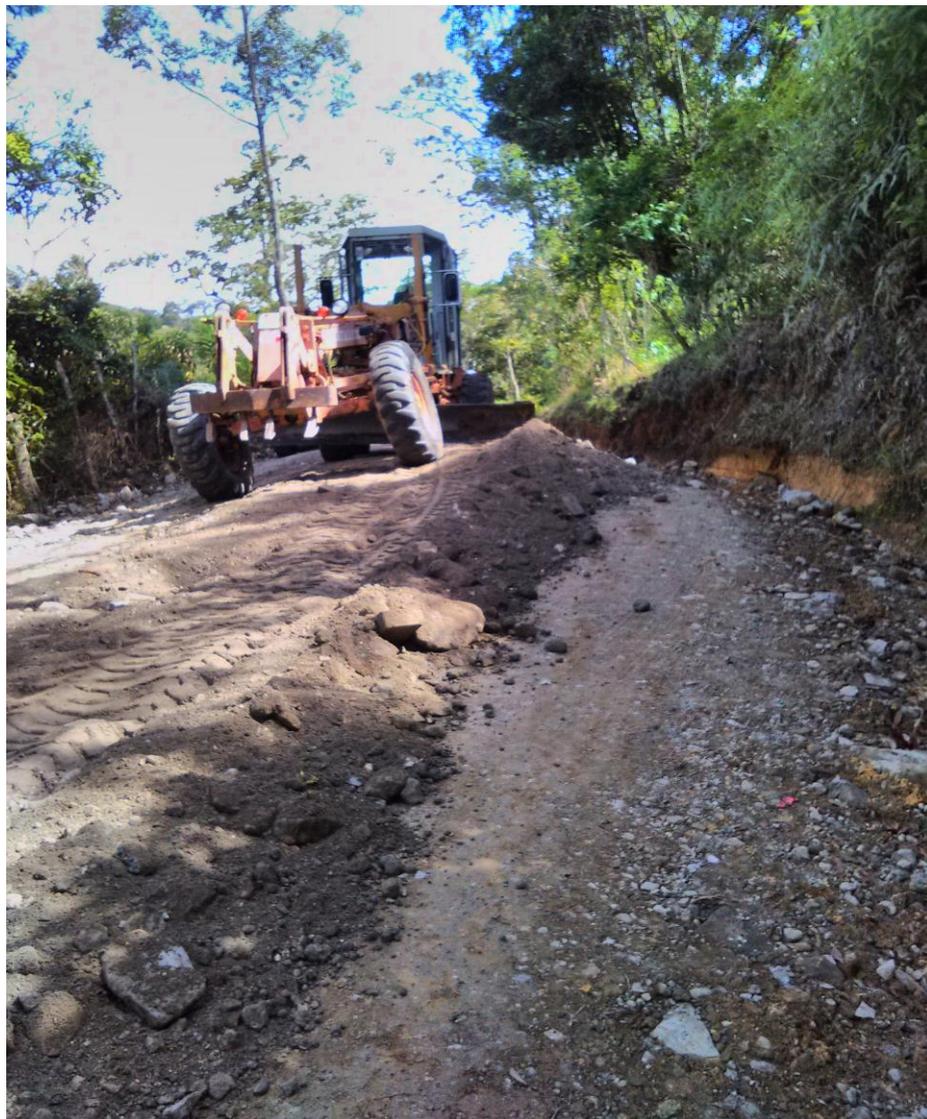


# Elaboración e implementación de un manual de control de calidad en obras viales municipales para el cantón de Cartago.



### 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. Sergio Fernández Cerdas, Ing. Alejandro Medina Angulo, Ing. Dennis Aparicio Rivera, 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. Sergio Fernández Cerdas.  
Profesor Guía



Ing. Alejandro Medina Angulo.  
Profesor Lector



Ing. Dennis Aparicio Rivera.  
Profesor Observador

# Abstract

This work shows the development of a methodology to carry out a quality control in the municipal road works of the canton of Cartago. The maintenance or rehabilitation activities that are part of the methodology correspond to the processes of interest on the part of the road management department, which is in charge of addressing the issues related to road infrastructure.

From the analysis of the processes applied by the road management department and the selected activities, a methodology was developed that shows the step to follow in the maintenance and rehabilitation works as well as good practices in the execution of the works in order to standardize the procedures applied by the department in road infrastructure works.

Based on the information provided by the department, it was possible to generate in a percentage manner the quantity and types of rough surfaces with which the canton has, where said reference shows that surfaces with asphalt mix are predominant, so that an important part of the content The manual refers to this type of surfaces without neglecting rigid pavements and unpaved roads.

Parallel to the development of the work methodology, inspection forms were generated in the field that allowed an implementation in the field of said tool, allowing to make a contrast between the procedures applied by the work team and what is embodied in the methodology developed, generating in this way proposals for improvement in the work of rehabilitation and maintenance as well as perform a standardization of procedures.

Key words: Quality control, maintenance, rehabilitation, inspection forms.

# Resumen

Este trabajo muestra el desarrollo de una metodología para llevar un control de calidad en las obras viales municipales del cantón de Cartago. Las actividades de mantenimiento o rehabilitación que forman parte de la metodología corresponden a los procesos de interés por parte del departamento de gestión vial quien es el encargado de atender los temas referentes a la infraestructura vial.

A partir del análisis de los procesos aplicados por el departamento de gestión vial y de las actividades seleccionadas se desarrolló una metodología que muestra el paso a seguir en las obras de mantenimiento y rehabilitación así como buenas prácticas en la ejecución de los trabajos con el fin de estandarizar los procedimientos aplicados por el departamento en las obras de infraestructura vial.

Con base en la información suministrada por el departamento se pudo generar de manera porcentual la cantidad y tipos de superficies de rudo con las que cuenta el cantón, en donde dicha referencia muestra que las superficies con mezcla asfáltica son predominantes por lo que parte importante del contenido del manual hace referencia a este tipo de superficies sin dejar de lado los pavimentos rígidos y los caminos no pavimentados.

De manera paralela al desarrollo de la metodología de trabajo se generaron formularios de inspección en campo que permitieron realizar una implementación en campo de dicha herramienta, permitiendo hacer un contraste entre los procedimientos aplicados por la cuadrilla de trabajo y lo plasmado en la metodología desarrollada, generando de esta manera propuestas de mejora en las labores de rehabilitación y mantenimiento así como realizar una estandarización de los procedimientos.

Palabras clave: Control de calidad, mantenimiento, rehabilitación, formularios de inspección.

Elaboración e implementación de un manual de control de calidad en obras viales  
municipales para el cantón de Cartago.

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

Oscar Fabián Castillo Mena

Cartago, Junio 2019.

# Contenido

PREFACIO.....	1
RESUMEN EJECUTIVO.....	3
INTRODUCCIÓN.....	4
LIMITACIONES.....	6
MARCO TEÓRICO.....	7
METODOLOGÍA.....	15
RESULTADOS.....	25
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	39
CONCLUSIONES.....	53
RECOMENDACIONES.....	55
APÉNDICES.....	56
ANEXOS.....	78
REFERENCIAS.....	79

# Prefacio

La municipalidad del cantón de Cartago tiene bajo su jurisdicción la red vial cantonal la cual consta de 481 caminos, los cuales están compuestos por pavimentos flexibles, rígidos, lastreados, superficies con tratamientos superficiales y caminos en tierra. El cantón de Cartago es un sitio que cuenta con parte importante de la historia del país, con un patrimonio cultural importante y con un crecimiento en el área de la industria lo cual ha generado que el cantón sea concurrido, esto a nivel vial se traduce en flujos vehiculares altos, lo cual amerita que el municipio mediante el departamento de Gestión Vial intervenga la red vial para mantener la condición de servicio de cada uno de los caminos que están bajo su responsabilidad. Debido al crecimiento de la provincia y a los recursos limitados con los que cuenta el departamento de gestión vial, se encuentra en el desarrollo de mejoras para atender la red vial con el fin de optimizar el uso de los recursos, los cuales se vean reflejados en la calidad de los proyectos ejecutados. Dentro de dichos esfuerzos se encuentra la renovación de equipo y el desarrollo de metodologías para llevar un control de calidad en sus proyectos, ya que actualmente no se cuenta con un documento o metodología oficial que se adecue a las necesidades del Municipio y es en este punto donde se plantea el desarrollo de un manual de control de calidad en obras viales que permita optimizar los recursos municipales destinados al mantenimiento de vías en donde dichos trabajos puedan tener un mayor período de vida útil, por otra parte la metodología desarrollada busca crear un estándar en los procesos aplicados para las obras de mantenimiento y rehabilitación.

Cabe destacar que el cantón de Cartago con el paso del tiempo ha tenido un crecimiento tanto poblacional como industrial lo cual ha generado que los flujos vehiculares hayan aumentado con el paso del tiempo y que las vías cantonales no estén dando la talla tanto en la capacidad para sobrellevar el flujo vehicular requerido así como

en diversos tramos es requerido recuperar la condición de servicio, por tal motivo al contar con recursos limitados es importante la optimización de los recursos que permitan atender las necesidades del cantón.

Es importante recalcar que la municipalidad de Cartago cuenta con la certificación ISO 9001, donde dichas certificaciones ISO corresponden a normas de calidad y gestión continua de calidad las cuales son empleadas en aplicación interna de las organizaciones, sin importar la actividad sistemática en la que se esté orientada ya sea a la producción o bienes y servicios, tal y como lo realiza la municipalidad del cantón de Cartago, la cual brinda un servicio a la población de dicho cantón.

La cultura de Costa Rica a lo largo de los años es el dejar de lado las obras de mantenimiento en las obras civiles, lo cual se ve más que reflejado en las estructuras de puentes y carreteras del país donde el deterioro de las mismas muestra el abandono por años en proyectos de infraestructura vial, tanto en rutas nacionales como cantonales, lo cual corresponde a otro punto a tomar en cuenta para realizar una herramienta de gestión en materia de mantenimiento.

Los puntos mencionados anteriormente, justifican la realización de este proyecto con el fin de poder cubrir dichas necesidades y de esta manera generar un estándar de los procedimientos aplicados por el municipio en lo referente al control de calidad en cada uno de sus proyectos.

Es importante destacar que antes de desarrollar nuevas obras de infraestructura se debe de ser capaz de dar mantenimiento a las estructuras existentes, esto también ha sido parte de la motivación del municipio, donde se pueda llevar un control de cada uno de los caminos que componen la red vial y a partir de la implementación de mejoras poder prestar una mejor atención a las vías del cantón, ya que las labores de mantenimiento y rehabilitación forman

parte del trabajo diario del municipio, debido a esto es que el enfoque del manual está orientado hacia labores de mantenimiento y rehabilitación que corresponden a las labores de mayor demanda en el departamento de Gestión Vial.

#### Agradecimientos:

A mis padres por su apoyo incondicional durante todo el proceso de formación.

Un profundo agradecimiento al departamento de Gestión Vial de la municipalidad del cantón de Cartago, en especial al ingeniero Dennis Aparicio por la oportunidad de desarrollar la práctica profesional en dicho departamento y por el apoyo brindado durante todo el proceso.

Un profundo agradecimiento al profesor Ing. Sergio Fernández por su guía y ayuda durante todo el período de la práctica profesional.

# Resumen Ejecutivo

El trabajo realizado surgió como parte de los esfuerzos que ha desarrollado el municipio para llevar un control de calidad en cada uno de sus proyectos y brindar un mejor servicio a cada uno de los usuarios, prolongado la vida útil de los caminos que están bajo su jurisdicción.

El desarrollo e implementación de un manual de control de calidad corresponde a un aporte a la Municipalidad de Cartago y cada uno de los usuarios de la red vial del cantón para que de manera paulatina se pueda dar su aplicación en cada uno de los proyectos, que permita llevar un mejor control del producto final.

Como parte del objetivo uno se planteó realizar un diagnóstico de los procedimientos o metodologías aplicados por el municipio para llevar un control de calidad en cada uno de los proyectos que se ejecutan, con lo cual se realizó un análisis en conjunto con el director del departamento donde se establecieron las actividades de interés para el municipio, las cuales corresponden a actividades cotidianas para las cuadrillas de trabajo y a partir de ahí se buscó plantear mejoras a los procedimientos aplicados, buscando dar una respuesta a la necesidad del departamento de gestión vial mediante el desarrollo de una metodología para llevar un control de calidad. La metodología desarrollada busca establecer buenas prácticas en obras de mantenimiento y rehabilitación en estructuras de pavimento que permitan estandarizar los procedimientos aplicados y llevar un control de calidad en los proyectos que se ejecuten tanto por la administración como por los contratistas.

De manera paralela al desarrollo del manual se realizaron formularios de inspección en campo que contienen el paso a seguir para cada una de las actividades de rehabilitación y mantenimiento que a la vez incorpora el equipo requerido para la ejecución de las obras.

Posterior al desarrollo del manual y de los formularios de inspección se procedió a realizar la implementación en campo con el fin de poder realizar un contraste de los procedimientos

aplicados por las cuadrillas municipales y la metodología desarrollada con el fin de establecer buenas prácticas en los trabajos de mantenimiento y rehabilitación que permitan la estandarización de los procedimientos y así poder plantear oportunidades de mejora.

Como parte del objetivo cuatro se realizó una capacitación del personal en donde se realizó una exposición del proyecto mostrando de esta manera cada uno de los apartados que están incluidos en el manual de control de calidad enfatizando la metodología desarrollada para cada una de las nueve actividades descritas en el manual que corresponde al grueso del contenido, posteriormente, se dejaron en evidencia los contrastes encontrados entre la metodología desarrollada y los procesos ejecutados por la cuadrilla de trabajo con lo cual se pudieron plantear oportunidades de mejora para realizar una estandarización de los procedimientos de manera paulatina.

# Introducción

Los municipios son las instituciones encargadas de mantener en funcionalidad las redes viales cantonales, esto de acuerdo a lo establecido en la ley 5060 referente a caminos públicos, la cual dicta lo siguiente.

La ley 5060 que corresponde a la ley general de caminos públicos establece o categoriza la red vial cantonal tal y como se muestra a continuación, donde cuya administración corresponde a las municipalidades.

**a) Caminos vecinales:** Caminos públicos que suministren acceso directo a fincas y a otras actividades económicas rurales; unen caseríos y poblados con la Red vial nacional, y se caracterizan por tener bajos volúmenes de tránsito y altas proporciones de viajes locales de corta distancia.

**b) Calles locales:** Vías públicas incluidas dentro del cuadrante de un área urbana, no clasificadas como travesías urbanas de la Red vial nacional.

**c) Caminos no clasificados:** Caminos públicos no clasificados dentro de las categorías descritas anteriormente, tales como caminos de herradura, sendas, veredas, que proporcionen acceso a muy pocos usuarios, quienes sufragarán los costos de mantenimiento y mejoramiento (Sistema costarricense de información jurídica, 2012).

En acato a la ley 5060 la Municipalidad del cantón de Cartago tiene bajo su responsabilidad 481 caminos que son los que componen la red vial cantonal.

Por otra parte, debido a su expansión industrial a su riqueza histórica y patrimonial, la provincia de Cartago ha presentado un crecimiento vehicular importante que ha hecho que los caminos cantonales sean mucho más concurridos por los usuarios en busca de vías alternas debido al aumento vehicular, en los últimos tiempos se han generado congestionamientos viales, debido a la

importancia de las rutas cantonales, por su parte la municipalidad ha realizado esfuerzos en implementar instrumentos y metodologías que se puedan utilizar como herramientas para la ejecución de proyectos de calidad a nivel vial en el cantón buscando con esto la optimización de los recursos, mantener la condición de servicio de las vías y poder extender la vida útil de las superficies de rodamiento debido a la importancia de las rutas.

Para el desarrollo del proyecto se siguieron los objetivos planteados, partiendo de un análisis de los procedimientos empleados por el departamento de Gestión Vial para llevar control de calidad de sus proyectos y a partir de ahí empezar a desarrollar una metodología que se adecue a las necesidades de la institución.

A nivel nacional no se cuenta con un documento oficial o de acatamiento obligatorio en proyectos de pavimentación como sí lo existe para la construcción de estructuras sismo resistente donde se debe tomar en cuenta lo que dicta el Código Sísmico de Costa Rica que es de acatamiento obligatorio.

A nivel país, el MOPT desarrolló una guía llamada “Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes” el cual está enfocado a la construcción de obra nueva y que no es de acatamiento obligatorio para los municipios, pero sí para las obras que desarrolla el MOPT.

Al no contar con una metodología que se adecue a las necesidades del municipio en materia de mantenimiento y rehabilitación, el desarrollo del manual de control de calidad así como los formularios de inspección en campo surgen como respuesta a dicha necesidad, donde también no se debe de dejar de lado que el crecimiento a nivel provincial amerita la optimización de los recursos que permitan el

cubrimiento de la totalidad de la red vial para mantener la condición de servicio.

Para el desarrollo del manual se analizaron las actividades de interés de la institución de manera que la metodología desarrollada se apegue a las posibilidades de la misma empleando para esto documentos y normativa referente a estructuras de pavimentos que sirvieron como base para el desarrollo del proyecto.

Como parte de la implementación en campo se realizaron comparaciones entre los procedimientos empleados por las cuadrillas municipales y lo establecido en la metodología con el fin de fomentar buenas prácticas en materia de rehabilitación y mantenimiento buscando con esto estandarizar los procedimientos aplicados.

- Implementar las herramientas realizadas en un proyecto de pavimentación de obra y rehabilitación con el fin de identificar oportunidades de mejora
- Realizar una capacitación del recurso humano con el fin de presentar tanto la herramienta desarrollada así como oportunidades de mejora.

# Objetivos

## Objetivo general

- Elaborar e implementar un manual que se adecue a los requerimientos de la municipalidad del cantón de Cartago que permita realizar controles de calidad en campo tanto para obras nuevas como para procesos de rehabilitación de pavimentos.

## Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico de los procedimientos que utiliza la Municipalidad para el control de calidad de sus proyectos.
- Elaborar un manual para la Unidad de Gestión Vial sobre los procedimientos para gestionar la calidad en proyectos de pavimentación y rehabilitación de los mismos

# Limitaciones

Dentro de los objetivos del proyecto se planteó realizar la implementación del manual de control de calidad en obras viales en conjunto con los formularios desarrollados para las inspecciones en campo, sin embargo, al momento de la ejecución no se contaba con proyectos que cubrieran la totalidad de las actividades descritas en el manual, por tal motivo lo que se buscó fue el poder implementar la metodología desarrollada en la mayor cantidad de actividades descritas en el manual de control de calidad que permitieran contrastar los procedimientos empleados por las cuadrillas municipales y la metodología descrita en el manual de control de calidad en obras viales. Por otra parte no se pudo realizar una comparación a nivel técnico de los resultados obtenidos con la implementación del manual en un proyecto en específico para ser comparados con respecto a un proyecto similar en el que no se empleara la metodología para obtener un patrón de comparación y medir el alcance técnico de la herramienta debido a que no se contaba con proyectos donde ya se hubiera aplicado la metodología como tal y a partir de ahí generar el contraste requerido.

# Marco Teórico

- Carretera

Corresponde al conjunto de obras de infraestructura física que permite la comunicación de vehículos y camiones entre dos localidades específicas (Castro.P).

- Pavimento.

Corresponde a una estructura que permite la transferencia de los esfuerzos por las cargas de tránsito y el ambiente al terreno natural que corresponde a la subrasante, de tal manera que no exceda su capacidad de soporte (Castro. P).



Figura 1. Ciclo de vida del pavimento y su momento de mantenimiento

Fuente. (W.Flintsch & Fernandez, 2015).

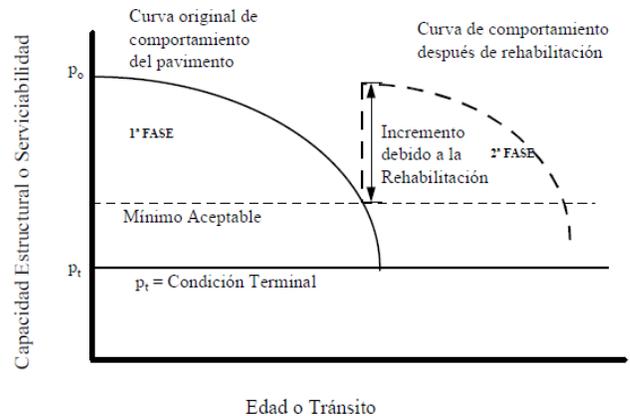


Figura 2. Capacidad estructural versus Edad o tránsito

Fuente. (W.Flintsch & Fernandez, 2015).

- Pavimento flexible.

El pavimento flexible es aquel cuya estructura total de pavimento se deflecta o flexiona, este pavimento se adapta a las cargas (Canal construcción).

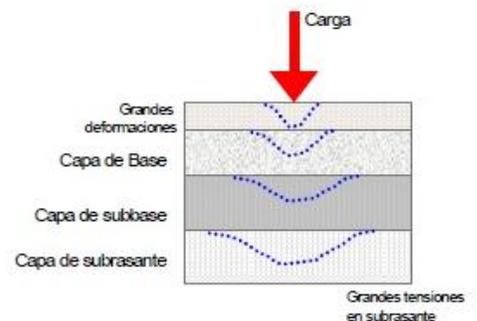


Figura 3. Comportamiento de pavimento flexible.

Fuente: (SIECA, 2010).

- **Asfalto**

Material cementante de color negro, compuesto de bitúmenes que aparecen en la naturaleza o se obtienen en el procesamiento del petróleo (CR-2010, 2010).

- **Estabilidad.**

Habilidad de una mezcla asfáltica de resistir la deformación bajo cargas impuestas, dicha estabilidad es una función de cohesión y la fricción interna del material (CR-2010, 2010).

- **Especificaciones.**

Corresponde a las normativas, disposiciones y requisitos técnicos referentes a la ejecución de obra (CR-2010, 2010).

- **Pavimento rígido.**

Corresponde a las estructuras de concreto tipo Portland que son colocadas sobre una capa de base, transmitiendo los esfuerzos, directamente hacia el suelo (Osuna. Y).

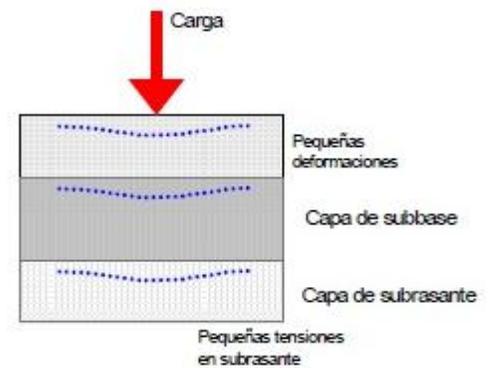


Figura 4. Comportamiento de pavimento rígido

Fuente: (SIECA, 2010).

- **Base granular.**

Corresponde a un material granular que se coloca por encima de la capa de sub base, constituido por partículas duras y durables puede estar compuesta por roca triturada, grava y arena triturada o combinación de estos materiales (CR-2010, 2010).

- **Sub base granular.**

Corresponde a la capa o capas de material colocado sobre una sub-rasante o material seleccionado para soportar la base (CR-2010, 2010).

- **Compactación.**

Corresponde a la actividad de comprimir un volumen dado de material. La compactación se usa mediante rodillos o compactadores-especialmente,

desarrollados para cada etapa del proyecto (CR-2010, 2010).

- **Densificación.**

Consiste en aumentar la densidad de una mezcla durante el proceso de compactación (CR-2010, 2010).

- **Densidad.**

Masa por unidad de volumen de un material (CR-2010, 2010).

- **Alcantarilla.**

Estructura conformada por tubos de concreto, plástico, acero o concreto armado que se emplean para el paso de aguas pluviales sobre carretera (CR-2010, 2010)

- **Cabezal.**

Estructura construida en la entrada y salida de una alcantarilla con el fin de proteger tubos, rellenos y terraplenes (CR-2010, 2010).

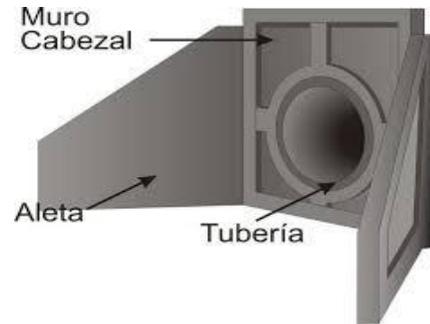


Figura 5. Estructura de cabezal en alcantarilla.

Fuente: Manual para el mantenimiento de la red vial secundaria, Bogotá, 2006.

- **Delantal.**

Corresponde al piso que se hace para afirmar el terreno en falso o invadido en el agua para evitar la erosión y socavación de los aletones (CR-2010, 2010).

- **Conservación vial.**

Integra actividades para preservar el buen estado de las vías, garantizando un servicio óptimo al usuario (CR-2010, 2010).

- **Rehabilitación.**

Corresponden a las actividades constructivas necesarias para restablecer las condiciones físicas de la carretera (SIECA, 2010).

- **Reconstrucción.**

Involucra trabajos mayores de rehabilitación de una carretera en mal estado con el fin de restablecer las condiciones físicas a un mejor nivel de servicio (SIECA, 2010).

- **Mantenimiento rutinario.**

Integra labores de limpieza de drenajes, control de vegetación así como reparaciones menores y localizadas (CR-2010, 2010).

- **Mantenimiento periódico.**

Corresponde al conjunto de actividades que se programan cada cierto tiempo con el fin de renovar la condición original del pavimento (CR-2010, 2010).

- **Mantenimiento preventivo**

Actividades que previenen fallas, antes de que estas sucedan, buscando preservar la condición existente (SIECA, 2010).

- **Mantenimiento por administración**

Aplicable en trabajos no cuantificables, es decir, en obras no previstas o no existe un pago en el contrato para cubrir los gastos (SIECA, 2010).

- **Mantenimiento de emergencia**

Aplicable en rutas que requieren intervención urgente debido a sucesos de fuerza mayor (SIECA, 2010).

- **Rehabilitación.**

Integra labores de reparación, refuerzo de pavimento y calzada (CR-2010, 2010).

- **Falla estructural.**

Se presenta cuando los niveles de esfuerzo aplicados sobre el suelo natural superan la capacidad de soporte o cuando las capas de mayor capacidad estructural-presentan-deterioro (Castro.P).

- **Falla funcional**

Se presenta cuando el pavimento deja de ser cómodo y seguro al tránsito y los costos de operación y transporte son elevados (Castro. P).

- **Señalización.**

Demarcación horizontal y vertical que permita el uso seguro de las vías (CR-2010, 2010).



Figura 6. Señalización horizontal.  
Fuente. CCIMASEÑALIZACIONES



Figura 7. Señalización Vertical  
Fuente: COSEVI

- **Derecho de vía.**

Corresponde al área o superficie de terreno que es propiedad del estado destinado para uso de vía pública (CR-2010, 2010).

- **Inventario vial.**

Corresponde a la información concerniente a las condiciones reales de operación, funcionalidad y desempeño de los elementos que conforman la red vial (CR-2010, 2010).

- **Aseguramiento de la calidad.**

Corresponden a acciones planificadas y sistemáticas para proporcionar la confianza adecuada de que un proceso productivo y constructivo cumple con los requerimientos de calidad establecidos en el contrato (CR-2010, 2010).

- **Autocontrol.**

Corresponde al control de calidad de materiales, productos y procesos de un proyecto el cual es responsabilidad del contratista, como evidencia o respaldo se debe de suministrar constancias de calidad mediante pruebas pertinentes, las cuales serán suministradas por el laboratorio aprobado de previo por la administración (CR-2010, 2010).

- **Contratación Administrativa**

Proceso en el que la administración contrata la ejecución de una obra pública basado en los lineamientos establecidos en la ley de contratación administrativa y su reglamento general (CR-2010, 2010).

- **Ingeniero de proyecto.**

El ingeniero asignado por la administración es responsable de supervisar la buena ejecución de las obras de inicio hasta el cierre del proyecto en conjunto con su equipo de trabajo, así como de administrar el

contrato y tendrá la responsabilidad de aprobar los pagos (CR-2010, 2010).

- **Ingeniero residente.**

Corresponde a la figura del ingeniero designado por el contratista para ser el encargado de lo establecido en el cartel, los planos constructivos y las especificaciones técnicas (CR-2010, 2010).

- **Inspector.**

Corresponde a la figura designada por parte del contratante para realizar las inspecciones necesarias de los trabajos de ejecución así como de los materiales y el equipo suministrado por el contratista (CR-2010, 2010).

- **Laboratorios de control de calidad.**

Dichos laboratorios deben de ser debidamente aceptados por la administración para realizar la verificación de la calidad de los procesos productivos y constructivos (CR-2010, 2010).

- **Normas ISO**

Corresponden a normas de “calidad” y “gestión continua de calidad”. Se compone a base de estándares y guías relacionadas con sistemas de gestión y de herramientas específicas como los métodos de auditoría que corresponden a procesos de verificación de los sistemas de gestión que cumplan con el estándar (CR-2010, 2010).

- **Herramienta ArcGis**

Corresponde a una herramienta que muestra el mapeo de vías requerido por la municipalidad del cantón de Cartago, pudiendo tener acceso a información de interés como el código de camino, hoja cartográfica, tipo de pavimento que la compone. Dicha herramienta es utilizada a nivel municipal por lo cual también se tienen registradas las estructuras de puente con las que cuenta el cantón, así como alcantarillas.

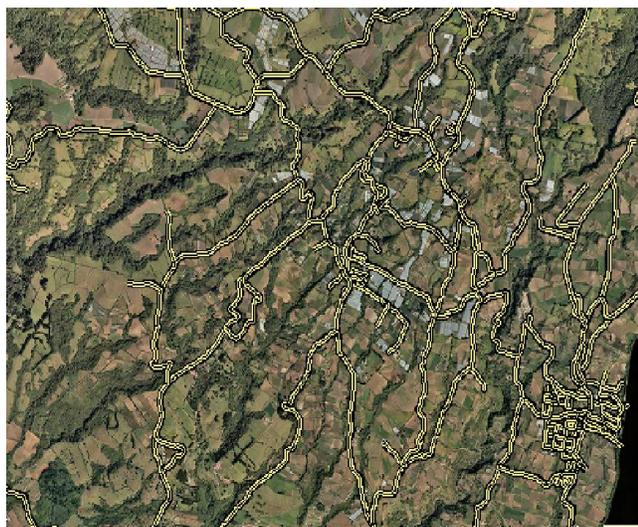


Figura 8. Mapeo de vías  
Fuente. ArcGis

- **SIECA**

Dicho manual surge como respuesta a una necesidad a nivel centroamericano integrando a Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá, en donde debido a los desastres viales que se generaron por la tormenta tropical Mitch en 1998, el cual no hizo diferencia entre las barreras políticas generando grandes destrozos. Con dichos antecedentes la secretaria de integración económica centroamericana inició con la elaboración de documentos

técnicos que permitieran armonizar las normativas existentes en la región. Las especificaciones planteadas son orientadas para ser aplicadas por las unidades ejecutoras de cada país para el mantenimiento vial (SIECA, 2010, p. 7).

- **CR-2010**

El CR-2010 corresponde a un documento de aplicación obligatoria en las diferentes fases de todas las obras viales que se realicen por parte del Ministerio de Obras Públicas Y Transportes y sus consejos.

Dicho manual establece políticas, criterios y procedimientos que indican las condiciones por cumplir en los proyectos viales en relación con la planificación, estudio, evaluación, diseño, construcción, seguridad, mantenimiento, calidad e impacto ambiental.

El manual busca la sistematización y uniformidad de criterios en los procedimientos empleados en el desarrollo y conservación de la red vial.

El contenido del manual busca dar solución a los eventos habituales tanto en el terreno como en la concepción del proyecto (CR-2010, 2010, p. 4).

- **Boletines LANAMME UCR**

Los boletines lanzados por el laboratorio nacional de materiales y modelos estructurales están enfocados en temas de construcción, mantenimiento y buenas prácticas en las obras de infraestructura vial, los cuales muestran de manera más específica la actividad o tema tratado en cada uno de los boletines.

## Procesos constructivos desarrollados

Como parte de los objetivos se planteó el realizar una implementación en campo del manual desarrollado en conjunto con los formularios de inspección en campo, para tales efectos dicha implementación se realizó en los proyectos con los cuales contaba el municipio, a continuación se enlistan las actividades supervisadas en campo con una breve descripción de los trabajos realizados, en el apartado de análisis de resultados se describe de manera detallada el trabajo desarrollado. Las actividades inspeccionadas fueron:

- Bacheo superficial o menor en el camino hacia el relleno sanitario (código 30103300).  
En dicha ruta se realizó un bacheo superficial en un área que presentaba un hundimiento, para lo cual inicialmente se ejecutó una conformación manual de la superficie, eliminando el material más grueso colocado por parte de los vecinos de manera temporal para posteriormente colocar la nueva mezcla asfáltica.
- Bacheo superficial o menor en el camino concobas (código 301050).  
Dicha ruta presentaba daños que correspondían a baches en la superficie de ruedo lo cual comprometía la condición de servicio, sobre todo en los laterales de la vía, por tal motivo el municipio planteó realizar dicha modalidad de bacheo en las zonas afectadas para recuperar dicha condición de servicio, para lo cual se realizó una limpieza total de la vía, para posteriormente, imprimir las zonas dañadas y colocar mezcla asfáltica en los baches.
- Colocación de lastre en el camino Navarro (código 30120400).  
En esta ruta se realizó la colocación de Clinker como superficie de ruedo ya que los vecinos del lugar habían gestionado dicho material con una empresa

cementera local. Antes de realizar las labores de lastreado se realizó una conformación de la totalidad de la superficie mediante el uso de una moto niveladora procurando dar un bombeo adecuado al camino para posteriormente descargar el material de Clinker en apilamientos para una mejor distribución del mismo de manera mecánica y finalmente dar una compactación al nuevo material colocado.

- Colocación de sobre capa de mezcla asfáltica en el camino hacia puente negro (código 30103300).  
La zona de trabajo presentaba daños tales como fisuras, fatiga en ciertas secciones y baches, por tal motivo se planteó el realizar un bacheo de los huecos para subsanar la superficie, para posteriormente imprimir toda la vía a lo largo y ancho para la colocación final de la nueva carpeta mediante un finisher.
- Perfilado en la calle del polideportivo (código 30133200).  
La vía sobre el polideportivo presentaba daños de fatiga en sectores localizados así como ciertos baches. Desde su construcción dicha vía no había sido intervenida y debido a que los daños se extienden a lo largo de todo el bulevar, se planteó realizar un trabajo de perfilado en dos etapas, removiendo un espesor de 6 cm para posteriormente, colocar una carpeta asfáltica del mismo espesor removido.

# Metodología

## Parámetros del departamento de Gestión Vial.

El proyecto se desarrolló en el plantel municipal de Cartago, donde inicialmente, se realizó un análisis en conjunto con el director del departamento de la unidad técnica de gestión vial con el fin de establecer los procesos de interés a desarrollar en el manual así como el estudio de los procedimientos aplicados por el municipio para llevar un control de calidad en cada uno de los proyectos desarrollados. Al inicio del proyecto el departamento de gestión vial no contaba con una metodología específica para la ejecución de sus proyectos pero se contaba con documentación de apoyo como el CR-2010 el cual fue desarrollado y ejecutado por el MOPT que es el ente encargado de la construcción de obra pública en Costa Rica. El manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes establece procedimientos para construcción de obra nueva por tal motivo no era totalmente aplicado en lo referente a obras de mantenimiento y rehabilitación, sin embargo, a nivel de estructura en carteles de licitación el CR-2010 es implementado. Cabe destacar que a nivel nacional no existe un código para estructuras de pavimento que sea de carácter obligatorio que dicte pautas mínimas a tomar en cuenta tanto en labores de construcción como de mantenimiento que lleguen a generar un estándar de los procedimientos aplicados tanto para el sector público como privado, por tal motivo el departamento de gestión vial en representación de la municipalidad del cantón de Cartago planteó la necesidad de desarrollar un manual de control de calidad en obras viales municipales que permita llevar un control de los trabajos ejecutados por la institución.

El desarrollo de una metodología para contar con un control de calidad cuenta con los

argumentos para justificar la necesidad de estandarizar los procedimientos empleados en la ejecución de proyectos, dentro de dichos argumentos se tiene:

- El creciente flujo vehicular del cantón, el cual ha generado que las rutas cantonales sean más concurridas y tomadas por parte de los usuarios como vías alternas debido a los congestionamientos viales, lo cual muestra que las rutas cantonales han adquirido una mayor importancia y es necesario que mantengan su condición de servicio.

-Certificación ISO: La municipalidad del cantón de Cartago cuenta con la certificación ISO 9001, la cual corresponde a una certificación de calidad, por tal motivo el municipio está en una constante mejora en toda su estructura que permita consolidar dicha certificación.

-Estandarización de procedimientos: La municipalidad busca implementar un procedimiento estandarizado en las obras de mantenimiento y rehabilitación de los proyectos viales que desarrolle, por otra parte se busca que dichos procedimientos formen parte de los aspectos a cumplir por parte de los proyectos ejecutados por los subcontratistas para tener una uniformidad en los proyectos.

Acompañado al esfuerzo que el departamento de gestión vial en los últimos años ha realizado para el mejoramiento de los trabajos que realizan, se han planteado que el control de calidad sea parte de dichas mejoras de ahí la necesidad de crear un manual de control de calidad para obras de pavimentación que se ajusten a las necesidades del municipio. Como parte del inicio para llevar un mejor control de los procesos, el municipio realizó un levantamiento de cada uno de los 481 caminos que están dentro de su jurisdicción para los cuales se desarrollaron

formularios de inspección en campo que proporcionan información referente a la condición del camino así como un estacionamiento donde se muestra la patología del camino en tramos de cada 100 metros lo que permite conocer la condición real de cada camino. Acompañando a este levantamiento se cuenta con la herramienta ArcGis en la cual se encuentra el mapeo de vías donde se muestran ubicados todos los caminos cantonales que cuentan con su respectiva codificación. Dicha herramienta permite ver el código de camino, el tipo de superficie de rudo y el lugar donde se ubica el camino, de igual manera también se encuentra con el levantamiento de las alcantarillas, puentes y la línea férrea que atraviesan el cantón de Cartago.

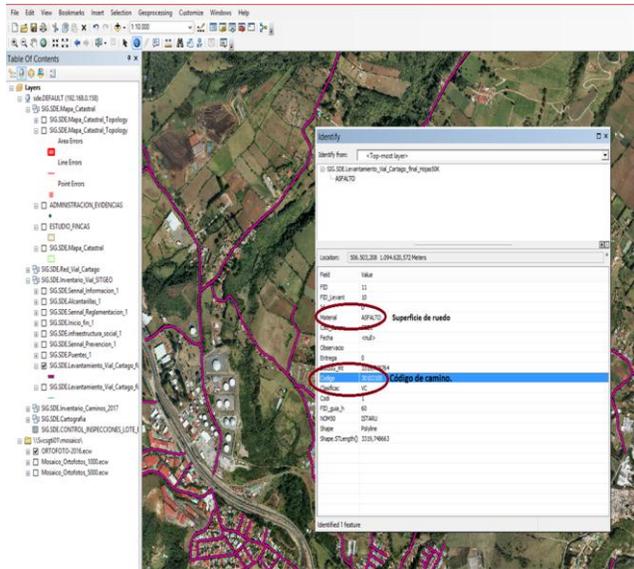


Figura 9. Despliegue de información de ArcGis  
Fuente: ArcGis

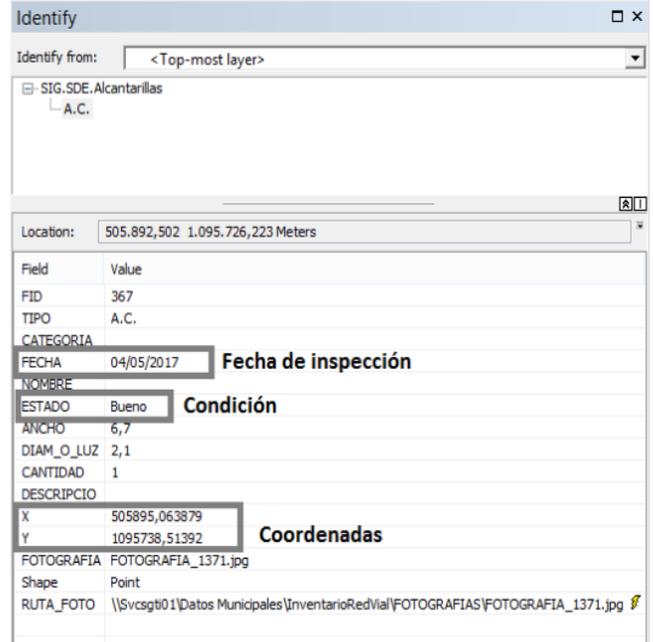


Figura 10. Información de alcantarilla  
Fuente: ArcGis

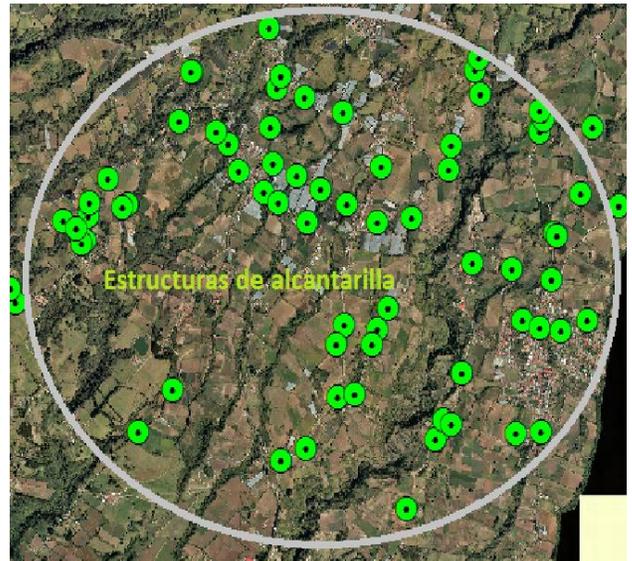


Figura 11. Estructuras de alcantarilla.  
Fuente: ArcGis

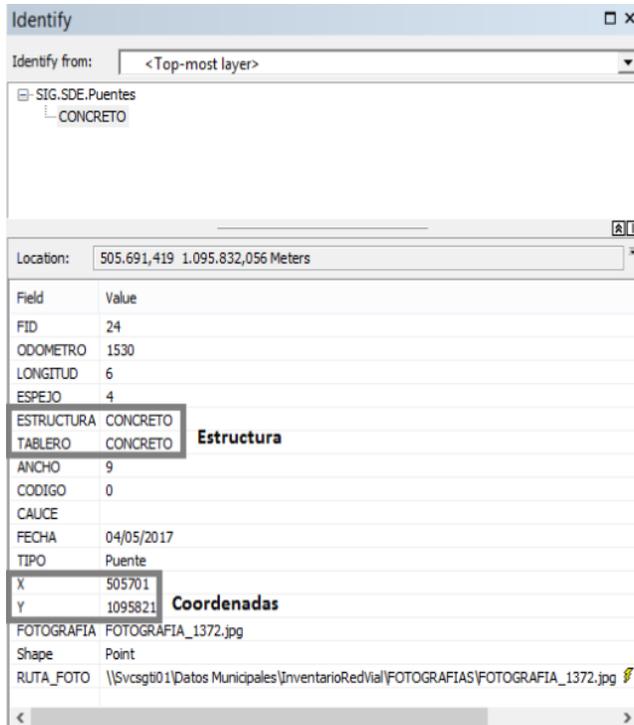


Figura 12. Información de puentes.  
Fuente: ArcGis



Figura 13. Estructuras de puente  
Fuente: ArcGis

La municipalidad de Cartago para la ejecución de proyectos viales emplea dos modalidades como son: el contrato por administración en donde se licita una obra de infraestructura vial y el oferente

o encargado de ejecutar la obra está en la obligación de cumplir con las especificaciones técnicas establecidas para el proyecto, para establecer algunos puntos o especificaciones del cartel o condiciones de pago la Municipalidad se remite a lo establecido en el Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010) que corresponde al documento oficial empleado por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes para la ejecución de obra nueva en la construcción de carreteras y puentes a nivel nacional. Por otra parte la municipalidad también emplea la modalidad de desarrollar obra propia en donde ejecuta sus propios proyectos, sobre todo en lo referente a obras de mantenimiento o rehabilitación para mantener las condiciones de servicio de las rutas que se encuentran bajo su jurisdicción, para dichas obras la municipalidad no cuenta con un documento oficial para realizar un control en las obras de infraestructura vial y es ahí donde entra la formación ingenieril así como el apoyo de material como el CR2010.

## Elaboración de un manual de control de calidad en obras viales.

Como respuesta a la búsqueda de mejora de la municipalidad del cantón de Cartago y tomando como base las necesidades del municipio se realiza el desarrollo del manual de control de calidad empleando como punto de partida las actividades planteadas por el departamento de gestión vial.

Si bien es cierto a nivel nacional existe el CR2010 que es una metodología empleada por el MOPT que está enfocado a la construcción de obra nueva, a nivel municipal esta documentación es utilizada para establecer o realizar los carteles de licitación de los proyectos, sin embargo, el departamento de gestión vial está más enfocado a realizar labores de mantenimiento y rehabilitación en las vías cantonales, ya que las labores que les compete en el día a día es el atender las necesidades que llegue a presentar el cantón en materia vial para lo cual no cuentan con procedimientos estandarizados que se ajusten a dichas necesidades diarias.

Para llevar un control de calidad es importante realizar inspecciones en campo, ya que al fin y al

cabo es ahí donde se plasma el producto final , lo cual permite verificar y llevar un control de los procedimientos empleados, ya sea por el contratista o por las cuadrillas municipales, que permitan generar un criterio de la buena o mala aplicación de los procedimientos recomendados y a su vez poder verificar en obra que las especificaciones establecidas están siendo ejecutadas, por tal motivo se generaron formularios de inspección en campo que contienen los puntos a considerar o tomar en cuenta para cada una de las actividades que se lleven a cabo así como el equipo requerido para la realización de cada tarea. El desarrollo de los formularios en campo es tomado de la información plasmada en el manual de control de calidad ya que a nivel de campo es más eficiente tener un resumen de los puntos importantes a tomar en cuenta para llevar un control de las obras.

Para el desarrollo del manual se utilizó el apoyo de literatura existente tanto a nivel nacional como internacional.

Dentro de las herramientas utilizadas para el desarrollo del manual de control de calidad en obras viales municipales se consideraron documentos empleados a nivel nacional como el “Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes” empleado por el MOPT para la construcción de obra nueva, también se tomaron en cuenta los boletines o manuales desarrollados por LANAMME UCR que involucrarán las actividades de interés para el municipio, los cuales se encuentran referenciados al final de este proyecto. Por otra parte se contó con material suministrado por el departamento de gestión vial como “ Mantenimiento manual de caminos” que corresponden a manuales lanzados por el MOPT/GTZ que son el resultado de un convenio costarricense alemán de cooperación técnica, también fue suministrado el documento “Ingeniería de caminos Rurales” que corresponde a una guía práctica para la gestión de este tipo de caminos, por otra parte dentro del apartado de pavimentos rígidos se empleó el “ Manual de bacheo utilizando concreto hidráulico seco y compactado” el cual fue publicado por el Instituto Costarricense del cemento y del Concreto adaptado a Costa Rica con la autorización respectiva del Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto. Parte importante para el

desarrollo del manual fue el “Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras, SIECA” debido a que dicho documento está enfocado a obras de mantenimiento vial que corresponde a la mayor necesidad del municipio, dicho manual surgió a nivel centroamericano debido a los daños sufridos por las estructuras de pavimentos debido a desastres naturales y que busca unificar los procedimientos aplicados en la región.

## **Desarrollo del manual de control de calidad.**

Como parte del manual se obtiene como resultado los procedimientos de interés establecidos por el departamento de gestión vial, incorporando dentro de la estructura del manual los siguientes apartados:

- Apartado de terminología relacionada con la temática del manual con el fin de que cualquier persona que desconozca del tema sea capaz de comprender lo que describe el manual.
- Se incorpora una tabla de conversión de unidades que permita hacer relación de unidades en caso de ser necesario por parte del inspector o encargado del trabajo de campo.
- Se incorpora la zonificación climática de la provincia de Cartago que permita ser tomado en cuenta en el diseño de estructuras de pavimento flexible, para poder determinar el cemento asfáltico que mejor se adecue a la zona de colocación para un mejor desempeño de la mezcla.
- Generalidades de control de calidad que establecen puntos relevantes a tomar en cuenta para llevar un control de calidad.
- Se incorporó un apartado de materiales donde se estipulan parámetros con los que deben de cumplir los agregados para la construcción de estructuras de pavimento que permitan asegurar el cumplimiento del material seleccionado.

- Libro de bitácora, el cual corresponde a una herramienta que permite llevar el historial del proyecto incluyendo inconvenientes y acuerdos relevantes que se hayan tomado durante el desarrollo del proyecto, por lo cual es importante que el libro de bitácora tenga una mayor participación en la ejecución de los proyectos.

- Categorías de mantenimiento.

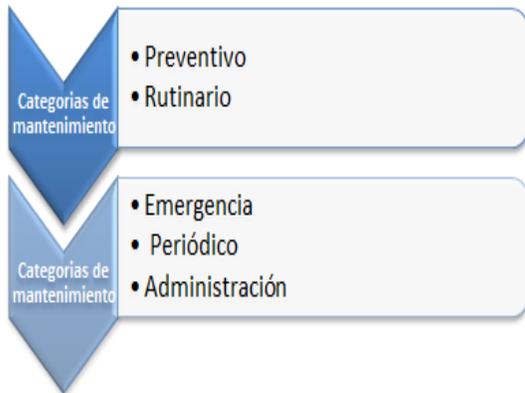


Figura 14. Categorías de mantenimiento.

- Descripción de pavimentos

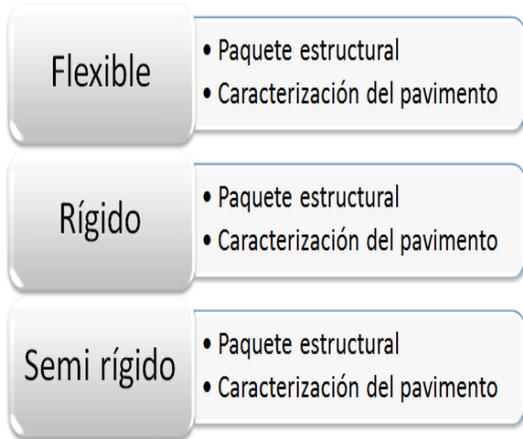


Figura 15. Descripción de Pavimentos.

- Deterioros de mezcla asfáltica.



Figura 16. Deterioros de mezcla asfáltica.

- Procesos de rehabilitación y mantenimiento en estructuras de pavimento.

- Bacheo formal
- Bacheo superficial o menor
- Sobre capas de mezcla asfáltica
- Perfilado
- Sello de fisuras y grietas
- Bacheo con concreto hidráulico
- Sellado de fisuras, juntas y grietas con concreto hidráulico
- Reparación de losas de concreto hidráulico
- Reconstrucción de hombros
- Caminos en lastra
- Control de polvo en rutas no pavimentadas.

Para el desarrollo del manual se tomó cada una de las actividades dando una misma línea a cada actividad, en donde se tuviera un apartado que describiera en qué consiste la actividad, el procedimiento de ejecución, el equipo requerido para la ejecución de la actividad así como notas a tomar en cuenta en caso de que fuese necesario.

La lista citada anteriormente muestra las actividades desarrolladas dentro del manual de control de calidad en obras viales en donde para cada una de estas se generó una codificación en donde las letras iniciales resumen el nombre de la actividad y el número que lo acompaña corresponde a un consecutivo establecido de acuerdo al orden en que se enlistan las actividades dentro del manual lo cual permite que la búsqueda y la organización de dichas actividades se simplifique.

Como parte de un orden en la estructuración de la metodología, inicialmente, el manual muestra una introducción que describe en qué consiste cada uno de los trabajos con el fin de que cualquier persona pueda comprender el fin de la tarea que se describe.

Posteriormente, el manual muestra una metodología que establece buenas prácticas y el paso a seguir para realizar un adecuado proceso de rehabilitación o mantenimiento, este apartado no solamente incluye el quehacer si no que también incorpora especificaciones técnicas con las que se deben de cumplir con el fin que los trabajos no se manejen a la libre y que a su vez esto genere una estandarización de los procedimientos aplicados por el municipio.

El equipo requerido para realizar los trabajos es esencial, por tal motivo la metodología incorpora las herramientas mínimas necesarias con las que se debe de contar con el fin de cumplir con la tarea descrita.

Acompañado a la metodología de cada una de las actividades se generaron formularios de inspección, que resumen los puntos importantes para realizar inspecciones en campo, describiendo el paso para la ejecución de los trabajos incluyendo aspectos técnicos con los que se deban de cumplir en ciertos apartados.

De manera paralela al desarrollo del manual, se generaron formularios de inspección en campo, inicialmente, se generaron boletas de despacho y recepción de mezcla asfáltica debido a que la mayoría de trabajos de mantenimiento la involucran, ya que todo trabajo que integre colocación de mezcla asfáltica requiere de un monitoreo desde boca de planta hasta su colocación final. Por otra parte también se generaron formularios que incluyen todas las actividades descritas en el manual. La estructura de dichos formularios está compuesta por un encabezado que especifica la actividad con un código asignado, así como también integra información referente a la vía a intervenir y el responsable a cargo, posteriormente, se enlista el paso a seguir para ejecutar los trabajos de mantenimiento incluyendo las especificaciones que deben de ser consideradas para llevar un control de calidad de cada uno de los procesos, seguidamente, se enlista el equipo requerido para cumplir con la labor descrita, acompañado de la referencia del manual donde está desarrollada cada actividad.

Dentro del manual se encuentran las normas con las cuales deben de cumplir los materiales para ser empleados, sin embargo, es importante contar con un laboratorio que permita validar el cumplimiento de los materiales así como el poder tomar muestras de los proyectos ejecutados que permitan verificar el cumplimiento de las especificaciones técnicas descritas en el contrato o el cartel de licitación.

Por otra parte, durante el proceso de los trabajos de mantenimiento, el no contar con el equipo requerido para llevar controles en campo hace que el apoyo de un laboratorio de materiales sea fundamental para garantizar la calidad del proceso.

La información empleada para el desarrollo de un manual de control de calidad contempló las necesidades estipuladas por el departamento de gestión vial, donde se plantea que las obras de mantenimiento y rehabilitación son la mayor necesidad, con base en esto se realizó un análisis de las actividades requeridas como los son:

### a) Bacheo formal

Esta actividad corresponde a una de las más aplicadas en el municipio con el fin de mantener la condición de servicio de las vías.



Figura 17. Corte y remoción del área afectada para bacheo formal.

Fuente: Municipalidad de Cartago.

### b) Bacheo superficial o menor

Aplicado en rutas importantes que lleguen a presentar problemas y requieren una rehabilitación rápida para posteriormente, proporcionar una solución adecuada a la estructura.



Figura 18. Distribución de mezcla asfáltica en bacheo superficial o menor.  
Fuente: Municipalidad de Cartago

### c) Sobre-capas de mezcla asfáltica

Aplicado a superficies de pavimento donde el bacheo no corresponde a una alternativa de solución viable debido a los daños existentes en la estructura, donde se da una reparación a la superficie existente para colocar una nueva capa de mezcla asfáltica.



Figura 19. Colocación de sobre-capa de mezcla asfáltica.

### d) Perfilado

Aplicado en secciones donde se presentan daños superficiales que permite recuperar material de RAP para ser empleado en otros proyectos, ya sea como material de base o como componente de mezclas asfálticas.



Figura 20. Sección perfilada

### e) Sello de fisuras y grietas

Aplicado como una de las labores previas antes de colocar una sobre-capa, y como una medida para impermeabilizar la superficie, impidiendo que el agua penetre en las capas de base.



Figura 21. Sellado de fisura y grietas  
Fuente: GEOC XXI

### f) Bacheo con concreto hidráulico

A pesar que el cantón cuenta con un bajo porcentaje de rutas en pavimento rígido se incorpora dicha actividad ya que corresponde una rehabilitación para este tipo de estructuras.



Figura 22. Bacheo con concreto hidráulico

Fuente: Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto

### g) Sellado de fisuras, juntas y grietas en concreto hidráulico

Al igual que en los pavimentos flexibles es importante realizar el sellado de estas secciones, ya que estas estructuras contienen acero que al entrar en contacto con el agua se puede generar la pérdida de sección de acero que con el paso del tiempo genera una reducción de la capacidad de la estructura.



Figura 23. Sellado de fisuras en concreto hidráulico.

Fuente: Albion Engineering.

### h) Reparación de losas de concreto hidráulico.

A pesar que el porcentaje de pavimentos rígidos es bajo, es importante dar un mantenimiento o corrección de daños a

tiempo ya que una reconstrucción implica un mayor costo de inversión.

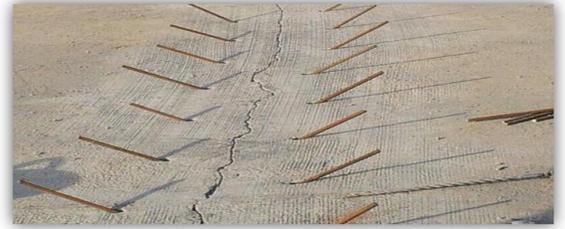


Figura 24. Reparación de losas mediante barras de acero.

Fuente: India MART

### i) Reconstrucción de hombros

La cual constituye una zona para colocar señalización vertical y que sirve como una zona de seguridad para los conductores en caso de avería, y sirve como una zona de separación con la calzada.

### j) Caminos en lastre

Es importante realizar un mantenimiento periódico que permita contrarrestar el deterioro de estas rutas por el flujo vehicular y las inclemencias del tiempo ya que el 37% de las rutas cuentan con una superficie de rueda en lastre.

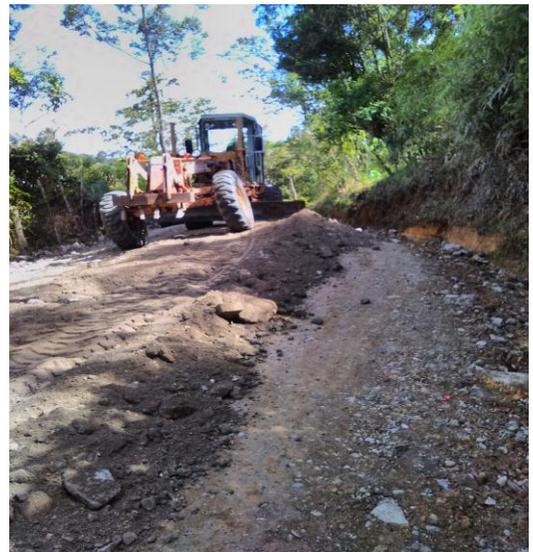


Figura 25. Colocación de lastre.

### k) Control de polvo en rutas no pavimentadas

Gran porcentaje de las rutas del cantón son rutas no pavimentadas que se encuentran con una superficie de ruedo en lastre lo cual en verano llega a generar molestias a los habitantes del lugar debido al polvo acumulado, por tal motivo para el departamento de gestión vial el aplicar métodos de control o mitigación del polvo entra dentro de las actividades de interés.

### l) Puntos básicos o generales en tarea de mantenimiento

Dentro de las labores de mantenimiento hay actividades básicas que se deben de contemplar y están descritas dentro del manual y el los formularios.

### Implementación en campo.

La implementación en campo forma parte de los objetivos planteados para el desarrollo del proyecto, por tal motivo una vez desarrollado el manual se procedió a realizar trabajo de inspección en campo que permitiera poner en práctica la metodología desarrollada para inicialmente, realizar una comparación entre los procedimientos empleados por las cuadrillas municipales y los procedimientos plasmados en el manual de control de calidad de obras viales. El objetivo final era poder integrar una metodología que permitiera estandarizar los procedimientos de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción en obras viales que aseguraran la calidad de los trabajos ejecutados y que a su vez permitieran prolongar o alcanzar el período de diseño establecido desde el inicio ya que al no aplicar un mantenimiento a las rutas existentes puede acelerar el proceso de deterioro de las estructuras de pavimento. Para la implementación en campo se desarrollaron formularios de inspección en campo con base en los procedimientos plasmados en el manual de control de calidad. Los formularios permiten hacer una verificación del paso que se debe

seguir para llevar a cabo un proceso idóneo, que permita llevar un manejo de calidad en los trabajos ejecutados.

El manual incorpora los procesos de interés establecidos por el departamento de gestión vial, por tal motivo se planteó el poder realizar inspección en la mayor cantidad de actividades posibles ya que al momento del desarrollo de dicho manual no se contaba con proyectos que llegaran a cubrir la totalidad del listado de actividades de interés del departamento. Para tal fin la implementación en campo se realizó en las siguientes rutas.

- Camino hacia el relleno sanitario (código 30103300), donde se realizó la actividad de bacheo superficial o menor, que presentaba una zona con un hundimiento.



Figura 26. Camino hacia el relleno sanitario (código 30103300)

Fuente: Google maps.

- Camino con cobas (código 301050), donde de igual manera se realizó la actividad de bacheo superficial o menor.

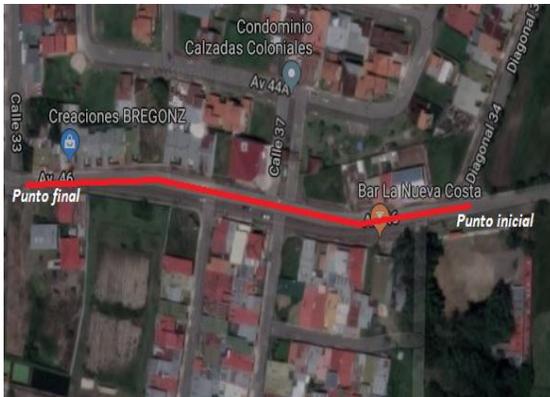


Figura 27. Camino con cobas (código 301050)  
Fuente: Google maps.

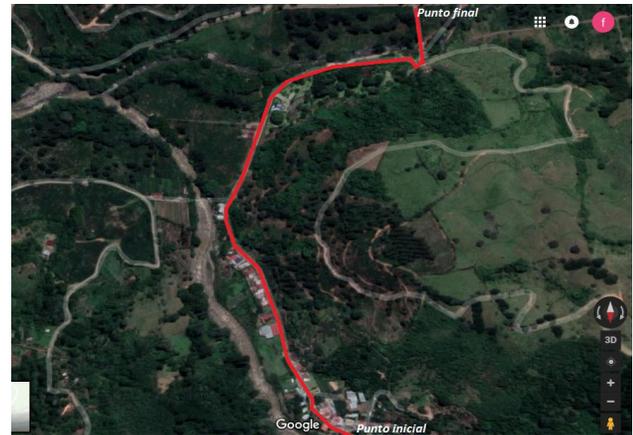


Figura 29. Camino hacia puente negro (código 30103300)  
Fuente: Google maps

- Camino Navarro (código 30120400), donde se dio la colocación de Clinker como superficie de ruedo.

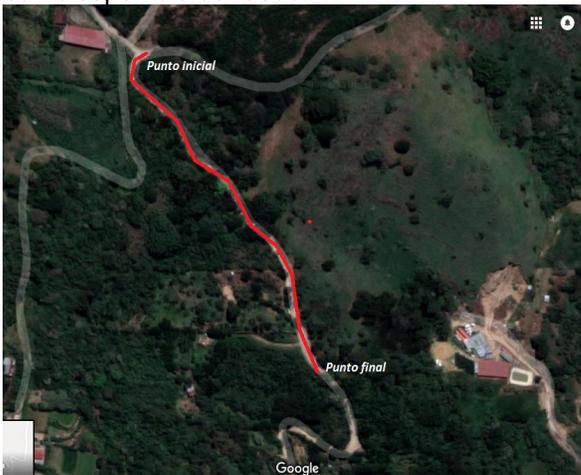


Figura 28. Camino Navarro (código 30120400)  
Fuente: Google maps

- Calle del polideportivo (código 30133200), donde se realizaron trabajos de perfilado en la superficie de ruedo.

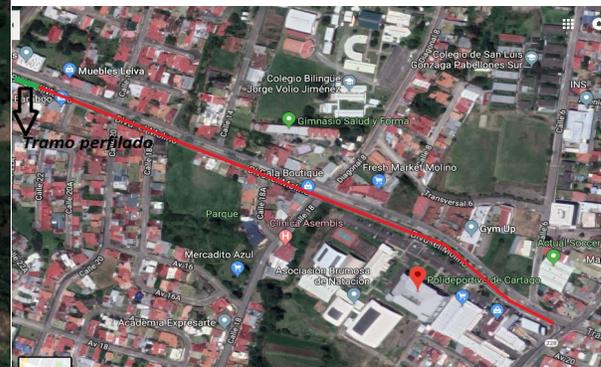


Figura 30. Calle del polideportivo (código 30133200)  
Fuente: Google maps.

- Camino hacia puente negro (código 30103300), donde se realizó la colocación de sobre-capa de mezcla asfáltica.

## Presentación del manual.

Se realizó la presentación del manual de control de calidad al recurso humano del departamento de gestión vial con el fin de mostrarles la herramienta desarrollada y evidenciarles los contrastes encontrados entre los procedimientos aplicados por la cuadrilla de trabajo y la metodología desarrollada, dejando en evidencia oportunidades de mejora.

# Resultados.

Parte de la información suministrada por el departamento de gestión vial correspondió al inventario de caminos donde se muestra la codificación dada por el departamento para cada uno de los caminos así como su ubicación correspondiente y datos referentes al TPD, con dichos datos se puede ver que de manera porcentual la distribución de los caminos y calles de acuerdo al tipo de superficie.

El municipio estableció un código para cada uno de los 481 caminos que están bajo su jurisdicción así como también creo una codificación para el tipo de superficie de ruedo donde 1 corresponde a las superficies en asfalto, 2 para las superficies en concreto (pavimento rígido) ,3 para tratamientos superficiales, 4 para caminos en lastre y 5 para caminos en tierra, lo cual se muestra en el cuadro 1.

Código	Superficie	Cantidad
1	Asfalto	285
2	Concreto	1
3	Tratamientos superficiales	1
4	Lastre	177
5	Tierra	17

Con base en los levantamientos realizados se obtiene el tipo y cantidad de superficies de la que está compuesta la red vial cantonal de Cartago tal y como se presenta en el cuadro 1, teniendo de manera porcentual dicho inventario como se muestra en la figura 32.

Fin	Tipo de Superficie	Longitud (Kilometros)	Ancho de Superficie de Ruedo	Estado de Sistema de Drenajes	Estado de Superficie de Ruedo	TPDA	Clasificac	Distrito
Fin	TP	Long. km	ASR	ESD	ESR	TPDA	Clasificac	Distrito
(ENT RN 218) PENJAMO, RIO TARAS	4	4,302	4,3	4	4	200,00	VC	SAN NICOLAS
(ENT N 304) RIO CONEJO, PROPIEDAD	1	0,638	5	5	1	210	VC	CORRALILLO
LIMITE CANTONAL DESAMPARADOS,	4	1,302	5	5	4	150	VC	CORRALILLO
(ENT C 090) SAN JUAN NORTE, PROP	1	0,119	2,1	4	4	30	NCU	CORRALILLO
(ENT N 401) TIERRA BLANCA	4	5,326	4,7	3	2	370	VC	TIERRA BLANCA
PUENTE PRIVADO PROPIEDAD DE FE	4	0,153	3	4	4	40	VC	CORRALILLO
FIN DE CAMINO , PROPIEDAD FR 490	1	4,091	5,8	2	4	260	VC	TIERRA BLANCA
(ENT ) RIO REVENTADO	4	2,399	3,2	3	1	150	VC	TIERRA BLANCA
FIN DE CAMINO, PALANGANA	4	0,987	3,6	2	4	60	VC	CORRALILLO
(ENT C 202) SAN FRANCISCO	1	1,015	6	4	4	870	VC	DULCE NOMBRE
FIN DE CAMINO	1	0,082	2,5	3	3	20	NCU	CORRALILLO
(ENT N 2) CARRETERA INTERAMERIC	1	2,199	6	4	1	460	VC	GUADALUPE

Figura 31. Inventario vial  
Fuente: Municipalidad de Cartago.

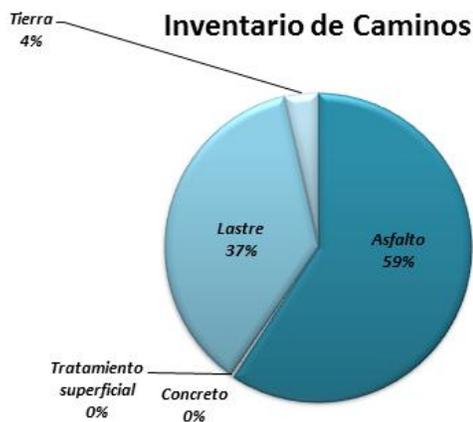


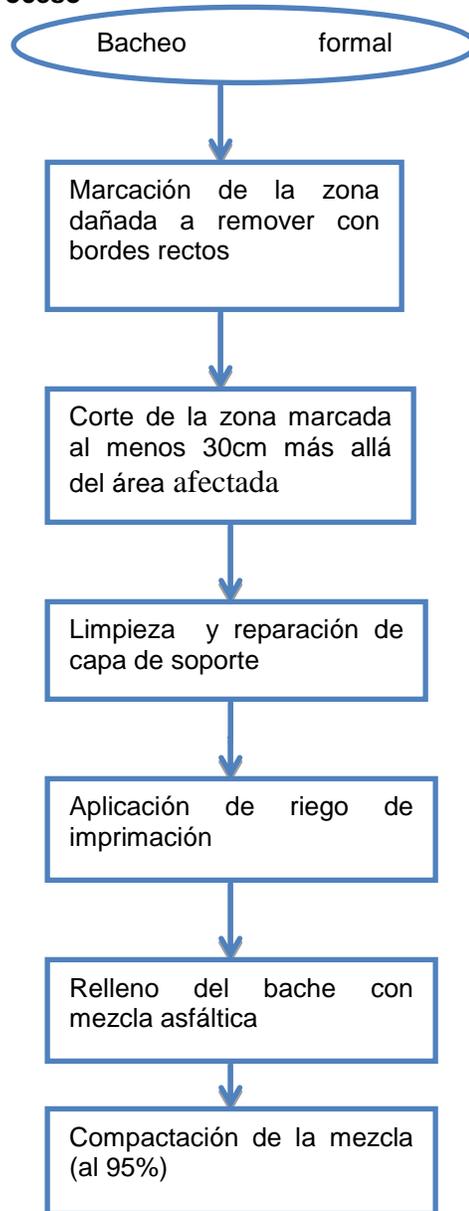
Figura 32. Inventario de caminos.

Tal y como se muestra en la figura 32 las superficies en concreto asfáltico y lastre son las predominantes con respecto a los pavimentos

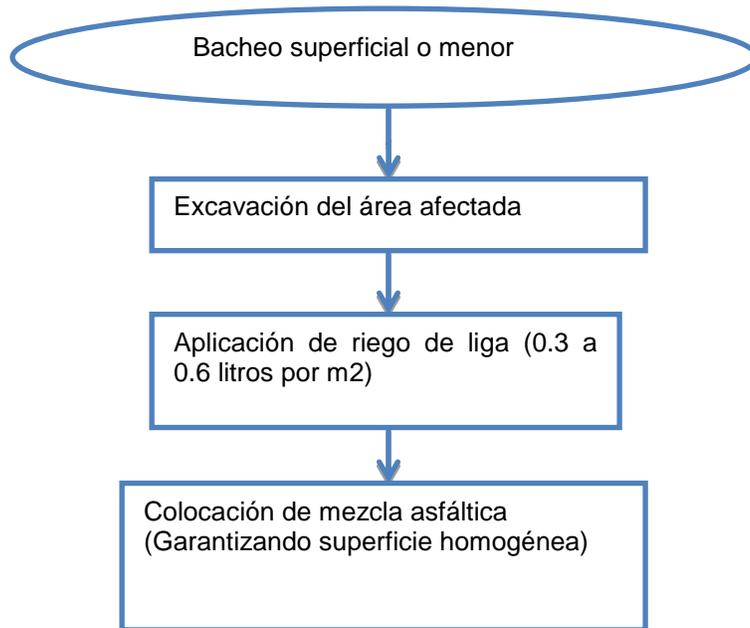
rígidos, tratamientos superficiales y rutas en tierra, por tal motivo el manual contempla en gran parte de procedimientos relacionados con concreto asfáltico, así como también incorpora procedimientos para caminos lastrados y a pesar de que los pavimentos rígidos y los tratamientos superficiales presentan un porcentaje más bajo también se incorporan en la metodología desarrollada ya que se busca integrar los procedimientos para cada una de las superficies con las que cuenta el cantón.

El resultado de este proyecto corresponde al desarrollo de un manual de control de calidad de obras viales, el cual incorpora actividades de mantenimiento para estructuras de pavimento, enfocado en la necesidad del departamento de gestión vial de la municipalidad del cantón de Cartago y los recursos disponibles, generando de esta manera no sólo un listado de procedimientos referente a buenas prácticas para labores de mantenimiento en las actividades de interés para el municipio, sino también una descripción de lo que son dichas estructuras, los tipos de falla y consideraciones a tomar en cuenta en la ejecución de los proyectos, con el fin de que esta herramienta funcione como una guía tanto para ingenieros como para inspectores municipales del cantón de Cartago para el control de obras de mantenimiento y rehabilitación en rutas pavimentadas y no pavimentadas que generen una uniformidad a los procedimientos de conservación vial.

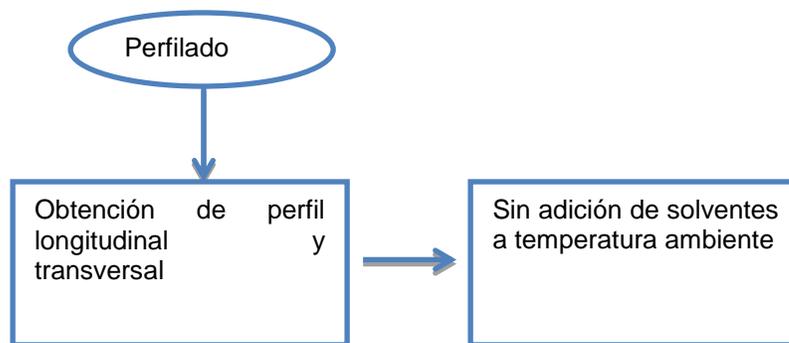
**Diagrama de flujo de proceso  
de bacheo formal**



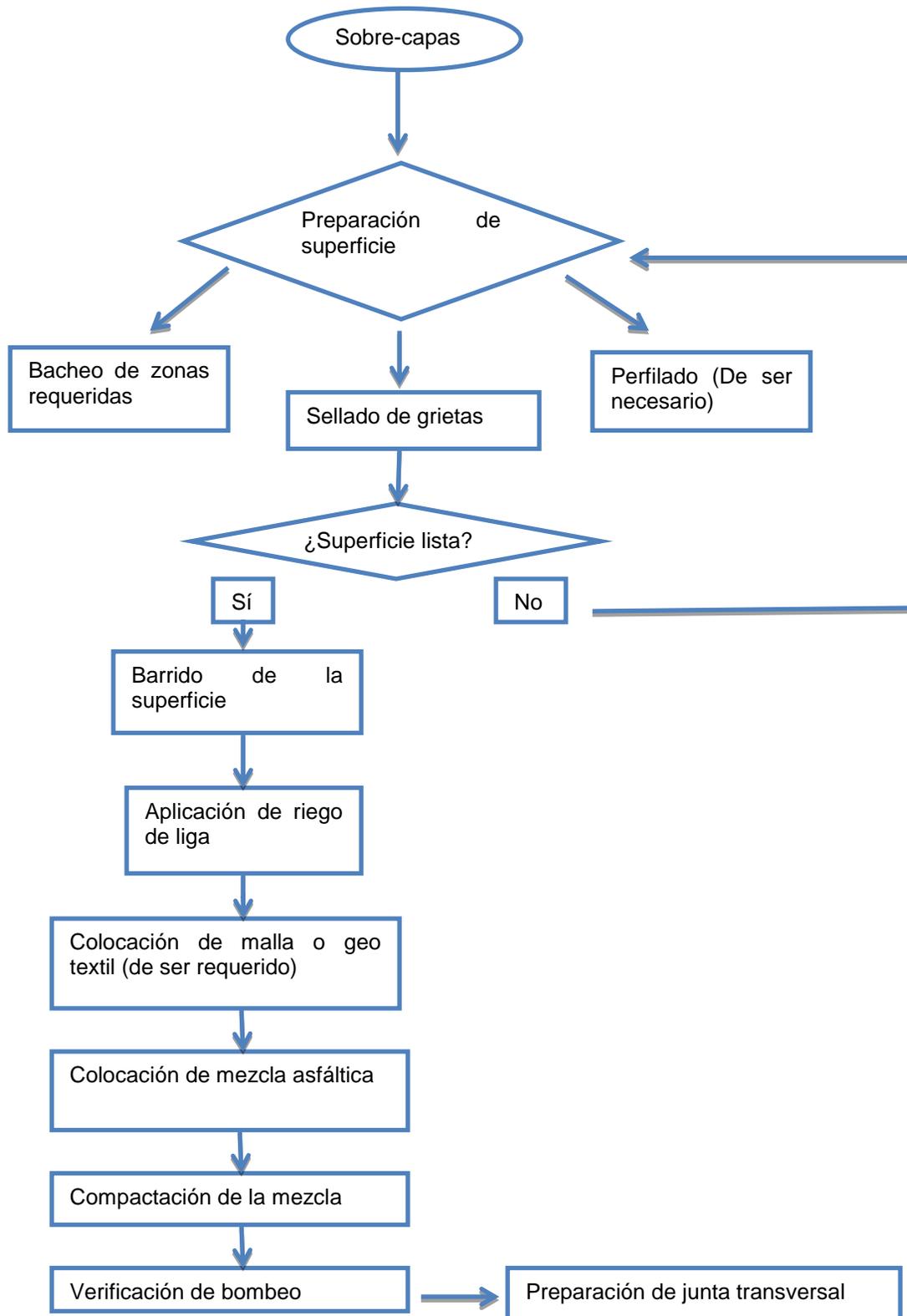
### Diagrama de flujo de bacheo superficial o menor



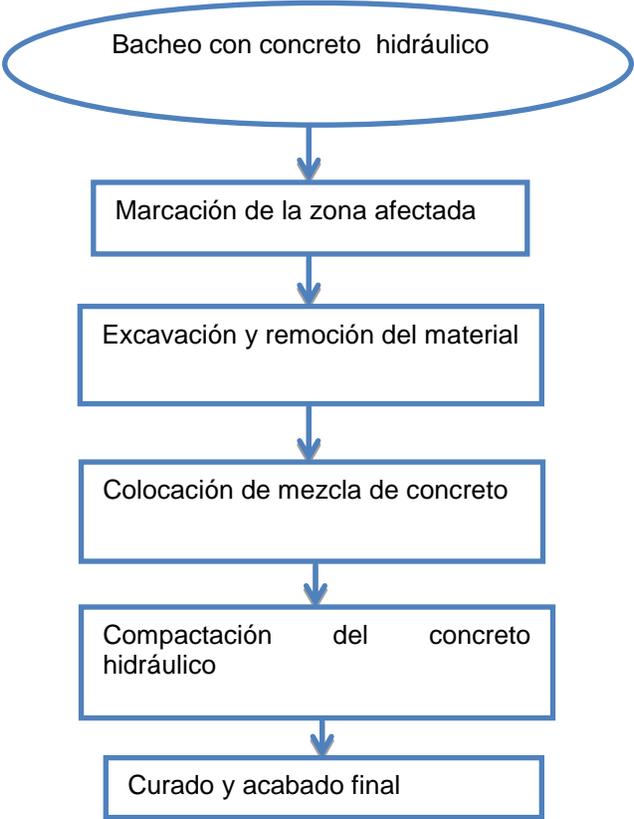
### Diagrama de flujo del proceso de Perfilado



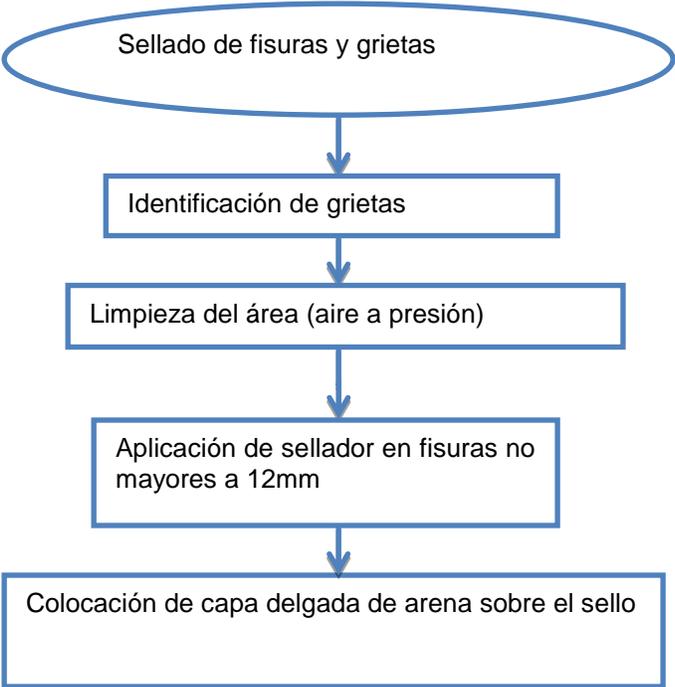
### Diagrama de flujo del proceso de sobre-capas



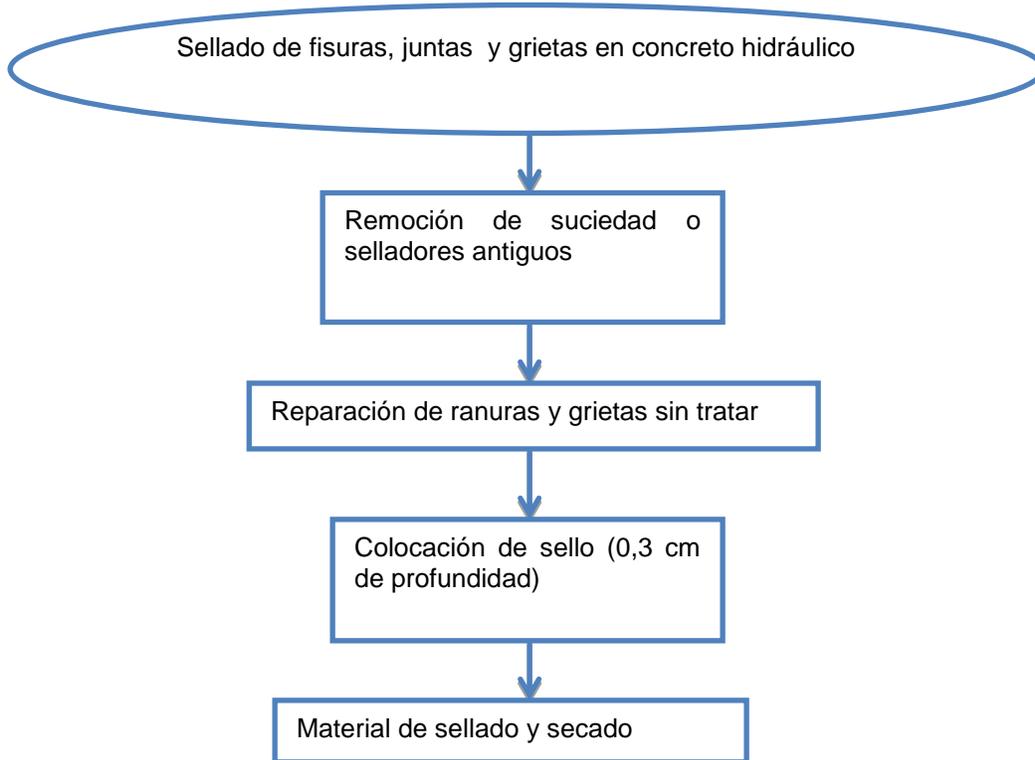
**Diagrama de flujo de proceso de bacheo con concreto hidráulico**



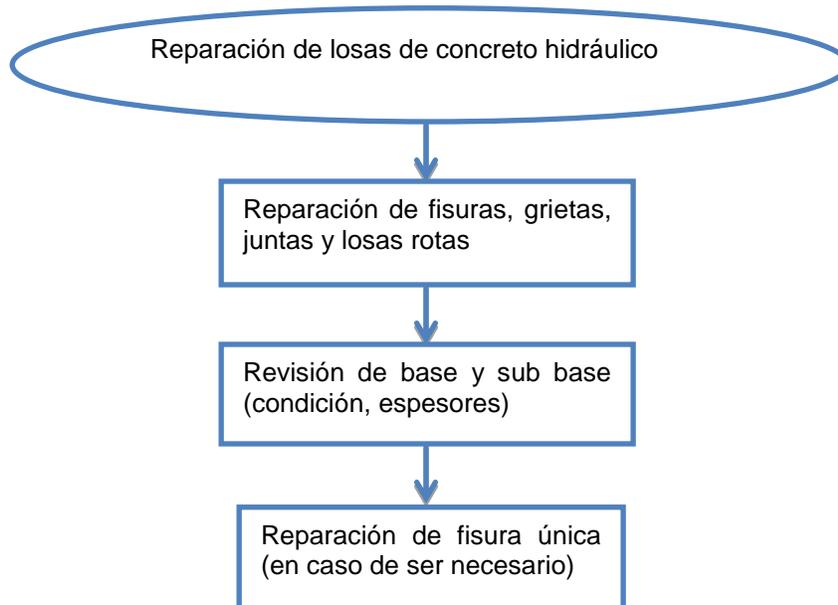
**Diagrama de flujo de sellado de fisuras y grietas**



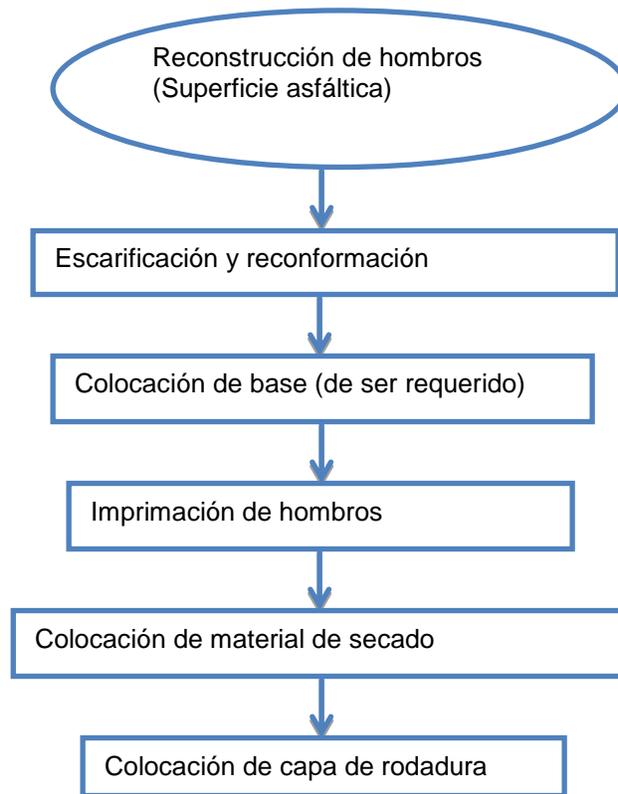
### Diagrama de flujo de proceso de sellado de fisuras, juntas y grietas en concreto hidráulico



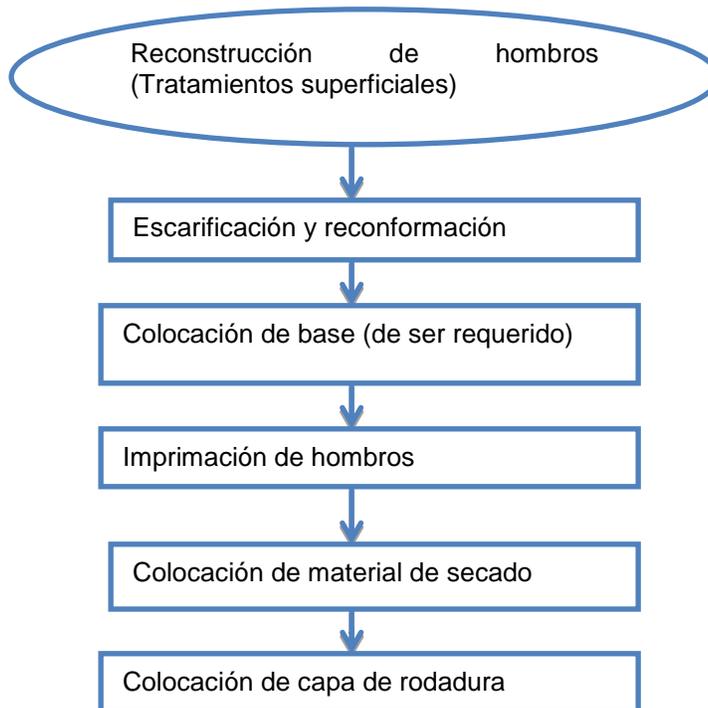
### Diagrama de flujo de proceso de reparación de losas de concreto hidráulico



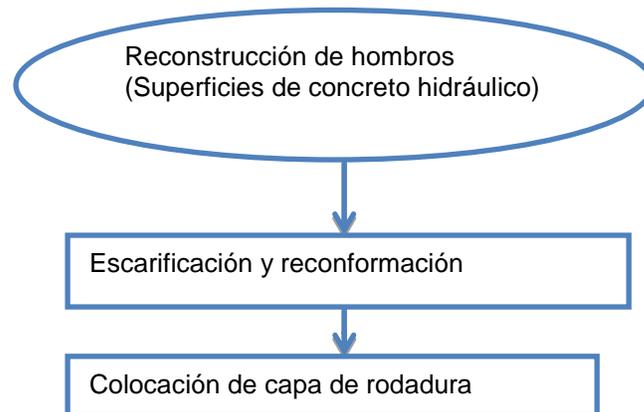
**Diagrama de flujo de proceso de reconstrucción de hombros (Asfalto).**



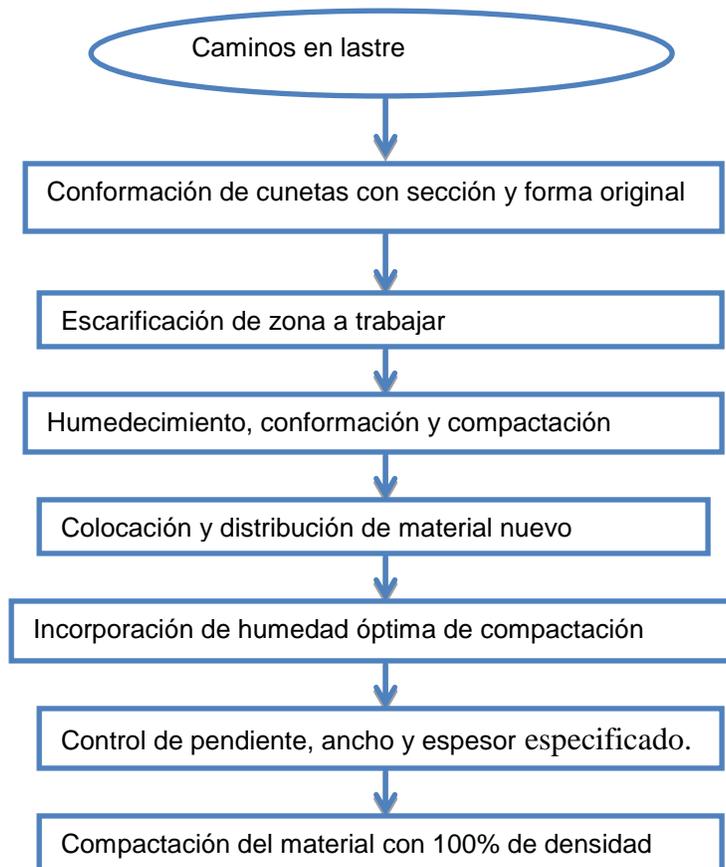
**Diagrama de flujo de proceso de reconstrucción de hombros (Tratamientos superficiales).**



**Diagrama de flujo de proceso de reconstrucción de hombros (Concreto hidráulico).**



**Diagrama de flujo para caminos en lastre.**



Los diagramas de flujo que se muestran representan el paso a seguir en campo y corresponden a un reflejo de la metodología desarrollada en el manual de control de calidad en obras viales que busca estandarizar los procedimientos aplicados en el municipio.

Por otra parte de manera conjunta al desarrollo del manual se trabajaron boletas de despacho y recepción de mezcla asfáltica ya que toda obra que involucre mezcla asfáltica debe de llevar un control desde boca de planta donde se despacha la mezcla hasta el lugar de colocación sobre todo para manejar los rangos de temperatura óptima para la colocación de la mezcla.

Parte importante del control de calidad es la inspección en campo lo cual conlleva el tener un control mediante formularios de inspección los cuales se desarrollaron de manera conjunta al estudio de cada una de las actividades descritas en el manual así como el equipo requerido para ejecución de los trabajos. Cada una de las actividades también cuenta con parámetros a tomar en cuenta en la ejecución de proyectos tales como rangos de temperatura o espesores.

Para el desarrollo del proceso de implementación en campo se pusieron en práctica los formularios de inspección desarrollados, los cuales involucraron las siguientes actividades.

- Bacheo superficial o menor



Figura 33. Actividad de bacheo superficial o menor.

- Colocación de lastre.



Figura 34. Distribución de Clinker como superficie de ruedo.

- Colocación de sobre-capa de mezcla asfáltica.



Figura 35. Colocación de sobre-capa asfáltica.

- Labores de perfilado de carpetas asfálticas.



Figura 36. Tramo de carpeta asfáltica perfilado

## Capacitación del recurso humano.

Mediante una presentación donde estuvo presente el recurso humano del departamento de gestión vial se presentó la herramienta desarrollada. En dicha presentación se mostró la metodología para cada una de las once actividades descritas en el manual así como también se expuso información adicional que se incorporó en el manual, la cual corresponde a apartados que describen las superficies de pavimento, generalidades del control de calidad, normativa con las que se debe de cumplir, la terminología y una tabla de conversión de unidades, esto con el fin de que cualquier persona que tenga contacto con la herramienta pueda comprender el contenido del manual.

Por otra parte también se dejó en evidencia las oportunidades de mejora que se pudieron evidenciar al momento de realizar la implementación en campo de las cinco actividades que se pudieron cubrir durante el desarrollo de la práctica profesional, teniendo de esta manera una retroalimentación de ambas partes.



Figura 37. Capacitación del recurso humano

## Encuesta a los funcionarios del departamento de Gestión vial.

Como parte de la validación del manual de control de calidad en obras viales, se realizó una encuesta a los funcionarios del departamento de gestión vial con el fin de obtener el criterio profesional de dichos colaboradores con respecto a la nueva metodología, para ello las preguntas fueron enfocadas a la estructura y contenido del manual así como el determinar bajo el criterio profesional si la nueva herramienta generara mejoras en la ejecución de los nuevos proyectos.

Pregunta N°1: ¿Considera que la incorporación de especificaciones, parámetros de control y calidad contribuyen a obtener un mejor resultado tanto en el monitoreo del proyecto como en el resultado final de la obra que se esté ejecutando?

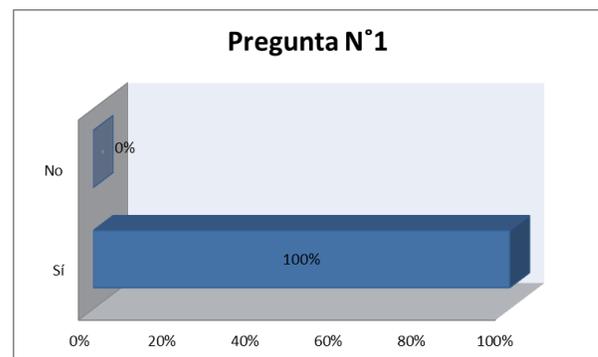


Figura 38. Evaluación de la pregunta N°1

Pregunta N°2: ¿Considera acertado la incorporación de información complementaria referente a la descripción de las estructuras de pavimento para una mejor comprensión del tema?

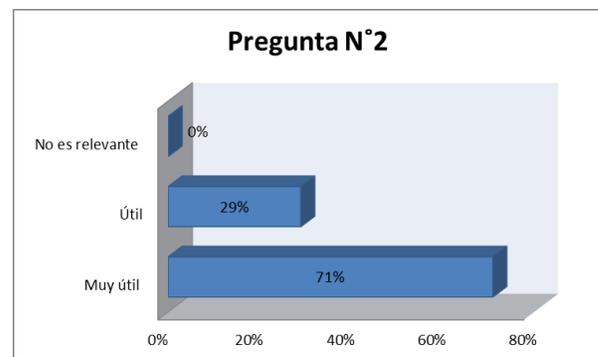


Figura 39. Evaluación de la pregunta N°2

Pregunta N°3: ¿Considera que el manual de control de calidad en obras viales se puede implementar como herramienta para la capacitación del personal?

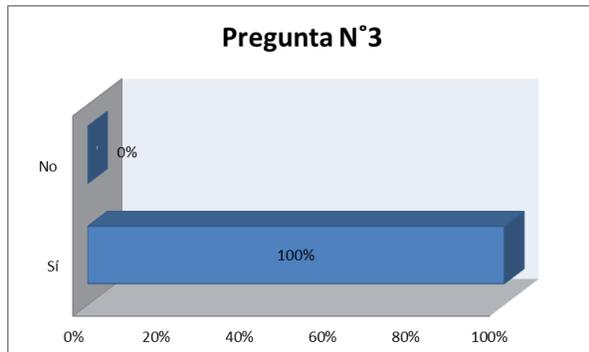


Figura 40. Evaluación de la pregunta N°3

Pregunta N°4: ¿Considera que el manual incorpora las actividades de interés del departamento así como las labores que forman parte de los trabajos diarios?

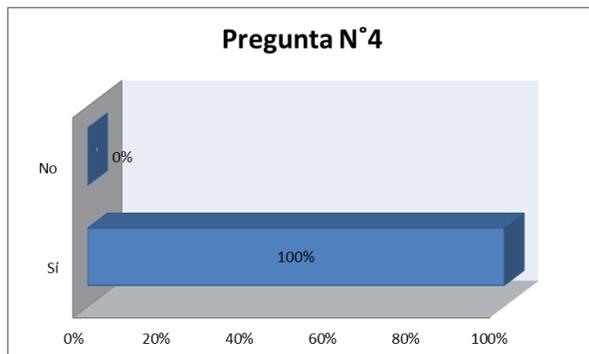


Figura 41. Evaluación de la pregunta N°4

Pregunta N°5: ¿Cómo considera que los formularios de inspección en campo contengan no solo la metodología si no también especificaciones y parámetros que son de importancia para el trabajo que se esté inspeccionando?

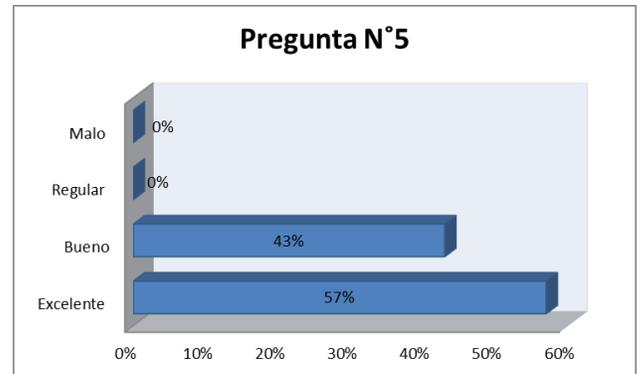


Figura 42. Evaluación de la pregunta N°5

Pregunta N°6: ¿Cómo describiría la metodología y los controles plasmados en el manual de control de calidad en comparación con los procedimientos aplicados actualmente?

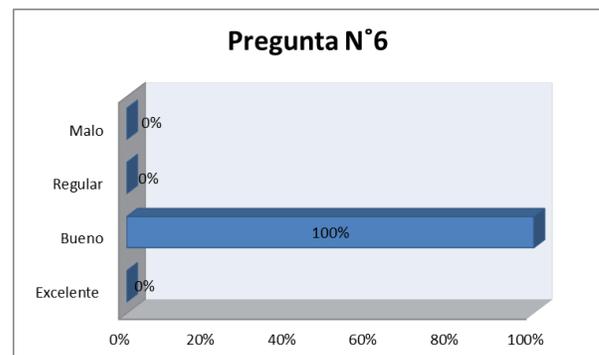


Figura 43. Evaluación de la pregunta N°6

Pregunta N°7: ¿Considera que el manual de control de calidad en obras viales viene a mejorar los procedimientos y controles de calidad aplicados hasta el momento?

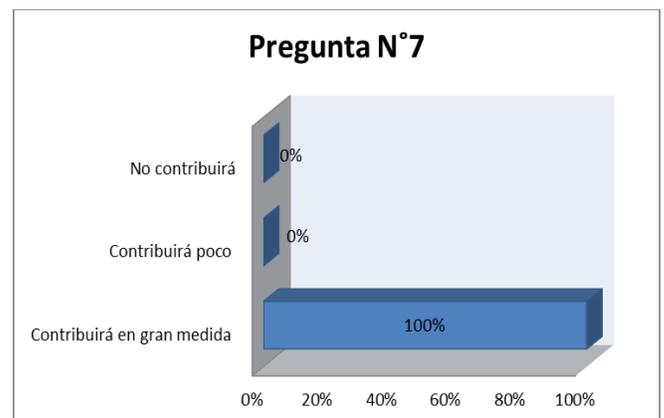


Figura 44. Evaluación de la pregunta N°7

Pregunta N°8: Indique en qué medida considera que el Manual de control de calidad en obras viales genera una mejora en los siguientes factores.

<b>Factores</b>	<b>Mucho</b>	<b>Medio</b>	<b>Poco</b>
Supervisión de obra			
Control de especificaciones requeridas			
Control de calidad del proceso constructivo			
Control de calidad de los materiales			
El resultado final del proyecto			

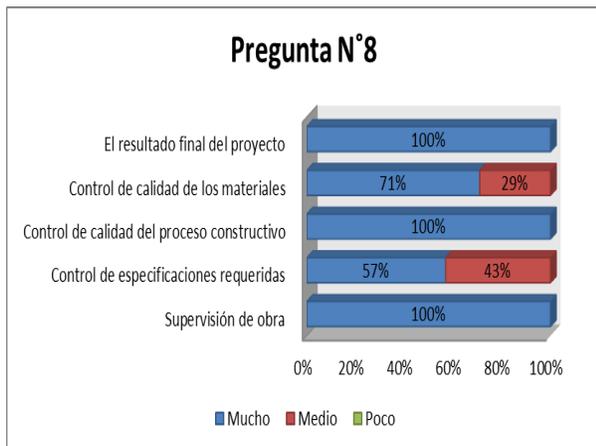


Figura 45. Evaluación de la pregunta N°8

# Análisis de los resultados

El desarrollo de este trabajo surge como respuesta a una necesidad del departamento de gestión vial de realizar una estandarización de los procedimientos aplicados por el municipio para llevar un control de calidad de las obras viales de tal manera que los procedimientos planteados en el manual sean aplicables en campo. Para la ejecución del manual se analizaron las actividades de interés por parte del departamento de gestión vial en conjunto con el ingeniero director de dicho departamento con el fin de puntualizar las actividades requeridas en lo referente a mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción de estructuras de pavimento.

Tal como lo muestra la figura 32 el mayor porcentaje de superficies de pavimento con las que cuenta el cantón se encuentran con mezcla asfáltica, lo cual corresponde a un 59% de las rutas que conforman el inventario vial.

Como se mencionó al inicio del trabajo, la municipalidad tiene como responsabilidad mantener en funcionamiento la red vial cantonal por tal motivo dentro de las labores de mayor demanda para el departamento de gestión vial se encuentran los trabajos de mantenimiento y rehabilitación por parte de las cuadrillas municipales.

El departamento cuenta con un cronograma de rutas a intervenir así como también se incorporan a este, trabajos de mantenimiento o rehabilitación que surjan de manera esporádica y que deben de ser atendidos por parte del municipio. La finalidad de los trabajos realizados por el municipio plantean el restablecer la condición de servicio de las vías y mantener las estructuras de pavimento en las mejores condiciones posibles.

Antes de realizar cualquier tipo de intervención en una ruta, el departamento de gestión vial realiza una revisión de la ruta tanto en campo

para poder visualizar las patologías que presenta el pavimento y a su vez también se revisa el historial de mantenimiento que pueda tener dicha ruta, con base en dicho análisis y a las condiciones y posibilidades de la municipalidad se realiza la labor de mantenimiento o rehabilitación convenida por parte del departamento de gestión vial. De manera más cuantitativa se puede realizar un análisis del índice de regularidad internacional (IRI), tomando como parámetro el análisis a nivel del proyecto, lo cual da la técnica o intervención que mejor se adecua a la ruta de acuerdo a la patología que presente, por otra parte se tiene el análisis a nivel de red que indica la condición general de la vía, para ello básicamente se establecen las diferencias de nivel de una vía con respecto a una superficie imaginaria totalmente plana, es decir, que una superficie con un valor de IRI igual a cero, es una superficie que no presenta irregularidades, conforme el valor de IRI aumenta quiere decir que dichas irregularidades en una superficie son mayores.

Los pavimentos con mezcla asfáltica representan el mayor porcentaje de superficies de ruedo con las que cuenta el cantón en donde el seguimiento de los procesos aplicados se llevó de manera conjunta con la metodología desarrollada con el fin de realizar un contraste de las labores en campo y las buenas prácticas.

La implementación en campo de la metodología desarrollada inicialmente, se ejecutó con labores de bacheo donde inicialmente se analizó el proceso llevado a cabo en el camino.

- Camino hacia el relleno sanitario (Código 30103300)



Figura 46. Ubicación de camino hacia el relleno sanitario.

Fuente: Google maps

Se realizó una colocación de aproximadamente 26 toneladas de mezcla asfáltica por parte de la cuadrilla de bacheo, las zonas a reparar correspondían a sectores que presentaban hundimientos en sectores localizados por tal motivo se procedió a realizar una conformación de la zona dañada dejando como base el material granular colocado por parte de los vecinos para solventar el problema de manera temporal, posterior a dicha reparación temporal se dio la intervención del municipio donde inicialmente se dio la conformación de la zona afectada removiendo el material con una mayor granulometría y compactando el área a trabajar, al momento de tener el área conformada se aplicó un riego de imprimación de manera manual por medio de un escobón, el cual se colocó a temperatura ambiente ya que la tanqueta empleada para realizar riegos de imprimación se encontraba averiada, posteriormente, se procedió a la colocación de la mezcla asfáltica la cual se extendió de manera manual con rastrillos y palas cubriendo de esta manera toda el área, una vez finalizada la colocación se procedió al proceso de compactación aplicando el rodillo vibratorio siguiendo un patrón de compactación del borde al centro del bache.

Para la evaluación en campo se aplicó la boleta de despacho y recepción de mezcla así como el formulario de inspección referente a

bacheo superficial que fue la actividad desarrollada.

Dando un seguimiento a la mezcla asfáltica desde boca de planta hasta la colocación de la mezcla se pudo verificar que la mezcla asfáltica fue despachada a las 6:45 am sin embargo, el proceso de carga de la mezcla asfáltica inició a las 6:00am, la distancia de la planta al lugar de colocación correspondía a 13.8 km y la mezcla durante su transporte fue cubierta con una lona evitando una segregación térmica, por otra parte la colocación de mezcla asfáltica de los baches muestreados se realizó a partir de las 9:30 am sin embargo, el chequeo de temperatura no se realizó debido a que no se contaba con un termómetro de asfalto, específicamente, un termómetro bimetalico o termómetro infrarrojo digital que son las herramientas con la que cuenta la institución. Al realizar cualquier tarea que involucre la colocación de mezcla asfáltica se debe verificar que los rangos de temperatura estén dentro de las especificaciones ya que al estar por debajo de lo establecido genera que el material se rigidice y que la trabajabilidad del material disminuya y que afecte también el proceso de compactación, pudiendo generar espacios vacíos en la carpeta que generan un aumento en el proceso de envejecimiento del asfalto.

Por otra parte, no es recomendable que la mezcla asfáltica permanezca durante un período largo almacenado en las vagonetas, ya que conforme transcurre el tiempo el material que se encuentra en la superficie empieza a perder temperatura y el material que está en el centro al estar más concentrado empezará a ceder temperatura a estas secciones, por lo tanto al momento de descargar el material se pueden generar grumos que de igual manera afectan la trabajabilidad y el proceso de compactación de la mezcla asfáltica.

Durante la descarga del material es importante realizar la medición de la temperatura en al menos tres puntos diferentes con el fin de tener una muestra representativa de la temperatura en la que se encuentra la mezcla y poder así compararla con los rangos de temperatura permisibles.



Figura 47. Mezcla asfáltica cubierta con lona.

Al tratarse de un bacheo superficial es pertinente realizar un corte perimetral que exceda en al menos 30 cm el área afectada como también se aplicaría en un bacheo formal, sin embargo, se realizó una conformación de la superficie que contenía un material granular, es importante mencionar que la metodología establece que debe de realizarse una excavación del área afectada, sin embargo, el camino intervenido no contaba con un paquete estructural de base y sub base por debajo de la carpeta asfáltica, por tal motivo se procedió a conformar la zona ya que al excavar se colocaría la mezcla sobre el terreno natural. Durante el proceso de imprimación de la superficie se realizó un riego de liga, sin embargo, se colocó a temperatura ambiente de forma manual ya que la tanqueta con aspersores se encontraba averiada y no fue posible imprimir el área de forma homogénea. La rehabilitación aplicada en la ruta 30103300 correspondió a un bacheo superficial o menor, lo cual considero adecuado debido a que la superficie no contaba con material de base o sub base en las capas inferiores para realizar un bacheo formal que amerita la sustitución o reposición de material de las capas base, por otra parte una sobre-capa no era recomendable ya que la sección dañada lo que contenía como superficie de ruedo correspondía a material de lastre. El peso de la decisión en la realización de un bacheo superficial también estaba basado en las proyecciones de los trabajos futuros del

municipio, ya que esta ruta está dentro de los planes de ser intervenida de manera formal.



Figura 48. Riego de imprimación

La colocación de la mezcla se realizó de manera manual mediante el uso de palas y rastrillos, distribuyendo el material del centro hacia los bordes hasta cubrir el área dañada.



Figura 49. Colocación de mezcla asfáltica.

El proceso de compactación se realizó inmediatamente después de distribuida la mezcla mediante un rodillo vibratorio, con un patrón de compactación que iba de los bordes hacia el centro del bache, lo cual corresponde al patrón correcto de compactación, generando una densificación del material hacia el centro de la carpeta asfáltica.



Figura 50. Proceso de compactación.

Durante el proceso de bacheo superficial se realizó un contraste entre la metodología desarrollada y el proceso llevado a cabo por las cuadrillas municipales encontrando diferencias entre ambas.

## Propuesta de mejora

En dicha actividad se realizó una conformación de la sección dañada debido a que en dicha área se contaba con un material granular compactado colocado de manera temporal, lo cual aplica debido que al realizar una excavación de esta ruta en específico como lo plantea la metodología desarrollada generaría la colocación de la mezcla sobre el suelo natural debido a la inexistencia de capas de soporte lo cual generará deformaciones a corto plazo debido al paso vehicular.

Es importante tomar en cuenta el realizar una aspersión del riego de liga que ronde en una temperatura de entre 60°C y 80°C en cantidades

de 0.3 a 0.6 litros por m<sup>2</sup> que garantice una homogeneidad en la superficie y permita una adherencia de la nueva mezcla asfáltica ya que de otra forma en un corto tiempo se pueden generar un desprendimiento de la carpeta.

La colocación de la mezcla asfáltica de manera manual debe de cuidar el no lanzar el material a largas distancias con pala ya que esto genera una segregación de la mezcla asfáltica, se debe de realizar una distribución uniforme que garantice el cubrir toda el área afectada. Se debe de evitar el mantener por mucho tiempo el material cargado en las vagonetas ya que con el paso del tiempo la mezcla que se encuentra en la parte superior pierde temperatura y la mezcla que se encuentra abajo sede calor a la más fría lo cual genera que la mezcla se rigidice y se formen grumos lo cual afecta la trabajabilidad y puede ocasionar que el proceso de compactación no sea eficiente dejando espacios vacíos que ocasionan que el flujo de aire circule con mayor facilidad acelerando el envejecimiento del asfalto, por otra parte, dichos espacios vacíos actúan como puntos de falla a los esfuerzos de tensión que se generan por el paso vehicular dando como resultado la fatiga de la estructura de pavimento.

En la medida de lo posible es importante contar con un termómetro para medir la temperatura del asfalto en campo, que permita llevar un control de la temperatura así como un densímetro nuclear que permita realizar chequeos de compactación entre el 92% y 94% en los procesos que involucren la colocación de mezcla asfáltica inclusive en el proceso de bacheo.

Cabe destacar que la inexistencia de obras de drenaje corresponde a un factor crítico en la durabilidad de las estructuras de pavimento, por tal motivo se recomienda la incorporación de obras de drenaje que puedan canalizar el agua y alejarla lo más rápido posible de la superficie de ruedo, ya que la inexistencia de dichas estructuras generan un deterioro acelerado de las estructuras de pavimento.

- Camino Con-cobas (Código 301050)

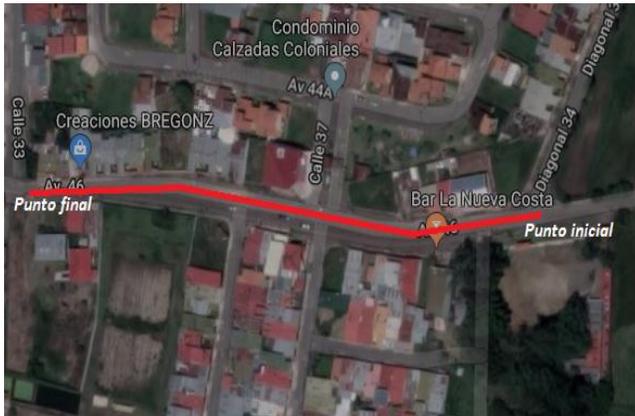


Figura 51. Ubicación de camino Con-cobas  
Fuente: Google maps

Inicialmente, se realizó una inspección de la ruta logrando de esta manera identificar la patología presentada en la vía, la cual arrojó un daño por fatiga (cuero de lagarto) justo en el tramo central y en los laterales se mostraban sectores que presentaban baches, sin embargo, las zonas intervenidas fueron las que presentaban baches ya que eran el daño que dificultaba la transitabilidad, además el colocar una sobre-capa sobre la zona con fatiga no dará solución al problema ya que dichas grietas se reflejarán en la nueva capa de mezcla asfáltica y no es una solución que aplique a dicha patología.



Figura 52. Daño por fatiga en el tramo central

Para dicha ruta el departamento de gestión vial estableció la aplicación de bacheo superficial o

menor, para lo cual inicialmente, se realizó un barrido de la superficie mediante una barredora mecánica con el fin de remover las impurezas y el material fino que interfiera en la adherencia de la mezcla asfáltica con la superficie existente, posteriormente se realizó la colocación de un riego de liga, el cual se realizó de manera manual mediante el uso de un escobón esto debido a que la tanqueta con aspersores se encontraba fuera de servicio, en este caso las zonas afectadas fueron imprimadas en su totalidad de manera homogénea sin embargo el material se encontraba a temperatura ambiente.

Inmediatamente, después de la imprimación de los baches se procedió a colocar la mezcla asfáltica de manera manual mediante el uso de palas y rastrillos ex tendedores cubriendo en su totalidad los baches existentes colocando un volumen mayor al requerido con el fin de conformar una superficie homogénea y acorde a la carpeta existente luego del proceso de compactación.



Figura 53. Colocación y uniformidad de la mezcla.

Posterior a la distribución de la mezcla se dio el proceso de compactación mediante un rodillo vibratorio generando un patrón de compactación de los bordes hacia el centro del bache.

En dicha inspección se realizó un control cruzado de la temperatura de la mezcla con el encargado de la cuadrilla de bacheo, para lo cual se empleó un termómetro infrarrojo digital mientras que el inspector lo hizo con un

termómetro bimetálico teniendo una uniformidad en los datos de temperatura.

<b>Tabla 1. Muestras de temperatura.</b>	
Bache	Temperatura (°C )
Bache 1	104
Bache 2	110
Bache 3	105
Bache 4	107

La tabla 1 muestra los rangos de temperatura que presentó la mezcla, donde dichos rangos están por encima de los 100°C tal y como lo establece la metodología para la actividad de bacheo, por lo cual cumple en este aspecto, la temperatura se tomó mediante el uso de un termómetro infrarrojo digital.



Figura 54. Control de temperatura mediante termómetro infrarrojo digital.

Para la inspección se emplearon las boletas de despacho y recepción de mezcla teniendo como puntos importantes que la mezcla salió de boca de planta a las 4:02 am con una temperatura de 155°C con una distancia de acarreo de la planta a la zona de colocación de 13km iniciando la colocación a las 8:00am con rangos de temperatura de entre 104°C y 110°C.

## Propuesta de mejora

Para el bacheo superficial o menor se recomienda realizar una excavación de la zona que permita llegar a una capa de material densificado para colocar la mezcla, por otra parte la remoción del material fino es de vital importancia ya que esto garantiza una correcta colocación para el riego de liga y proporciona adherencia entre el marial nuevo y el material de base.

En la medida de lo posible es recomendable realizar la aplicación del riego de liga mediante aspersores que garanticen la uniformidad de la imprimación a una temperatura que ronde entre los 60°C y 80°C en cantidades de 0.3 a 0.6 litros por m<sup>2</sup>.

Antes de la colocación se deben de realizar chequeos de temperatura ya que es un parámetro de aceptación o rechazo de la mezcla, la temperatura debe de ser mayor a los 100 °C ya que a temperaturas inferiores la mezcla se llega a rigidizar y el proceso de compactación y colocación se dificulta aumentando la posibilidad de generar espacios vacíos que den como resultado un daño por fatiga.

La ruta 301050 se intervino mediante la realización de un bacheo superficial o menor, sin embargo, de acuerdo a la patología que presentaba la ruta tales como zonas con fatiga y áreas con baches, era recomendable realizar un bacheo formal, que permitiera marcar y cortar el área afectada en al menos 30cm más de la zona afectada, garantizado así el cubrir todo el daño, por otra parte esta ruta sí contiene un paquete estructural completo, por tal motivo realizar un bacheo formal hubiera permitido excavar hasta el material densificado con el fin de establecer si las capas base se encontraban en buen estado o requería una sustitución de material, permitiendo de esta manera extender la condición de servicio de la vía. La colocación de una sobre-capa en el tramo central que presentaba fatiga no era una

alternativa viable ya que al colocar una sobrecapa de mezcla asfáltica generaría un reflejo de las grietas existentes en la nueva carpeta.

## Consideraciones en la colocación

- Antes de realizar la colocación de mezcla asfáltica se debe de realizar un chequeo de temperatura, ya que corresponde a uno de los parámetros importantes para la aceptación o rechazo de la mezcla asfáltica, lo cual se puede realizar con un termómetro infrarrojo digital o un termómetro bimetálico.
- Es importante tomar en cuenta que para la colocación de mezcla asfáltica se debe de contar con una superficie totalmente seca, por tal motivo bajo ninguna circunstancia se debe realizar actividades que involucren mezcla asfáltica en condiciones húmedas o con presencia de lluvia ya que no se dará una correcta adherencia entre el material bituminoso y la superficie.



Figura 55. Colocación en condiciones húmedas.  
Fuente: Municipalidad de Cartago.

- Al realizar la distribución de la mezcla asfáltica de manera manual por medio de palas, se debe de cuidar el no lanzar el material a grandes distancias ya que esto genera una separación o segregado de material.



Figura 56. Distribución de la mezcla asfáltica de manera manual con el uso de palas.

## Camino Navarro (Código 30120400)

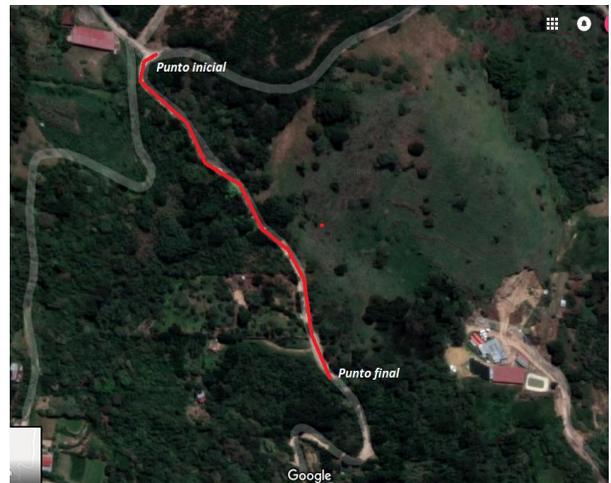


Figura 57. Ubicación de camino Navarro.  
Fuente: Google maps.

En dicha ruta se buscaba mejorar la condición de servicio del camino para lo cual inicialmente se realizó una reconfiguración de la superficie por medio de una niveladora buscando darle un bombeo adecuado al camino, el camino ya presentaba una superficie de lastre, sin embargo, los trabajos realizados al momento de la inspección correspondían a la colocación de Clinker sobre la capa de lastre funcionando ésta como un sello.

Posteriormente, a la realización de la preparación de la superficie se descargó el material a colocar formando apilamientos en línea para una mejor distribución del Clinker mediante el uso de una moto niveladora donde se distribuyó el material de Clinker, sin embargo, el material presentaba grandes bloques que superaban los 7cm de tamaño máximo nominal recomendado, inmediatamente, después de colocar el Clinker se compactó el material mediante un rodillo vibratorio con un patrón de pasadas del borde hacia el centro del camino.



Figura 58. Descarga del material en apilamientos



Figura 59. Distribución del material

Al momento de conformar el área no se incorporó agua para proporcionar la humedad a la superficie y, durante el proceso de colocación del nuevo material no se incorporó agua, incorporar la humedad de compactación requerida para realizar una compactación al 100% de densidad.



Figura 60. Bloques mayores al tamaño máximo nominal.

## Propuesta de mejora

Inicialmente, se debe de realizar una conformación de la superficie con el fin de generar una sección uniforme con su respectivo bombeo entre 3% a 5% generando de esta manera la conducción de las aguas hacia los sistemas de drenaje. En los caminos lastrados es de vital importancia realizar una conformación de las cunetas en su sección original ya que su mal estado genera que el agua que se acumule, generando un deterioro acelerado de la estructura de pavimento.

El área donde se coloque el nuevo material se debe de humedecer y el material a colocar debe de contar con la humedad de diseño para cumplir con la densidad óptima y a la vez se debe de tomar en cuenta que la granulometría no supere el tamaño máximo nominal de 7cm o bien que el espesor sea mayor a 3 diámetros del tamaño máximo nominal ya que un material con tamaño excesivo genera superficies no uniformes que el material más fino no podrá recubrir.

En este tipo de ruta es importante realizar un mantenimiento periódico ya que el material que funciona como superficie de ruedo puede ser desplazado por el agua hacia las zonas de drenaje generando un deterioro acelerado de la estructura de pavimento y un mal funcionamiento de las obras de drenaje al encontrarse obstruidas.



Figura 61. Estado de las obras de drenaje

- Camino hacia puente negro (Código 30103300)

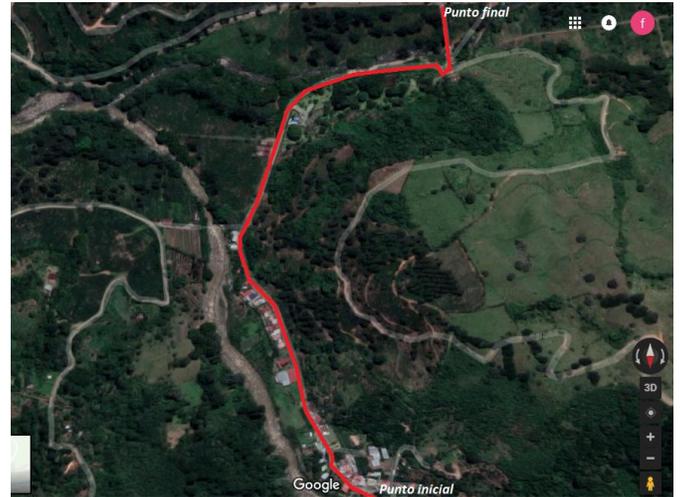


Figura 62. Ubicación de camino hacia puente negro.

Fuente: Google maps

Sobre esta ruta cantonal se realizó la colocación de sobre-capa de mezcla asfáltica, con el fin de recuperar la condición de servicio de la vía y extender la vida útil de la superficie de ruedo.

La zona a intervenir contaba con algunos daños de fisuras o cuero de lagarto así como también huecos en diferentes tramos de la vía, por tal motivo se colocó sobre-capa en los tramos con mayores daños y las secciones menos afectadas con huecos fueron bacheadas.



Figura 63. Condición de la vía intervenida.

Para la colocación de la sobre-capa no se realizó una limpieza, ya sea mecánica o manual de la superficie, para eliminar las impurezas y el material fino que impidiera la adherencia de la nueva mezcla asfáltica con la superficie existente. Inicialmente, se realizó una reparación de los huecos que presentaba la superficie para lo cual se colocó un riego de imprimación en cada uno de los baches, la cual se encontraba a una temperatura de 49 °C cubriendo el área afectada pero no de manera uniforme, posteriormente, se distribuyó la mezcla asfáltica de manera manual mediante el uso de rastrillos y palas cuadrando el bache y realizando un proceso de compactación mediante el uso de un rodillo vibratorio.

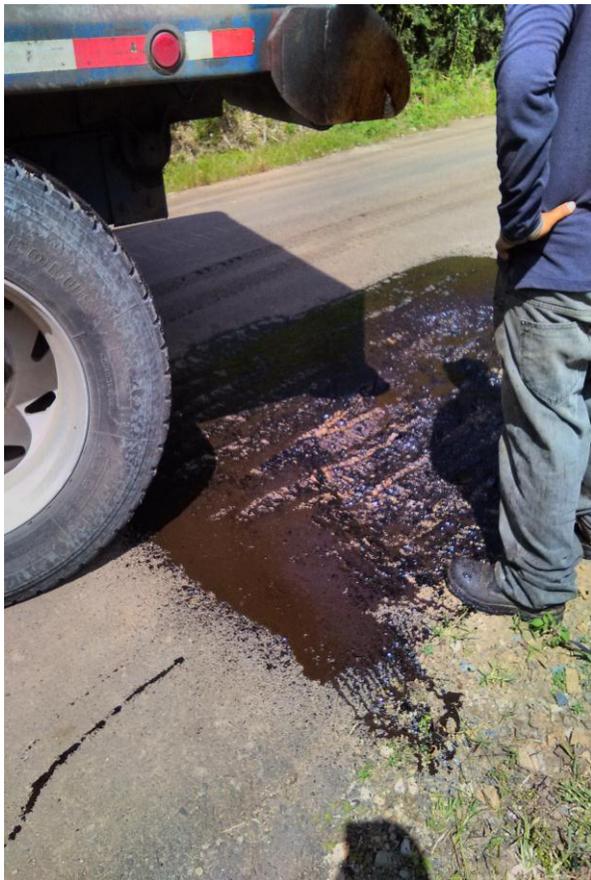


Figura 64. Imprimación del bache.



Figura 65. Reparación de baches, antes de colocar la sobre-capa.

Posterior a la reparación de los daños que presentaba la vía se realizó el proceso de colocación de una sobre-capa donde inicialmente, se realizó un riego de imprimación cubriendo la totalidad de la vía, donde dicho riego de liga se colocó a una temperatura de 49°C mediante el uso de un camión cisterna con aspersores, posteriormente, se colocó la nueva capa de mezcla asfáltica, sin embargo, la totalidad de la emulsión que cubría el área a tratar no había realizado el rompimiento completo, el cual corresponde al momento justo en donde se coloca la mezcla asfáltica para dar una correcta adherencia entre la carpeta existente y el nuevo material.



Figura 66. Control de temperatura de la emulsión

La colocación de la nueva sobre-capa se realizó mediante el uso de un finisher el cual estaba regulado para colocar una capa de 3cm de espesor, donde dicha mezcla asfáltica contaba con una temperatura de colocación de 137°C la cual se tomó mediante el uso de un termómetro digital, mostrando una temperatura superior a 125°C que es la que se establece en la metodología desarrollada.

Posterior a la colocación de la nueva sobre-capa, la cuadrilla de trabajo mediante el uso de rastrillos y palas afinaron la superficie y colocaron material en los bordes de la vía que no presentaran uniformidad con el resto de la carpeta para posteriormente proseguir con el proceso de compactación, el cual se realizó mediante el uso de un rodillo vibratorio con un patrón de compactación de los bordes al centro hasta conformar una superficie uniforme con la carpeta ya existente, que se encontraba en buen estado, sin embargo, no se empleó un compactador de llanta de hule para dar el acabado final a la superficie así como tampoco se contaba con un densímetro nuclear para realizar un chequeo de compactación y verificar que oscile entre los 92% y 97%.



Figura 67. Resultado final de la nueva sobre capa

- **Propuesta de mejora**

Para la colocación de una sobre capa inicialmente, se deben de realizar las reparaciones de baches, colocando nueva mezcla asfáltica sobre material densificado y a la vez realizar un sellado de las grietas existentes ya que el no hacerlo podría implicar generar deformaciones y posiblemente un reflejo de las

grietas en la nueva sobre capa, por otra parte, al tener una zona fatigada (cuero de lagarto) no es recomendable realizar un sellado de fisuras ya que es una zona de falla que presenta el pavimento, por lo tanto, en dichos tramos es recomendable realizar en la medida de lo posible un perfilado parcial o total de acuerdo a lo que determine el responsable a cargo del proyecto para posteriormente, colocar la nueva capa asfáltica. Es importante realizar una limpieza de la superficie mediante el uso de una barredora mecánica a lo largo y ancho de la vía mientras que en los baches es recomendable afinar dicha limpieza de manera manual mediante un escobón con el fin de generar una superficie limpia que garantice una correcta adherencia entre la superficie existente y la nueva sobre capa, donde dicha adherencia la proporciona el riego de liga que debe de encontrarse en un rango de temperatura de entre 60°C y 80°C.

La colocación de la mezcla asfáltica debe de realizarse mediante una pavimentadora (finisher) que garantice una uniformidad en el espesor de toda la carpeta a colocar, por otra parte es importante generar las pendientes transversales correspondientes al bombeo que debe de rondar entre un 3% y 5% con el fin de evacuar lo más rápido posible el agua que caiga sobre el pavimento, ya que es el principal enemigo de estas estructuras y la acumulación de la misma genera un deterioro acelerado.

La colocación de la sobre capas debe de ser mayor a los 2cm o bien un espesor mayor a tres veces el tamaño máximo nominal del agregado ya que un espesor menor a dichos criterios se considera una "Traba" lo cual corresponde a un sello de protección para la capa de base evitando la erosión de la misma y no es tolerable en un trabajo de colocación de sobre capa.

Los controles de temperatura deben de ser llevados a cabo tanto por el contratista como por el inspector o profesional a cargo que permitan establecer controles desde el despacho en boca de planta hasta el proceso de colocación, con el fin de verificar que en dicho proceso la temperatura sea mayor a los 125°C nunca menor a 100°C ya que se rigidiza la mezcla y la colocación y el proceso de compactación se dificulta y a la vez pudiendo generar vacíos en la nueva carpeta.

En lo correspondiente al proceso de compactación se debe de realizar de los bordes

hacia el centro de la carpeta como se muestra en la figura 60.

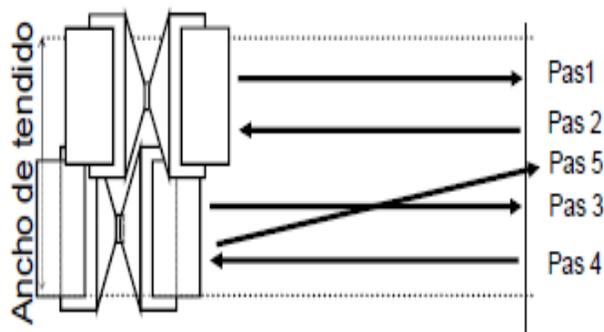


Figura 68. Patrón de compactación  
Fuente: Castro. P

Se debe de llevar un control del proceso de compactación con el fin de que esta oscile en el rango de 92% a 97% con una relación de vacíos de entre 3% y 5%.

Es importante recalcar que se debe de verificar el acabado final de la superficie de rueda, sin embargo, este es un proceso que se debe de trabajar desde las actividades preliminares a la colocación de la nueva sobre capa de mezcla asfáltica. Daños como fisuras que se encuentran a lo largo de la zona de trabajo deben de ser selladas, con el fin de impedir el paso de humedad a las capas base e impedir que haya un reflejo de las misma en la capa superior, por otra parte las zonas fatigadas son áreas que se deben de perfilar ya que un sellado del patrón de fisuramiento no es suficiente. Dicha labor de perfilado permitirá que se remueva la carpeta dañada y a la vez diagnosticar la condición de las capas base permitiendo establecer un criterio sobre la condición de dichas capas y establecer su buen estado o el caso de que se necesite hacer una sustitución de material.

El no realizar estos trabajos puede generar la colocación de mezcla asfáltica sobre zonas dañadas que generen discontinuidades en el acabado final de la superficie, por otra parte de manera manual mediante el uso de un codal o escantillón que corresponde a una pieza de madera o aluminio perfectamente recta se puede realizar una comprobación de la regularidad de la superficie tanto longitudinal como transversal.

Otra técnica utilizada para analizar la regularidad de una superficie es el índice de regularidad internacional (IRI) que permite establecer las diferencias de nivel con respecto a un plano imaginario totalmente plano, en donde un valor de IRI igual a cero establece que es una superficie totalmente plana, con forme el valor de IRI va aumentado representa una superficie más irregular, sin embargo, se requiere de instrumentos como el Perfilómetro inercial, el Perfilógrafo o el Dipstick, donde se puede hacer un análisis nivel de red que indica la condición general de la vía y el análisis a nivel de proyecto que establece que técnica o intervención se le puede dar a una ruta.

- Calle de Polideportivo (Código 30133200)

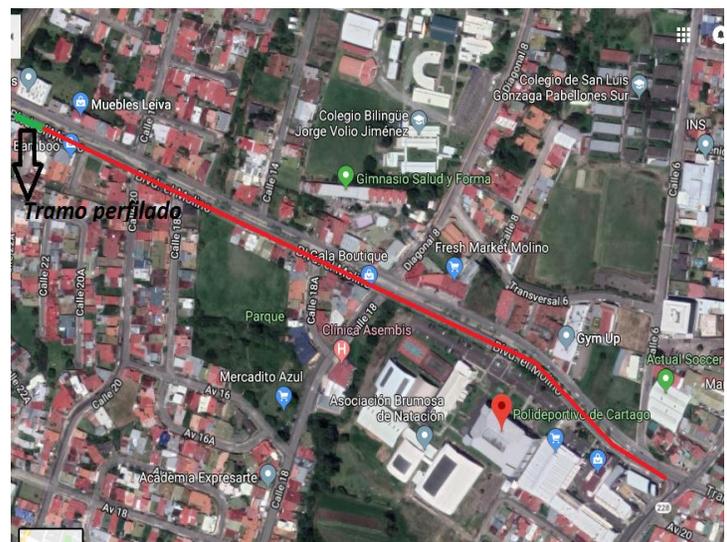


Figura 69. Ubicación de calle sobre el Polideportivo  
Fuente: Google maps.

Dicha ruta cuenta con sectores que presentan secciones con fatiga y sectores localizados con baches que generan dificultad en el tránsito vehicular por tal motivo en dicha ruta se planteó la realización de un trabajo de perfilado para posteriormente, colocar una capa de mezcla asfáltica como superficie de rueda.

Inicialmente, el proyecto planteó perfilar 900 metros a todo lo ancho de la vía a una profundidad de 6 cm, con el fin de colocar una

nueva superficie de ruedo, eventualmente, el material recuperado será empleado para labores de mantenimiento o rehabilitación de algún otro camino que lo amerite o bien puede ser empleado para la producción de mezcla asfáltica.

Inicialmente, se realizó el barrido de la superficie mediante el uso de una barredora mecánica con el fin de eliminar los excedentes de polvo y cualquier otro agente que contamine el material de RAP, posteriormente, se dio inicio con los trabajos de perfilado mediante el uso de una maquina perfiladora, sin embargo, no se pudo avanzar con los trabajos debido a que se presentaron fallas con el rodillo fresador que presentaba un desgaste que no generaba el perfil requerido por tal motivo se procedió a detener la actividad a esperas de que el contratista solviente los problemas presentados por el equipo de trabajo para reanudar la labor de perfilado. A su vez se procedió a cubrir el tramo perfilado con mezcla asfáltica para evitar una disconformidad por parte del usuario.



Figura 70. Tramo perfilado



Figura 71. Empleo de máquina perfiladora.



Figura 72. Uso de barredora mecánica.

## Propuesta de mejora

La actividad de perfilado no se pudo concluir debido a una falla en la máquina perfiladora, sin embargo, en el tramo que se intervino se realizó una limpieza del área lo cual permitió limpiar la superficie de cualquier material que pudiera contaminar el material de RAP, por otra parte tampoco se aplicaron solventes para la remoción de la carpeta lo cual está dentro de la metodología.

Tanto en trabajos de perfilado, como en cualquier otra labor que involucre el uso de maquinaria es responsabilidad del contratista verificar que las maquinas requeridas para la realización del trabajo se encuentren en buenas condiciones ya que esto implica un atraso en el cronograma de trabajo del departamento de gestión vial, lo cual también llega a generar un

malestar en los usuarios de la ruta debido a este tipo de imprevisto que se salen de las manos de la administración. Durante los trabajos de perfilado es aconsejable realizar una revisión de la profundidad excavada para asegurar una uniformidad en la superficie, por otra parte se deben de perfilar de manera manual las zonas en donde de manera mecánica no se pueda acceder.

Al realizar un perfilado total se debe de realizar una revisión de las capas base para verificar su buen estado o en caso de ser requerido realizar una sustitución de material, garantizando con esto un buen funcionamiento de la estructura de pavimento al momento de entrar en funcionamiento.

Conforme se va avanzando con el proceso de perfilado es importante dar una protección a las capas base mediante una "Traba" lo cual corresponde a una capa delgada de mezcla asfáltica que ronda entre los 2cm y 3cm de espesor, evitando deformaciones y baches por el tránsito vehicular y la intemperie durante su exposición, para posteriormente, completar el espesor de diseño cuando el perfilado esté concluido.

## Encuesta de validación del manual de control de calidad en obras viales.

Se realizó una encuesta a los colaboradores del departamento de gestión vial con el fin de poder determinar bajo el criterio profesional si la herramienta desarrollada proporcionara cambios en aspectos tales como los mostrados en la pregunta número ocho donde de manera gráfica la figura 45 muestra que el 100% considera que la supervisión de obra, el control de calidad en el proceso constructivo y el resultado final del proyecto mejorara en mucho con la incorporación de la nueva metodología, mientras que en aspectos como el control de las especificaciones requeridas y el control de calidad de los materiales, apenas el 43% y el 29% respectivamente consideran que habrá una mejora media, por otra parte el resto de preguntas enfocadas al contenido del manual y los formularios de inspección en campo y la aplicación de estos para el control de obra recibieron una buena aceptación y calificación bajo el criterio profesional de los colaboradores del departamento de Gestión vial, dejando en evidencia que la nueva metodología proporcionara mejoras en el resultado final de los proyectos , así como en los controles y monitoreo de los mismos.

# Conclusiones

- Se realizó un análisis o diagnóstico de los procedimientos aplicados por el municipio en conjunto con el director del departamento de gestión vial, así como las herramientas empleadas para llevar un monitoreo de cada uno de los caminos que conforman la red vial cantonal, para lo cual se tomó dicha información como punto de partida para la elaboración del manual de control de calidad en obras viales, dichos procedimientos se encuentran en el apartado de metodología en el punto “Parámetros del departamento de gestión vial” en la página quince de este trabajo.
- Se elaboró un manual de control de calidad tomado como referencia literatura existente y la formación ingenieril, obteniendo como resultado el Manual de control de calidad en obras viales, el cual consta de noventa y dos páginas y está citado en el apéndice tres de este trabajo, el cual describe no solo una metodología para labores de mantenimiento y rehabilitación que corresponden a las labores de mayor interés para el municipio, sino que también involucra formularios de inspección en campo así como información preliminar referente a las estructuras de pavimento, con el fin de ser accesible a cualquier usuario ajeno al tema.
- Se implementó la herramienta desarrollada en proyectos con los que contaba la municipalidad del cantón de Cartago, con el fin de realizar un contraste entre los procedimientos aplicados por la cuadrilla municipal y lo

plasmado en la nueva metodología pudiendo de esta manera proporcionar oportunidades de mejora, para ello se empleó como base la aplicación de los formularios de inspección en campo los cuales se encuentran en la página 56 del Manual de control de calidad en obras viales, específicamente en el apéndice número dos. Las actividades inspeccionadas fueron bacheo superficial o menor en el camino hacia el relleno sanitario (Código: 30103300), bacheo superficial o menor en el camino Concobas (Código: 301050), colocación de lastre en el camino navarro (Código: 30120400), colocación de sobre capa de mezcla asfáltica en camino hacia puente negro (Código: 30103300), Perfilado de carpeta asfáltica en calle del polideportivo (Código: 30133200).

El análisis de cada una de las inspecciones así como las propuestas de mejora basadas en la nueva metodología están plasmadas en el apartado de análisis de resultados en la página 39 de este trabajo.

- Se realizó una presentación de la herramienta desarrollada al departamento de gestión vial mediante una presentación oral en la que se expusieron los puntos que exhiben o componen el manual, mostrando de esta manera el trabajo desarrollado y la estructura con la que cuenta el manual de control de calidad en obras viales así como también se realizó un análisis de las

oportunidades de mejora encontradas en los proyectos inspeccionados, esto basado en los procedimientos aplicados por la cuadrilla municipal y la metodología planteada en dicho manual.

# Recomendaciones

- De ser posible por parte del departamento de gestión vial, es recomendable contar con un densímetro nuclear ya que se cuenta con un técnico capacitado para poder operar dicho equipo, por otra parte esto permite realizar chequeos de compactación tanto en obra propia como en controles cruzados con los trabajos subcontratados.
- Contar con un laboratorio de materiales que permita ensayar y analizar materiales para garantizar que los mismos cumplan con las especificaciones solicitadas en el contrato.
- Bajo ninguna circunstancia realizar labores que involucren la colocación de mezcla asfáltica en caliente bajo condiciones húmedas o de lluvia ya que afectan la adherencia de la nueva mezcla asfáltica reduciendo el período de vida útil del trabajo que se esté realizando.
- En cualquier actividad que involucre la colocación de mezcla asfáltica se deben de realizar chequeos de temperatura en al menos tres puntos diferentes de la mezcla asfáltica para garantizar que la muestra sea representativa y que se esté dentro de los rangos de cumplimiento, siendo controlada desde boca de planta hasta el momento de la colocación.
- Dentro de lo posible es recomendable utilizar los equipos o maquinaria requerida bajo las condiciones y para lo que fueron diseñados, así como emplear los materiales necesarios bajo las condiciones requeridas que se establezcan en las especificaciones de cada proyecto.
- Realizar planes de trabajo que involucren un análisis de las condiciones o funcionalidad de los equipos requeridos para realizar las labores de mantenimiento o de obra nueva con el fin de no generar atrasos en el cronograma establecido y en el resultado final de los proyectos.
- Tomar en cuenta las disposiciones técnicas plasmadas en la metodología para cada una de las actividades de trabajo descritas, con el fin de generar trabajos que aseguren la calidad.

# Apéndices

En esta sección se muestran los productos usados para la realización del proyecto.

- Apéndice 1. Boletas de despacho y recepción de mezcla asfáltica en caliente.
- Apéndice 2. Formularios de inspección en campo.
- Apéndice 3. Manual de control de calidad en obras viales, para el cantón de Cartago.
- Apéndice 4. Encuesta de validación del manual de control de calidad en obras viales.

## Apéndice 1. Boletas de despacho y recepción de mezcla asfáltica.

### Boleta de despacho de mezcla asfáltica



**MUNICIPALIDAD  
CARTAGO**  
ISO 9001

Municipalidad de Cartago  
Unidad Técnica de Gestión Vial Municipal  
Plan de Gestión de Calidad para Obra de Infraestructura Vial  
Matriz para la Verificación de Calidad

Fecha \_\_\_\_\_ Hora \_\_\_\_\_

Proyecto \_\_\_\_\_

Contratista \_\_\_\_\_

Destino \_\_\_\_\_

Ruta \_\_\_\_\_

#### Mezcla asfáltica

Transportista \_\_\_\_\_ Placa \_\_\_\_\_ Marchamo \_\_\_\_\_

Temperatura de salida \_\_\_\_\_ °C Hora \_\_\_\_\_ Cantidad (ton) \_\_\_\_\_

Muestreo de vagoneta SI \_\_ NO\_\_ # viaje \_\_\_\_\_ Muestreador \_\_\_\_\_

Observaciones

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Inspector en planta \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_

Boleta de recepción de mezcla asfáltica



Municipalidad de Cartago  
Unidad Técnica de Gestión Vial Municipal  
Plan de Gestión de Calidad para Obra de Infraestructura Vial  
Matriz para la Verificación de Calidad

Fecha \_\_\_\_\_

Hora de arribo del material \_\_\_\_\_ Temperatura \_\_\_\_\_ °C

Hora de colocación del material \_\_\_\_\_ Temperatura \_\_\_\_\_ °C

Lugar de colocación \_\_\_\_\_

Empleo de mezcla asfáltica: Bacheo \_\_\_ Sobre-capa \_\_\_ Capa delgada de sello \_\_\_

Otro \_\_\_ (indique) \_\_\_\_\_

Kilometro inicial \_\_\_\_\_ Kilometro final \_\_\_\_\_

Observaciones

---

---

---

Inspector en sitio \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_

- Apéndice 2. Formularios de inspección en campo.



**MUNICIPALIDAD  
CARTAGO**  
ISO 9001

**Municipalidad de Cartago**  
**Unidad Técnica de Gestión Vial Municipal**  
**Plan de Gestión de Calidad para Obra de Infraestructura Vial**  
**Matriz para la Verificación de Calidad**

## Bacheo Formal

Inspector \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Proyecto \_\_\_\_\_ Código de camino \_\_\_\_\_ Distrito \_\_\_\_\_

Kilómetro inicial \_\_\_\_\_ Kilómetro final \_\_\_\_\_

❖ Cumple  ✓  No cumple  X

Bacheo formal (BA 01)	Cumple
Marcación de zona dañada a remover de manera rectangular con bordes rectos.	
Cortar el perímetro de la zona marcada al menos 30cm mas allá de la zona afectada.	
Limpieza y reparación de capa de soporte	
Aplicación de riego de imprimación (con temperatura entre 60°C y 80°C)	
Relleno de bache con mezcla asfáltica (incorporar un 25% más de lo requerido), con una temperatura no menor a 100°C.	
Compactación de mezcla asfáltica (Al 95%)	
Limpieza del área	

❖ Equipo utilizado  ✓  Equipo no utilizado  X

Equipo necesario	Utilizado
Sierra de corte en seco	
Pala	
Pisones de mano	
Escobón	
Martillo hidráulico	
Conos para control del tránsito	
Aspersor de emulsión (camión)	
Compactadora	
Termo cuplas o termómetros digitales	

**La actividad descrita se encuentra en la página 21 del Manual de control de calidad en obras viales**



## Bacheo superficial o menor

Inspector \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Proyecto \_\_\_\_\_ Código de camino \_\_\_\_\_ Distrito \_\_\_\_\_

Kilómetro inicial \_\_\_\_\_ Kilómetro final \_\_\_\_\_

❖ Cumple  ✓  No cumple  X

<b>Bacheo superficial o menor (BA 02)</b>	<b>Cumple</b>
Excavación del área afectada	
Aplicación de riego de imprimación en cantidades de 0.3 a 0.6 litros por m <sup>2</sup> a temperatura entre 60°C y 80°C	
Colocación de mezcla asfáltica garantizando superficie homogénea (Temperatura no menor a 100°C)	
Compactación de mezcla asfáltica (Entre 92% y 94%)	

❖ Equipo utilizado  ✓  Equipo no utilizado  X

<b>❖ Equipo necesario</b>	<b>Utilizado</b>
Sierra de corte en seco	
Pala	
Pisones de mano	
Escobón	
Martillo hidráulico manual	
Conos para control del tránsito	
Aspersor de emulsión (camión)	
Compactadora	
Termo cuplas o termómetros digitales	

***La actividad descrita se encuentra en la página 26 del Manual de control de calidad en obras viales***



## Sobre capa de mezcla asfáltica

Inspector \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Proyecto \_\_\_\_\_ Código de camino \_\_\_\_\_ Distrito \_\_\_\_\_

Kilómetro inicial \_\_\_\_\_ Kilómetro final \_\_\_\_\_

❖ Cumple  ✓  No cumple  X

Sobrecapas (SC 03)	Cumple
Bacheo en zonas requeridas	
Sellado de grietas con emulsión	
Perfilado ( en áreas donde se considere necesario )	
Barrido de la superficie	
Aplicación de riego de liga entre 60 °C y 80 °C	
Colocación de geo textil, geo malla o geo compuesto	
Colocación de la mezcla asfáltica con espesores entre los 2.0 cm y 20.0 cm, con temperaturas no mayores a 125°C ni menores a 100°C	
Compactación de la mezcla (densidad colocada y compactada igual o mayor al 92%)	
Verificación de bombeo (entre 2% y 5%)	
Preparación de junta transversal	
Remoción de desechos	
Registro fotográfico	

❖ Equipo utilizado  ✓  Equipo no utilizado  X

Equipo necesario	Utilizado
Barredora mecánica	
Escobón	
Codal	
Compactador de llanta de hule	
Compactador de rodillo vibratorio	
Aspersor de asfalto	
Sierra de corte	
Pavimentadora (finisher)	
Perfiladora	
Rastrillos de nivelación	
Termo cuplas o termómetros de asfalto	

La colocación de mezcla asfáltica deberá de realizarse en un día seco, cuando la temperatura del aire sea mayor 2°C. **La actividad descrita se encuentra en la página 29 del Manual de control de calidad en obras viales**



## Perfilado

Inspector \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Proyecto \_\_\_\_\_ Código de camino \_\_\_\_\_ Distrito \_\_\_\_\_

Kilómetro inicial \_\_\_\_\_ Kilómetro final \_\_\_\_\_

❖ Cumple  ✓  No cumple  X

Perfilado	Cumple
Barrido de la superficie	
Obtención de perfil longitudinal y transversal de acuerdo al dimensionamiento especificado	
Uso de solventes en labor de perfilado	
Revisión de capas base	
Sustitución de material en las capas base en caso de ser requerido	
Perfilado manual en zonas inaccesibles a la maquina perfiladora	
Remoción y transporte de material de RAP al plantel autorizado	

❖ Equipo utilizado  ✓  Equipo no utilizado  X

Equipo requerido	Utilizado
Máquina barredora	
Máquina perfiladora	
Vagoneta	
Cierra de corte y martillo hidráulico en caso de ser requerido	

***La actividad descrita se encuentra en la página 40 del Manual de control de calidad en obras viales***



## Sello de fisuras y grietas

Inspector \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Proyecto \_\_\_\_\_ Código de camino \_\_\_\_\_ Distrito \_\_\_\_\_

Kilómetro inicial \_\_\_\_\_ Kilómetro final \_\_\_\_\_

❖ Cumple \_\_\_ ✓ \_\_\_ No cumple \_\_\_ X \_\_\_

Sellado de fisuras y grietas (SFG 05)	Cumple
Identificación de grietas.	
Limpieza de área (aire a presión).	
Aplicación de sellador en fisuras que no sobrepasen los 12 mm a una temperatura de entre 20°C y 70°C.	
Colocación de capa delgada de arena sobre el sello (granulometría de 2.36mm).	

❖ Equipo utilizado \_\_\_ ✓ \_\_\_ Equipo no utilizado \_\_\_ X \_\_\_

Equipo necesario	Utilizado
Tiza o yeso	
Compresor móvil	
Aspersor para colocación de emulsión asfáltica	
Palas	

**La actividad descrita se encuentra en la página 41 del Manual de control de calidad en obras viales**



## Bacheo con concreto hidráulico

Inspector \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Proyecto \_\_\_\_\_ Código de camino \_\_\_\_\_ Distrito \_\_\_\_\_

Kilómetro inicial \_\_\_\_\_ Kilómetro final \_\_\_\_\_

❖ Cumple  ✓  No cumple  X

<b>Bacheo con concreto hidráulico (BA-CO 06)</b>	<b>Cumple</b>
Marcación de la zona afectada en forma rectangular, sobrepasando al menos 30cm el área afectada	
Excavación y remoción del material (compactar fondo del bache hasta 95%)	
Colocación de mezcla de concreto ( a mano o en mezcladora)	
Compactación del concreto hidráulico	
Curado y acabado final	

❖ Equipo utilizado  ✓  Equipo no utilizado  X

<b>Equipo necesario</b>	<b>Utilizado</b>
Pala	
Escobón	
Conos para control de tránsito	
Batidora	
Carretillo	
Sierra de corte en seco	
Compactador tipo plancha	

**La actividad descrita se encuentra en la página 43 del Manual de control de calidad en obras viales**



## Sellado de fisuras, juntas y grietas en concreto hidráulico

Inspector \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Proyecto \_\_\_\_\_ Código de camino \_\_\_\_\_ Distrito \_\_\_\_\_

Kilómetro inicial \_\_\_\_\_ Kilómetro final \_\_\_\_\_

❖ Cumple  ✓  No cumple  X

Sellado de fisuras, juntas y grietas en concreto hidráulico (SFG 07)	Cumple
Remoción de suciedad o selladores antiguos	
Formar una ranura continua con profundidad de 2cm, ancho de 0,4cm a 1.2cm en fisuras y grietas no tratadas	
Colocación de sello (profundidad de 0,3 cm)	
Verificar uniformidad de la superficie (De no ser así reconstruir tramo del sello)	
Material de sellado aplicado en caliente (temp. recomendada por el fabricante) con temperatura ambiente mayor a los 10°C	
Material de secado (material bituminosos termoplástico)	

❖ Equipo utilizado  ✓  Equipo no utilizado  X

Equipo necesario	Utilizado
Equipo ranurador	
Inyector de aire comprimido	
Material de respaldo (backer rod)	

**La actividad descrita se encuentra en la página 47 del Manual de control de calidad en obras viales**



**MUNICIPALIDAD**  
**CARTAGO**  
ISO 9001

**Municipalidad de Cartago**  
**Unidad Técnica de Gestión Vial Municipal**  
**Plan de Gestión de Calidad para Obra de Infraestructura Vial**  
**Matriz para la Verificación de Calidad**

## Reparación de losas de concreto hidráulico

---

Inspector \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Proyecto \_\_\_\_\_ Código de camino \_\_\_\_\_ Distrito \_\_\_\_\_

Kilómetro inicial \_\_\_\_\_ Kilómetro final \_\_\_\_\_

❖ Cumple  ✓  No cumple  X

Reparación de losas de concreto hidráulico (RLC 08)	Cumple
Reparación de fisuras, grietas, juntas de contracción y losas rotas	
Revisión de base y sub- base ( reparaciones de espesor completo en caso de ser requerido)	
Fisura única longitudinal: Colocación de varilla de 19mm (No 6) en un ángulo de 25° a 45°, a una profundidad de 2.5 cm antes del borde inferior de la losa	

***La actividad descrita se encuentra en la página 49 del Manual de control de calidad en obras viales***



## Reconstrucción de hombros

---

Inspector \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Proyecto \_\_\_\_\_ Código de camino \_\_\_\_\_ Distrito \_\_\_\_\_

Kilómetro inicial \_\_\_\_\_ Kilómetro final \_\_\_\_\_

❖ Cumple \_\_\_ ✓ \_\_\_ No cumple \_\_\_ X \_\_\_

Reconstrucción de hombros (RC 09)	Cumple
<b>Superficies en concreto asfáltico</b>	
Escarificación y re conformación de hombros	
Colocación de base ( de ser requerido)	
Imprimación de hombros	
Colocación de material de secado	
Colocación de capa de rodadura	
<b>Superficies en concreto hidráulico</b>	
Escarificación y re conformación	
Colocación de base ( de ser requerido)	
Imprimación de hombros	
Colocación de material de secado	
Colocación de capa de rodadura	
<b>Mantenimiento de hombros</b>	
Correcta reparación del bache de acuerdo a la técnica seleccionada (Bacheo profundo o superficial, colocación de base estabilizada, reparación de losas, tratamientos superficiales)	

***La actividad descrita se encuentra en la página 50 del Manual de control de calidad en obras viales***

## Caminos en lastre

---

Inspector \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Proyecto \_\_\_\_\_ Código de camino \_\_\_\_\_ Distrito \_\_\_\_\_

Kilómetro inicial \_\_\_\_\_ Kilómetro final \_\_\_\_\_

❖ Cumple  ✓  No cumple  X

<b>Caminos en lastre (CL 11)</b>	<b>Cumple</b>
Conformación de cunetas con sección y forma original.	
Escarificación de la zona a trabajar	
Humedecimiento, conformación y compactación de la zona.(según especificaciones)	
Colocación y distribución del nuevo material	
Incorporación de la humedad optima de compactación(de acuerdo a especificación)	
Control de pendientes, ancho y espesor especificado	
Compactación del material con un 100% de densidad	

❖ Equipo utilizado  ✓  Equipo no utilizado  X

<b>Equipo necesario</b>	<b>Utilizado</b>
Aspersor de agua	
Motoniveladora	
Compactadora	

***La actividad descrita se encuentra en la página 56 del Manual de control de calidad en obras viales***

## Control de polvo en rutas no pavimentadas

Inspector \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Proyecto \_\_\_\_\_ Código de camino \_\_\_\_\_ Distrito \_\_\_\_\_

Kilómetro inicial \_\_\_\_\_ Kilómetro final \_\_\_\_\_

❖ Cumple  ✓  No cumple  X

Control de polvo en rutas no pavimentadas	Cumple
Verificación del bombeo de la superficie entre 2% a 5%	
Verificación del buen funcionamiento de estructuras de alcantarilla	
<b>Control de polvo a largo plazo</b>	
Aplicación por aspersión en bajas dosificaciones	
Acceso temporal de vehículos	
<b>Preservación de finos a largo plazo</b>	
Aplicación por aspersión a mayores dosificaciones	
Preservación de finos	
<b>Preservación de fino y estabilización de superficie</b>	
Mezclado en espesor parcial y bajas dosificaciones	
Reconformación, compactación y sellado de grietas	
<b>Estabilización a largo plazo</b>	
Mezclado en espesor completo y mayores dosificaciones	
Estabilización de material que genera cementación de partículas	
Puede requerir medidas de control de polvo adicionales	

**La actividad descrita se encuentra en la página 51 del Manual de control de calidad en obras viales**

- **Nota.** En la tabla 4 del manual de control de calidad en obras viales municipales del cantón de Cartago se enlistan productos mitigadores de polvo los cuales son los aplicados en las aspersiones citadas en el presente formulario.

## Labores de mantenimiento en caminos lastrados.

---

Inspector \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Proyecto \_\_\_\_\_ Código de camino \_\_\_\_\_ Distrito \_\_\_\_\_

Kilómetro inicial \_\_\_\_\_ Kilómetro final \_\_\_\_\_

❖ Cumple  ✓  No cumple  X

Labores de mantenimiento			
	Cumple		Cumple
<b>Actividades manuales</b>		<b>Actividades mecánicas</b>	
Chapea		Limpieza	
Descuaje de vías		Escarificación	
Limpieza de cunetas		Conformación	
Bacheo manual		Reposición de material granular	
Limpieza de alcantarillado		Compactación de calzada	
<b>Bacheo menor</b>			<b>Cumple</b>
Retiro de material inestable hasta capa de sub rasante			
Humedecimiento de la totalidad del área			
Relleno del bache con material seleccionado			
Compactación de manera manual o mecánica			

**La actividad descrita se encuentra en la página 55 del Manual de control de calidad en obras viales**

Inventario de alcantarillas				
Código de estructura		Fecha		
Encargado				
Historial de alcantarilla				
Fechas	Día	Mes	Año	
Fecha de construcción				
Última reparación				
Último mantenimiento				
Inventario Previo				
Inspección Previa				
Datos de la ruta				
Código de la ruta				
Número de carriles				
TPD				
Velocidad máxima				
Porcentaje de pesados (%)				
Ubicación				
Coordenadas	N		E	
Sistema de coordenadas				
Ubicación	Provincia	Cantón	Distrito	
Datos de la zona				
Zona	Residencial	Industrial	Comercial	
	Agrícola	Turística		
Infraestructura	Telecomunicaciones	Servicios	Edif. Habitacionales	
	Hospital	Cent. Educativos	Cuerpo de agua que cruza	
Evidencia de inundaciones				
Datos de campo aguas arriba				
Tipo de entrada				
Proyectada	Cabecal	Delantal	Ajustada	Tipo bocina
Muros tipo ala				
Protección del canal				
Concreto		Geo textil		Enrocado
Gavión		Concreto lanzado		

<b>Protección de terraplén</b>				
Gavión		Geo textil		Enrocado
Concreto		Concreto lanzado		
<b>Material de fondo</b>				
Arena		Piedra grande		Lajas
Concreto		Limo o arcilla		
<b>Datos de campo aguas abajo</b>				
<b>Tipo de entrada</b>				
Proyectada	Cabezal	Delantal	Ajustada	Tipo bocina
Muros tipo ala				
<b>Protección del canal</b>				
Concreto		Geo textil		Enrocado
Gavión		Concreto lanzado		
<b>Protección de terraplén</b>				
Gavión		Geo textil		Enrocado
Concreto		Concreto lanzado		
<b>Material de fondo</b>				
Arena		Piedra grande		Lajas
Concreto		Limo o arcilla		
<b>Datos del cauce aguas arriba</b>				
Cobertura (m)		Pendiente de talud (°)		Pendiente margen izquierda(°)
Nivel de creciente(m)		Pendiente margen derecha(°)		
<b>Datos del cauce aguas abajo</b>				
Cobertura (m)		Pendiente de talud (°)		Pendiente margen izquierda(°)
Nivel de creciente(m)		Pendiente margen derecha(°)		

Fuente. LANAMME UCR

***La actividad descrita se encuentra en la página 59 del Manual de control de calidad en obras viales***

## Condición de alcantarillas

---

Inspector \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Proyecto \_\_\_\_\_ Código de camino \_\_\_\_\_ Distrito \_\_\_\_\_

Kilómetro inicial \_\_\_\_\_ Kilómetro final \_\_\_\_\_

<b>Calificación</b>	<b>Condición a la que responde</b>
Bueno	Como nueva o poco deteriorada, estructural y funcionalmente adecuada.
Regular	Con algún deterioro pero estructural y funcionalmente adecuado.
Malo	Con deterioro significativo e/o inadecuado funcionamiento. Reparación recomendada.
Critico	En muy pobres condiciones tales que podrían atentar contra la salud y seguridad de los usuarios. Reparación inmediata requerida.

Fuente. LANNAME UCR

***La actividad descrita se encuentra en la página 59 del Manual de control de calidad en obras viales***



## Mantenimiento o reposición de señalización horizontal

---

Inspector \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Proyecto \_\_\_\_\_ Código de camino \_\_\_\_\_ Distrito \_\_\_\_\_

Kilómetro inicial \_\_\_\_\_ Kilómetro final \_\_\_\_\_

❖ Cumple \_\_\_ ✓ \_\_\_ No cumple \_\_\_ X \_\_\_

Mantenimiento o reposición de señalización horizontal	Cumple
Limpieza de la zona (Mediante barredora mecánica o escobón)	
Eliminar residuos de aceite, gasolina o cualquier otra sustancia que impida la adherencia de la pintura con la superficie	
Colocación de pintura mediante equipo autopropulsado (el equipo debe suministrar las micro esferas de vidrio de manera simultánea con la pintura )	
Protección de la demarcación durante el proceso de secado.	

- Nota. En lo referente a la señalización vertical, las labores de mantenimiento corresponden a fabricación, suministro, instalación y reparación de la señalización

***La actividad descrita se encuentra en la página 60 del Manual de control de calidad en obras viales***

## Estabilización

Inspector \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Proyecto \_\_\_\_\_ Código de camino \_\_\_\_\_ Distrito \_\_\_\_\_

Kilómetro inicial \_\_\_\_\_ Kilómetro final \_\_\_\_\_

❖ Cumple \_\_\_ ✓ \_\_\_ No cumple \_\_\_ X \_\_\_

Estabilización	Cumple
Estabilización de suelos con emulsión	
Escarificación de al menos 15 cm de la superficie a trabajar	
Homogenizar el material para la colocación de emulsión	
Conformación, afinamiento y compactación de la superficie	
Compactación uniforme para lograr la densidad máxima especificada	
Si la capa posee un espesor mayor a los 15cm, se debe de colocar en dos o más capas.	
Estabilizadores orgánicos	
Empleo de encimas, que proporcionan humedad óptima para compactar	
Dosificaciones en el apartado 14.15.c del manual de control de calidad	
Estabilización de suelos	
Tendido y conformación de los materiales que deben colocarse de acuerdo al espesor especificado.	
Escarificación con el ancho y espesor requerido	
Conformar el material producto de la escarificación para efectuar mezcla mediante una motoniveladora.	
Aplicación de estabilizador mediante un equipo distribuidor	

**La actividad descrita se encuentra en la página 62 del Manual de control de calidad en obras viales**

- Apéndice 3. Manual de control de calidad en obras viales, para el cantón de Cartago.

Mena, F. C. (2018). *Manual de control de calidad en obras viales*. Cartago .

- Apéndice 4. Encuesta de validación del Manual de control de calidad en obras viales.

**Pregunta N°1**

Considera que la incorporación de especificaciones, parámetros de control y calidad contribuyen a obtener un mejor resultado tanto en el monitoreo del proyecto como en resultado final de la obra que se esté ejecutando?

Sí  No

**Pregunta N°2**

¿Considera acertado la incorporación de información complementaria referente a la descripción de las estructuras de pavimento para una mejor comprensión del tema?

Muy útil  Útil  No es relevante

**Pregunta N°3**

¿Considera que el manual de control de calidad en obras viales se puede implementar como herramienta para la capacitación del personal?

Sí  No

**Pregunta N°4**

¿Considera que el manual incorpora las actividades de interés del departamento así como las labores que forman parte de los trabajos diarios?

Sí  No

**Pregunta N°5**

¿Cómo considera que los formularios de inspección en campo contengan no solo la metodología si no también especificaciones y parámetros que son de importancia para el trabajo que se esté inspeccionando?

Excelente  Bueno  Regular  Malo

**Pregunta N°6**

¿Cómo describiría la metodología y los controles plasmados en el manual de control de calidad en comparación con los procedimientos aplicados actualmente?

Excelente  Bueno  Regular  Malo

**Pregunta N°7**

¿Considera que el manual de control de calidad en obras viales viene a mejorar los procedimientos y controles de calidad aplicados hasta el momento?

Contribuirá en gran medida  Contribuirá poco  No contribuirá

### Pregunta N°8

Indique en qué medida considera que el Manual de control de calidad en obras viales genera una mejora en los siguientes factores.

<b>Factores</b>	<b>Mucho</b>	<b>Medio</b>	<b>Poco</b>
Supervisión de obra			
Control de especificaciones requeridas			
Control de calidad del proceso constructivo			
Control de calidad de los materiales			
El resultado final del proyecto			

# Anexos

En esta sección se muestra información suministrada por la institución y que fue incorporada en el informe.

## Anexo 1. Inventario vial

Fin	Tipo de Superficie	Longitud (Kilometros)	Ancho de Superficie de Ruedo	Estado de Sistema de Drenajes	Estado de Superficie de Ruedo	TPDA	Clasificación	Distrito	Infraestructura	Viviendas
Fin	TP	Long_km	ASR	ESD	ESR	TPDA	Clasificac	Distrito	Infra	Viviendas
(ENT RN 218) PENJAMO, RIO TARAS	4	4,302	4,3	4	4	200,00	VC	SAN NICOLAS	6	14
(ENT N 304) RIO CONEJO, PROPIEDAD	1	0,638	5	5	1	210	VC	CORRALILLO	6	20
LIMITE CANTONAL DESAMPARADOS,	4	1,302	5	5	4	150	VC	CORRALILLO	6	14
(ENT C 090) SAN JUAN NORTE, PROP	1	0,119	2,1	4	4	30	NCU	CORRALILLO	6	20
(ENT N 401) TIERRA BLANCA	4	5,326	4,7	3	2	370	VC	TIERRA BLANCA	14	20
PUENTE PRIVADO PROPIEDAD DE FE	4	0,153	3	4	4	40	VC	CORRALILLO	6	20
FIN DE CAMINO , PROPIEDAD FR 490	1	4,091	5,8	2	4	260	VC	TIERRA BLANCA	6	0
(ENT ) RIO REVENTADO	4	2,399	3,2	3	1	150	VC	TIERRA BLANCA	14	14
FIN DE CAMINO, PALANGANA	4	0,987	3,6	2	4	60	VC	CORRALILLO	6	20
(ENT C 202) SAN FRANCISCO	1	1,015	6	4	4	870	VC	DULCE NOMBRE	14	20
FIN DE CAMINO	1	0,082	2,5	3	3	20	NCU	CORRALILLO	6	14
(ENT N 2) CARRETERA INTERAMERIC	1	2,199	6	4	1	460	VC	GUADALUPE	14	0
(ENTC 74)GUADALUPE	1	1,242	7,7	4	4	840	VC	GUADALUPE	14	20
PITAHAYA	1	4,645	5	4	4	0	U	AGUA CALIENTE	20	20
FIN DE CAMINO	1	1,502	6,5	4	4	450	VC	AGUA CALIENTE	6	20
BARRO MORADO	1	7,577	5	4	4	0	U	AGUA CALIENTE	20	20
FIN DE CAMINO, PORTON DE FINCA	4	6,139	2,9	4	2	60	VC	AGUA CALIENTE	6	0
RODEO	1	0,25	5	4	4	0	U	DULCE NOMBRE	20	20

Figura 73. Inventario vial

Fuente:-Municipalidad-de-Cartago

# Referencias

- Cartago, M. d. (s f.). *Municipalidad de Cartago*. Recuperado el 8 de mayo de 2018, de **Municipalidad de Cartago**: [www.muni-carta.go.cr](http://www.muni-carta.go.cr)
- Concreto, I. c. (2013). *Manual de bacheo* .
- Sistema de Integración Económica de Centroamérica (SIECA). *Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras*. Guatemala, 2010.
- Sofía Vignoli Vargas, I. G. (2018). Laboratorio nacional de materiales y modelos estructurales. Obtenido de **Laboratorio nacional de materiales y modelos estructurales**: <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/982>
- Alonso Ulate Castillo, V.C. (2018). Laboratorio nacional de materiales y modelos estructurales. Obtenido de **Laboratorio nacional de materiales y modelos estructurales**: <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/1049>
- Carlos Campos. (2018). Laboratorio nacional de materiales y modelos estructurales. **Obtenido de Laboratorio nacional de materiales y modelos estructurales**: <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/372/08.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sandra Murillo Solórzano, M.S, W.S,L.L. (2018). Laboratorio nacional de materiales y modelos estructurales. **Obtenido de Laboratorio nacional de materiales y modelos estructurales**: [http://www.lanamme.ucr.ac.cr/sitio-nuevo/images/banners%20frontpage/g\\_%20sobrecapas.pdf](http://www.lanamme.ucr.ac.cr/sitio-nuevo/images/banners%20frontpage/g_%20sobrecapas.pdf)
- MOPT, GTZ. (2004). **Mantenimiento manual de caminos (Conservación Vial)**. San Jose: Imprenta nacional .
- Jimenez, M., & Denia Sibaja, D. M. (2018). **Mezclas asfálticas en frío en Costa Rica, conceptos, ensayos y especificaciones**. . San José : Universidad de Costa Rica .
- Climate-date. (s.f.). *Climate-date*. Recuperado el setiembre de 2018, de Climate-date: <https://es.climate-data.org/america-del-norte/costa-rica/cartago/cartago-3468/>
- Castro, P. (2018). *Concreto asfáltico* .
- Castro, P. (2018). *Compactación de mezcla asfáltica*.
- Castro, P. (2018). *Sobre capas asfálticas para pavimentos flexibles*.
- Castro, P. (2018). *Introducción al curso de pavimentos*.
- Salazar, L. G. (enero de 2019). Índice de regularidad internacional (IRI). San Jose , Costa Rica.
- Transportes, M. d. (2010). *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes.(CR-2010)* . San José.

