonas donde se deben instalar señales, así como el tipo

de señal requerido, sobre todo para que las señales sean completamente adecuadas en número y ubicación, propiciando así toda la información que el usuario pueda necesitar para conducir con seguridad y tranquilidad. Se debe dar mantenimiento a las señales de tránsito de toda la ruta, en cuanto a limpieza y reparación. Se recomienda también utilizar equipos de medición del estado de la demarcación como reflectómetros, para determinar su nivel de deterioro.

Debe contarse con un programa de mantenimiento rutinario, en el cual deberá incluirse las labores de reparación de barandales, remates de barandal, limpieza de drenajes, limpieza de cauces antes de la época lluviosa, señalización horizontal y vertical del puente, pintura del puente y otras afines. Este debe realizarse cuando menos una vez al año. Así mismo debe procurarse un mantenimiento preventivo para evitar fallas.

Aunque se presentan nuevos valores de diseño para las curvas, esto no significa que la ruta sea insegura. Por ello se recomienda investigar el historial de accidentes a lo largo de la ruta, que, en caso de existir, podría ser una fuente para evaluar si el diseño existente se comporta de manera satisfactoria.

Investigar acerca de áreas susceptibles a daños e identificadas con un cierto grado de riesgo y/o vulnerabilidad en Costa Rica, identificadas mediante el uso de sistemas de información geográfica y otros procedimientos técnicos, así como realizar un levantamiento topográfico de la geometría horizontal y vertical de la ruta para contar con una mejor base de información que permita realizar estimaciones lo más precisas posible.

Efectuar un reconocimiento del derecho de vía a lo largo de la ruta, y realizar levantamientos topográficos para conocer los linderos, y de esta forma contar con una base para mejores estimaciones de costos en caso de que se desee plantear una ampliación.

Guardar un registro acerca de todas y cada una de las inspecciones de los puentes en la ruta, puesto que se trata de información valiosa en donde conservar la historia estructural, el registro de la identificación y la evaluación de los requerimientos su reparación y de las necesidades de mantenimiento de puentes, representan herramientas de proyección y análisis para efectos de asignación de recursos y planeación de la conservación de los puentes. Se debe revisar la señalización horizontal y vertical para cerciorarse que proporciona información acerca de la cercanía al puente, del tipo de carga, y de las dimensiones, dando cumplimiento a lo establecido en el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito.

Para la ruta en estudio, se cuenta con información del comportamiento del tránsito, pero no por intervalos regulares, y no existe registro de un periodo de mínimo diez años, por tanto, se reconoce que la estimación de la tasa de crecimiento anual no es completamente confiable debido a esta carencia en información. Cabe mencionar que dichas secciones de control podrían representar tan sólo dos tramos aislados del resto del recorrido de la ruta, por lo que se requiere realizar un extenso trabajo relacionado con estudios de tránsito, que se enfoque en conocer las tendencias de tránsito según los tramos de la carretera, y según la cantidad, el tipo de vehículos, y los requerimientos locales a lo largo del recorrido, particularmente entre intersecciones.

Se recomienda comparar los resultados de este trabajo, con los contratos de conservación para determinar el cumplimiento o incumplimiento con las condiciones y estándares esperados de un adecuado sistema de conservación vial por cuanto a cunetas, alcantarillas transversales, espaldones, señalización y demarcación se refiere.

El modelo del alineamiento horizontal resulta suficiente para una aproximación económica a la velocidad de diseño promedio de las curvas en la ruta. A pesar de que existe cierta incertidumbre asociadas un levantamiento topográfico sería de gran importancia para corregir y ajustar el modelado, para derivar en estimaciones más aproximadas a la realidad.

# Apéndices

**Apéndice I. Formulario: Datos Generales de la Vía.**

**Apéndice II. Formulario: Identificación de Alcantarillas.**

**Apéndice III. Formulario: Inventario Paradas Autobús.**

**Apéndice IV. Informe del Estado de las Alcantarillas de la ruta 10 (Paraíso-Naranjo)**

**Apéndice V. Paradas de Autobús**

**Apéndice VI. Velocidades de diseño de las curvas en km/h**

## Apéndice I. Formulario: DATOS GENERALES DE LA VÍA

### DATOS GENERALES DE LA VÍA

#### Identificación de la vía:

Levantó: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Región MOPT:  Código del camino:  Ruta:

Provincia:  Cantón:  Distrito:

Tramo

De: Esquina Noreste del parque de Paraíso

A: Parada de Buses Frente la iglesia de Naranjo

#### Características generales:

Punto	Km	Superficie de Rodadura		Derecho vía (m)	Cunetas			Fotografía Sección
		Ancho (m)	Estado		Lado	Tipo	Estado	
PC-1	0+000	9,80	2	-	A	1	2	001
PC-2	1+000	7,50	1	14,20	D, I (2)	1	1	002
PC-3	2+000	8,10	1	15,00	A (2)	2	3	003
PC-4	3+000	7,70	1	14,50	A	1	1	004
PC-5	4+000	7,50	1	16,00	I	1	1	005
PC-6	5+000	7,30	1	13,30	A	2	3	006
PC-7	6+000	7,90	1	16,50	I	2	3	007;008
PC-8	7+000	7,70	1	20,00	I	2	1	009;010
PC-9	8+000	6,80	1	17,50	N	-	-	011;012
PC-10	9+000	6,70	1	16,50	N	-	-	013;014
PC-11	10+000	6,50	1	14,50	D	2	2	015;016
PC-12	11+000	6,70	1	14,00	N	-	-	017;018

#### Códigos:

Tipo de superficie de Rodadura

1 = Hormigón  
2 = Asfaltada  
3 = Adoquín  
4 = Empedrada  
5 = Lastrada  
6 = Tierra

Estado de superficie de Rodadura

1 = Malo  
2 = Regular  
3 = Bueno

Tipo de cunetas

0 = No existe  
1 = Revestida  
2 = No Revestida

Estado de las cunetas

1 = Malo  
2 = Regular  
3 = Bueno

Observaciones: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



## Apéndice II. Formulario: IDENTIFICACIÓN DE ALCANTARILLAS

### FORMULARIO: IDENTIFICACIÓN DE ALCANTARILLAS

#### Identificación de Alcantarillas:

Levantó: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Código del camino:  Ruta:

Alcantarilla	Km	Tipo	Sección	Diámetro o Dimensiones sección (m)	Long (m)	Estado	Cabezales	Códigos de fotografías	
								Entrada	Salida
A-1	0+654	2	S	0,60	17,00	2	N	001	002
A-2	1+188	2	S	-	9,00	1	A	003	004
A-3	2+400	2	S	0,60	13,00	3	A	005	006
A-4	2+433	2	S	0,60	13,00	3	A	007	008
A-5	2+974	2	S	0,60	15,30	1	A	009	010
A-6	3+650	2	S	0,60	15,30	1	A	011	012
A-7	4+641	2	S	0,60	15,30	2	A	013	014
A-8	5+133	2	S	0,60	17,00	1	A	015	016
A-9	5+274	2	S	0,60	-	1	I	017	-
A-10	5+490	2	S	0,60	-	2	S	019	020
A-11	5+833	3	S	1,5x2	22,00	3	-	021	-
A-12	5+886	2	S	0,75	17,00	3	A	023	024
A-13	5+997	2	S	0,60	18,00	1	S	025	026
A-14	6+051	2	S	0,60	11,00	3	S PEQUE	027	028
A-15	6+738	2	S	0,60	12,00	SUCIA	A	029	030
A-16	6+909	2	S	0,60	12,20	1	A	031	032
A-17	7+063	2	S	0,60	12,20	3	E	033	034
A-18	7+288	2	S	0,60	12,50	3	A	035	036
A-19	7+439	2	S	0,60	15,50	1	S	037	038
A-20	8+097	2	S	-	16,50	2	-	039	040
A-21	11+649	2	S	0,60	13,00	1	A	041	042

#### Códigos:

Tipo de Alcantarilla

- 1 = Metálica
- 2 = Hormigón Circular
- 3 = Hormigón Rectangular
- 4 = Otra (describa)

Estado Alcantarilla

- 1 = Obstruida
- 2 = Medianamente Obstruida
- 3 = Limpia
- 4 = Otro (describa)

Posee Cabezales

- E = Entrada
- S = Salida
- A = Ambos
- N = No posee

Sección

- S=Sencilla
- D=Doble
- T=Triple

Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## FORMULARIO: IDENTIFICACIÓN DE ALCANTARILLAS

### Identificación de Alcantarillas:

Levantó: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Código del camino:  Ruta:

Alcantarilla	Km	Tipo	Sección	Diámetro o Dimensiones sección (m)	Long (m)	Estado	Cabezales	Códigos de fotografías	
								Entrada	Salida
A-22	11+896	2	S	0,6	15,00	2	A	043	044
A-23	14+561	2	S	1,30X1,00	12,00	2	A	045	046
A-24	14+748	2	S	0,80	13,20	3	A	047	048
A-25	15+153	2	S	1,00	15,00	3	A	049	050
A-26	15+802	2	S	0,60	15,80	2	A	051	052
A-27	15+965	3	S	0,60X0,50	18,00	2	A	053	054
A-28	16+352	2	S	0,60	12,20	3	A	055	056
A-29	16+428	2	S	0,60	12,30	1	A	057	058
A-30	17+256	2	S	0,60	11,80	3	A	059	060
A-31	17+324	2	S	-	12,20	1	A	061	062
A-32	17+574	2	S	-	12,00	1	A	063	064
A-33	17+704	3	S	0,80X0,65	12,20	3	A	065	066
A-34	17+841	3	S	0,80X0,65	12,40	3	A	067	-
A-35	18+279	2	S	0,60	15,00	2	I	069	070
A-36	18+465	2	S	1,00	18,20	3	A	071	072
A-37	18+821	2	S	1,30	20,00	3	A	073	074
A-38	19+010	2	S	1,00	22,00	3	A	075	076
A-39	19+126	2	S	0,60	18,00	3	A	077	078
A-40	19+183	2	S	0,60	13,20	3	A	079	080
A-41	19+311	3	S	2,00X1,50	12,50	3	A	081	082
A-42	19+487	2	S	0,60	14,20	2	A	083	084

### Códigos:

Tipo de Alcantarilla

1 = Metálica  
2 = Hormigón Circular  
3 = Hormigón Rectangular  
4 = Otra (describa)

Estado Alcantarilla

1 = Obstruida  
2 = Medianamente Obstruida  
3 = Limpia  
4 = Otro (describa)

Posee Cabezales

E = Entrada  
S = Salida  
A = Ambos  
N = No posee

Sección

S=Sencilla  
D=Doble  
T=Triple

Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



### Apéndice III. Formulario: INVENTARIO PARADAS AUTOBÚS

#### INVENTARIO PARADAS AUTOBÚS

**Paradas a la Derecha:**

Levantó: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Código del camino: □□□□□□□□ Ruta: □□□

Parada	Kilómetro	Condición	Código fotografías
PD-1	4+164	2	001
PD-2	5+261	3	No hay
PD-3	6+105	3	No hay
PD-4	6+299	3	131323
PD-5	7+794	3	140401
PD-6	8+532	3	142408
PD-7	11+200	2	093648
PD-8	12+059	2	100519
PD-9	13+356	2	111708
PD-10	15+886	3	No hay
PD-11	18+285	2	124751
PD-12	18+910	3	130940

Observaciones:

Condición

- 1 = Excelente
- 2 = Aceptable
- 3 = Inaceptable

---



---



---

### INVENTARIO PARADAS AUTOBÚS

**Paradas a la Izquierda:**

Levantó: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Código del camino: □□□□□□□□ Ruta: □□□

Parada	Kilómetro	Condición	Código fotografías
PI-1	4+164	3	110348
PI-2	5+251	2	002
PI-3	5+440	2	114344
PI-4	6+140	3	130646
PI-5	6+289	2	131135
PI-6	7+817	3	140530
PI-7	8+558	3	142557
PI-8	10+475	2	150319
PI-9	10+736	2	150832
PI-10	11+200	2	153217
PI-11	11+481	2	091134
PI-12	12+714	2	093740
PI-13	12+383	2	094312
PI-14	12+593	2	094719
PI-15	13+248	2	100146
PI-16	15+671	2	110916
PI-17	17+194	3	120402
PI-18	18+275	2	124527

Condición

- 1 = Excelente
- 2 = Aceptable
- 3 = Inaceptable

Observaciones:

---



---



---

## Apéndice IV. Informe del Estado de las Alcantarillas de la ruta 10 (Paraíso-Naranjo)

A continuación, se muestra el registro fotográfico de todas y de cada una de las alcantarillas, con las respectivas observaciones anotadas al momento de la inspección:

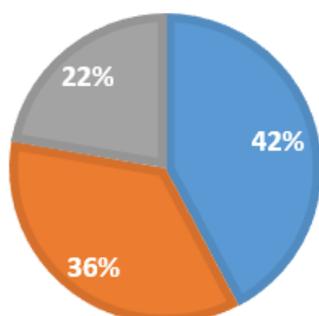
### Estado de las alcantarillas

Dispuestas a lo largo del tramo en estudio se encontró un total de 45 alcantarillas de hormigón con una longitud de entre 9 y 22 metros. Como necesidad en general, 87% de las alcantarillas requieren de limpieza para remover vegetación, sedimentos y obstrucciones, ya sea interiormente o en sus entradas.

En el siguiente gráfico se muestra el estado de las alcantarillas, refiriéndose al porcentaje de alcantarillas limpias, medianamente obstruidas, y obstruidas:

#### ESTADO DE ALCANTARILLAS

■ Limpias ■ Medianamente Obstruidas ■ Obstruidas

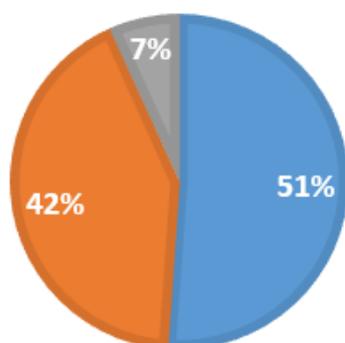


Como se puede observar en el gráfico anterior, un 22% de las alcantarillas se encuentran obstruidas, un 36% medianamente obstruidas, y un 42% limpias. A manera de observación, un total de 5 alcantarillas, lo que representa el 11% de las alcantarillas presenta una tubería u otro elemento no deseado atravesándolas de lado a lado, lo que representa una obstrucción.

Finalmente, se muestra en el siguiente gráfico, la clasificación de las alcantarillas según su condición (aceptable, no aceptable, excelente):

#### CONDICIÓN DE LAS ALCANTARILLAS

■ Aceptables ■ No aceptables ■ Excelentes



Como se puede observar en el gráfico anterior, un 51% de las alcantarillas se clasifican como aceptables, un 42% se clasifican como no aceptables, y un 7% en condición excelente.

**Alcantarilla A-1 / Condición: Aceptable**



Alcantarilla	A-1
Tipo	Hormigón Circular
Sección	Sencilla
Dimensiones o Diámetro	0,60
Longitud	17,00
Estado	Medianamente Obstruida
Cabezales	
Delantales	No posee

**Observaciones/Recomendaciones:**  
 No tiene acceso al lado de la salida; está al otro lado de la cerca de propiedad privada. No es posible observar condición de cabezales. La entrada no requiere cabezales. Caen aguas grises de urbanizaciones.  
 Requiere de limpieza.

**Alcantarilla A-2 / Condición: No Aceptable**



Tipo	Hormigón Circular
Sección	Sencilla
Dimensiones o Diámetro	-
Longitud	9,00
Estado	Obstruida
Cabezales	
Delantales	No verificable

**Observaciones/Recomendaciones:**  
 Entrada y salida completamente obstruidas. Cabezales en buen estado.  
 Requiere de limpieza.

**Alcantarilla A-3 / Condición: Aceptable**

Código Fotografía 005	Entrada	Código Fotografía 006	Salida														
																	
<table border="1"> <tr><td>Tipo</td><td>Hormigón Circular</td></tr> <tr><td>Sección</td><td>Sencilla</td></tr> <tr><td>Dimensiones o Diámetro</td><td>0,60</td></tr> <tr><td>Longitud</td><td>13,00</td></tr> <tr><td>Estado</td><td>Limpia</td></tr> <tr><td>Cabezales</td><td></td></tr> <tr><td>Delantales</td><td>Ambos</td></tr> </table>		Tipo	Hormigón Circular	Sección	Sencilla	Dimensiones o Diámetro	0,60	Longitud	13,00	Estado	Limpia	Cabezales		Delantales	Ambos	<p><b>Observaciones/Recomendaciones:</b>                      En términos generales se encuentra en buen estado, requiere de limpieza vegetal.                       Requiere de limpieza.</p>	
Tipo	Hormigón Circular																
Sección	Sencilla																
Dimensiones o Diámetro	0,60																
Longitud	13,00																
Estado	Limpia																
Cabezales																	
Delantales	Ambos																

**Alcantarilla A-4 / Condición: No Aceptable**

Código Fotografía 007	Entrada	Código Fotografía 008	Salida														
																	
<table border="1"> <tr><td>Tipo</td><td>Hormigón Circular</td></tr> <tr><td>Sección</td><td>Sencilla</td></tr> <tr><td>Dimensiones o Diámetro</td><td>0,60</td></tr> <tr><td>Longitud</td><td>13,00</td></tr> <tr><td>Estado</td><td>Limpia</td></tr> <tr><td>Cabezales</td><td></td></tr> <tr><td>Delantales</td><td>Ambos</td></tr> </table>		Tipo	Hormigón Circular	Sección	Sencilla	Dimensiones o Diámetro	0,60	Longitud	13,00	Estado	Limpia	Cabezales		Delantales	Ambos	<p><b>Observaciones/Recomendaciones:</b>                      En términos generales se encuentra en buen estado, requiere de limpieza vegetal. La salida representa un peligro para los vehículos, porque está en la entrada de un autoservicio.                       Se recomienda una parrilla o una barrera para impedir que algún vehículo caiga dentro.</p>	
Tipo	Hormigón Circular																
Sección	Sencilla																
Dimensiones o Diámetro	0,60																
Longitud	13,00																
Estado	Limpia																
Cabezales																	
Delantales	Ambos																

**Alcantarilla A-5 / Condición: No Aceptable**

Código Fotografía 009	Entrada	Código Fotografía 010	Salida														
																	
<table border="1"> <tr><td>Tipo</td><td>Hormigón Circular</td></tr> <tr><td>Sección</td><td>Doble</td></tr> <tr><td>Dimensiones o Diámetro</td><td>0,60</td></tr> <tr><td>Longitud</td><td>15,30</td></tr> <tr><td>Estado</td><td>Obstruída</td></tr> <tr><td>Cabezales</td><td></td></tr> <tr><td>Delantales</td><td>No verificable</td></tr> </table>		Tipo	Hormigón Circular	Sección	Doble	Dimensiones o Diámetro	0,60	Longitud	15,30	Estado	Obstruída	Cabezales		Delantales	No verificable	<p><b>Observaciones/Recomendaciones:</b>                      Gran densidad de vegetación. La salida está enterrada, la estructura aparenta estar en buen estado.                       Requiere de limpieza.</p>	
Tipo	Hormigón Circular																
Sección	Doble																
Dimensiones o Diámetro	0,60																
Longitud	15,30																
Estado	Obstruída																
Cabezales																	
Delantales	No verificable																

**Alcantarilla A-6 / Condición: No Aceptable**

Código Fotografía 013	Entrada	Código Fotografía 014	Salida														
																	
<table border="1"> <tr><td>Tipo</td><td>Hormigón Circular</td></tr> <tr><td>Sección</td><td>Sencilla</td></tr> <tr><td>Dimensiones o Diámetro</td><td>0,60</td></tr> <tr><td>Longitud</td><td>15,30</td></tr> <tr><td>Estado</td><td>Obstruída</td></tr> <tr><td>Cabezales</td><td></td></tr> <tr><td>Delantales</td><td>No verificable</td></tr> </table>		Tipo	Hormigón Circular	Sección	Sencilla	Dimensiones o Diámetro	0,60	Longitud	15,30	Estado	Obstruída	Cabezales		Delantales	No verificable	<p><b>Observaciones/Recomendaciones:</b>                      Gran densidad de vegetación. La estructura aparenta estar en buen estado.                       Requiere de limpieza.</p>	
Tipo	Hormigón Circular																
Sección	Sencilla																
Dimensiones o Diámetro	0,60																
Longitud	15,30																
Estado	Obstruída																
Cabezales																	
Delantales	No verificable																

Alcantarilla A-7 / Condición: No Aceptable			
Código Fotografía 011	Entrada	Código Fotografía 012	Salida
			
Tipo	Hormigón Circular	<b>Observaciones/Recomendaciones:</b> Existe una tubería pasando de lado a lado. Gran densidad de vegetación. Estructura aparenta buen estado.  Se recomienda retirar la tubería que atraviesa la alcantarilla. Requiere limpieza.	
Sección	Sencilla		
Dimensiones o Diámetro	0,60		
Longitud	15,30		
Estado	Medianamente Obstruída		
Cabezales			
Delantales	Salida. Entrada no verificable		

Alcantarilla A-8 / Condición: No Aceptable			
Código Fotografía 015	Entrada	Código Fotografía 016	Salida
			
Tipo	Hormigón Circular	<b>Observaciones/Recomendaciones:</b> Gran densidad de vegetación. Estructura aparenta buen estado. Entrada y salida enterradas.  Requiere de limpieza.	
Sección	Sencilla		
Dimensiones o Diámetro	0,60		
Longitud	17,00		
Estado	Obstruída		
Cabezales			
Delantales	No verificable		

**Alcantarilla A-9 / Condición: No Aceptable**

Código Fotografía 017	Entrada	Código Fotografía 018	Salida														
																	
<table border="1"> <tr><td>Tipo</td><td>Hormigón Circular</td></tr> <tr><td>Sección</td><td>Sencilla</td></tr> <tr><td>Dimensiones o Diámetro</td><td>0,60</td></tr> <tr><td>Longitud</td><td>-</td></tr> <tr><td>Estado</td><td>Obstruída</td></tr> <tr><td>Cabezales</td><td></td></tr> <tr><td>Delantales</td><td>No posee</td></tr> </table>		Tipo	Hormigón Circular	Sección	Sencilla	Dimensiones o Diámetro	0,60	Longitud	-	Estado	Obstruída	Cabezales		Delantales	No posee	<p><b>Observaciones/Recomendaciones:</b>                      Existe una tubería pasando de lado a lado. Estructura aparenta buen estado. Salida en propiedad privada no es posible observar.</p> <p>Se recomienda retirar la tubería que atraviesa la alcantarilla. Requiere limpieza.</p>	
Tipo	Hormigón Circular																
Sección	Sencilla																
Dimensiones o Diámetro	0,60																
Longitud	-																
Estado	Obstruída																
Cabezales																	
Delantales	No posee																

**Alcantarilla A-10 / Condición: No Aceptable**

Código Fotografía 021	Entrada	Código Fotografía 022	Salida														
																	
<table border="1"> <tr><td>Tipo</td><td>Hormigón Circular</td></tr> <tr><td>Sección</td><td>Sencilla</td></tr> <tr><td>Dimensiones o Diámetro</td><td>0,60</td></tr> <tr><td>Longitud</td><td>-</td></tr> <tr><td>Estado</td><td>Medianamente Obstruída</td></tr> <tr><td>Cabezales</td><td></td></tr> <tr><td>Delantales</td><td>No posee</td></tr> </table>		Tipo	Hormigón Circular	Sección	Sencilla	Dimensiones o Diámetro	0,60	Longitud	-	Estado	Medianamente Obstruída	Cabezales		Delantales	No posee	<p><b>Observaciones/Recomendaciones:</b>                      La entrada requiere ser intervenida, la salida está obstruida por una gran densidad de vegetación.</p> <p>Requiere que la entrada sea intervenida, debe construirse una estructura apropiada. Requiere limpieza.</p>	
Tipo	Hormigón Circular																
Sección	Sencilla																
Dimensiones o Diámetro	0,60																
Longitud	-																
Estado	Medianamente Obstruída																
Cabezales																	
Delantales	No posee																

**Alcantarilla A-11 / Condición: Aceptable**

Código Fotografía 019	Entrada	Código Fotografía 020	Salida														
		<p align="center"><b>No se pudo Fotografiar</b></p>															
<table border="1"> <tr><td>Tipo</td><td>Hormigón Circular</td></tr> <tr><td>Sección</td><td>Sencilla</td></tr> <tr><td>Dimensiones o Diámetro</td><td>1,5x2</td></tr> <tr><td>Longitud</td><td>22,00</td></tr> <tr><td>Estado</td><td>Limpia</td></tr> <tr><td>Cabezales</td><td></td></tr> <tr><td>Delantales</td><td>No posee</td></tr> </table>		Tipo	Hormigón Circular	Sección	Sencilla	Dimensiones o Diámetro	1,5x2	Longitud	22,00	Estado	Limpia	Cabezales		Delantales	No posee	<p><b>Observaciones/Recomendaciones:</b> Es una alcantarilla de grandes dimensiones, que encausa una quebrada. Aparentemente se encuentra en buen estado y limpia. A la salida no es posible descender para observación.</p> <p>Se recomienda construir algún tipo de sendero para facilitar el descenso para cuando se requiere inspeccionar y dar mantenimiento o limpieza.</p>	
Tipo	Hormigón Circular																
Sección	Sencilla																
Dimensiones o Diámetro	1,5x2																
Longitud	22,00																
Estado	Limpia																
Cabezales																	
Delantales	No posee																

**Alcantarilla A-12 / Condición: Aceptable**

Código Fotografía 023	Entrada	Código Fotografía 024	Salida														
																	
<table border="1"> <tr><td>Tipo</td><td>Hormigón Circular</td></tr> <tr><td>Sección</td><td>Sencilla</td></tr> <tr><td>Dimensiones o Diámetro</td><td>0,75</td></tr> <tr><td>Longitud</td><td>17,00</td></tr> <tr><td>Estado</td><td>Limpia</td></tr> <tr><td>Cabezales</td><td></td></tr> <tr><td>Delantales</td><td>Entrada no</td></tr> </table>		Tipo	Hormigón Circular	Sección	Sencilla	Dimensiones o Diámetro	0,75	Longitud	17,00	Estado	Limpia	Cabezales		Delantales	Entrada no	<p><b>Observaciones/Recomendaciones:</b> La alcantarilla no está obstruida, pero requiere de limpieza vegetal a la salida. Requiere limpieza.</p>	
Tipo	Hormigón Circular																
Sección	Sencilla																
Dimensiones o Diámetro	0,75																
Longitud	17,00																
Estado	Limpia																
Cabezales																	
Delantales	Entrada no																

**Alcantarilla A-13 / Condición: No Aceptable**

Código Fotografía 025	Entrada	Código Fotografía 026	Salida
			
Tipo	Hormigón Circular	<b>Observaciones/Recomendaciones:</b> Estructura de la entrada está en mal estado, no tiene cabezal. La salida está enterrada.  Requiere limpieza, requiere reparación adecuada en la entrada de la estructura.	
Sección	Sencilla		
Dimensiones o Diámetro	0,60		
Longitud	18,00		
Estado	Medianamente Obstruída		
Cabezales			
Delantales	No verificable		

**Alcantarilla A-14 / Condición: Aceptable**

Código Fotografía 029	Entrada	Código Fotografía 030	Salida
			
Tipo	Hormigón Circular	<b>Observaciones/Recomendaciones:</b> No está obstruida, pero requiere de limpieza vegetal, se evidencia la estructura en mal estado.  Requiere limpieza, requiere reparación adecuada en la entrada de la estructura.	
Sección	Sencilla		
Dimensiones o Diámetro	0,60		
Longitud	11,00		
Estado	Limpia		
Cabezales			
Delantales	No verificable		

**Alcantarilla A-15 / Condición: No Aceptable**

Código Fotografía 027	Entrada	Código Fotografía 028	Salida
			
Tipo	Hormigón Circular	<p><b>Observaciones/Recomendaciones:</b> La alcantarilla recoge desagüe de una empresa, está sucia, la estructura está deteriora y en mal estado.</p> <p>Se recomienda reconstrucción de cabezales, construcción de delantales. Limpieza.</p>	
Sección	Sencilla		
Dimensiones o Diámetro	0,60		
Longitud	12,00		
Estado	Medianamente Obstruída		
Cabezales			
Delantales	No verificable		

**Alcantarilla A-16 / Condición: No Aceptable**

Código Fotografía 031	Entrada	Código Fotografía 032	Salida
			
Tipo	Hormigón Circular	<p><b>Observaciones/Recomendaciones:</b> Existe una tubería pasando de lado a lado. Gran densidad de vegetación. Estructura aparenta buen estado.</p> <p>Se recomienda retirar la tubería que atraviesa la alcantarilla. Requiere limpieza.</p>	
Sección	Sencilla		
Dimensiones o Diámetro	0,60		
Longitud	12,20		
Estado	Medianamente Obstruída		
Cabezales			
Delantales	No verificable		

**Alcantarilla A-17 / Condición: Aceptable**

Código Fotografía 033	Entrada	Código Fotografía 034	Salida														
																	
<table border="1"> <tr><td>Tipo</td><td>Hormigón Circular</td></tr> <tr><td>Sección</td><td>Sencilla</td></tr> <tr><td>Dimensiones o Diámetro</td><td>0,60</td></tr> <tr><td>Longitud</td><td>12,20</td></tr> <tr><td>Estado</td><td>Limpia</td></tr> <tr><td>Cabezales</td><td></td></tr> <tr><td>Delantales</td><td>No verificable</td></tr> </table>		Tipo	Hormigón Circular	Sección	Sencilla	Dimensiones o Diámetro	0,60	Longitud	12,20	Estado	Limpia	Cabezales		Delantales	No verificable	<p><b>Observaciones/Recomendaciones:</b> La entrada se muestra aceptable. La salida no tiene cabeza, ni delantal.</p> <p>Se recomienda la construcción de delantal en la salida. Limpieza.</p>	
Tipo	Hormigón Circular																
Sección	Sencilla																
Dimensiones o Diámetro	0,60																
Longitud	12,20																
Estado	Limpia																
Cabezales																	
Delantales	No verificable																

**Alcantarilla A-18 / Condición: Aceptable**

Código Fotografía 037	Entrada	Código Fotografía 038	Salida														
																	
<table border="1"> <tr><td>Tipo</td><td>Hormigón Circular</td></tr> <tr><td>Sección</td><td>Sencilla</td></tr> <tr><td>Dimensiones o Diámetro</td><td>0,60</td></tr> <tr><td>Longitud</td><td>12,50</td></tr> <tr><td>Estado</td><td>Limpia</td></tr> <tr><td>Cabezales</td><td></td></tr> <tr><td>Delantales</td><td>No posee</td></tr> </table>		Tipo	Hormigón Circular	Sección	Sencilla	Dimensiones o Diámetro	0,60	Longitud	12,50	Estado	Limpia	Cabezales		Delantales	No posee	<p><b>Observaciones/Recomendaciones:</b> Se muestra aceptable.</p> <p>Requiere de limpieza.</p>	
Tipo	Hormigón Circular																
Sección	Sencilla																
Dimensiones o Diámetro	0,60																
Longitud	12,50																
Estado	Limpia																
Cabezales																	
Delantales	No posee																

**Alcantarilla A-19 / Condición: No Aceptable**

Código Fotografía 035	Entrada	Código Fotografía 036	Salida														
																	
<table border="1"> <tr><td>Tipo</td><td>Hormigón Circular</td></tr> <tr><td>Sección</td><td>Sencilla</td></tr> <tr><td>Dimensiones o Diámetro</td><td>0,60</td></tr> <tr><td>Longitud</td><td>15,50</td></tr> <tr><td>Estado</td><td>Obstruida</td></tr> <tr><td>Cabezales</td><td></td></tr> <tr><td>Delantales</td><td>Entrada</td></tr> </table>		Tipo	Hormigón Circular	Sección	Sencilla	Dimensiones o Diámetro	0,60	Longitud	15,50	Estado	Obstruida	Cabezales		Delantales	Entrada	<p><b>Observaciones/Recomendaciones:</b>                      La salida está cubierta de vegetación, no es observable si tiene cabezal y delantal.                       Requiere de Limpieza.</p>	
Tipo	Hormigón Circular																
Sección	Sencilla																
Dimensiones o Diámetro	0,60																
Longitud	15,50																
Estado	Obstruida																
Cabezales																	
Delantales	Entrada																

**Alcantarilla A-20 / Condición: No Aceptable**

Código Fotografía 039	Entrada	Código Fotografía 040	Salida														
																	
<table border="1"> <tr><td>Tipo</td><td>Hormigón Circular</td></tr> <tr><td>Sección</td><td>Sencilla</td></tr> <tr><td>Dimensiones o Diámetro</td><td>-</td></tr> <tr><td>Longitud</td><td>16,50</td></tr> <tr><td>Estado</td><td>Medianamente Obstruida</td></tr> <tr><td>Cabezales</td><td></td></tr> <tr><td>Delantales</td><td>No verificable</td></tr> </table>		Tipo	Hormigón Circular	Sección	Sencilla	Dimensiones o Diámetro	-	Longitud	16,50	Estado	Medianamente Obstruida	Cabezales		Delantales	No verificable	<p><b>Observaciones/Recomendaciones:</b>                      Existe densa vegetación y no es posible la observación de forma segura. Se estima medianamente obstruida porque se observa cause de quebrada que atraviesa la alcantarilla.                       Requiere de limpieza y se recomienda la construcción de sendero para facilitar obras de mantenimiento e inspección.</p>	
Tipo	Hormigón Circular																
Sección	Sencilla																
Dimensiones o Diámetro	-																
Longitud	16,50																
Estado	Medianamente Obstruida																
Cabezales																	
Delantales	No verificable																

**Alcantarilla A-21 / Condición: No Aceptable**

Código Fotografía 041	Entrada	Código Fotografía 042	Salida														
																	
<table border="1"> <tr><td>Tipo</td><td>Hormigón Circular</td></tr> <tr><td>Sección</td><td>Sencilla</td></tr> <tr><td>Dimensiones o Diámetro</td><td>0,60</td></tr> <tr><td>Longitud</td><td>13,00</td></tr> <tr><td>Estado</td><td>Obstruida</td></tr> <tr><td>Cabezales</td><td></td></tr> <tr><td>Delantales</td><td>No posee</td></tr> </table>		Tipo	Hormigón Circular	Sección	Sencilla	Dimensiones o Diámetro	0,60	Longitud	13,00	Estado	Obstruida	Cabezales		Delantales	No posee	<p><b>Observaciones/Recomendaciones:</b>                      Existe una tubería pasando de lado a lado. Gran densidad de vegetación. La alcantarilla está severamente obstruida.                       Se recomienda retirar la tubería que atraviesa la alcantarilla. Requiere limpieza.</p>	
Tipo	Hormigón Circular																
Sección	Sencilla																
Dimensiones o Diámetro	0,60																
Longitud	13,00																
Estado	Obstruida																
Cabezales																	
Delantales	No posee																

**Alcantarilla A-22 / Condición: Aceptable**

Código Fotografía 045	Entrada	Código Fotografía 046	Salida														
																	
<table border="1"> <tr><td>Tipo</td><td>Hormigón Circular</td></tr> <tr><td>Sección</td><td>Sencilla</td></tr> <tr><td>Dimensiones o Diámetro</td><td>0,6</td></tr> <tr><td>Longitud</td><td>15,00</td></tr> <tr><td>Estado</td><td>Medianamente Obstruida</td></tr> <tr><td>Cabezales</td><td></td></tr> <tr><td>Delantales</td><td>Ambos</td></tr> </table>		Tipo	Hormigón Circular	Sección	Sencilla	Dimensiones o Diámetro	0,6	Longitud	15,00	Estado	Medianamente Obstruida	Cabezales		Delantales	Ambos	<p><b>Observaciones/Recomendaciones:</b>                      Existe una tubería pasando de lado a lado. Está limpia de vegetación, pero obstruida por dichas tuberías, que en mediano plazo podrían obstruir completamente la alcantarilla.                       Se recomienda retirar la tubería que atraviesa la alcantarilla. Requiere limpieza.</p>	
Tipo	Hormigón Circular																
Sección	Sencilla																
Dimensiones o Diámetro	0,6																
Longitud	15,00																
Estado	Medianamente Obstruida																
Cabezales																	
Delantales	Ambos																

**Alcantarilla A-23 / Condición: Aceptable**

Código Fotografía 047	Entrada	Código Fotografía 048	Salida														
																	
<table border="1"> <tr><td>Tipo</td><td>Hormigón Circular</td></tr> <tr><td>Sección</td><td>Sencilla</td></tr> <tr><td>Dimensiones o Diámetro</td><td>1,30X1,00</td></tr> <tr><td>Longitud</td><td>12,00</td></tr> <tr><td>Estado</td><td>Medianamente Obstruida</td></tr> <tr><td>Cabezales</td><td></td></tr> <tr><td>Delantales</td><td>No posee</td></tr> </table>		Tipo	Hormigón Circular	Sección	Sencilla	Dimensiones o Diámetro	1,30X1,00	Longitud	12,00	Estado	Medianamente Obstruida	Cabezales		Delantales	No posee	<p><b>Observaciones/Recomendaciones:</b>                      En la entrada, estructura en concreto que podría tener alguna función, pero causa acumulación de desechos y obstrucción. La sección de la alcantarilla se observa mucho más grande en la entrada que en la salida.                       Se recomienda retirar el elemento en concreto obstruyendo. Requiere limpieza.</p>	
Tipo	Hormigón Circular																
Sección	Sencilla																
Dimensiones o Diámetro	1,30X1,00																
Longitud	12,00																
Estado	Medianamente Obstruida																
Cabezales																	
Delantales	No posee																

**Alcantarilla A-24 / Condición: Aceptable**

Código Fotografía 049	Entrada	Código Fotografía 050	Salida														
																	
<table border="1"> <tr><td>Tipo</td><td>Hormigón Circular</td></tr> <tr><td>Sección</td><td>Sencilla</td></tr> <tr><td>Dimensiones o Diámetro</td><td>0,80</td></tr> <tr><td>Longitud</td><td>13,20</td></tr> <tr><td>Estado</td><td>Limpia</td></tr> <tr><td>Cabezales</td><td></td></tr> <tr><td>Delantales</td><td>Entrada. Salida no verificable</td></tr> </table>		Tipo	Hormigón Circular	Sección	Sencilla	Dimensiones o Diámetro	0,80	Longitud	13,20	Estado	Limpia	Cabezales		Delantales	Entrada. Salida no verificable	<p><b>Observaciones/Recomendaciones:</b>                      Densa vegetación.                       Requiere limpieza.</p>	
Tipo	Hormigón Circular																
Sección	Sencilla																
Dimensiones o Diámetro	0,80																
Longitud	13,20																
Estado	Limpia																
Cabezales																	
Delantales	Entrada. Salida no verificable																

**Alcantarilla A-25 / Condición: Aceptable**

Código Fotografía 051	Entrada	Código Fotografía 052	Salida														
																	
<table border="1"> <tr><td>Tipo</td><td>Hormigón Circular</td></tr> <tr><td>Sección</td><td>Sencilla</td></tr> <tr><td>Dimensiones o Diámetro</td><td>1,00</td></tr> <tr><td>Longitud</td><td>15,00</td></tr> <tr><td>Estado</td><td>Limpia</td></tr> <tr><td>Cabezales</td><td></td></tr> <tr><td>Delantales</td><td>Entrada</td></tr> </table>		Tipo	Hormigón Circular	Sección	Sencilla	Dimensiones o Diámetro	1,00	Longitud	15,00	Estado	Limpia	Cabezales		Delantales	Entrada	<p><b>Observaciones/Recomendaciones:</b> A la salida se observa una socavación importante, producto de la ausencia de delantal.</p> <p>Se recomienda la intervención, construcción de un delantal adecuado, parece ser zona de gran caudal cuando llueve.</p>	
Tipo	Hormigón Circular																
Sección	Sencilla																
Dimensiones o Diámetro	1,00																
Longitud	15,00																
Estado	Limpia																
Cabezales																	
Delantales	Entrada																

**Alcantarilla A-26 / Condición: Aceptable**

Código Fotografía 053	Entrada	Código Fotografía 054	Salida														
																	
<table border="1"> <tr><td>Tipo</td><td>Hormigón Circular</td></tr> <tr><td>Sección</td><td>Sencilla</td></tr> <tr><td>Dimensiones o Diámetro</td><td>0,60</td></tr> <tr><td>Longitud</td><td>15,80</td></tr> <tr><td>Estado</td><td>Medianamente Obstruída</td></tr> <tr><td>Cabezales</td><td></td></tr> <tr><td>Delantales</td><td>No posee</td></tr> </table>		Tipo	Hormigón Circular	Sección	Sencilla	Dimensiones o Diámetro	0,60	Longitud	15,80	Estado	Medianamente Obstruída	Cabezales		Delantales	No posee	<p><b>Observaciones/Recomendaciones:</b> Se muestra con bastante material de desecho, y tierra.</p> <p>Se recomienda construcción de delantales. Requiere limpieza.</p>	
Tipo	Hormigón Circular																
Sección	Sencilla																
Dimensiones o Diámetro	0,60																
Longitud	15,80																
Estado	Medianamente Obstruída																
Cabezales																	
Delantales	No posee																

**Alcantarilla A-27 / Condición: Aceptable**

Código Fotografía 055	Entrada	Código Fotografía 056	Salida
			
Tipo	Hormigón Circular	<p><b><u>Observaciones/Recomendaciones:</u></b> Se muestra con bastante material de desecho, y tierra.  Requiere limpieza</p>	
Sección	Sencilla		
Dimensiones o Diámetro	0,60X0,50		
Longitud	18,00		
Estado	Medianamente Obstruída		
Cabezales			
Delantales	Ambos		

**Alcantarilla A-28 / Condición: Excelente**

Código Fotografía 057	Entrada	Código Fotografía 058	Salida
			
Tipo	Hormigón Circular	<p><b><u>Observaciones/Recomendaciones:</u></b> Estructura muy buen estado.  Requiere limpieza.</p>	
Sección	Sencilla		
Dimensiones o Diámetro	0,60		
Longitud	12,20		
Estado	Limpia		
Cabezales			
Delantales	Ambos		
Observaciones	Estructura muy buen estado		

**Alcantarilla A-29 / Condición: No Aceptable**

Código Fotografía 059	Entrada	Código Fotografía 060	Salida
			
Tipo	Hormigón Circular	<b><u>Observaciones/Recomendaciones:</u></b> Estructura muy buen estado.  Requiere de limpieza.	
Sección	Sencilla		
Dimensiones o Diámetro	0,60		
Longitud	12,30		
Estado	Obstruída		
Cabezales			
Delantales	Ambos		
Observaciones	Estructura muy buen estado		

**Alcantarilla A-30 / Condición: Aceptable**

Código Fotografía 061	Entrada	Código Fotografía 062	Salida
			
Tipo	Hormigón Circular	<b><u>Observaciones/Recomendaciones:</u></b> Densa vegetación.  Requiere limpieza.	
Sección	Sencilla		
Dimensiones o Diámetro	0,60		
Longitud	11,80		
Estado	Limpia		
Cabezales			
Delantales	Entrada. Salida no verificable		

**Alcantarilla A-31 / Condición: No Aceptable**

Código Fotografía 063	Entrada	Código Fotografía 064	Salida														
																	
<table border="1"> <tr><td>Tipo</td><td>Hormigón Circular</td></tr> <tr><td>Sección</td><td>Sencilla</td></tr> <tr><td>Dimensiones o Diámetro</td><td>-</td></tr> <tr><td>Longitud</td><td>12,20</td></tr> <tr><td>Estado</td><td>Obstruída</td></tr> <tr><td>Cabezales</td><td></td></tr> <tr><td>Delantales</td><td>No verificable</td></tr> </table>		Tipo	Hormigón Circular	Sección	Sencilla	Dimensiones o Diámetro	-	Longitud	12,20	Estado	Obstruída	Cabezales		Delantales	No verificable	<p><b><u>Observaciones/Recomendaciones:</u></b>                      Densa vegetación.                      Requiere limpieza.</p>	
Tipo	Hormigón Circular																
Sección	Sencilla																
Dimensiones o Diámetro	-																
Longitud	12,20																
Estado	Obstruída																
Cabezales																	
Delantales	No verificable																

**Alcantarilla A-32 / Condición: No Aceptable**

Código Fotografía 065	Entrada	Código Fotografía 066	Salida														
																	
<table border="1"> <tr><td>Tipo</td><td>Hormigón Circular</td></tr> <tr><td>Sección</td><td>Sencilla</td></tr> <tr><td>Dimensiones o Diámetro</td><td>-</td></tr> <tr><td>Longitud</td><td>12,00</td></tr> <tr><td>Estado</td><td>Obstruída</td></tr> <tr><td>Cabezales</td><td></td></tr> <tr><td>Delantales</td><td>No verificable</td></tr> </table>		Tipo	Hormigón Circular	Sección	Sencilla	Dimensiones o Diámetro	-	Longitud	12,00	Estado	Obstruída	Cabezales		Delantales	No verificable	<p><b><u>Observaciones/Recomendaciones:</u></b>                      Densa vegetación.                      Requiere limpieza.</p>	
Tipo	Hormigón Circular																
Sección	Sencilla																
Dimensiones o Diámetro	-																
Longitud	12,00																
Estado	Obstruída																
Cabezales																	
Delantales	No verificable																

**Alcantarilla A-33 / Condición: Aceptable**

Código Fotografía 067	Entrada	Código Fotografía 068	Salida														
																	
<table border="1"> <tr><td>Tipo</td><td>Hormigón Circular</td></tr> <tr><td>Sección</td><td>Sencilla</td></tr> <tr><td>Dimensiones o Diámetro</td><td>0,80X0,65</td></tr> <tr><td>Longitud</td><td>12,20</td></tr> <tr><td>Estado</td><td>Limpia</td></tr> <tr><td>Cabezales</td><td></td></tr> <tr><td>Delantales</td><td>No verificable</td></tr> </table>		Tipo	Hormigón Circular	Sección	Sencilla	Dimensiones o Diámetro	0,80X0,65	Longitud	12,20	Estado	Limpia	Cabezales		Delantales	No verificable	<p><b><u>Observaciones/Recomendaciones:</u></b> No se ven delantales.  Se recomienda construcción de delantales. Requiere limpieza.</p>	
Tipo	Hormigón Circular																
Sección	Sencilla																
Dimensiones o Diámetro	0,80X0,65																
Longitud	12,20																
Estado	Limpia																
Cabezales																	
Delantales	No verificable																

**Alcantarilla A-34 / Condición: Aceptable**

Código Fotografía 069	Entrada	Código Fotografía 070	Salida														
																	
<table border="1"> <tr><td>Tipo</td><td>Hormigón Circular</td></tr> <tr><td>Sección</td><td>Sencilla</td></tr> <tr><td>Dimensiones o Diámetro</td><td>0,80X0,65</td></tr> <tr><td>Longitud</td><td>12,40</td></tr> <tr><td>Estado</td><td>Limpia</td></tr> <tr><td>Cabezales</td><td></td></tr> <tr><td>Delantales</td><td>No verificable</td></tr> </table>		Tipo	Hormigón Circular	Sección	Sencilla	Dimensiones o Diámetro	0,80X0,65	Longitud	12,40	Estado	Limpia	Cabezales		Delantales	No verificable	<p><b><u>Observaciones/Recomendaciones:</u></b> Gran cantidad de desecho.  Requiere limpieza.</p>	
Tipo	Hormigón Circular																
Sección	Sencilla																
Dimensiones o Diámetro	0,80X0,65																
Longitud	12,40																
Estado	Limpia																
Cabezales																	
Delantales	No verificable																

**Alcantarilla A-35 / Condición: No Aceptable**

Código Fotografía 071	Entrada	Código Fotografía 072	Salida														
		<p align="center"><b>No se pudo Fotografiar.</b></p>															
<table border="1"> <tr><td>Tipo</td><td>Hormigón Circular</td></tr> <tr><td>Sección</td><td>Sencilla</td></tr> <tr><td>Dimensiones o Diámetro</td><td>0,60</td></tr> <tr><td>Longitud</td><td>15,00</td></tr> <tr><td>Estado</td><td>Medianamente Obstruída</td></tr> <tr><td>Cabezales</td><td></td></tr> <tr><td>Delantales</td><td>No verificable</td></tr> </table>		Tipo	Hormigón Circular	Sección	Sencilla	Dimensiones o Diámetro	0,60	Longitud	15,00	Estado	Medianamente Obstruída	Cabezales		Delantales	No verificable	<p><b>Observaciones/Recomendaciones:</b> Gran cantidad de desecho.  Requiere limpieza. No se sabe dónde está la salida. No se puede fotografía.</p>	
Tipo	Hormigón Circular																
Sección	Sencilla																
Dimensiones o Diámetro	0,60																
Longitud	15,00																
Estado	Medianamente Obstruída																
Cabezales																	
Delantales	No verificable																

**Alcantarilla A-36 / Condición: Aceptable**

Código Fotografía 073	Entrada	Código Fotografía 074	Salida														
																	
<table border="1"> <tr><td>Tipo</td><td>Hormigón Circular</td></tr> <tr><td>Sección</td><td>Sencilla</td></tr> <tr><td>Dimensiones o Diámetro</td><td>1,00</td></tr> <tr><td>Longitud</td><td>18,20</td></tr> <tr><td>Estado</td><td>Limpia</td></tr> <tr><td>Cabezales</td><td></td></tr> <tr><td>Delantales</td><td>Entrada</td></tr> </table>		Tipo	Hormigón Circular	Sección	Sencilla	Dimensiones o Diámetro	1,00	Longitud	18,20	Estado	Limpia	Cabezales		Delantales	Entrada	<p><b>Observaciones/Recomendaciones:</b> Chapear alrededor.</p>	
Tipo	Hormigón Circular																
Sección	Sencilla																
Dimensiones o Diámetro	1,00																
Longitud	18,20																
Estado	Limpia																
Cabezales																	
Delantales	Entrada																

**Alcantarilla A-37 / Condición: Excelente**

Código Fotografía 075	Entrada	Código Fotografía 076	Salida														
																	
<table border="1"> <tr><td>Tipo</td><td>Hormigón Circular</td></tr> <tr><td>Sección</td><td>Sencilla</td></tr> <tr><td>Dimensiones o Diámetro</td><td>1,30</td></tr> <tr><td>Longitud</td><td>20,00</td></tr> <tr><td>Estado</td><td>Limpia</td></tr> <tr><td>Cabezales</td><td></td></tr> <tr><td>Delantales</td><td>Ambos</td></tr> </table>		Tipo	Hormigón Circular	Sección	Sencilla	Dimensiones o Diámetro	1,30	Longitud	20,00	Estado	Limpia	Cabezales		Delantales	Ambos	<p><b>Observaciones/Recomendaciones:</b> Excelente estado.</p>	
Tipo	Hormigón Circular																
Sección	Sencilla																
Dimensiones o Diámetro	1,30																
Longitud	20,00																
Estado	Limpia																
Cabezales																	
Delantales	Ambos																

**Alcantarilla A-38 / Condición: Excelente**

Código Fotografía 077	Entrada	Código Fotografía 078	Salida														
																	
<table border="1"> <tr><td>Tipo</td><td>Hormigón Circular</td></tr> <tr><td>Sección</td><td>Sencilla</td></tr> <tr><td>Dimensiones o Diámetro</td><td>1,00</td></tr> <tr><td>Longitud</td><td>22,00</td></tr> <tr><td>Estado</td><td>Limpia</td></tr> <tr><td>Cabezales</td><td></td></tr> <tr><td>Delantales</td><td>Ambos</td></tr> </table>		Tipo	Hormigón Circular	Sección	Sencilla	Dimensiones o Diámetro	1,00	Longitud	22,00	Estado	Limpia	Cabezales		Delantales	Ambos	<p><b>Observaciones/Recomendaciones:</b> Excelente estado.</p>	
Tipo	Hormigón Circular																
Sección	Sencilla																
Dimensiones o Diámetro	1,00																
Longitud	22,00																
Estado	Limpia																
Cabezales																	
Delantales	Ambos																

**Alcantarilla A-39 / Condición: Aceptable**

Código Fotografía 079	Entrada	Código Fotografía 080	Salida														
																	
<table border="1"> <tr><td>Tipo</td><td>Hormigón Circular</td></tr> <tr><td>Sección</td><td>Sencilla</td></tr> <tr><td>Dimensiones o Diámetro</td><td>0,60</td></tr> <tr><td>Longitud</td><td>18,00</td></tr> <tr><td>Estado</td><td>Limpia</td></tr> <tr><td>Cabezales</td><td></td></tr> <tr><td>Delantales</td><td>No verificable</td></tr> </table>		Tipo	Hormigón Circular	Sección	Sencilla	Dimensiones o Diámetro	0,60	Longitud	18,00	Estado	Limpia	Cabezales		Delantales	No verificable	<p><b>Observaciones/Recomendaciones:</b> Material de Desecho, y vegetación.  Requiere de limpieza.</p>	
Tipo	Hormigón Circular																
Sección	Sencilla																
Dimensiones o Diámetro	0,60																
Longitud	18,00																
Estado	Limpia																
Cabezales																	
Delantales	No verificable																

**Alcantarilla A-40 / Condición: Aceptable**

Código Fotografía 081	Entrada	Código Fotografía 082	Salida														
																	
<table border="1"> <tr><td>Tipo</td><td>Hormigón Circular</td></tr> <tr><td>Sección</td><td>Sencilla</td></tr> <tr><td>Dimensiones o Diámetro</td><td>0,60</td></tr> <tr><td>Longitud</td><td>13,20</td></tr> <tr><td>Estado</td><td>3</td></tr> <tr><td>Cabezales</td><td></td></tr> <tr><td>Delantales</td><td>No posee</td></tr> </table>		Tipo	Hormigón Circular	Sección	Sencilla	Dimensiones o Diámetro	0,60	Longitud	13,20	Estado	3	Cabezales		Delantales	No posee	<p><b>Observaciones/Recomendaciones:</b> Material de desecho y vegetación.  Construcción de delantales.</p>	
Tipo	Hormigón Circular																
Sección	Sencilla																
Dimensiones o Diámetro	0,60																
Longitud	13,20																
Estado	3																
Cabezales																	
Delantales	No posee																

**Alcantarilla A-41 / Condición: Aceptable**

Código Fotografía 082	Entrada	Código Fotografía 083	Salida
			
Tipo	Hormigón Circular	<b>Observaciones/Recomendaciones:</b> Material de desecho y vegetación.  Limpieza.	
Sección	Sencilla		
Dimensiones o Diámetro	2,00X1,50		
Longitud	12,50		
Estado	3		
Cabezales			
Delantales	No posee		

**Alcantarilla A-42 / Condición: Aceptable**

Código Fotografía 084	Entrada	Código Fotografía 085	Salida
			
Tipo	Hormigón Circular	<b>Observaciones/Recomendaciones:</b> Gran densidad de vegetación.  Requiere limpieza.	
Sección	Sencilla		
Dimensiones o Diámetro	0,60		
Longitud	14,20		
Estado	Medianamente Obstruída		
Cabezales			
Delantales	No posee		

**Alcantarilla A-43 / Condición: Aceptable**

Código Fotografía 086	Entrada	Código Fotografía 087	Salida
			
Tipo	Hormigón Circular	<b>Observaciones/Recomendaciones:</b> Gran densidad de vegetación.  Gran densidad de vegetación.	
Sección	Sencilla		
Dimensiones o Diámetro	NO SE VE		
Longitud	12,00		
Estado	Medianamente Obstruída		
Cabezales			
Delantales	No posee		

**Alcantarilla A-44 / Condición: Aceptable**

Código Fotografía 088	Entrada	Código Fotografía 089	Salida
			
Tipo	Hormigón Circular	<b>Observaciones/Recomendaciones:</b> Gran densidad de vegetación.  Requiere Limpieza.	
Sección	Sencilla		
Dimensiones o Diámetro	1,00X1,00		
Longitud	11,80		
Estado	Medianamente Obstruída		
Cabezales			
Delantales	No posee		

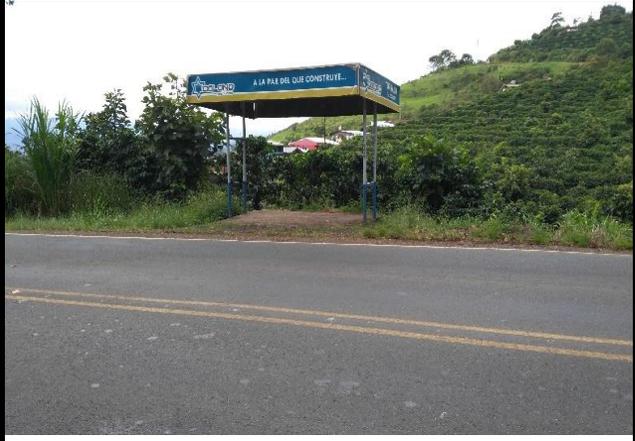
**Alcantarilla A-45/ Condición: No aceptable**

Código Fotografía 090	Entrada	Código Fotografía 091	Salida														
																	
<table border="1"> <tr> <td>Tipo</td> <td>Hormigón Circular</td> </tr> <tr> <td>Sección</td> <td>Sencilla</td> </tr> <tr> <td>Dimensiones o Diámetro</td> <td>0,60</td> </tr> <tr> <td>Longitud</td> <td>14,00</td> </tr> <tr> <td>Estado</td> <td>Medianamente Obstruída</td> </tr> <tr> <td>Cabezales</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Delantales</td> <td>No posee</td> </tr> </table>		Tipo	Hormigón Circular	Sección	Sencilla	Dimensiones o Diámetro	0,60	Longitud	14,00	Estado	Medianamente Obstruída	Cabezales		Delantales	No posee	<p><b>Observaciones/Recomendaciones:</b>                  Sucia, con tuberías y material de desecho.                   Se recomienda retirar las tuberías que causan obstrucciones, y limpieza.</p>	
Tipo	Hormigón Circular																
Sección	Sencilla																
Dimensiones o Diámetro	0,60																
Longitud	14,00																
Estado	Medianamente Obstruída																
Cabezales																	
Delantales	No posee																

**Apéndice V. Paradas de Autobús**

<b>Paradas de Autobús</b>			
<b>Código Fotografía</b>	<b>Parada D-1</b>	<b>Código Fotografía</b>	<b>Parada D-2</b>
<b>001</b>			
			
<b>Código Fotografía</b>	<b>Parada D-3</b>	<b>Código Fotografía</b>	<b>Parada D-4</b>
<b>No Existe</b>			
			

<b>Código Fotografía</b> <b>140401</b>	<b>Parada D-5</b>	<b>Código Fotografía</b> <b>142408</b>	<b>Parada D-6</b>
			
<b>Código Fotografía</b> <b>093648</b>	<b>Parada D-7</b>	<b>Código Fotografía</b> <b>100519</b>	<b>Parada D-8</b>
			

<b>Código Fotografía</b> 111708	<b>Parada D-9</b>	<b>Código Fotografía</b> No Existe	<b>Parada D-10</b>
			
<b>Código Fotografía</b> 124751	<b>Parada D-11</b>	<b>Código Fotografía</b> 130940	<b>Parada D-12</b>
			

Código Fotografía No Existe	Parada I-1	Código Fotografía 002	Parada I-2
			
Código Fotografía 114344	Parada I-3	Código Fotografía 130646	Parada I-4
			

<b>Código Fotografía</b> <b>131135</b>	<b>Parada I-5</b>	<b>Código Fotografía</b> <b>140530</b>	<b>Parada I-6</b>
			
<b>Código Fotografía</b> <b>142557</b>	<b>Parada I-7</b>	<b>Código Fotografía</b> <b>150319</b>	<b>Parada I-8</b>
			

<b>Código Fotografía</b> 150832	<b>Parada I-9</b>	<b>Código Fotografía</b> 153217	<b>Parada I-10</b>
			
<b>Código Fotografía</b> 091134	<b>Parada I-11</b>	<b>Código Fotografía</b> 093740	<b>Parada I-12</b>
			

<b>Código Fotografía</b> <b>094312</b>	<b>Parada I-13</b>	<b>Código Fotografía</b> <b>094719</b>	<b>Parada I-14</b>
			
<b>Código Fotografía</b> <b>100146</b>	<b>Parada I-15</b>	<b>Código Fotografía</b> <b>110916</b>	<b>Parada I-16</b>
			

Código Fotografía 120402	Parada I-17	Código Fotografía 124527	Parada I-18
			

## Apéndice VI. Velocidades de diseño de las curvas en km/h

Curva #	Radio(m)	Longitud (m)	e <sub>max</sub> (%)	f'	V(km/h)	Vnorm(km/h)	Rnorm(m)
C1	82.9	63.9	0.002	0.170	42.6	50.0	114.5
C2	96.1	68.9	0.036	0.164	49.5	50.0	98.2
C3	60.5	72.7	0.034	0.172	39.8	50.0	95.5
C4	60.5	43.0	0.03	0.172	39.5	50.0	97.2
C5	60.5	53.1	0.03	0.172	39.5	50.0	97.2
C6	60.5	46.8	0.055	0.171	41.7	50.0	87.2
C7	51.9	113.6	0.05	0.173	38.4	50.0	88.2
C8	21.4	15.6	0.05	0.180	25.0	50.0	85.6
C9	73.2	46.9	0.06	0.167	46.0	50.0	86.6
C10	103.9	23.2	0.06	0.161	54.1	54.1	104.1
C11	21.4	8.1	0.065	0.180	25.8	50.0	80.3
C12	104.1	59.1	0.062	0.161	54.3	54.3	104.2
C13	57.4	96.1	0.064	0.171	41.4	50.0	83.8
C14	47.0	73.6	0.068	0.174	38.0	50.0	81.5
C15	36.6	56.3	0.068	0.177	33.7	50.0	80.3
C16	132.2	45.1	0.06	0.157	60.4	60.4	132.3
C17	57.9	108.4	0.044	0.172	39.9	50.0	91.1
C18	107.4	58.7	0.044	0.162	53.0	53.0	107.5
C19	145.5	108.1	0.042	0.157	60.6	60.6	145.7
C20	46.5	40.0	0.04	0.175	35.7	50.0	91.4
C21	64.2	84.0	0.052	0.170	42.6	50.0	88.7
C22	109.7	61.7	0.036	0.162	52.6	52.6	109.8
C23	225.9	113.2	0.042	0.146	73.5	73.5	226.2
C24	200.7	30.1	0.039	0.149	69.3	69.3	200.9
C25	136.9	39.5	0.035	0.158	58.0	58.0	137.1
C26	64.8	154.2	0.04	0.171	41.7	50.0	93.4
C27	79.9	38.9	0.036	0.168	45.5	50.0	96.7
C28	130.3	50.1	0.032	0.160	56.3	56.3	130.4
C29	81.8	117.7	0.022	0.168	44.5	50.0	103.4
C30	54.2	48.4	0.048	0.173	39.0	50.0	89.2
C31	71.2	63.4	0.018	0.171	41.4	50.0	104.2
C32	98.5	90.0	0.018	0.166	48.0	50.0	107.2
C33	99.9	53.6	0.015	0.166	47.9	50.0	108.9
C34	80.2	61.0	0.022	0.169	44.1	50.0	103.2
C35	91.8	58.9	0.025	0.166	47.3	50.0	103.0

C36	29.5	36.1	0.024	0.180	27.7	50.0	96.5
C37	53.5	84.6	0.026	0.174	36.9	50.0	98.2
C38	43.5	83.0	0.064	0.175	36.4	50.0	82.4
C39	59.2	105.7	0.046	0.172	40.5	50.0	90.5
C40	82.0	84.6	0.042	0.167	46.6	50.0	94.3
C41	73.7	139.0	0.04	0.169	44.2	50.0	94.3
C42	33.6	62.5	0.041	0.179	30.7	50.0	89.3
C43	61.1	140.9	0.046	0.171	41.1	50.0	90.6
C44	102.4	155.2	0.056	0.162	53.3	53.3	102.6
C45	67.6	68.3	0.05	0.169	43.4	50.0	89.8
C46	59.4	116.5	0.046	0.172	40.5	50.0	90.5
C47	118.8	166.9	0.052	0.159	56.5	56.5	119.0
C48	38.6	31.6	0.058	0.177	33.9	50.0	83.8
C49	66.8	118.7	0.064	0.168	44.4	50.0	84.7
C50	133.9	62.4	0.044	0.158	58.6	58.6	134.1
C51	80.7	121.6	0.028	0.168	44.9	50.0	100.4
C52	149.4	60.1	0.036	0.157	60.5	60.5	149.6
C53	52.9	67.8	0.042	0.174	38.1	50.0	91.3
C54	55.6	43.3	0.018	0.174	36.9	50.0	102.3
C55	109.2	51.9	0.02	0.164	50.5	50.5	109.4
C58	151.5	31.8	0.034	0.157	60.6	60.6	151.7
C59	40.8	43.0	0.066	0.176	35.4	50.0	81.4
C60	114.2	110.4	0.045	0.161	54.7	54.7	114.3
C61	159.4	100.1	0.03	0.156	61.4	61.4	159.6
C62	130.5	45.4	0.032	0.160	56.4	56.4	130.6
C63	228.3	85.0	0.02	0.149	70.0	70.0	228.6
C64	30.1	34.7	0.024	0.180	27.9	50.0	96.5
C65	51.4	45.0	0.022	0.175	35.9	50.0	99.8
C66	132.8	61.9	0.026	0.160	56.0	56.0	132.9
C67	43.3	52.1	0.028	0.177	33.6	50.0	96.0
C68	61.1	97.6	0.034	0.172	40.0	50.0	95.6
C69	48.8	65.9	0.042	0.175	36.7	50.0	90.9
C70	232.6	142.9	0.028	0.147	72.0	72.0	232.8
C71	83.7	97.3	0.03	0.167	45.8	50.0	99.8
C72	123.8	60.4	0.035	0.160	55.4	55.4	123.9
C73	135.4	53.2	0.04	0.158	58.4	58.4	135.6
C74	162.6	47.6	0.042	0.154	63.7	63.7	162.8
C75	129.6	116.0	0.04	0.159	57.2	57.2	129.7
C76	95.7	23.5	0.044	0.164	50.3	50.3	95.8

C77	89.9	31.0	0.038	0.165	48.2	50.0	96.8
C78	63.3	32.6	0.035	0.171	40.8	50.0	95.4
C79	74.6	23.2	0.032	0.169	43.7	50.0	97.9
C80	65.0	157.2	0.035	0.171	41.3	50.0	95.6
C81	56.8	53.4	0.048	0.172	39.9	50.0	89.4
C82	158.6	53.1	0.05	0.154	64.1	64.1	158.8
C83	186.5	39.2	0.058	0.149	70.1	70.1	186.7
C84	27.7	65.2	0.065	0.180	29.4	50.0	80.3
C85	68.5	34.2	0.071	0.168	45.6	50.0	82.5
C86	32.3	87.0	0.078	0.178	32.4	50.0	76.9
C87	31.2	45.6	0.075	0.179	31.7	50.0	77.6
C88	38.4	40.2	0.079	0.176	35.3	50.0	77.3
C89	40.2	14.3	0.064	0.176	35.0	50.0	82.0
C90	41.3	110.0	0.052	0.176	34.6	50.0	86.2
C91	99.8	74.5	0.06	0.162	53.1	53.1	99.9
C92	14.8	22.2	0.076	0.180	22.0	50.0	76.9
C93	28.4	48.8	0.064	0.180	29.7	50.0	80.7
C94	75.0	31.1	0.055	0.167	46.0	50.0	88.6
C95	28.0	27.2	0.045	0.180	28.3	50.0	87.5
C96	30.2	42.9	0.048	0.180	29.6	50.0	86.3
C97	32.3	56.5	0.04	0.180	30.1	50.0	89.5
C98	39.7	35.3	0.035	0.178	32.8	50.0	92.5
C99	107.1	75.9	0.032	0.163	51.5	51.5	107.3
C100	97.1	45.8	0.034	0.164	49.5	50.0	99.2
C101	106.3	50.2	0.028	0.163	50.9	50.9	106.5
C102	248.6	86.2	0.032	0.145	74.8	74.8	248.9
C103	84.7	45.1	0.036	0.167	46.7	50.0	97.1
C104	39.0	97.4	0.024	0.179	31.7	50.0	97.1
C105	233.0	20.0	0.034	0.146	73.1	73.1	233.2
C106	73.3	34.4	0.028	0.170	42.9	50.0	99.6
C107	43.3	25.0	0.022	0.178	33.1	50.0	98.7
C108	32.0	47.5	0.038	0.180	29.8	50.0	90.3
C109	55.8	50.6	0.042	0.173	39.0	50.0	91.7
C110	48.9	26.7	0.04	0.175	36.6	50.0	91.7
C111	29.6	42.3	0.035	0.180	28.5	50.0	91.6
C112	31.0	35.4	0.03	0.180	28.8	50.0	93.7
C113	81.1	26.7	0.026	0.168	44.7	50.0	101.4
C114	20.3	41.4	0.058	0.180	24.8	50.0	82.7
C115	29.8	31.1	0.034	0.180	28.5	50.0	92.0

C116	53.8	33.4	0.042	0.173	38.4	50.0	91.4
C117	46.3	82.8	0.05	0.175	36.4	50.0	87.5
C118	42.4	95.8	0.056	0.176	35.3	50.0	85.0
C119	267.5	56.9	0.052	0.140	80.9	80.9	267.9
C120	44.6	41.4	0.05	0.175	35.8	50.0	87.3
C121	47.6	47.0	0.046	0.175	36.5	50.0	89.2
C122	226.3	48.5	0.038	0.147	72.9	72.9	226.6
C123	62.9	42.1	0.042	0.171	41.3	50.0	92.4
C124	200.0	28.5	0.036	0.150	68.8	68.8	200.2
C125	20.6	35.9	0.024	0.180	23.1	50.0	96.5

# Anexos

**Anexo I.** Actividades de conservación vial del manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, carreteras y Puentes MCV2015.

**Anexo II.** Curvas Intensidad Duración Frecuencia para la estación Pacayas.

**Anexo III.** Formulario: Inventario general de carretera y caminos MOPT.

**Anexo IV.** Informe de Intervenciones para la ruta 10, Contratista: CASISA.

**Anexo V.** Dispositivos de señalización vertical aplicables a la ruta en estudio.

**Anexo VI.** Ejemplo de tabla de información de AutoCAD Civil 3D, exportada a Excel.

**Anexo VII.** Radios mínimos absolutos. Del libro: Diseño Geométrico de Carreteras por James Cárdenas Grisales

**Anexo VIII.** Tablas del libro: Diseño Geométrico de Carreteras, empleadas para realizar el análisis de la capacidad y del nivel de servicio de la ruta 10.

**Anexo I.** Del manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, carreteras y Puentes MCV2015, se presenta a continuación una lista de actividades de conservación vial.

**LISTA GENERAL DE ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN VIAL**

<b>CÓDIGO</b>	<b>CAPÍTULO 1 – CONSERVACION DEL DERECHO DE VÍA</b>	<b>TIPO DE CONSERVACIÓN</b>	
CV-101	Limpieza de la zona del derecho de vía	Rutinaria	
CV-102	Manejo de la vegetación menor en la zona del derecho de vía	Rutinaria	
CV-103	Manejo de la vegetación mayor en la zona del derecho de vía	Rutinaria	
CV-104	Remoción manual de material suelto en taludes	Rutinaria	
CV-105	Perfilado manual de taludes		Periódica
CV-106	Estabilización de taludes		Periódica
CV-107	Protección de taludes contra la erosión y sedimentación		Periódica
CV-108	Remoción de derrumbes	Rutinaria	

<b>CÓDIGO</b>	<b>CAPÍTULO 2 – CONSERVACION DE ESTRUCTURAS MENORES</b>	<b>TIPO DE CONSERVACIÓN</b>	
CV-201	Limpieza de canales, cunetas y contracunetas	Rutinaria	
CV-202	Reconformación de cunetas y contracunetas no revestidas	Rutinaria	
CV-203	Reparación menor de canales, cunetas y contracunetas revestidas	Rutinaria	
CV-204	Reparación de espaldones en material granular	Rutinaria	
CV-205	Reparación de espaldones asfaltados	Rutinaria	
CV-206	Limpieza del sistema de alcantarillas	Rutinaria	
CV-207	Reparación menor del sistema de alcantarillas de concreto	Rutinaria	
CV-208	Reparación menor del sistema de alcantarillas metálicas	Rutinaria	
CV-209	Limpieza de otras estructuras de drenaje superficial	Rutinaria	
CV-210	Reparación menor de otras estructuras de drenaje superficial	Rutinaria	
CV-211	Revestimiento y reparación mayor de canales, cunetas y contracunetas revestidas		Periódica
CV-212	Reparación mayor del sistema de alcantarillas de concreto		Periódica
CV-213	Reparación mayor del sistema de alcantarillas metálicas		Periódica
CV-214	Reparación mayor de otras estructuras de drenaje superficial		Periódica
CV-215	Sustitución o instalación de subdrenajes		Periódica

CÓDIGO	CAPÍTULO 3 – CONSERVACION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES	TIPO DE CONSERVACIÓN	
CV-301	Sellado de fisuras y grietas	Rutinaria	
CV-302	Bacheo	Rutinaria	
CV-303	Sellos y tratamientos superficiales asfálticos		Periódica
CV-304	Sustitución de capa asfáltica o colocación de sobrecapa asfáltica		Periódica
CÓDIGO	CAPÍTULO 4 – CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS	TIPO DE CONSERVACIÓN	
CV-401	Sellado de juntas y grietas	Rutinaria	
CV-402	Reparación de losas en espesores parciales	Rutinaria	
CV-403	Reparación de losas en todo el espesor		Periódica
CV-404	Recalce localizado de losas		Periódica

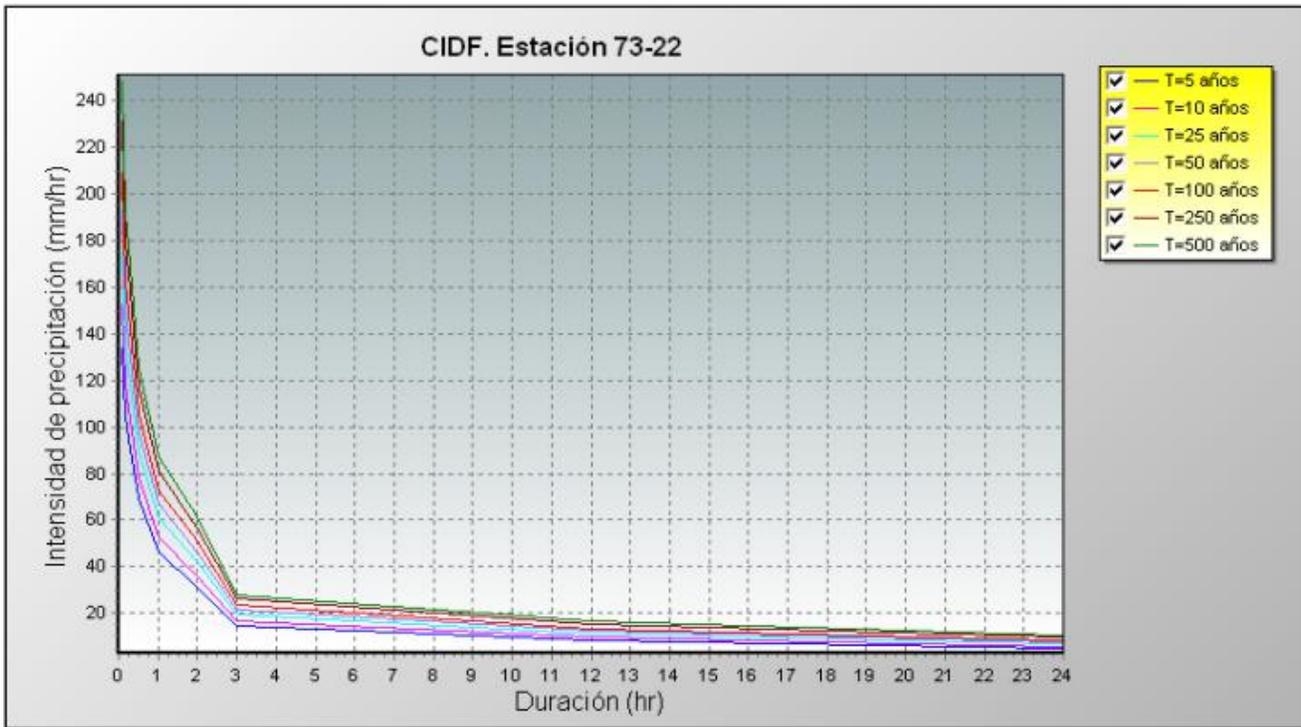
CV-405	Reemplazo de dovelas		Periódica
CÓDIGO	CAPÍTULO 5 – CONSERVACION VÍAS LASTRADAS	TIPO DE CONSERVACIÓN	
CV-501	Bacheo manual en rutas de lastre	Rutinaria	
CV-502	<i>Reconformación de una ruta en lastre (bacheo mecanizado)</i>		Periódica
CV-503	Reposición de lastre o colocación de sobrecapa de lastre		Periódica
CV-504	Reparación de sitios inestables en una ruta de lastre		Periódica
CV-505	Mejoramiento de una superficie de ruedo en lastre		Periódica
CV-506	Protección de una superficie de ruedo en lastre		Periódica
CV-507	Control de polvo mediante riego de agua y otros estabilizadores	Rutinaria	

CÓDIGO	CAPITULO 6 – CONSERVACION DE ESTRUCTURAS MAYORES	TIPO DE CONSERVACIÓN	
CV-601	Limpieza manual de puentes	Rutinaria	
CV-602	Limpieza de cauces en puentes	Rutinaria	
CV-603	Reparación parcial o reposición total de barandas de puentes	Rutinaria	
CV-604	Reemplazo y complementación de dispositivos de drenaje del puente	Rutinaria	
CV-605	Limpieza de superficie de puentes de concreto o acero con agua a presión		Periódica
CV-606	Limpieza y sellado de grietas en elemento de concreto en puentes		Periódica
CV-607	Reparación superficial de elementos de concreto en puentes	Rutinaria	
CV-608	Reparación de concreto con corrosión en el acero de refuerzo de puentes		Periódica
CV-609	Reemplazo de juntas de expansión de puentes		Periódica
CV-610	Mantenimiento o reemplazo de dispositivos de apoyo de puentes		Periódica
CV-611	Reparación de superficie de desgaste de concreto hidráulico en puentes		Periódica
CV-612	Reparación de superficie de desgaste de concreto asfáltico en puentes		Periódica
CV-613	Preparación y protección de superficies de puentes		Periódica
CV-614	Retiro y reposición de pernos de alta resistencia en puentes		Periódica
CV-615	Reparación de puentes de acero mediante reposición y adición de elementos de acero.		Periódica
CV-616	Restitución del contacto suelo-cimentación en puentes		Periódica
CV-617	Protección de riberas		Periódica
CV-618	Reparación de puentes de madera mediante reposición y adición de elementos de madera y herrajes		Periódica
CV-619	Reparación de muros de contención y de refuerzo		Periódica

CÓDIGO	CAPÍTULO 7 – CONSERVACION DE COMPONENTES DE SEGURIDAD VIAL	TIPO DE CONSERVACIÓN	
CV-701	Conservación de señales verticales y elevadas	Rutinaria	

CV-702	Conservación de sistemas de contención vehicular	Rutinaria	
CV-703	Mantenimiento de la demarcación vial horizontal		Periódica
CV-704	Reemplazo o instalación de delineadores		Periódica
CV-705	Reparación, instalación o demolición de reductores de velocidad		Periódica
CV-706	Reparación y construcción de aceras de concreto		Periódica
CV-707	Conservación de pasarelas peatonales en puentes	Rutinaria	
CV-708	Diseño y construcción de pasarelas peatonales en puentes existentes		Periódica

**Anexo II.** Curvas Intensidad Duración Frecuencia para la estación Pacayas.



**Anexo III.** Formulario: Inventario general de carretera y caminos MOPT.

Identificación Tramo/ DE: LEMANOS (R.224) A: PARAISO (R.224)

Factor		Levanta		Fecha	
		D. ABARCA		R. 03/10	
IZQ.	DER.	KILOMETRO	ODOMETRO	Ruta Número	
		91820		010	
	SUCURSAL B.C.R.	91765		Número Sección Camino: 30021	
		91725		Estado de desarrollo: 1	
SERVICENTRO SERPASA S.A.		91710		Long. (AL DEC. K.M.):	
		91620		Número de puentes y pasos inferiores:	
LIEDIST STA LUCIA		91520		Puentes y pasos inferiores no adecuados y/o faltantes:	
SALIDA PARAISO	C.10	91520		Alcantarillas faltantes e inadecuadas:	
AM. VIGILANCIA AMPLIACION	RIO POLLO	91510		Tipo de terreno aledaño:	
	SERVICENTRO PARAISO	91460		Tipo de superficie de ruedo:	
	COAD	91415		Número de carriles:	
LENERPERO		91170		Ancho superficie de ruedo (décimo de metro):	
CASERIO	Inicio COAD	81845		Tipo de espaldón: 0=no hay 1=pavimento 2=mejor 3=tierra	
	CASERIO	81775		Ancho espaldón al décimo de metro utilizable max. 3,0m	
ESCUELA		81760		Ancho isla central (décimo de metro):	
DELEGACION FUERZA PUBLICA		81735		Velocidad promedio (KPH) vehículos livianos:	
LEMANOS STA LUCIA				T.P.D.:	
URB.		81715		Terrenos centiguos: 0=Rural 1=Urbano	
PT 30201	SALIDA DE PARAISO BELLOS ANGELES	81520		Distancia desde el inicio:	
	ESTADIO	81475		Alineamiento horizontal:	
	CASERIO	81450		Pendientes:	
	CASERIO	81390		Distancia de visibilidad:	
	DPTO TRANSPORTE	81350		Espaldones:	
	EBÓIS	81265		Señalamiento:	
OBSERVACIONES:				Obras de drenaje menores:	
				Superficie de ruedo:	
				Estructura de pavimento Bajo S/R:	
				Número alterno de Sección:	

**INVENTARIO GENERAL DE CARRETERAS Y CAMINOS**

(N)ac. (C)ant.

N

Provincia

3

Razón Levantam.

INV

Cantón

00

DISTRITO

02

CERVANTES = 54235

Identificación Tramo/ DE: ARRABARA (LTE LAM) CRUCE A: (LDR) - BIRRI (R 424)

Factor		Levanta		Factor	
IZQ.	DER.	KILOMETRO	ODOMETRO		
		ARRABARA		Fecha	07/10
				Ruta Número	010
PLAZA		221880		Número Sección Camino	30471
<b>DESCANSO</b>		221660		Estado de desarrollo	1
R. 403 PALAYAS		221560		Long. (AL DEC. K.M.)	0524
SANTIAGO	→ HATA GUINEO	221630		Número de puentes y pasos inferiores	00
	→ MISMA RUTA	221595		Puentes y pasos inferiores no adecuados y/o faltantes	00
ANTENAS TELECOM.	→ MISMA RUTA	211880		Alcantarillas faltantes e inadecuadas	00
	→ CUAD	211825		Tipo de terreno aledaño	2
<b>CERVANTES</b>		211785		Tipo de superficie de ruedo	1
	→ IGLESIA	211785		Número de carriles	2
	→ CUAD - ESCUELA	211745		Ancho superficie de ruedo (décimo de metro)	1
	→ SERVICENTRO	211670		Tipo de espaldón:	0 no hay 3 tierra
	→ SERVICESA	211670		Ancho espaldón al décimo de metro utilizable max. 3,0m	0
	→ CUAD	211640		Ancho isla central (décimo de metro)	0 0 0
SANTIAGO	→	211615		Velocidad promedio (K P H) vehículos livianos	47
	→ CASERIO	211385		T.P.D.	585
LAFLO	→	211230		Terrenos contiguos	0 = Rural 1 = Urbano
CASERIO	→	201820		Distancia desde el inicio	00197
	→ CASERIO	201675		Alineamiento horizontal	32 3
LEE CANIHUAL				Pendientes	2
PARAISO - ALVARADO	→ LAFLO	191665		Distancia de visibilidad	1
<b>ARRABARA</b>				Espaldones	1
<b>LTECANT</b>				Señalamiento	3
				Obras de drenaje menores	4
				Superficie de ruedo	5
				Estructura de pavimento Bajo S/R	5
				Número alterno	

PARAISO - ALVARADO - HORIZONTAL - 844.955

**Anexo IV.** Informe de Intervenciones para la ruta 10, Contratista: CASISA.

Correo electrónico recibido de la empresa CASISA (encargada de la ruta en estudio) e, como respuesta a la solicitud de información acerca las intervenciones efectuadas en su gestión.

Para la zona 1-8 Turrialba se realizaron las siguientes intervenciones:

Intervención en Ruta N°10 (bajo la Contratación Directa):

- Bacheo formal;
  - Bacheo urgencia;
  - Limpieza de puentes;
  - Demarcación horizontal;
  - Señalización vertical;
  - Chapea;
  - Conformación de cunetas y espaldones;
  - Construcción de cordón de homigón;
  - Construcción de gavión convencional;
  - Construcción de gavión tipo Terramesh;
  - Construcción de cunetas;
  - Descuaje de árboles;
  - Excavación común;
  - Excavación para estructuras;
  - Homigón ciclopeo;
  - Homigón Clase A;
  - Limpieza de alcantarillas;
  - Limpieza de cunetas;
  - Limpieza y reparación de señalamiento vertical;
  - Perfilado de pavimentos;
  - Pavimento bituminoso en caliente;
  - Reacondicionamiento de la calzada;
  - Relleno granular filtrante;
  - Relleno para fundación;
  - Remoción de derrumbes;
  - Reparación de barandas de concreto;
  - Colocación de base y sub base;
  - Colocación de tubería;
  - Colocación de tela para sub drenaje francés;
  - Trabajo de maquinaria.
-

Anexo V. Dispositivos de señalización vertical aplicables a la ruta en estudio.



R-6-1



R-6-2



R-6-3



R-6-4



R-7-7



R-7-8a



R-7-8b



R-7-12



R-7-13



R-7-14a



R-7-14b



R-7-15a



R-7-15b



R-7-16



R-7-22



R-7-23



R-10-1

### Serie Otras Restricciones al Conducir (R-13)



R-13-1



R-13-2



R-13-3



R-13-4



P-1-1

P-1-2

P-1-3

P-1-4

P-1-5



P-1-6



P-1-7



P-1-8



P-1-9



P-1-10\*



P-1-11



P-1-12



P-1-13



P-7-34



P-7-35



II-1-1a



II-1-1b



II-1-2a



II-1-2b



II-1-3a



II-1-3b



II-1-4a



II-1-4b



II-1-5a



II-1-5b



II-1-6a



II-1-6b



II-4-1



II-4-2a



II-4-2b



II-4-2c

Serie Prevención de Proximidad de Zona Escolar y Cruce de Escolares (E-1)



E-1-1



E-1-2



E-1-3



E-1-4

**Anexo VI.** Ejemplo de tabla de información de AutoCAD Civil 3D, exportada a Excel.

Curve Table: Alignments					
Curve #	Radius	Length	Chord Direction	Start Point	End Point
C1	82.85	63.91	N28° 19' 34.50E"	(185681.51,1089069.28)	(185711.09,1089124.16)
C2	96.14	68.87	N29° 54' 02.81E"	(185766.55,1089170.00)	(185800.15,1089228.44)
C3	60.49	72.72	N25° 03' 46.53W"	(185822.46,1089363.54)	(185793.48,1089425.52)
C4	60.49	43.02	N39° 07' 33.76W"	(185759.23,1089445.69)	(185732.65,1089478.37)
C5	60.49	53.14	N43° 55' 03.87W"	(185705.17,1089559.33)	(185669.48,1089596.39)
C6	60.49	46.8	N46° 55' 13.43W"	(185638.13,1089608.37)	(185604.80,1089639.55)
C7	51.89	113.58	N37° 57' 15.82E"	(185564.01,1089728.00)	(185620.73,1089800.72)
C8	21.35	15.61	S58° 23' 08.67E"	(185653.60,1089794.53)	(185666.60,1089786.53)
C9	73.15	46.88	S55° 47' 32.85E"	(185749.57,1089678.15)	(185787.68,1089652.24)

**Anexo VII.** Valores de Tránsito Promedio Diario empleados, suministrados por el Ministerio de Obras públicas y transportes.



**SECRETARÍA DE PLANIFICACIÓN SECTORIAL**  
**PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA MULTIMODAL DE INFRAESTRUCTURA**  
**Y SERVICIOS DE TRANSPORTE**

05/08/2016  
14:15:33

**TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO (TPD) HISTÓRICO DE UNA ESTACIÓN DE CONTEO VEHICULAR**

**N° Estación:** 585                      **Ruta:** 10                      **Sección:** 30471

**Tramo:** ARRABARA (LTE CANTONAL)(CRUCE FLOR)-BIRRIS (RUTA 404)

**Ubicación:** ENTRADA A CERVANTES, 1 KM ANTES DE LA IGLESIA

**Nota:**

Año	T.P.D.	Liviano	Carga Liv.	Bus	C. 2 ejes	C. 3 ejes	C. 4 ejes	C. 5+ ejes	Nota
1987	1550	35,83	43,57	5,11	12,68	1,02	0,00	1,79	
1989	1385	35,35	41,80	4,78	12,34	1,75	0,08	3,90	
1990	1845	40,52	37,13	5,78	10,71	3,31	0,08	2,47	
1991	1744	36,85	38,33	6,52	12,33	1,96	0,00	4,01	
1993	1780	40,35	39,83	5,29	10,92	0,92	0,00	2,69	
1994	2080	41,34	35,97	5,51	10,68	2,92	0,00	3,58	
1995	2280	41,36	37,75	5,21	12,07	0,95	0,00	2,66	
2005	3816	53,38	24,87	3,56	10,62	1,71	0,00	5,86	
2006	4008	60,41	32,52	2,85	1,72	1,55	0,00	0,95	
2009	5249	52,45	25,74	2,34	12,13	1,60	0,00	5,74	
2015	8001	60,84	24,14	2,79	8,83	1,16	0,15	2,09	

**Nomenclatura:**

- \* T.P.D.: Tránsito Promedio Diario (volumen estimado para el periodo de 1 año)
- \* Liviano: vehículos livianos (pasajeros, 4x4, microbuses familiares)
- \* Carga\_Liv: vehículos de carga liviana (pick up y camiones pequeños de 2 ejes)
- \* C. 2 - 5 ejes: vehículos de carga pesada (camiones, furgones y equipo especial); "C. 5+ ejes" incluye los de 5 o más ejes

**Nota:** a partir del año 2015 el dato corresponde al Tránsito Promedio Diario Anual (T.P.D.A.)

**TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO (TPD) HISTÓRICO DE UNA ESTACIÓN DE CONTEO VEHICULAR**

**N° Estación:** 587                      **Ruta:** 10                      **Sección:** 30010  
**Tramo:** QUEBRADA HONDA (LTE CANTONAL)(CRUCE LOURDES)- ALTO VICTORIA (LTE CANTONAL)  
**Ubicación:** ENTRADA A JUAN VIÑAS, FRENTE A LA ESCUELA DE NARANJO

**Nota:**

Año	T.P.D.	Liviano	Carga Liv.	Bus	C. 2 ejes	C. 3 ejes	C. 4 ejes	C. 5+ ejes	Nota
1987	1495	34,74	37,38	6,34	16,16	1,37	0,00	4,01	
1988	1345	35,45	36,21	8,21	15,32	1,97	0,22	2,62	
1990	1340	35,78	38,32	7,96	12,31	1,49	0,11	4,03	
1991	1365	36,61	33,90	7,89	14,65	1,88	0,00	5,07	
1993	1480	46,43	29,91	7,61	10,55	1,74	0,09	3,67	
1994	1570	44,00	30,06	6,88	14,14	1,88	0,00	3,04	
1995	1710	42,84	33,00	7,02	12,13	2,01	0,00	3,00	
2005	3134	43,34	32,17	8,43	11,40	1,36	0,00	3,30	
2006	3120	49,94	24,96	3,99	12,41	1,85	0,00	6,85	
2009	3862	56,95	23,99	3,83	9,42	2,85	0,00	2,96	
2015	5535	57,97	20,12	3,22	10,80	1,24	0,16	6,49	

**Nomenclatura:**

- \* T.P.D.: Tránsito Promedio Diario (volumen estimado para el período de 1 año)
- \* Liviano: vehículos livianos (pasajeros, 4x4, microbuses familiares)
- \* Carga Liv: vehículos de carga liviana (pick up y camiones pequeños de 2 ejes)
- \* C. 2 - 5 ejes: vehículos de carga pesada (camiones, furgones y equipo especial); "C. 5+ ejes" incluye los de 5 o más ejes

**Nota:** a partir del año 2015 el dato corresponde al Tránsito Promedio Diario Anual (T.P.D.A.)

**Anexo VII.** Radios mínimos absolutos. Del libro: Diseño Geométrico de Carreteras por James Cárdenas Grisales.

Tabla 3.8 Radios mínimos absolutos

VELOCIDAD ESPECÍFICA $V_s$ (Km/h)	PERALTE RECOMENDADO $e_{max}(%)$	FRICCIÓN TRANSVERSAL $f_{trans}$	RADIO MÍNIMO $R_{min}$	
			CALCULADO (m)	REDONDEADO (m)
30	8.0	0.180	27.256	30
40	8.0	0.172	49.994	50
50	8.0	0.164	80.676	80
60	8.0	0.157	119.505	120
70	8.0	0.149	168.483	170
80	7.5	0.141	233.304	235
90	7.0	0.133	314.165	315
100	6.5	0.126	412.252	415
110	6.0	0.118	535.256	535
120	5.5	0.110	687.187	690
130	5.0	0.100	887.139	890
140	4.5	0.094	1110.293	1100
150	4.0	0.087	1395.002	1400

Fuente: Instituto Nacional de Vías. Manual de Diseño Geométrico para Carreteras. Bogotá, 1998

**Anexo VIII.** Tablas del libro: Diseño Geométrico de Carreteras, empleadas para realizar el análisis de la capacidad y del nivel de servicio de la ruta 10.

**TABLA 7.4.1**  
**FACTOR DE CORRECCION POR ANCHURA DE LOS CARRILES**

ANCHURA DEL CARRIL (m)	CALZADAS MULTICARRILES Y AUTOPISTAS		CARRETERAS DE 2 CARRILES (AMBOS SENTIDOS)
	2 CARRILES (POR SENTIDO)	3 o 4 CARRILES (POR SENTIDO)	
≥ 3,60	1,00	1,00	1,00
3,30	0,97	0,96	0,94
3,00	0,91	0,89	0,87
2,70	0,81	0,78	0,76

**TABLA 7.4.2**  
**FACTORES MEDIOS DE CORRECCION POR OBSTACULOS LATERALES**

DISTANCIA AL BORDE DE LA CALZADA (m)	CALZADAS MULTICARRILES Y AUTOPISTAS		CARRETERAS DE 2 CARRILES (AMBOS SENTIDOS)
	2 CARRILES (POR SENTIDO)	3 o 4 CARRILES (POR SENTIDO)	
≥ 1,80	1,00	1,00	1,00
1,20	0,99	0,99	0,97
0,60	0,97	0,97	0,93
0,00	0,90	0,94	0,88

FACTORES MEDIOS DE EQUIVALENCIA DE CAMIONES Y AUTOBUSES

TIPO DE CARRETERA Y VEHICULO	TIPO DE TERRENO		
	LLANO	ONDULADO	ACCIDENTADO
<b>CALZADAS MULTICARRIL Y AUTOPISTAS</b>			
Camiones	1,7	4,0	8,0
Autobuses	1,5	3,0	5,0
Vehículos de recreo	1,6	3,0	4,0
<b>CARRETERAS DE DOS CARRILES</b>			
Camiones	2,0	5,0	12,0
Autobuses	1,6	2,9	6,5
Vehículos de recreo	1,6	3,3	5,2

FACTORES MEDIOS DE EQUIVALENCIA DE CAMIONES Y AUTOBUSES

REPARTO	TIPO DE TERRENO					
	100-0	90-10	80-20	70-30	60-40	50-50
FACTOR $f_s$	0,71	0,75	0,83	0,89	0,94	1,00

**TABLA 7.4.7**  
**NIVELES DE SERVICIO PARA TRAMOS DE CARRETERAS DE DOS CARRILES**  
**DE CARACTERISTICAS GEOMETRICAS NORMALES**

Valores de la relación  $l/c$

NS	DEM (%)	TERRENO LLANO % DE VISIBILIDAD DE PASADA					TERRENO ONDULADO % VISIBILIDAD DE PASADA					TERRENO MONTANOSO % VISIBILIDAD DE PASADA							
		100	80	60	40	20	0	100	80	60	40	20	0	100	80	60	40	20	0
A	≤ 30	0.15	0.12	0.09	0.07	0.05	0.04	0.15	0.10	0.07	0.05	0.04	0.03	0.14	0.09	0.07	0.04	0.02	0.01
B	≤ 45	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.26	0.23	0.19	0.17	0.15	0.13	0.25	0.20	0.16	0.13	0.12	0.10
C	≤ 60	0.43	0.39	0.36	0.34	0.33	0.32	0.42	0.39	0.35	0.32	0.30	0.28	0.39	0.33	0.28	0.23	0.20	0.16
D	≤ 75	0.64	0.62	0.6	0.59	0.58	0.57	0.62	0.57	0.52	0.48	0.46	0.43	0.58	0.5	0.45	0.40	0.37	0.33
E:	< 75	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.94	0.92	0.91	0.9	0.9	0.91	0.87	0.84	0.82	0.80	0.78
F	100	< 72						< 64						< 56					

**NOTAS:**

Relación  $l/c$  referida a la capacidad ideal de 2 800 veh. /h entre ambos sentidos.  
 $V$  = Velocidad media de todos los vehículos en km/h para carreteras con velocidad de proyecto  
 ≥ 96 km/h; para carreteras con velocidad de proyecto más bajas reducir la velocidad en  
 6,4 km/h por cada 16 km/h de reducción en la velocidad de proyecto por debajo de los  
 96 km/h. Se admite que la velocidad no está restringida por ningún tipo de reglamentación.

# Referencias

- Alonso, I. R. (1995). *Propuesta de Modificación del Método Racional*. Catalunya.
- Almeida, V. (2008). **“MODELO PARA REALIZAR EL INVENTARIO DE VÍAS EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA, APLICANDO EL PROGRAMA ARCGIS 8.3”**. Ecuador. Recuperado el 06 de Junio de 2016, de <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2163/4/Maestr%C3%ADa%20V.%20T.%2033%20-%20Almeida%20Lema%20Inicio%20Fabi%C3%A1n.pdf>
- Béjar, M. V. (1995). *Hidráulica de Canales*. Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica .
- Dobles, M. (2013). *Trazado y Diseño Geométrico de Vías*. San José, Costa Rica: Edit. UCR, 2013.
- Fallas, J. (2008). *Proyecciones Cartográficas y Datum*. Heredia, Costa Rica. Recuperado el 14 de Junio de 2016, de [http://www.sirefor.go.cr/images/stories/contenidos/proyecciones\\_y\\_datum\\_2008\\_teor%C3%ADa.pdf](http://www.sirefor.go.cr/images/stories/contenidos/proyecciones_y_datum_2008_teor%C3%ADa.pdf)
- Fondo de Preinversión del ministerio de planificación nacional y política económica. (2011). *Plan Nacional de Transportes de Costa Rica 2011-2035*. Recuperado el 30 de Setiembre de 2016, de <https://www.google.com/search?q=Plan+Nacional+de+Transportes+de+Costa+Rica+2011-2035&aq=chrome..69i57.574j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- Gamboa, J. F. (2012). *Geoprosesamiento (De geodatos a geoinformación)*. Recuperado el 05 de Junio de 2016, de <http://docplayer.es/9139727-Geoprosesamiento-jorge-falla-gamboa-de-geodatos-a-geoinformacion.html>
- González, J. R. (2011). *Inventarios viales y categorización de la red vial en estudios*. Colombia. Recuperado el 06 de 10 de 2016, de [file:///C:/Users/usuario/Downloads/1413-1636-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/usuario/Downloads/1413-1636-1-PB%20(1).pdf)
- Instituto Geográfico Nacional. (2016). *Sistemas de Información Geográfica*. Recuperado el 16 de 01 de 2017, de <https://www.ign.es/ign/layoutIn/actividadesSistemaInfoGeografica.do>
- Instituto Meteorológico Nacional. (2011). *Curvas de intensidad duración frecuencia de algunas estaciones meteorológicas*. Recuperado el 23 de 06 de 2016, de

- [http://redcc.imn.ac.cr/sites/default/files/documentos/cidf\\_mecanicas.pdf](http://redcc.imn.ac.cr/sites/default/files/documentos/cidf_mecanicas.pdf)  
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (Lanname). (2014). Propuesta para la creación de una capa cartográfica de la red vial cantonal de Costa Rica, conformada por los códigos de los caminos municipales. San José, Costa Rica. Recuperado el 18 de Junio de 2016, de <http://www.lanamme.ucr.ac.cr/banco-de-informacion-digital-online/INFORMES/2014/LM-PI-GM-04-2014.pdf>
- Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (Lanname). (2013). *Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica*. Montes de Oca, San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica. Recuperado el 05 de Junio de 2016, de <http://www.lanamme.ucr.ac.cr/images/gestion%20red%20vial/informes-UGRVN/Evaluacion%20Bianual/informe%20UGERVN-2015.pdf>
- Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (Lanname). (2015). *Informe de evaluación de la red vial nacional pavimentada de Costa Rica (2014-2015)*. San Jose. Recuperado el 05 de Junio de 2016, de <http://www.lanamme.ucr.ac.cr/images/gestion%20red%20vial/informes-UGRVN/Evaluacion%20Bianual/informe%20UGERVN-2015.pdf>
- LANNAME. (2015). *Informe de Evaluación de la red vial nacional pavimentada de Costa Rica 2014-2015*. Recuperado el 05 de Junio de 2016, de <http://www.mopt.go.cr/wps/wcm/connect/5c000c87-b490-4e47-a23f-2a2ad4e155f2/AnuarioTransito2013.pdf?MOD=AJPERES>
- Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (Lanname). (2015). Informe de evaluación de la red vial nacional pavimentada de Costa Rica (2014-2015). Recuperado el 06 de Mayo de 2016, de <http://www.lanamme.ucr.ac.cr/images/gestion%20red%20vial/informes-UGRVN/Evaluacion%20Bianual/informe%20UGERVN-2015.pdf>
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2014). Anuario Estadístico del Sector Transporte e infraestructura 2014. Recuperado el 30 de 09 de 2016, de <http://repositorio.mopt.go.cr:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/164/388.1-1.2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2015). Manual de Especificaciones Generales para la Conservacion de Caminos, carreteras y Puentes MCV2015. San José. Recuperado el 06 de Junio de 2016, de [http://www.pgrweb.go.cr/docsdescargar/Normas/No%20DE-39429/Version1/Manual\\_Especificaciones\\_Generales\\_Caminos\\_carreteras\\_y\\_PuentesMCV2015.pdf](http://www.pgrweb.go.cr/docsdescargar/Normas/No%20DE-39429/Version1/Manual_Especificaciones_Generales_Caminos_carreteras_y_PuentesMCV2015.pdf)
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2015). Manual de Inventarios Viales. Lima, Perú. Recuperado el 14 de Junio de 2016, de [https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/](https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/)

manuales/Manual%20IV%20-%20Parte%20IV.pdf  
Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2012). Levantamiento básico georeferenciado de las principales características de la red vial rural. Lima, Perú. Recuperado el 11 de Junio de 2016, de <http://www.proviasdes.gob.pe/rescon/PVDES/resolucionespdf/rd-2012-01001-999.pdf>

Ministerio de transportes y Comunicaciones. (2015). Manual de Inventarios Viales. Lima, Perú. Recuperado el 14 de Junio de 2016, de [https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual%20IV%20-%20Parte%20IV.pdf](https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20IV%20-%20Parte%20IV.pdf)

Ministerio de transportes y comunicaciones República de Perú. (2006). Manual Técnico de Mantenimiento Periódico Para la Red Vial Departamental No Pavimentada. Lima, Perú. Recuperado el 14 de Junio de 2016, de [http://www.carreteros.org/hispana/peru/01\\_peru.pdf](http://www.carreteros.org/hispana/peru/01_peru.pdf)

Magalhaes, M. (2012). *Mantenimiento Vial*. Recuperado el 11 de Junio de 2016, de <http://www.mopc.gov.py/mopcweb/userfiles/files/MANTENIMIENTO%20VIAL.pdf>

Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2007). *Manual de Inspección de Puentes*. San José. Recuperado el 05 de Junio de 2016

Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2014). **MEMORÁNDUM TÉCNICO No. 21 RECOLECCION**

**DE DATOS PARA EL INVENTARIO DE CARRETERAS Y CÁLCULO DE LOS ÍNDICES DE SUFICIENCIA** (Corregido setiembre 2014). Recuperado el 02 de Octubre de 2016, de <http://www.mopt.go.cr/wps/wcm/connect/6c4391c9-1ea6-47b0-b07f-93efdd9bb5aa/Memorandum+tecnico+21.pdf?MOD=AJPERES>

Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2016). Anuario de Información de Tránsito 2015. Recuperado el 02 de Octubre de 2016, de <http://www.mopt.go.cr/wps/wcm/connect/877d6952-d297-4678-9ce7-575a35e7791f/AnuarioTransito2015.pdf?MOD=AJPERES>

Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2014). Manual de especificaciones técnicas para realizar el inventario y la evaluación de la red vial cantonal. San José. Recuperado el 14 de Junio de 2016, de <http://www.mopt.go.cr/wps/wcm/connect/566ce036-6917-42b6-b1b5-8e5803ceee6e/D-38578.pdf?MOD=AJPERES>

MOPT, Dirección General de planificación sectorial. (2014). *Memorandum Técnico No.21 Recolección de datos para el inventario de carreteras y cálculo de los índices de suficiencia*. Recuperado el 24 de 06 de 2016, de <http://www.mopt.go.cr/wps/wcm/connect/6c4391c9-1ea6-47b0-b07f-93efdd9bb5aa/Memorandum+tecnico+21.pdf?MOD=AJPERES>

Paredes, I. R. (2006). *Manual de hidráulica*.

- Quintero, J. R. (2011). Inventarios viales y categorización de la red vial en estudios. 65-77. Recuperado el 10 de Junio de 2016, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3758451>
- Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA). (2010). **MANUAL CENTROAMERICANO DE GESTIÓN DE RIESGO EN PUENTES**. Ciudad de Guatemala: Centro de Coordinación para la Prevención de Los Desastres Naturales en America Central (CEPREDENAC).
- Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (2010). Manual Centroamericano De Mantenimiento De Carreteras con enfoque de gestión de riesgo y seguridad vial. Recuperado el 09 de 11 de 2016, de <https://www.aiteco.com/que-es-la-calidad-de-servicio/>
- Secretaría de Obras Públicas Transporte y Vivienda. (2012). **GUÍA PARA EL INVENTARIO DE ELEMENTOS PARA LA CONSERVACION VIAL**. Tegucigalpa. Recuperado el 05 de Junio de 2016, de <http://www.fondovial.gob.hn/transparencia/ProgramasProyectos/2.%20Guia%20inventario%20vial.pdf>
- Secretaría de obras Públicas Transporte y Vivienda. (2012). Guía para el Inventario de los Elementos para la Conservación Vial. Tegucigalpa. Recuperado el 06 de 05 de 2016, de <http://www.fondovial.gob.hn/transparencia/ProgramasProyectos/2.%20Guia%20inventario%20vial.pdf>
- SIECA . (2011). *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras*.
- Tecnológico de Costa Rica. (2016). *Atlas Digital de Costa Rica*. Recuperado el 15 de 07 de 2016, de Investiga.TEC: [revistas.tec.ac.cr/index.php/investiga\\_tec/article/viewFile/2330/2119](http://revistas.tec.ac.cr/index.php/investiga_tec/article/viewFile/2330/2119)
- Universidad Nacional de Colombia. (2006). *Manual para la inspección visual de las estructuras de drenaje*. Bogotá: Colombia. Obtenido de <http://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/manuales-de-inspeccion-de-obras/973-manual-para-la-inspeccion-visual-de-estructuras-de-drenaje/file>
- Ven Te Chow, D. R. (1994). *Hidrología Aplicada*. McGraw Hill - Interamericana S.A.