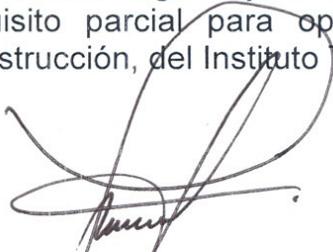


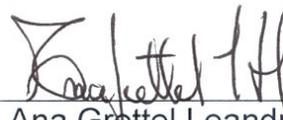
## CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Proyecto de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por los profesores Ing. Hugo Navarro Serrano, Ing. Ana Grettel Leandro Hernández, Ing. Alejandro Medina Angulo, Ing. Sonia Vargas Calderón, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.



---

Ing. Hugo Navarro Serrano.  
Director



---

Ing. Ana Grettel Leandro Hernández.  
Profesora Guía



---

Ing. Alejandro Medina Angulo.  
Profesor Lector



---

Ing. Sonia Vargas Calderón.  
Profesora Observadora

# **Diseño de un Plan de respuesta para la conservación y mejoramiento en caminos de Acceso en la Línea de Transmisión Moín-Cahuita-Sixaola del ICE**



# Abstract

This Graduation Project (GP) was developed as a Professional Guided Practice modality, it was carried out in the Ways Construction Area from the UEN PySA, specifically in the Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). This work contributes to the improvement of several procedures that involve conservation and penetration way's enhancement in the transmission line from Moín-Cahuita-Sixaola.

The project is based on a reply plan for conservation and penetration way's enhancement through administrative aspects and technical emphasis evaluation; all this according to national laws and field needs. The administrative approach takes into consideration the internal planning procedures and the Project Management Institute's good administration practices by means of the PMBOK ® guide. The technical emphasis considers the control tools.

For construction procedures, many tools were made, as: flowcharts, evaluation sheets and verification lists. The material mentioned was supplemented by field viewings and it was validated in new projects from the area.

Finally, a good practices for penetration way's construction guide was obtained, it is a compilation of recommendations for evaluating constructive procedures in aspects like environment, work organization, machinery and cement stabilized bases.

## Keywords

Penetration ways, conservation and enhancement; cement stabilized bases; control tools intended to evaluate and verify.

# Resumen

El Proyecto de Graduación (PG) desarrollado con la modalidad de Práctica Profesional Dirigida, se realizó en el Área de Construcción de Caminos de la UEN PySA del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), como una forma de aportar al Departamento de Caminos un esquema de procedimientos, en los procesos que involucran la conservación y mejoramiento en caminos de penetración de la línea de transmisión Moín-Cahuita-Sixaola.

El proyecto se basa en el desarrollo de un plan de respuesta para la conservación y mejoramiento en caminos de penetración, al evaluar los aspectos administrativos y el enfoque técnico según las disposiciones legales del país, y ajustado a las necesidades del sitio de trabajo. El enfoque administrativo toma en cuenta los procedimientos de planificación internos del área, además de basarse en el desarrollo de buenas prácticas en la administración de proyectos de Project Management Institute (PMI), mediante la guía PMBOK ®; el enfoque técnico considera el diseño de herramientas de control.

También se desarrollaron herramientas para los procesos constructivos, estas están relacionadas con diagramas de flujo, fichas de evaluación y listas de verificación; complementadas según visitas a campo y validadas en nuevos proyectos del área.

Finalmente, se obtuvo una guía de buenas prácticas para la construcción de caminos de penetración, que es una compilación de recomendaciones para evaluar los procesos constructivos en aspectos de ambiente, organización de la obra, maquinaria y bases estabilizadas con cemento.

## Palabras Clave

Caminos de penetración, conservación y mejoramiento; bases estabilizadas con cemento; herramientas de control para evaluación y verificación.

# **Diseño de un Plan de Respuesta para la conservación y mejoramiento en caminos de acceso en la Línea de Transmisión Moín-Cahuita- Sixaola del ICE**

ADRIÁN RAMÍREZ LÓPEZ

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

Diciembre del 2014

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

# Contenido

PREFACIO .....	1
RESUMEN EJECUTIVO.....	2
INTRODUCCIÓN.....	4
GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
METODOLOGÍA.....	37
RESULTADOS .....	38
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....	64
CONCLUSIONES .....	70
RECOMENDACIONES.....	71
APÉNDICES.....	72
REFERENCIAS .....	110

# Prefacio

El uso de fuentes renovables en Costa Rica ha sido fundamental en los proyectos de generación eléctrica por parte del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), razón que ha llevado a la Institución a proveer cobertura eléctrica en territorio nacional, además de pertenecer al Consejo de Electrificación de América Central (CEAC), consejo que se creó con el propósito de desarrollar y resolver los problemas eléctricos atinentes al área centroamericana. Aspecto que exige a la empresa a mantener el servicio estable permanentemente y sin interrupciones, es por eso que es de suma importancia conocer un plan de respuesta ante imprevistos presentados en la red de transmisión, logrando resolver específicamente los problemas presentes en los caminos de penetración de cada una de las torres de transmisión eléctrica, mediante sistemas planificados con resultados más óptimos sin dejar de lado la sostenibilidad y el uso de los recursos. He ahí la razón de contar con herramientas estructuradas, que permitan dar respuesta a las necesidades de intervención técnica en el menor tiempo posible.

Los objetivos específicos proyectados para este proyecto de graduación se enumeran a continuación:

1. Identificar las características de las obras de la red de caminos de penetración de la Línea de Transmisión. Moín-Cahuita-Sixaola.
2. Determinar los procedimientos y procesos típicos del mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción de caminos de penetración.
3. Definir los mecanismos o procedimientos de selección para la adecuada intervención de los caminos de penetración.
4. Diseñar herramientas que faciliten la caracterización, tratamiento y control de los estados de los caminos de

penetración de acuerdo con los mecanismos de evaluación definidos.

5. Determinar las deficiencias dadas en el proceso de administración de caminos de penetración actuales en la red de estudio.

## Agradecimientos

Primero que todo agradezco a Dios, por permitirme finalizar con el proyecto de graduación, a pesar de todas las dificultades e inconvenientes encontrados en este largo caminar como estudiante universitario. Por la comprensión, cariño, afecto, compañía y un mar de sentimientos asociados a mis tías, que son uno de los pilares en este proceso de formación y concepción de un sueño que desde niño estuvo presente; mi madre y mi padre, que por encima de toda circunstancia presente, simplemente son mis padres y merecen toda mi gratitud y agradecimiento por traerme a este mundo; mis abuelos que sin ellos no estaría acá escribiendo estas palabras, son mi razón y mi motivo de vivir; mis amigos, compañeros y todas aquellas personas que con su apoyo, amor, consejos y palabras de aliento forjaron e hicieron historia en este caminar.

A la profesora Ana Grettel Leandro, por su apoyo, sus consejos y su aporte valioso en la conceptualización de ideas en este proyecto de graduación, siempre estará como un gran ejemplo de superación y lucha en mi vida; al ingeniero Álvaro Abellán y Francisco Jara por el apoyo y respaldo en el Instituto Costarricense de Electricidad.

A todos gracias; y sin dar más largas a este tan emotivo momento, solo quiero dejar postrado en estas letras el pensamiento y gratitud de que simplemente no soy nadie sin la ayuda y respaldo de los demás.

# Resumen ejecutivo

La investigación se desarrolló en el área de construcción de caminos del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), específicamente en la red de caminos de penetración de la línea de transmisión Moín-Cahuita-Sixaola, durante los meses de julio a octubre del 2014. Los métodos empleados para la recolección de información fueron por medio de entrevistas y consultas a expertos del área, visitas a campo, revisión fuentes bibliográficas y documentos de oficina.

Dentro de las necesidades encontradas en el Área de Construcción de Caminos del Centro Servicios Construcción de la UEN PySA, es la incorporación de procedimientos y procesos formulados técnicamente para la intervención de los caminos de penetración, al garantizar que los accesos cumplan con las condiciones para un oportuno traslado a las torres de transmisión eléctrica, al dar soporte y mantenimiento de estas en el menor tiempo. Por esta razón, uno de los objetivos del área es centrar sus esfuerzos en evaluar las condiciones de la red de caminos y establecer acciones de intervención adecuadas, además de estandarizar procesos constructivos con respaldo técnico de calidad. Al aportar al área mecanismos de respuesta a las necesidad del proyecto y los requerimientos establecidos por el cliente.

De acuerdo con las necesidades del área, se estableció una serie de objetivos para lograr dar solución o bien aportar mejoras en el sistema de planificación, ejecución y concepción de proyectos viales, que sirvan de herramientas de apoyo para plasmar proyectos con un mayor control en aspectos administrativos como técnicos; de este modo se plantearon los siguientes objetivos.

Al conocer las necesidades del área de construcción de caminos, mediante visitas a campo y estudio de proyectos realizados, se

define como objetivo general la elaboración de un plan de respuesta en mantenimiento, rehabilitación y construcción de caminos de penetración, como guía para resolver problemas de acceso.

Los objetivos propuestos se realizaron a través de la metodología planteada y se lograron los siguientes resultados:

- Inventario de la Red de Caminos de Penetración L.T Moín-Cahuita-Sixaola.
- Croquis de la Red de Caminos L.T Cahuita-Sixaola, trabajos en intervención (julio-octubre 2014).
- Diagrama de Ishikawa de procedimientos y procesos típicos.
- Tabla resumen de tiempos en procesos administrativos.
- Diagrama de flujo de procesos administrativos.
- Diagrama de flujo del procesos de implementación.
- Tablas de causa-efecto de los hallazgos en las visitas a campo realizadas.
- Diagrama de Ishikawa de las limitaciones encontrada en la administración de pavimentos.
- Tablas de deficiencias versus soluciones propuestas.
- Diagramas de flujo de los procesos y procedimientos administrativos importantes para el área.
- Listas de verificación técnicas para la supervisión de trabajos de mejoramiento de caminos.
- Listas de verificación técnicas para la inspección de trabajos de mejoramiento de caminos.
- Guía de buenas prácticas para la construcción de caminos de penetración.

En la siguiente figura se muestran las principales deficiencias del área en el

proceso de planificación en la administración de pavimentos.



Sin lugar a dudas las condiciones y características de los trabajos en mantenimiento, rehabilitación de caminos de penetración, son críticas y adversas a las condiciones topográficas, morfológicas y geológicas de la zona. Las altas pendientes, suelos inestables y densa vegetación, son algunos de los factores más influyentes en el momento de la ejecución de los trabajos, al provocar que los trabajos de rehabilitación sea tarea complicada para el área de caminos.

Problemas como el insuficiente presupuesto y falta de cuenta operativa propia, han provocado que el área ejecute sus trabajos con insuficiente personal técnico y profesional en

los diferentes frentes de trabajo. Al ocasionar que los procesos no sean evaluados y supervisados en función a los requerimientos que las regulaciones y reglamentos nacionales lo estipulan, así como las especificaciones y cumplimientos que solicita el cliente, al generar problemas en la calidad de los procedimientos realizados.

De acuerdo con las condiciones internas del área, se diseñaron herramientas de soporte que dan soluciones concretas a las deficiencias presentadas, mediante una serie de fichas, listas de verificación y guía de buenas prácticas para la construcción de caminos de penetración.

# Definiciones

## ICE

Instituto Costarricense de Electricidad.

## L.T

Línea de Transmisión.

## T

Torre de transmisión.

## A.C.C

Área de Construcción de Caminos.

## P.G

Proyecto de Graduación.

## CEAC

Consejo de Electricidad de América Central.

## UEN PySA

Unidad Estratégica de Negocios Proyectos y Servicios Asociados.

## EDT

Estructura de entregables según su alcance en tiempo y costo, mediante previa planificación,

para lograr los objetivos propuestos en el proyecto.

## Coordinador de la obra

Funcionario de la Unidad Ejecutora designado formalmente para la coordinación y atención profesional.

## Autorización de Trabajo

También denominado AT, es el documento que contempla los permisos requeridos para la ejecución de una obra o de un trabajo. Permite una breve definición, alcance, costo, duración y utilización programada de los recursos totales.

## Orden de servicio

Es un documento creado en forma electrónica en el módulo de órdenes de servicios (OS) del Sistema de Información de Gestión de Costo (SIGESCO), identifica el registro de costos incurridos por el personal del área.

## Red de estudio

Los caminos de penetración de la línea de transmisión Moín-Cahuita-Sixaola.

## Gastos efectivos

Gastos que requieren financiamiento o búsqueda de presupuesto (viáticos, combustibles, compra).

## Gastos no efectivos

Los gastos que están incorporados en el presupuesto obligatorio necesarios para la operación del área.

## Orden de planteamiento

Se abre para cargar los gastos que se realizan en el planeamiento de una obra.

## Propuesta de trabajo

Es un documento de legalidad, donde el coordinador del área plantea las condiciones de trabajo del cliente, según la calidad, costo y tiempo del proyecto.

## Perfil de obra

Es el documento donde se detalla en proyecto en alcance, tiempo y costo.

## Convenio de obra

Documento que establece las condiciones para la ejecución del proyecto, mediante responsabilidades del cliente y la unidad ejecutora.

## Trámites ante Proveeduría

Consiste en la aplicación de la ley de contratación administrativa y su reglamento, para la

adquisición de bienes y servicios con monto superior al millón y medio de colones.

## Compras por fondo de trabajo

Son las compras menores a millón y medio de colones.

## Stock

Es un apilamiento de materiales ubicado en un sitio estratégico para la distribución de cada uno de los frentes de trabajo.

## Acta de aceptación

Es el documento en donde ambas partes declaran que la obra fue construida de acuerdo con los términos pactados entre las partes.

## Acta de entrega

Documento donde se comunica al cliente la finalización de la obra para su inspección y revisión.

## Cliente interno

Unidad interna del ICE que solicita los servicios de mantenimiento, rehabilitación o construcción de caminos.

# Introducción

El presente es un informe de estudio de necesidades y mecanismos de solución para establecer un plan de respuesta, en la conservación y mejoramiento de caminos de acceso en la línea de transmisión Moín-Cahuíta-Sixaola, para el área de construcción de caminos del Centro Servicios Construcción UEN PySA.

El proyecto consiste en la evaluación de necesidades del área en aspectos administrativos como técnicos ingenieriles, para determinar o bien diseñar herramientas de soporte, que faciliten la gestión y el control de los requerimientos, al cumplir con las regulaciones legales del país y las disposiciones de calidad exigidas en el proyecto.

Según las visitas a campo y la evaluación de los procedimientos y procesos realizados, se determinan las debilidades del área, obedeciendo a incorporar mecanismos de solución y medidas correctivas, para establecer un plan de respuesta integral a las deficiencias encontradas. Estas se originan principalmente por las condiciones y características propias de los caminos de penetración en estudio, las limitaciones presupuestarias, insuficiente recurso humano, insuficiente equipo y maquinaria ICE y problemas en realizar trabajos integrales.

Como consecuencia de lo mencionado anteriormente el área trabaja muy limitada y el presupuesto para ejecutar proyectos en caminos está dependiente de las condiciones económicas de la UEN PySA. Al dar lugar a uno de los principales problemas de administración de caminos, ya que no contar con

un presupuesto operativo propio se imposibilita la realización de una adecuada intervención a las obras viales, ya sea de mantenimiento rutinario o rehabilitación de toda la red de accesos importantes para la institución.

Las limitaciones presupuestarias también han ocasionado la ausencia de un plan de mantenimiento anual de caminos, donde las necesidades de intervención prioritaria en la red de accesos de penetración a Líneas de Transmisión Eléctrica no se identifican en periodos de mantenimiento rutinario oportuno, lo que provoca que los accesos pierdan su capacidad estructural y a su vez encarecer los procesos en el momento que es de prioridad su intervención.

La importancia de lograr un adecuado plan de respuesta ante la necesidad de intervención de caminos de penetración, se vuelve esencial dado las condiciones en las que se desarrolla el área de Construcción de Caminos y sus limitaciones expuestas anteriormente. Los factores de importancia en el momento de asignar como prioritario la intervención de un camino, es dar respuesta en el menor tiempo posible con estándares de calidad y efectividad ajustables según las regulaciones nacionales. De este modo establecer una herramienta guía, que formalice una estructura con procedimientos para la ejecución de actividades según las condiciones de los caminos de penetración, a través de una intervención oportuna y al obedecer a las necesidades de control y calidad en los trabajos por realizar, daremos respuesta a los objetivos propuestos en esta investigación.

# Generalidades de la Investigación

A continuación se presentan las principales características del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) y del Área Construcción Caminos; Centro Servicios Construcción UEN PYSA, así como la definición del problema por tratar por medio de los objetivos propuestos.

## Marco Empresarial

En este apartado se exponen los antecedentes del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) y las áreas en las que se basará el proyecto de graduación, sus funciones y competencias, la misión, visión y objetivos de dichas áreas. También se describe el alcance y limitaciones en el que se verá este proyecto para efectos de un mejor enfoque de la realidad del área de estudio.

### Instituto Costarricense de Electricidad

#### Antecedentes de la institución

El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) fue creado por el Decreto Ley N°449 en abril de 1949, con el fin de resolver los problemas de suministro de energía que afectaban al país y en busca del desarrollo mediante la utilización racional de los recursos naturales.

En 1963 por medio de la Ley N° 3226 la Asamblea Legislativa le confiere al ICE los servicios de telecomunicaciones cuyo objetivo era el establecimiento, mejoramiento, extensión y operación de los servicios. El ICE al paso de los años se ha hecho acreedor de un grupo corporativo de empresas estatales, ha sido el mismo el promotor o guía en los sectores Electricidad y Telecomunicaciones. Sus empresas Radiográfica Costarricense S.A.

(RACSA) y la Compañía Nacional de Fuerza y Luz S.A. (CNFL), las cuales han logrado plasmar trayectoria en el país en proyectos de modernización de los servicios brindados.

Para hacerle frente a las necesidades la institución se ha dividido organizacionalmente en dos grandes áreas, una responsable de las telecomunicaciones y otra responsable de la parte de energía eléctrica, éstas a su vez se dividieron en unidades estratégicas de negocios (UEN PySA) que se encargan del desarrollo de proyectos apoyadas por Centros de Servicios Técnicos.

#### Misión

"Brindar soluciones integrales e innovadoras en los mercados de electricidad y de telecomunicaciones al favorecer el bienestar, el desarrollo y calidad de vida de nuestros clientes.

#### Visión

"Ser el grupo empresarial líder e innovador de soluciones de telecomunicaciones y electricidad de América Latina."

#### Objetivos

Como objetivos primarios, el ICE debe desarrollar, de manera sostenible, las fuentes productoras de energía existentes en el país y prestar el servicio de electricidad. A su vez, se encarga de desarrollar y prestar los servicios de Telecomunicaciones, con el fin de promover el mayor bienestar de los habitantes del país y fortalecer la economía nacional.

## Organigrama

La estructura organizacional del Instituto Costarricense de Electricidad en el transcurrir del tiempo ha sufrido cambios o bien modificaciones, a causa de las condiciones de mercado

principalmente por la entrada de la competencia a nuestro país, en la siguiente figura se muestra esta estructura con los medios y entorno más importante en el que se desarrolla esta institución.

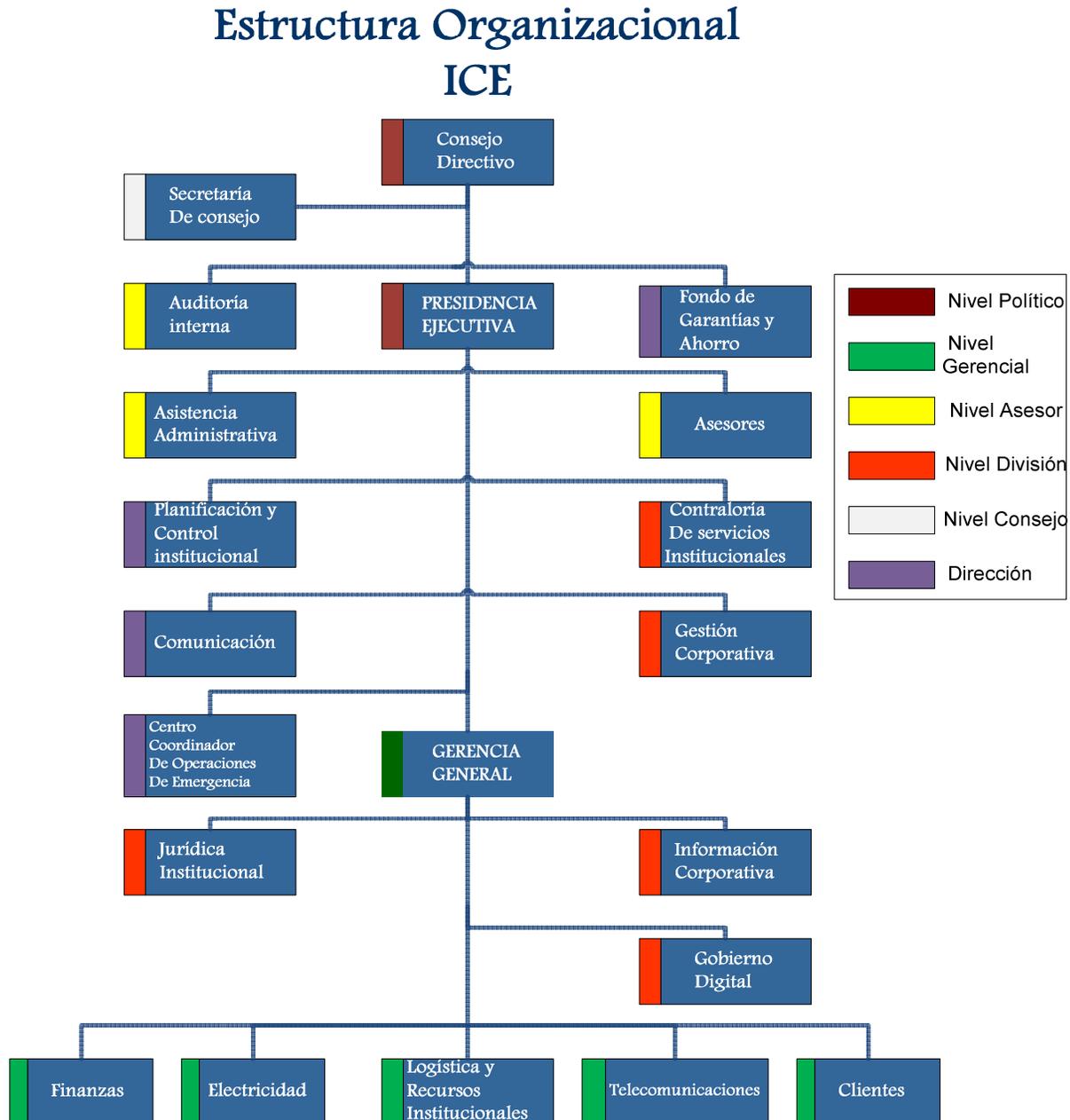


Figura 1. Estructura Organizacional (Grupo ICE, 2014)

## Centro Servicio Construcción

El Centro Servicios Construcción es un elemento de la Unidad Estratégica de Negocios, Proyectos y Servicios Asociados (UEN PySA), que se encarga de la administración y ejecución de actividades relacionadas con la construcción de proyectos civiles y electromecánicos como líneas de distribución, líneas de transmisión, montaje de estructuras para Telecomunicaciones, subestaciones eléctricas, estructuras de soporte para los servicios eléctricos, entre otros

Una de las funciones primordiales del centro es la construcción de plantas de generación y sistema de transporte de electricidad, al realizar el planteamiento constructivo, la ejecución e inspección de las obras de generación y transmisión de electricidad.

Dentro de este centro se encuentra la unidad de construcción de caminos que desarrolla actividades atípicas proporcionadas con el Centro Servicio Construcción, esto se da porque la unidad de construcción de caminos tiene la facultad de buscar al cliente. Es importante mencionar que el proyecto se desarrollará en esta área.

## Construcción de Caminos

Dependencia del Centro de Servicios, encargada de la construcción de caminos de interés institucional, mediante proyectos nuevos o bien actividades relacionadas con la rehabilitación de caminos existentes con acceso a obras de la institución.

Construcción de caminos actualmente desarrolla proyectos con presupuesto de UEN Transporte Electricidad, al enfocar actividades en mantenimiento vial sobre los caminos de acceso existentes hacia las torres de línea de transmisión. Actividades que se generan por las condiciones críticas de los caminos y la necesidad de desplazarse con equipo a las torres para dar mantenimiento o reparación de las mismas.

## Justificación del Proyecto

El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), es una empresa estatal autónoma que ha tenido un papel fundamental en el desarrollo de infraestructura de nuestro país. El ICE genera al país dividendos importantes que aportan directamente en la economía y desarrollo de la Nación. Dadas estas premisas, el servicio de electricidad se debe mantener constante y sin interrupciones, por lo que el mantenimiento de las torres es primordial para evitar eventuales emergencias y problemas técnicos que podrían ocasionar un apagón nacional.

**Como prioridad del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) específicamente en el Área Construcción Caminos del C.S. Construcción de la UEN PySA; es garantizar el buen estado de los caminos de penetración hacia las torres de transmisión eléctrica para darle mantenimiento o bien intervenir ante una eventual emergencia que atenta con las suspensión del servicio, por ello la importancia de centrar sus esfuerzos en evaluar las condiciones de la red y conocer los procedimientos o los procesos para la intervención de estos accesos, al lograr respuesta en el menor tiempo posible y con el mayor respaldo técnico.**

Dado lo anterior este trabajo se orientó al estudio de caminos de penetración de la red crítica de accesos a torres de transmisión de mayor importancia para el área de caminos, al considerar como caso en estudio la línea de transmisión Moín-Cahuita-Sixaola.

## Planteamiento del Problema

Las pérdidas económicas producto de la apertura del mercado de telecomunicaciones en el Instituto Costarricense de Electricidad, ha conducido a la empresa a realizar modificaciones y limitar el presupuesto para la ejecución de nuevas obras o proyectos constructivos necesarios para mantener la infraestructura ICE en las mejores condiciones. El área de Construcción de Caminos no está excluida de esta realidad institucional, donde se expone uno de los principales problemas del área al no contar con presupuesto anual operativo propio, además de

hacer hincapié en que dadas las responsabilidades de este departamento el recurso humano en el nivel de esta dependencia es insuficiente.

Consecuencia de lo mencionado anteriormente el área trabaja muy limitada y el presupuesto para ejecutar proyectos en caminos depende de las condiciones económicas de la UEN PySA, al dar lugar a uno de los principales problemas de administración de caminos y es el no contar con un presupuesto operativo propio lo cual imposibilita la realización de una adecuada intervención a las obras viales, ya sea de mantenimiento rutinario o rehabilitación de toda la red de accesos importantes para la institución.

Las limitaciones presupuestarias también han provocado la no existencia de un plan de mantenimiento anual de caminos, en donde se especifiquen las necesidades de intervención prioritaria en la red de accesos de penetración a Líneas de Transmisión Eléctrica y periodos de mantenimiento rutinario oportuno, al provocar que los accesos una vez abiertos, pierdan su capacidad estructural a su vez encarezcan los procesos en el momento que es de prioridad su intervención.

La importancia de lograr un adecuado plan de respuesta ante la necesidad de intervención de caminos de penetración, se vuelve esencial dado las condiciones en las que se desarrolla el área de Construcción de Caminos y las limitaciones expuestas anteriormente. La intervención de un camino requiere dar respuesta en el menor tiempo posible con estándares de calidad y efectividad ajustables según las regulaciones nacionales.

Al contar con un Plan de respuesta se formaliza una estructura de funciones mediante un conjunto de herramientas las cuales incluyen, procedimientos para la ejecución según las condiciones de los caminos de penetración, correspondiendo está a la intervención más oportuna ya sea en mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción, logrando así atender a las necesidades con un mayor control en la información y a su vez manteniendo o mejorando la calidad en los trabajos a realizar. La aplicación representará, una alternativa que beneficiaría de inmediato a la actividad directa con el quehacer diario del personal del área de caminos.

## Objetivo General

Elaborar un plan de respuesta en mantenimiento, rehabilitación y construcción de caminos de penetración, como guía para resolver problemas de acceso.

## Objetivos Específicos

- Identificar las características de las obras de la red de caminos de penetración de la Línea de Transmisión. Moín-Cahuita-Sixaola.
- Determinar los procedimientos y procesos típicos del mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción de caminos de penetración.
- Definir los mecanismos o procedimientos de selección para la adecuada intervención de los caminos de penetración.
- Diseñar herramientas que faciliten la caracterización, tratamiento y control de los estados de los caminos de penetración de acuerdo con los mecanismos de evaluación definidos.
- Determinar las deficiencias dadas en el proceso de administración de caminos de penetración actuales en la red de estudio.

## Alcance

Se darán en función del tiempo disponible para el desarrollo de la investigación, de los propósitos primordiales del Área Construcción Caminos Centro Servicios Construcción y objetivos específicos dados.

- El proyecto será evaluado según las condiciones del frente activo Conservación y Mejoramiento Caminos Acceso L.T. Moín-Cahuita-Sixaola.
- Se identificará la red de caminos de penetración de la L.T. Moín-Cahuita-Sixaola, dando lugar a una idea de la

realidad en la que se enfrenta el área ante las necesidades de mantener los accesos transitables.

- Se logrará diseñar un conjunto de herramientas estructuradas que facilitarán la caracterización, tratamiento y control de caminos, que necesiten de intervención según las condiciones o criterios de prioridad dados por el área.

## Limitaciones

Las siguientes limitaciones fueron limitaciones que afectaron la investigación.

- El acceso de la información debe satisfacer la estructura establecida por la institución, al ocasionar que para obtener información se debe de validar mediante

permisos con amplios problemas de burocracia.

- No se cuenta con registros o documentación organizada de todos los proyectos realizados en el área, por el que no se podrá dar criterios de comparación de los métodos utilizados.
- El frente activo en estudio se encuentra en la provincia de Limón, lejos del centro de operaciones en San José, al ocasionar problemas de traslado y restricción en las visitas que se esperaba realizar.
- No se podrá realizar una evaluación de todos los caminos de la red, por limitaciones de tiempo y de traslado a la zona, al dificultar los criterios para establecer una lista de prioridades de intervención que cubre todos los casos.

# Marco Conceptual

## Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI)

El Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) se creó según la ley 7798 y se establece que es el órgano que regula la construcción y la conservación de las carreteras, calles de travesía. A facultad de lo anterior toda ejecución de trabajos viales se debe de seguir según las regulaciones y consideraciones de este Consejo.

La ley 7798 presenta las disposiciones generales y definiciones de importancia, por considerar para forjar criterio técnico en la construcción y conservación de caminos, que se expondrán a continuación tratando de establecer un enlace con la realidad que se enfrenta el área de Construcción de Caminos. (CONAVI 2014)

## Calles de travesía

Conjunto de caminos públicos que atraviesan zonas pobladas o de calles que unen dos secciones de carretera nacional, o bien accesos públicos cuya funcionalidad es la de conducir o estructuras de soporte técnico de infraestructura de importancia nacional. (CONAVI 2014)

## Conservación vial

Sistema planificado de actividades y procedimientos estructurados con el propósito de preservar el buen estado de los caminos, al darle importancia a la condición en la que el usuario potencial transcorre en ellos. La conservación vial asigna las actividades propicias para dar solución a los problemas de deterioro del pavimento, entre los procesos más comunes tenemos el mantenimiento rutinario y periódico, la

rehabilitación o por última instancia la reconstrucción de vías. (CONAVI 2014)

En la siguiente figura se ilustra la estructura en la conservación vial según la conceptualización del CONAVI.



Figura 2 Estructura de la Conservación Vial (CONAVI 1998).

## Mantenimiento

Conjunto de tareas básicas de menor costo en su ejecución, el mantenimiento rutinario se da periódicamente y son trabajos necesarios para mantener los caminos en condiciones óptimas para el usuario que circula en ellas. Entre las tareas por ejecutar en un mantenimiento rutinario tenemos el corte de zacate presente en los taludes o zonas de los extremos de las vías, al lograr mejorar la visualización de los conductores, limpiezas de drenajes para evitar el almacenamiento de residuos.

El mantenimiento es una actividad necesaria para salvaguardar los caminos ante el embate de las condiciones físicas que lo atentan, principalmente los provocados por la presencia de altas cantidades de agua. Unos de los procesos importantes para contrarrestar dicho mal es la canalización de la escorrentía periódicamente, agregar capas adicionales de lastre o grava o bien tratamiento superficial o recarpeteos asfálticos o de secciones de concreto, sin alterar la estructura de las capas del pavimento estas alternativas son propias de las condiciones del camino. (CONAVI 2014)

## Rehabilitación

EL proceso de rehabilitación de vías es una alternativa para dar solución a los problemas estructurales de los caminos. Sin embargo, en el momento que se debe de realizar una rehabilitación genera mayores costos si se hubiese dado un adecuado control de mantenimiento rutinario. Entre las tareas de rehabilitación de caminos tenemos, restablecimiento del acceso mediante maquinaria para remover material orgánico o bien materia vegetal presente, canalización de aguas, construcción de sistemas de drenajes, restitución y colocación de material de lastre para darle mayor capacidad de soporte a la superficie de ruedo del camino de penetración, en lugares de accesos complicados por la topografía y morfología de sitio se implementan tractos de pavimentos de asfaltos, concreto estructural o bien sistemas de pavimentos rígidos con bases estabilizadas con cemento. Todas estas alternativas de acuerdo con las necesidades presentes en el sitio y las condiciones en las que el camino está en el momento de su intervención. (CONAVI 2014)

## Mejoramiento

El mejoramiento de caminos se da principalmente cuando se recurre a modificaciones de las características horizontales o verticales de los caminos, estas son relacionadas con el ancho, el alineamiento, la curvatura o la pendiente longitudinal, a razón de lograr un incremento en

la capacidad de la vía, la velocidad de circulación y aumentar la seguridad de los vehículos.

Trabajos de ampliación de la calzada, la elevación del estándar del tipo de superficie de tierra a lastre o de lastre a asfalto, entre otros, y la construcción de estructuras tales como alcantarillas grandes, puentes o intersecciones también son categorizadas como mejoramiento en los caminos. (CONAVI 2014)

## Construcción de obras nuevas

Obras que son de necesidad para una empresa o bien de una población en específico, que se deben de llevar a cabo mediante un proceso de planificación, diseño y estudios de factibilidad. El camino junto con todas las obras adicionales se deben de implementar según la normativa nacional. (CONAVI 2014)

## Área Construcción de Caminos

El Área de Construcción de Caminos Centro de Servicio Construcción UEN PYSA, evalúa las necesidades al definir el tipo de trabajo por realizar en aspectos viales, con respecto de las prioridades de intervención según las zonas más críticas identificadas para el ICE. Las condiciones en las que se desarrolla el área son al versas y fortuitas, sin embargo el área debe velar por cumplir con los requerimientos establecidos por el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI), al respaldar sus trabajos ante esta normativa. (Abellán, A. 2014)

## Procesos y Actividades

Los trabajos en el área de construcción de caminos se dividen en 2 niveles de acuerdo con el acabado de pavimento por implementar, en primera etapa a subbase expuesta propia de caminos públicos de penetración y en segunda etapa en el nivel de superficie de rodamiento complementaría a los caminos internos del ICE.

El nivel 1 es el de interés para este estudio ya que valora las actividades que refieren a los caminos de penetración de sitio de interés del ICE, estos caminos por lo general son con superficie expuesta en su mayoría de lastre y

material granular. Los procesos y actividades son diversos y estos se ejecutan según las necesidades y condiciones del estado de los caminos, es importante señalar que esta actividad de intervención se da mediante una previa inspección y evaluación del estado del camino por intervenir.

Mediante el siguiente esquema de organización de procesos y actividades constructivas del grupo de caminos, se puede apreciar la categorización según las necesidades de intervención al considerar que se debe de cumplir con las normas de seguridad, además de la protección del medio ambiente. (Abellán, A. 2014)

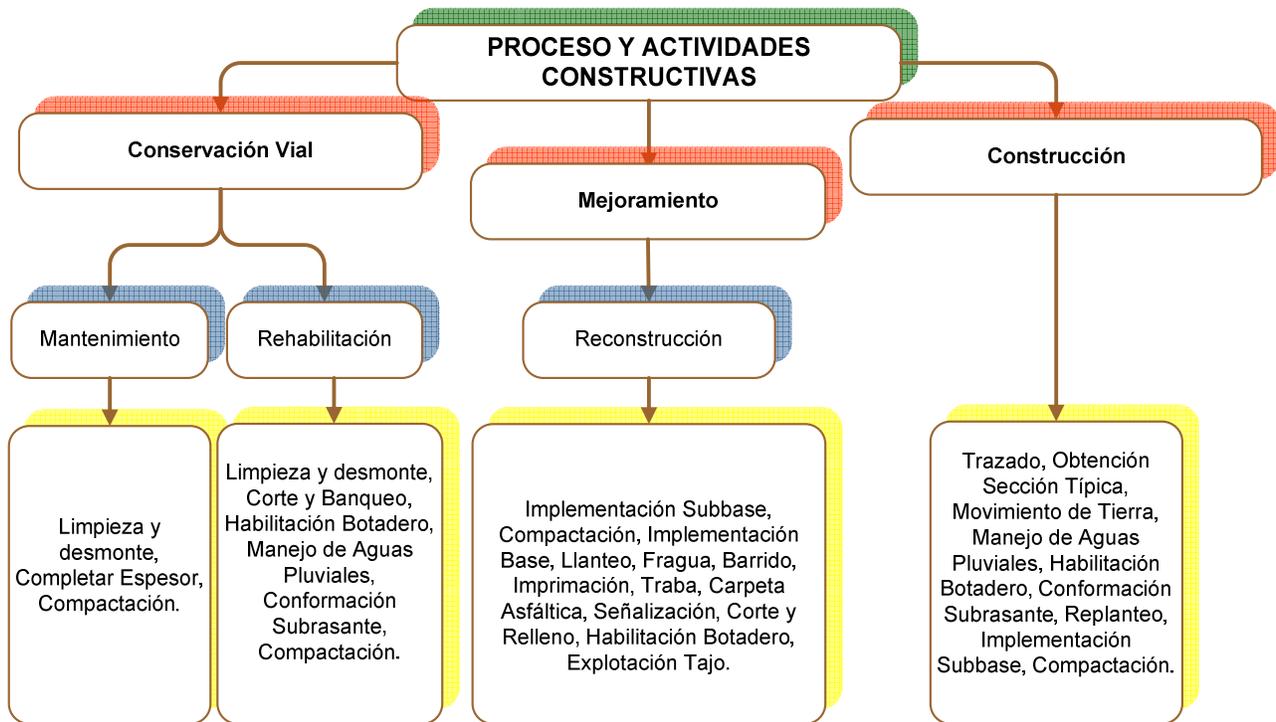


Figura 3 Procesos y actividades Constructivas del área de construcción de caminos. (Abellán A. 2014)

## Administración de Pavimentos

Proceso de selección de la técnica más oportuna mediante un análisis de ingeniería y de economía, con la finalidad de optimizar los recursos disponibles mediante comparación de alternativas de inversión.

Según las condiciones de los pavimentos presentes en los caminos se evalúa cuál será el

método correctivo más oportuno a la necesidad presente, al beneficiar la objetividad en la toma de decisiones, eficiencia en la inversión y sin lugar a dudas mayor vida útil para los pavimentos. En la figura siguiente se aprecia la distribución de las técnicas de solución al problema en función de las condiciones de los caminos. (Curso, *Construcción de Pavimentos 2014*)

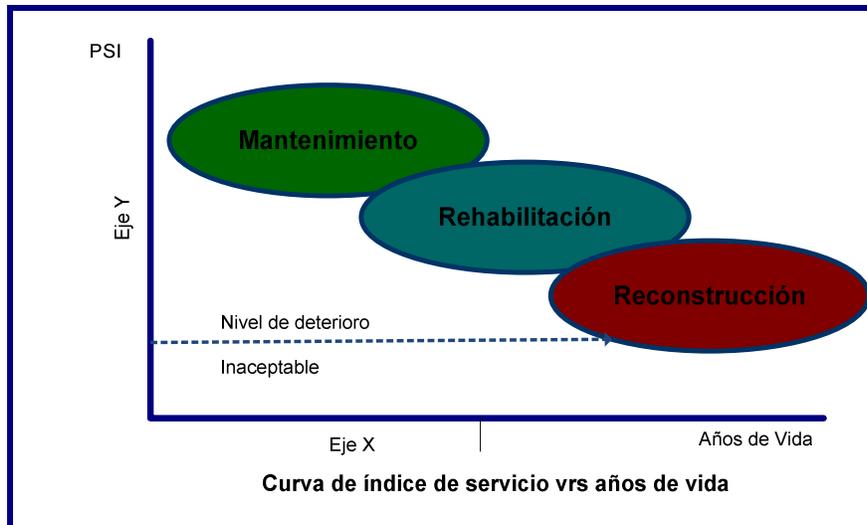


Figura 4 Administración de Pavimentos según PSI de la AASHTO.

Fuente: (Material del Curso Construcción de Pavimentos)

## Índice de Servicio de AASHTO

El PSI también llamado índice de habilidad de servicio es uno de los parámetros que nos ayudan a determinar si el pavimento es aceptable, juzga la condición del camino en un instante dado del tiempo

El PSI se mide con una escala de 0 a 5, donde se asigna para un pavimento perfecto el 5 y para un pavimento intransitable 0. Este parámetro se correlacionó con medidas objetivas hechas en el pavimento, como la rugosidad, agrietamiento y baches, deformación plástica para mencionar algunas. *(Manual Centroamericano para diseño de pavimentos)*

## Sistema de administración de Pavimentos

El sistema de administración de pavimentos es el proveedor de las herramientas para el análisis de decisiones en materia de administración vial, donde se estructuran los procedimientos requeridos para el presupuesto, programación y acciones de intervención. Conózcase como acciones de intervención desde una obra nueva a partir de su diseño y su construcción o bien mantenimiento, reparación y rehabilitación de caminos existentes, orientado a optimizar el uso de los recursos. En la siguiente figura se ilustra la aplicación, componentes y beneficios de un sistema de Administración de Pavimentos

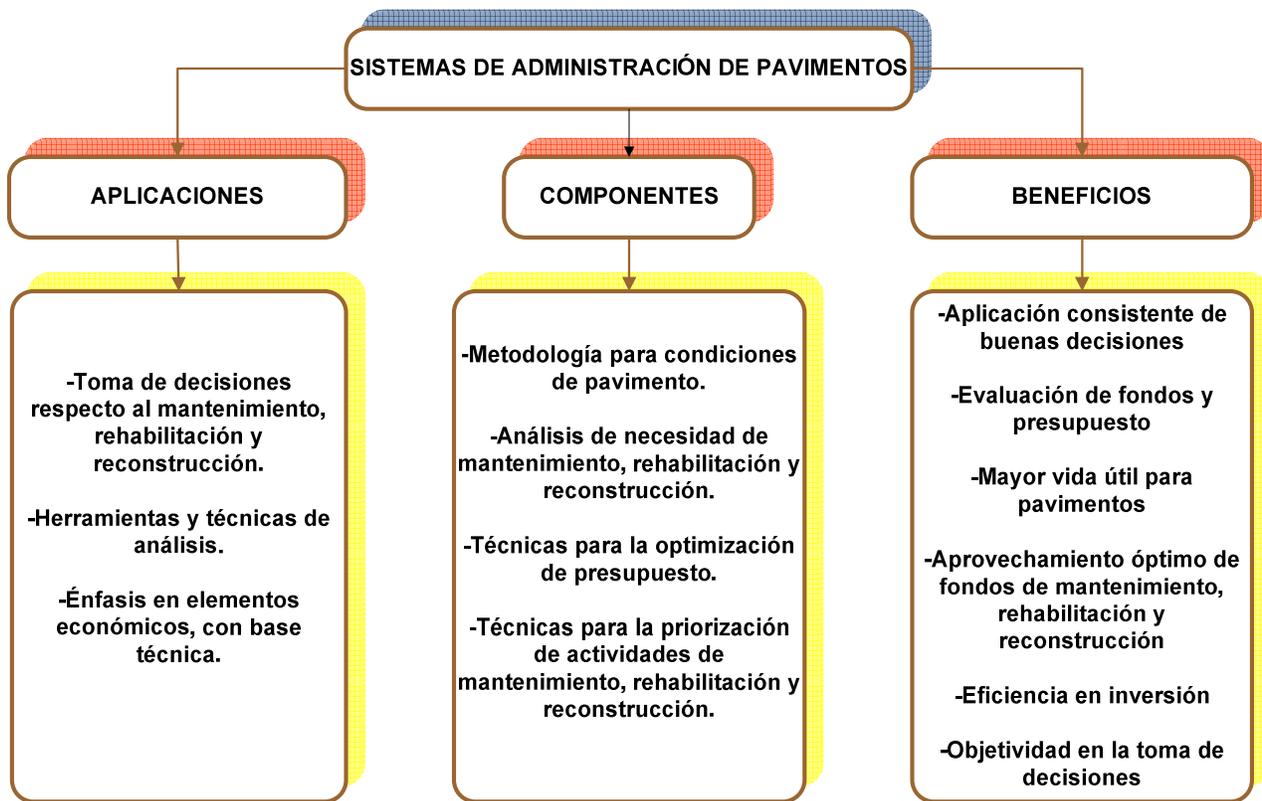


Figura 5 Esquema de factores de sistema de Administración de Pavimentos. (Castro .P. 2014)

Un sistema de administración de caminos se puede aplicar en dos niveles primordiales, el primero en el nivel de red y el segundo en el nivel

de proyecto, como se muestra en la siguiente figura.

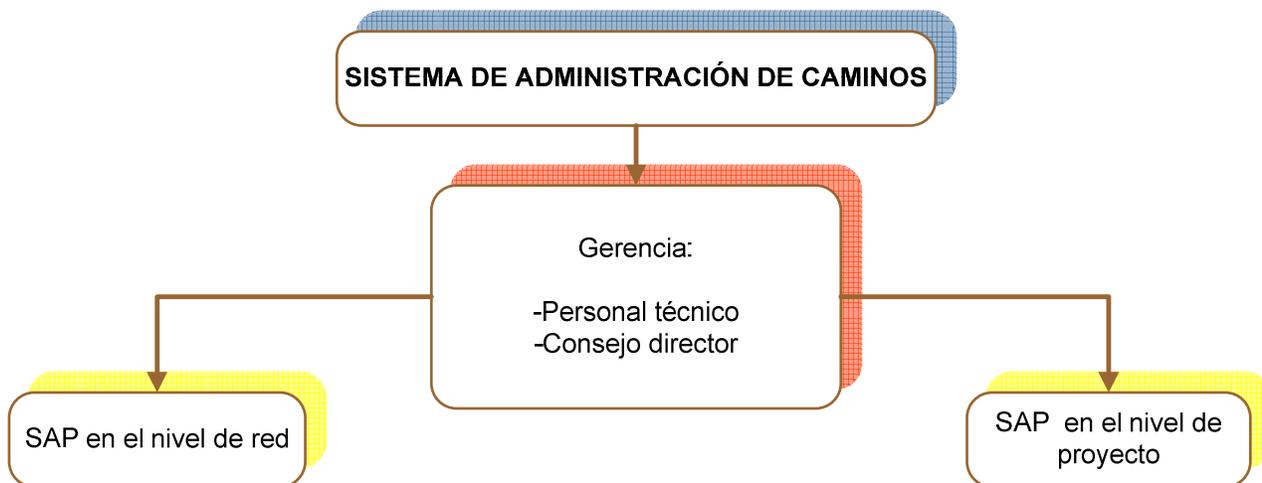


Figura 6 Enfoques de SAC. (Castro. P. 2014)

## Nivel de red

Es una guía general para la optimización del uso de los fondos disponibles, al considerar el análisis de condiciones generales de la red, políticas internas de intervención, estimación de presupuesto, prioridades mediante criterios económicos y sociales. Mediante la

implementación de las políticas según los criterios más aceptables de la realidad de la empresa, en este caso para el área de construcción de caminos se logra un seguimiento de las obras con mayor control y respaldo técnico mediante las herramientas de soporte estas respaldadas por las regulaciones o normativa nacional en caminos. (Castro. P, 2014)

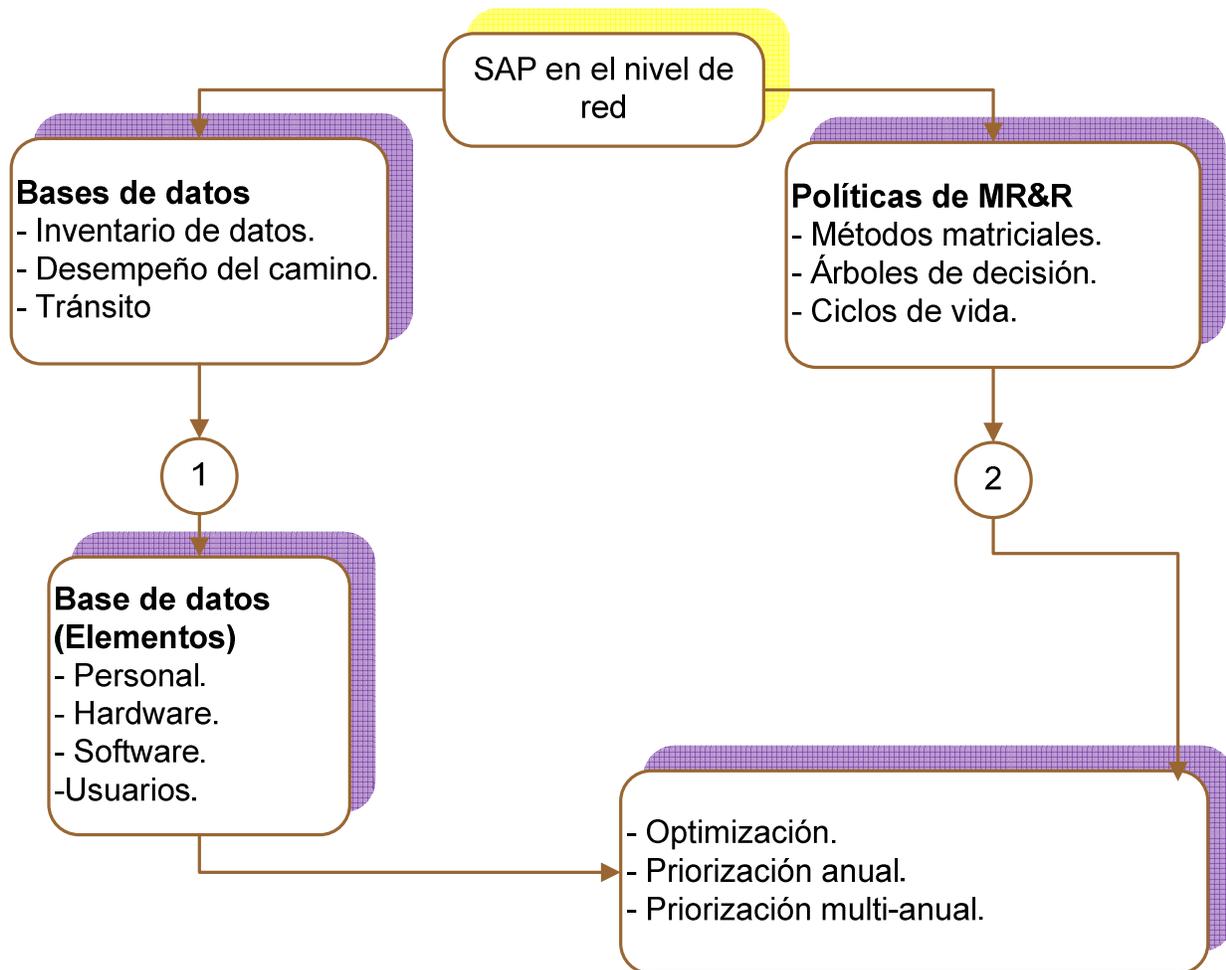


Figura 7 Sistema de administración de Caminos en el Nivel de Red.  
(Castro. P. 2014)

## Nivel de proyecto

Dentro del nivel de proyecto en un sistema de administración de pavimentos se evalúa o estudia

la opción de rehabilitación para una sección específica de camino, dada las condiciones disponibles del fondo y restricciones. Basados en la comparación de alternativas de rehabilitación o reconstrucción al considerar fundamentalmente

critérios económicos por ciclos de vida; logrando determinar causas de deterioro actual y las

posibles estrategias de solución técnica factibles. (Castro. P, 2014)

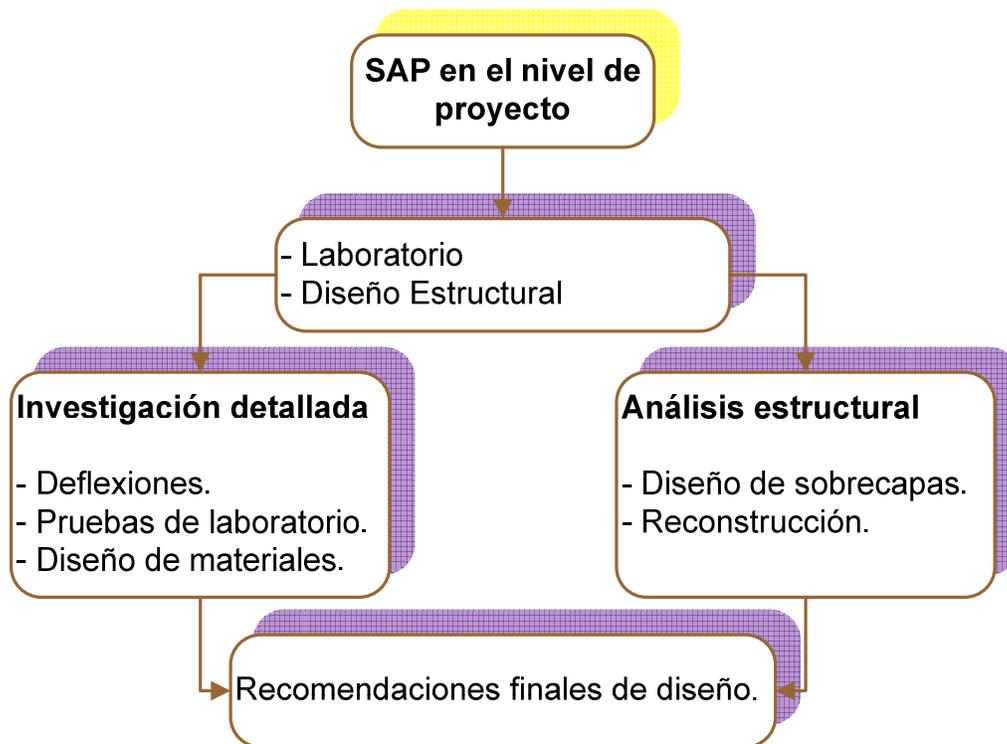


Figura 8 Sistema de administración de caminos en el nivel de proyecto. (Castro. P. 2014)

Como se mencionó anteriormente, un Sistema de Administración de Caminos tiene como propósito principal establecer los requerimientos de programación y acciones de intervención necesarios en un camino, para lograr esta estructuración de procesos es necesario el diseño de mecanismos de respuesta.

## Inventario de la red

Información concerniente a la actual condición de los caminos de la red, cuyos datos son de carácter permanente que solo cambian cuando se realizan actividades muy localizadas es decir trabajos no habituales que cambian las condiciones de los caminos.

Al realizar las inspecciones de los caminos es importante contar con una

herramienta de almacenamiento de información, que facilite al inspector el proceso de recolección de datos. Los siguientes son los aspectos más importantes por anotar en la ficha de inspección.

- Localización.
- Tipo de camino.
- Longitud.
- Tipo de pavimento y espaldones.
- Espesor de las capas integrantes del pavimento.
- Geometría del pavimento (número de carriles, ancho).
- Condiciones ambientales.
- Registro de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción (historial).
- Secciones estructurales y geometría.

(Tesis, Leiva. F. 2005)

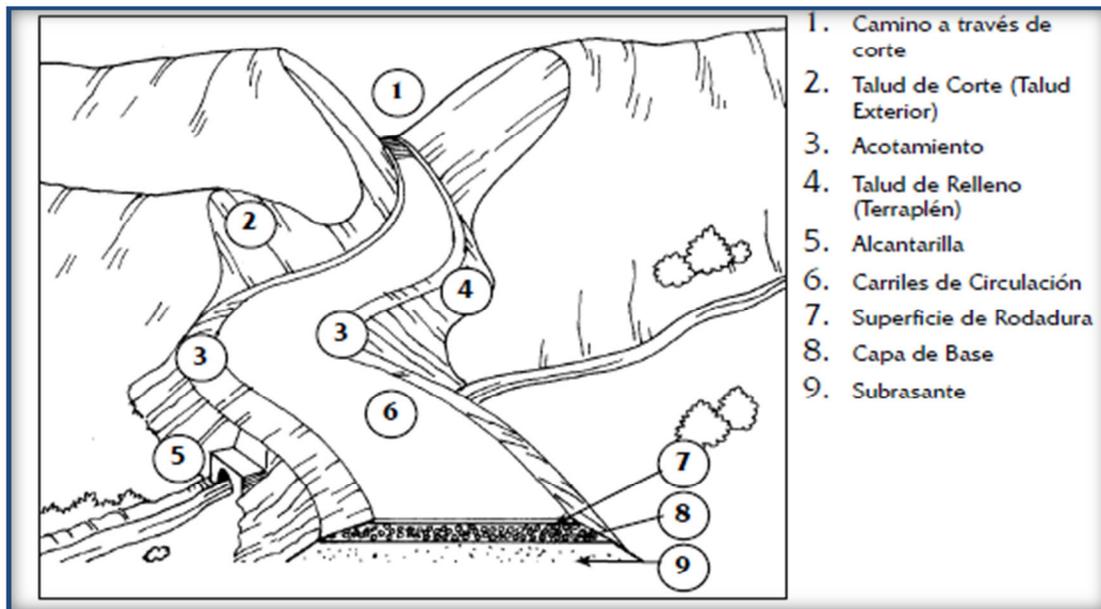
## Caminos de penetración

Brecha de acceso a algún predio dominante donde se realizará la construcción de torre de transmisión eléctrica, las condiciones o características del pavimento dependerán de la morfología y topografía de la zona, al construirse con la finalidad de soportar la maquinaria que debe de ingresar donde se localizará la torre, con un diseño al adoptar criterios de resistencia, seguridad y uniformidad según las condiciones o funcionalidad del camino. (Gordon Keller & James Sherar. México. 2005)

## Compones de Caminos de Penetración

Dentro de un estudio de condiciones de los caminos de penetración se debe de conocer o bien reconocer los componentes en los que se encuentran estos accesos, de acuerdo con la topografía y morfología de la zona. Esto es importante ya que nos permite determinar las causas posibles de deterioro y a su vez la solución óptima del problema, en la ilustración 1 se muestra esquemáticamente ciertos componentes topológicos presentes en los caminos.

Ilustración 1 Componentes del camino.



Fuente: (Gordon Keller & James Sherar. México. 2005)

Al determinar en sitio los componentes característicos de los caminos de penetración, se procesó a la justificación de las posibles causas de daño que han provocado el deterioro de la vía, sin embargo para lograr establecer con respaldo técnico las causas del deterioro la persona competente que ejecuta la evaluación debe tener claro los términos que definen o describen un camino por tramos o secciones críticas según la tipología del sitio evaluado. (Gordon k & James S. 2005)

## Acotamiento

Espaciamiento en condiciones pavimentadas o no pavimentadas a lo largo del borde de la calzada. Un acotamiento exterior está junto al talud de un terraplén, mientras un interior está justo antes del corte en talud. (Gordon K & James S.2005)

## Ancho del terraplén

Distancia del ancho de la superficie de ruedo en la que se desplazan los vehículos incluye los acotamientos, medidos en la parte superior de la subrasante. (Gordon K & James S. 2005)

## Ancho total del camino

Es la distancia del ancho total en el que se interviene el camino, es decir el espacio del terreno afectado por la construcción del acceso, desde la parte superior del corte en talud hasta el pie del relleno o de la zona con pendientes uniformes. (Gordon K & James S. 2005)

## Berma

Espacio de roca, suelo, asfalto u otro material granular colocado generalmente a lo largo del borde exterior del acodamiento del camino, utilizado para controlar la erosión por efecto de ingreso del agua a la superficial de rodamiento, encauzándola a zonas o puntos específicos de evacuación. (Gordon K & James S. 2005)

## Camino a través de corte

Espacio del camino que se necesita realizar un corte a través de un talud de una ladera, o bien de una loma donde el corte en talud debe de realizarse en ambos lados del acceso. (Gordon K & James S. 2005)

## Camino sobre terraplén

Es aquella sección del camino que se necesita realizar un relleno con material de cantero o tajo, por problemas topográficos de segmento, en este camino se dan taludes de terraplén a ambos lados de la calzada. (Gordon K & James S. 2005)

## Carriles de circulación

Es la sección del camino destinada para la circulación de los vehículos, si es un camino con

ancho de vía amplios también se considera como parte de los carriles de circulación los espaldones. (Gordon K & James S. 2005)

## Contrafuerte

Elemento estructural diseñado y construido para resistir esfuerzos producidos por empujes laterales. Estas estructuras por lo general se construyen con base en enrocamiento de protección, gaviones o suelo drenado, para soportar el pie de un talud en una zona inestable. (Gordon K & James S. 2005).

## Cuneta

Método necesario para la conducción de las precipitaciones presentadas en la zona hacia puntos de evacuación ya sean ríos o quebradas, mediante un sistema de canalización o zanjeo poco profundo a lo largo del camino localizada por lo general en el borde interior, sin embargo se puede dar en el exterior o ambos lados del camino eso dependerá de los requerimientos o condiciones topográficas. (Gordon K & James S. 2005)

## Derecho de vía

Espacio físico del terreno sobre el que se construyen los caminos, líneas de transmisión eléctrica entre otras. Por disposición de la ley son creadas por el legislador tomando en cuenta la situación de los lugares, el interés general, el privado y otras circunstancias especiales. (Ramírez. O. 2014)

## Estructura de retención o de contención

Sistema constructivo utilizado para evitar o resistir desplazamientos laterales del suelo, agua u otro tipo de material granular existente en el camino. Son empleados como soporte de la superficie de rodamiento o bien para ganar anchura en el acceso en terrenos irregulares. Son sistemas que se implementan con muros de

gaviones, concretos reforzados, encofrados de madera o tierra estabilizada mecánicamente como con concreto lanzado.

## Pendiente

Diferencia de elevación presente en la superficie de rueda en el camino, es decir inclinación de la rasante a lo largo de su alineamiento. Esta diferencia de elevación es expresada en porcentajes en función de la distancia recorrida.

En manera práctica una pendiente de +3% indica una ganancia de 3 unidades de medición en elevación por cada 100 unidades de distancia recorrida medida. (Gordon K & James S. 2005)

## Relación de talud

La relación de talud es una expresión matemática que expresa la distancia horizontal en función del ascenso vertical. La forma de darse o representarse en forma práctica es por ejemplo 3:1 (3 m horizontales por cada 1 m de ascenso o descenso vertical). (Gordon K & James S. 2005)

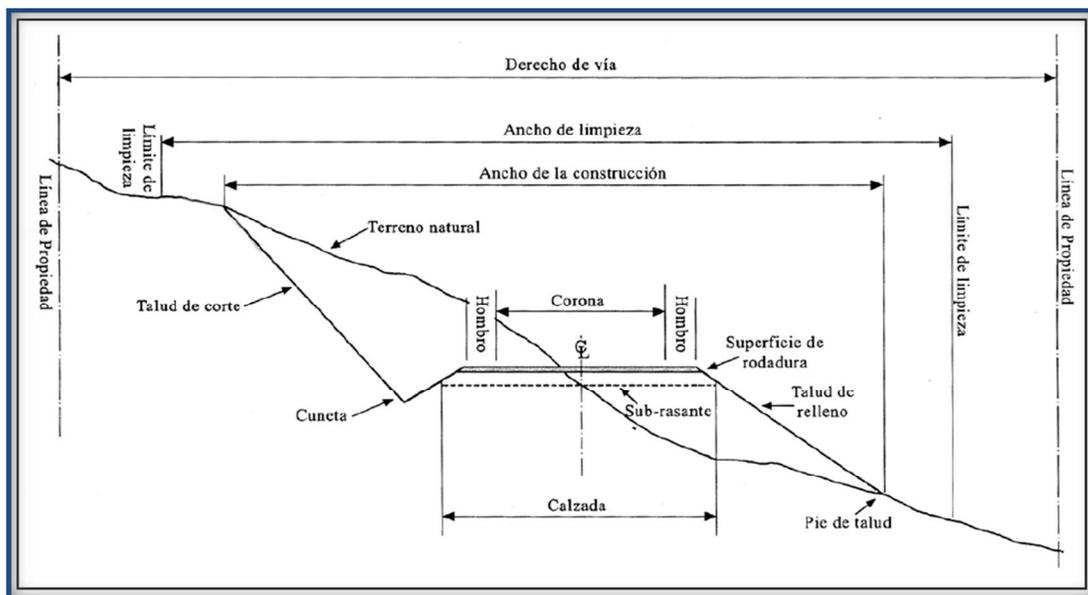
## Relleno reforzado

Relleno con funciones estructurales ya que se le incorpora o implementa refuerzo al trabajar con tensión mediante el contacto por fricción con el suelo circundante, con el objetivo de mejorar la estabilidad y la capacidad de carga. Estos sistemas son formados desde una simple vegetación hasta tiras metálicas, emparrillado de acero, geomallas de polímeros y geotextiles. (Gordon K & James S. 2005)

## Tierra estabilizada mecánicamente (suelo reforzado, tierra armada)

Los suelos reforzados o estabilizados mecánicamente son un tipo de estructura de retención formada con material de reforzamiento ubicado en capas entresuelo compactado o agregado. Entre los materiales reforzados usados comúnmente se encuentran geotextiles, geomallas, mallas soldadas y tejidas, franjas de metal. (Gordon K & James S. 2005)

Ilustración 2 Características de los caminos de penetración. (Sección transversal)



Fuente: (Gordon Keller & James Sherar. México. 2005)

## Sección estructural de caminos

Sistema estructural integral de las capas de subrasante (suelo existente), subbase, base y carpeta es decir revestimiento superficial colocado encima de la rasante; destinadas a sostener las cargas vehiculares. (*Manual Centroamericano para diseño de Pavimentos. 2002*)

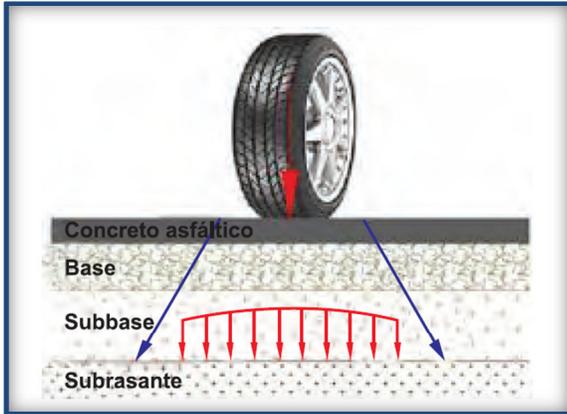


Ilustración 3 Sección típica de Pavimento.  
(Ulloa. A. LanammeUCR. 2011 ).

### Subrasante

La subrasante es la capa preparada y compactada en la que se apoya la estructura del pavimento, este extracto es suelo natural que puede ser estabilizado con (cal, cemento, puzolanas o mezclas con químicos). (*Manual Centroamericano para diseño de Pavimento. 2002*).

### Sub-base

Capa de la estructural del pavimento con el objetivo de soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de subrasante la puede soportar absorber las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la subbase. Esta capa debe de tener características para controlar los cambios

de volumen y elasticidad que son condiciones que afectan la durabilidad del pavimento.

La subbase es utilizada con la finalidad de darle conducción al agua trabajando como drenaje, además del control de ascenso capilar en el pavimento. Por lo general se utilizan materiales granulares con gran resistencia a la abrasión. (*Manual Centroamericano para diseño de Pavimento. 2002*).

### Base.

Es la capa de pavimento que tiene como función primordial, distribuir y transmitir las cargas ocasionales por los vehículos que circulan en el camino, a la subbase y a través de esta a la subrasante, soporte la capa de rodadura. Existen bases granulares y bases estabilizadas

**Bases granulares.** Material constituido por piedra de buena calidad, triturada y mezclada con material de relleno o bien por una combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural.

**Base estabilizada.** Capa combinada con piedra o grava triturada, combinada con material de relleno, mezclado con materiales o productos estabilizadores, preparada y constituida aplicando técnicas de estabilización y resistencia, para construir una base integrada del pavimento destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito, a la capa de subbase. Dentro de los sistemas de bases estabilizadas tenemos las de cemento Portland, cal, materiales bituminosos entre otros, cada uno con los requerimientos y procedimientos establecidos por las normas nacionales e internacionales. (*Manual Centroamericano para diseño de Pavimento. 2002*).

### Carpeta

Capa que se coloca sobre la base. Protege la estructura del pavimento, al impermeabilizar la superficie, para evitar filtración de agua de lluvia que podría saturar las capas inferiores; evitar la desintegración de las capas subyacentes a causa del tránsito de vehículos. (*Manual Centroamericano para diseño de Pavimento. 2002*).

## Materiales para pavimentos

Como se mencionó anteriormente la subrasante, subbase y la base de la estructura del pavimento, están constituidas por materiales granulares y del suelo, ya sea del sitio de construcción del camino como de otros que por su características físicas son mezclados con grava para aumentar la capacidad resistente y su plasticidad.

La importancia para el diseño de una estructura de pavimentos, es determinar la capacidad de soporte de cada una de las capas que lo componen, para pavimentos flexibles se determina según el módulo de rigidez y para pavimentos rígidos por el módulo de reacción en la capa de apoyo de la losa. Sin embargo, existen otros ensayos importantes de evaluación como se muestra en el siguiente cuadro. (Castro. P 2014)

Tabla 1 Ensayos de Evaluación en materiales granulares y suelo.

Objetivo de Ensayo	Tipo de Ensayo
<b>Clasificación AASHTO</b>	Límites de Atterberg
	Granulometría
<b>Control de densidad de campo</b>	Próctor estándar para sub-rasante
	Próctor modificado para base y sub-base
<b>Capacidad de soporte por métodos empíricos</b>	Índice de soporte de California (CBR)
<b>Durabilidad para bases y sub-bases</b>	Ciclos de humedecido y secado
	Abrasión en máquina de Los Ángeles

Fuente: Castro. P. 2014.

## Compactación de materiales granulares

La compactación de la sub-rasante, sub base y base granular determina, directamente, la resistencia a la deformación (módulo resiliente y

módulo de reacción en la capa de apoyo). La metodología de compactación más apropiada para modelar cada tipo de material en el laboratorio se observa en la siguiente tabla. (Castro. P 2014)

Tabla 2 Método de ensayo por realizar en función de estructura del pavimento.

Capa	Método de ensayo
<b>Sub-rasante</b>	Proctor estándar
<b>Sub-base</b>	Proctor modificado
<b>Base</b>	Proctor modificado

Fuente: Castro. P. 2014.

El ensayo Proctor permite identificar el contenido de humedad con el cual se puede compactar, de manera óptima, el material suelto. Adicionalmente, es factible determinar el valor de la máxima densidad seca (parámetro para el control de los trabajos de campo).

Los ensayos de compactación estudian la influencia que ejerce el contenido inicial de agua en el suelo. A contenidos de humedad crecientes, partiendo de valores bajos, se obtienen densidades secas mayores y, por lo tanto, mejor compactación de suelo, pero esta tendencia no se mantiene indefinidamente, sino que al pasar la humedad de un cierto valor, las densidades secas disminuyen, al resultar peores compactaciones. Es decir, que existe una humedad inicial denominada humedad óptima, que produce la densidad seca máxima que puede lograr la mejor compactación del suelo. (Fernández. S. 2013).

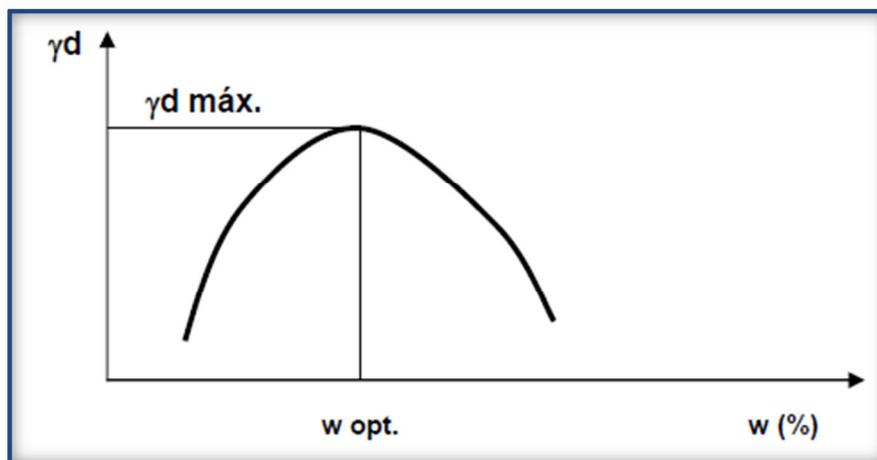
La diferencia entre el método estándar y modificado es que el primero de ellos es realizado bajo una energía de compactación menor a la del modificado. Esto se refiere a que el material es compactado con un mazo de menor peso, menor caída libre y por ende menor energía que el método modificado en el cual, el espécimen se compacta con un mazo de mayor peso y una caída libre mayor. Otra de las

diferencias entre dichos métodos es que el número de capas con las cuales la muestra es compactada en el ensayo Proctor estándar es menor (3 capas) al modificado (5 capas) al contribuir esto a una compactación más eficiente y una exigencia del material aún mayor en el método de compactación modificado. Los resultados de las pruebas de compactación se grafican en curvas que relacionan la densidad seca versus el contenido de agua llamadas curvas de compactación. (Fernández. S. 2013).

## Objetivos de la compactación

- Determinar la densidad seca máxima que puede alcanzar un material así como la humedad óptima correspondiente a la cual debe realizarse la compactación.
- Determinar el grado de compactación alcanzado por el material durante la construcción o cuando ya se encuentran construidos los caminos, relacionado la densidad seca obtenida en campo con la densidad seca máxima en el laboratorio bajo condiciones ideales. (Fernández. S. 2013)

Ilustración 4 Curva de compactación teórica



Fuente: (Fernández. S. 2013).

## Consideraciones Generales

- El control de obras (control de calidad) se realiza a través de mediciones con núcleos o densímetro nuclear (calibrado con la extracción de núcleos). (Catro.P.2014)
- Para materiales de base y sub-base se requiere que la densidad de campo sea de al menos el 95 % de la densidad máxima. (Catro.P.2014)
- El ensayo de CBR para materiales granulares de base y sub-base se realiza con el 95 % de la densidad máxima. De manera que en realidad se está midiendo el mínimo deseado en capacidad de soporte. (Catro.P.2014)
- El éxito para lograr una densidad de campo de acuerdo con los requisitos de compactación mínima está en el monitoreo del porcentaje de humedad y, naturalmente, la uniformidad de los materiales. (Catro.P.2014)

## Chequeo de compactación en campo (método de cono de arena)

El poder conocer la densidad que posee un suelo en terreno o en su estado natural, fue una de las necesidades que motivaron para implementar métodos empíricos. Se realiza esta determinación para comprobar el grado de compactación en rellenos compactados artificialmente. (Fernández. S. 2013)

Es muy útil en el caso de suelos sin cohesión (gravas y arenas), los cuales, por lo general no permiten obtener muestras inalteradas, y por medio de la densidad in situ se puede reproducir el suelo natural en la densidad natural a partir de una muestra alterada. (Fernández. S. 2013)

Existen diferentes procedimientos, entre ellos el densímetro nuclear y el método del cono de arena, los cuales consisten en realizar un orificio en el suelo, determinar el peso seco del material y el volumen que dicho material ocupaba. Entre otros métodos tradicionales se encuentran: el Método del Balón de goma, el de los Bloques, el de Sumergir en Parafina y otros

más en donde todos coinciden en la forma de obtener del suelo natural su peso seco, pero difieren en la determinación de su volumen. (Fernández. S. 2013)

El objetivo de los chequeos de compactación en campo es determinar la densidad seca y la humedad a la cual un material fue compactado en obra. La densidad seca obtenida en campo es comparada con la densidad seca máxima en el laboratorio con el fin de obtener el % de compactación el cual, según el CR-2002 debe ser de 95%. (Fernández. S. 2013)

Difícilmente, un material compactado en campo puede llegar a tener una densidad seca mayor a la densidad seca máxima obtenida en el laboratorio. Esto porque, las variables que influyen en el campo tales como los equipos, sus operadores, el método de compactación seleccionado (vibratorio o estático), el material seleccionado, su granulometría o calidad, las condiciones ambientales bajo las cuales se realiza la compactación, entre otros provoca grandes diferencias las cuales en un proceso de compactación eficiente deben ser mínimas. Por su parte la densidad seca máxima de laboratorio será mayor a la de campo ya que es realizada bajo condiciones de laboratorio controladas e ideales lo que comúnmente es reflejado cuando se comparan ambas densidades (campo contra laboratorio). (Fernández. S. 2013)

## Modulo Resiliencia (Mr)

Es un ensayo dinámico y de repetición de carga que demuestra el comportamiento y lo que sucede debajo de los pavimentos en lo que respecta a tensiones y deformaciones. Consiste en la razón de esfuerzo aplicado a deformación unitaria recuperable. (Castro. P. 2014)

En la siguiente tabla se muestra algunas consideraciones generales que se deben de tomar en cuenta para el cálculo del módulo resiliente, como el equipo por utilizar, la carga empleada, los lapsos de tiempo y las restricciones en las que el ensayo debe de tomar en cuenta para su debido proceso de ejecución de la prueba. (Castro. P. 2014).

Tabla 3 Consideraciones generales del ensayo del módulo resiliente.

Condiciones	Características
Equipo de Medición	Mediante máquina triaxial. Al aplicar una presión horizontal confinante, con un esfuerzo desviador vertical.
La Carga de aplicación	Carga haversiana con períodos de carga de 0,1 s, seguidos por períodos de reposo por 0,9 s.
Deformación Unitaria	Medidas con mucha presión y usadas para el cálculo del módulo resiliente.
Restricciones	La magnitud máxima de esfuerzo aplicado debe de estar dentro de un rango aproximadamente elástico.

Fuente: Castro. P. 2014

## Valor soporte California (CBR AASHOTO T-193)

El CBR es un ensayo que permite determinar parámetros empíricos que se correlacionan con el módulo resiliente. Es el método más común y más económico, sin embargo no es el más apropiado. (Castro.P.2014)

Consiste en comparar la resistencia de un material a la penetración, en términos relativos con respecto de un patrón (piedra triturada). Se expresa en términos porcentuales y es un esfuerzo aplicado para lograr una penetración dada. (Castro.P.2014)

Una de las herramientas de importancia del CBR es la curva de esfuerzos vrs penetración, pues grandes incrementos de deflexión, con poco aumento de esfuerzo, se asocian con la compresión de cavidades vacías, y requiere corrección. El ensayo busca cuantificar la resistencia a la deformación del esqueleto sólido resistente, al considerar que está densificado. (Castro.P.2014)

## Materiales estabilizados

El propósito de una estabilización, es incrementar la capacidad de soporte de la base en la estructura de pavimento, cuyo objetivo de la mecánica de estabilización es formar criterio de selección del tipo y cantidad de agente estabilizante. (Castro.P.2014)

Algunas razones por las que se debe de estabilizar un estrato de la estructura del pavimento son:

- Pobres condiciones de sub-rasante.
- Materiales marginales, ej. con alta plasticidad o baja resistencia a la abrasión.
- Control de polvo.
- Control de humedad.
- Reciclaje de pavimentos deteriorados.
- La construcción de bases de mayor rigidez determina un incremento en capacidad de resistir el agrietamiento por fatiga en capa asfáltica de superficie.

La selección del agente estabilizador más apropiado depende del uso, y del tipo de material granular. La cantidad de agente estabilizador es determinada mediante pruebas de laboratorio, que simulan las condiciones de campo por intemperismo, o de carga aplicada. En algunos casos la estabilización puede ser menos cara que las acciones de mejoramiento de suelos por densificación, adición de rellenos o acarreo de agregados. (Castro.P.2014)

## Mecánica de estabilización

El agente estabilizador más común es el cemento Portland, que ha sido usado para mejorar las condiciones de soporte en capas de base con gravas, así como para estabilizar suelos naturales. Puede usarse en suelos granulares, suelos limosos y algunas arcillas, pero no en materiales orgánicos. El porcentaje de aplicación oscila entre 5 y 20 %, al depender del tipo de material (materiales finos y plásticos requieren mayores contenidos de cemento).

La cal hidratada también ha sido usada, dado que las reacciones puzolánicas permiten obtener compuestos cementantes como silicatos

y aluminatos. Muy eficiente cuando se usa con materiales arcillosos y limo-arcillosos. Generalmente se requieren cantidades entre 5 y 10 %. *(Castro.P.2014)*

La estabilización con emulsión asfáltica (mezcla de 60 - 70 % de ligante asfáltico, 30 - 40 % de agua y 1 - 3 % de agente emulsificante) permite impermeabilizar capas granulares, para minimizar o detener la absorción de agua. Adicionalmente permite incrementar la capacidad de soporte (adhesión ligante residual agregado y cohesión del ligante residual). La cantidad de emulsión aplicada oscila entre 4 y 10 %.*(Castro.P.2014)*

## **Estabilización con cemento Portland**

Bases tratadas con cemento han sido usadas en miles de kilómetros de carreteras de importancia estratégica, al igual que en calles de menor importancia, caminos de bajo volumen de tránsito y áreas de parqueo. Más recientemente, el tratamiento con cemento ha sido efectivo en reciclaje y reconstrucción de viejos pavimentos, o pavimentos que soportan cargas pesadas provenientes de vehículos industriales. *(Castro.P.2014)*

Muchos de los pavimentos con bases estabilizadas con cemento tienen capas de base con un espesor aproximado de 150 mm, el cual es adecuado para caminos secundarios y calles residenciales. En tanto que una de base estabilizada con cemento entre 175 a 200 mm suele ser aplicada en caminos primarios y caminos secundarios de alto tránsito. Espesores de 230 mm o mayores están siendo usados para soportar vehículos pesados. *(Castro.P.2014)*

Un material granular o suelo tratado con cemento es aquel al cual se le ha agregado cemento y agua para mejorar sus cualidades naturales y hacerlo más estable (mayor capacidad de soporte). Aunque hay varios tipos de materiales tratados con cemento, existen dos categorías principales asociadas con la construcción de carreteras:

- Material estabilizado con cemento.
- Material mejorado con cemento.

Una estabilización con cemento se refiere a una mezcla de suelo o agregado pulverizado,

cemento Portland y agua, el cual, debido a la hidratación, se convierte en un material de pavimento fuerte y durable. Contiene suficiente cemento (usualmente mayor al 3% por peso de suelo) para pasar las pruebas de durabilidad y suficiente humedad para obtener una densidad seca máxima, al dar como resultado un incremento significativo en la resistencia mecánica. El suelo-cemento es ocasionalmente conocido como base tratada con cemento o agregado estabilizado con cemento. *(Castro.P.2014)*

El material mejorado con cemento (1 – 3 %) contiene menos cantidad de cemento que la estabilización (5 – 20 %), al dar como resultado mezclas menos resistentes (no aptas para el ensayo de compresión uniaxial). Típicamente hay un mejoramiento en las propiedades de la subrasante, como reducir el límite líquido o incrementar el límite plástico; lo cual redundaría en uniformidad de capacidad de soporte a lo largo del año y capacidad de soporte (incremento en CBR). *(Castro.P.2014)*

## **Propiedades de los materiales estabilizados con cemento**

### **Características de compactación**

La adición de cemento generalmente causa un cambio en el contenido óptimo de agua y en la densidad máxima seca para un esfuerzo de compactación dado. La acción floculadora del cemento tiende a determinar un incremento en el contenido óptimo de agua y un decremento en la máxima densidad. *(Castro.P.2014)*

### **Resistencia**

La resistencia de una estabilización con cemento puede variar desde menos de 10 psi a más de 2000 psi (de 1 a 15000 kPa), al depender de factores como tipo de material, contenido de cemento, y condiciones de curado. En general las mayores resistencias están asociadas con mezclas preparadas con agregados poco cohesivos; a menos plasticidad del suelo, menos es la deformación a la falla. *(Castro.P.2014)*.

## Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión encofinada es probablemente la forma más viable para medir la efectividad de la estabilización con cemento. Esta puede ser tan baja como 200 psi (1400 kPa) para un material estabilizado con cemento de grano fino. La resistencia a la compresión del material estabilizado con cemento, al igual que la del concreto hidráulico varía, con el tiempo. (Castro.P.2014)

## Capacidad soporte (CBR)

Existe una relación entre el CBR y la resistencia a la compresión inconfiada, aunque difiere para materiales de grano fino y los materiales granulares, probablemente como resultado de la incertidumbre asociada con la aplicación del ensayo de CBR a suelos de agregado grueso. (Castro.P.2014)

## Fatiga

Materiales estabilizados con cemento son susceptibles a la falla por fatiga dada una aplicación repetitiva de esfuerzo. La fatiga en flexo-tracción es de gran interés por la relevancia de dicho tipo de deterioro con la falla funcional o estructural del pavimento. Algunas observaciones concernientes a fatiga de materiales estabilizados con cemento son:

- La vida a la fatiga es más corta bajo esfuerzos de tensión directa que en compresión.
- La fatiga por flexión se ve reducida muy significativamente por niveles de esfuerzo menores al 50% de la resistencia por flexión. (Castro.P.2014)

## Contracción

Materiales estabilizados con cemento presentan contracción durante el curado y secado, al depender del contenido de cemento, tipo de material, contenido de agua, grado de compactación y condiciones de curado. Cierta agrietamiento por contracción debe ser

considerado inevitable. Observaciones de campo indican que el agrietamiento puede ser apreciable en espaciamentos que van desde 3 a 6 m. Menores espaciamentos se deben usualmente al alto contenido de arcilla en el suelo. (Castro.P.2014)

## Ensayos de laboratorio para materiales estabilizados con cemento

Las pruebas y procedimientos que a continuación se describen se refieren a la técnica de estabilización en general (cal, cemento, emulsión asfáltica). (Castro.P.2014)

Los ensayos de laboratorio para materiales estabilizados son parte integral de los procedimientos de estabilización. Los ensayos son el primer requisito para mostrar si la estabilización es apropiada o no. Muchos de los métodos de diseño, teóricos o empíricos, toman en consideración las propiedades de durabilidad y resistencia de los materiales aplicados en el correspondiente paquete estructural (toda consideración de fatiga debe basarse al menos parcialmente en la valoración mecánica ante condiciones reales de carga). (Castro.P.2014)

Las clases generales de ensayos que proveen información útil para la selección del tipo y cantidad de estabilizador incluyen:

- Determinación de humedad (\*).
- Determinación de densidad seca máxima (\*).
- Ensayos de resistencia. Muy frecuentemente compresión inconfiada.
- Ensayos de durabilidad. Ciclos de humedecido secado, con determinación de porcentajes de pérdida de masa.

(\*). Con referencia al ensayo Próctor se determina la densidad seca máxima y el contenido óptimo de humedad. (Castro.P.2014).

## Selección de contenido de cemento

En la siguiente tabla se listan los contenidos de cemento preliminares, por considerar para varios tipos de materiales clasificados de acuerdo con la AASHTO y el sistema unificado de suelos SUCS.

Además se presenta el contenido de cemento al que se deben realizar los ensayos de laboratorio

para suelos estabilizados (consideración de un rango de variación probable) (Castro.P.2014)

Tabla 4 Contenido de cemento con respecto de tipos de materiales

Clasificación AASHTO	Clasificación SUCS	Rango usual de cemento Requerido (%)		Contenido de cemento en ensayo de humedad-densidad (*) % por peso (%)	Contenido de cemento para ensayo de humecido-secado (*) % por peso (%)
		Porcentaje por volumen (%)	Porcentaje por peso (%)		
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM	5 a 7	3 a 5	5	3, 5, 7
A-1-b	GM, GP, SM, SP	7 a 9	5 a 8	6	4, 6, 8
A-2	GM, GC, SM, SC	7 a 10	5 a 9	7	5, 7, 9
A-3	SP	8 a 12	7 a 11	9	7, 9, 11
A-4	CL, ML	8 a 12	7 a 12	10	8, 10, 12
A-5	ML, MH, CH	8 a 12	8 a 13	10	8, 10, 12
A-6	CL, CH	10 a 14	9 a 15	12	10, 12, 14
A-7	OH, MH, CH	10 a 14	10 a 16	13	11, 13, 15

**Fuente: US Department of Transportation; soil and base stabilization and associated drainage consideration; 1992. (\*) Ensayo Próctor**

(Castro.P.2014)

## Concreto asfáltico

La mezcla de concreto asfáltico puede ser producto de una operación de mezclado en caliente (ligante asfáltico aplicado como cemento asfáltico) o en frío (ligante asfáltico aplicado como emulsión asfáltica). Es muy usada en proyectos de pavimentación por la facilidad de producción y colocación, así como por la facilidad en la aplicación de acciones de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción. (Castro.P.2014).

La mezcla asfáltica de producto terminado debe ser diseñada con una volumetría consistente en 80 – 85 % de agregado (volumen efectivo), 8 – 12 % de ligante asfáltico (volumen) y 3 – 9 % de aire (volumen). Lo anterior con el propósito de que los siguientes elementos se presenten:

- Esqueleto resistente a partir de trabazón del agregado (contacto interparticular en función de la distribución de tamaños, dureza y forma del agregado). Este es el principal elemento de la estabilidad (resistencia a la deformación plástica). (Castro.P.2014).
- Película de ligante asfáltico alrededor del agregado (recubrimiento de 5 a 20 micrómetros de espesor). Este es el principal elemento de durabilidad (resistencia al daño por humedad y al envejecimiento por pérdida de volátiles y oxidación). Adicionalmente determina un aporte marginal a la estabilidad (cohesión del ligante y adhesión ligante – agregado) y una moderada contribución al agrietamiento por fatiga. (Castro.P.2014).

- Contenido de aire (particularmente en cuanto a las cavidades no interconectadas con la superficie). Se requiere un contenido intermedio, de manera que sea lo suficientemente alto para permitir el desarrollo de resistencia al cortante (relacionado con la estabilidad) y lo suficientemente bajo para favorecer la durabilidad (resistencia al daño por humedad y a la fatiga). (Castro.P.2014).

## Diagrama de fases en mezcla asfáltica compactada

Se refiere a las proporciones por peso y volumen, para la mezcla asfáltica densificada (sea en laboratorio o en la capa asfáltica de producto terminado). Algunas consideraciones se presentan a continuación:

Volumen de agregado bruto = volumen de agregado efectivo + volumen de asfalto absorbido (Castro.P.2014).

Ilustración 5 Diagrama de fases en mezcla asfáltica compactada

Porcentajes por Volumen %		Porcentajes por Peso %	
Volumen de aire	<b>AIRE</b>	Peso de aire: 0	
Volumen de asfalto efectivo	<b>LIGANTE EFECTIVO</b>	Peso del ligante: $P_b$	
Volumen de asfalto absorbido	<b>LIGANTE ABSORBIDO</b>		
Volumen de agregado efectivo	<b>AGREGADO EFECTIVO</b>	Peso del agregado: $100 - P_b$	

Fuente: Castro. P. 2014

## Ensayo de laboratorio para módulo de rigidez

Módulo resiliente medido a la tensión diametral más apropiado para diseño estructural. Considera especímenes cilíndricos, con diámetro de 150 mm y altura de 75 mm. La carga es haversiana (carga por 0.1 s y reposo por 0.9 s), a un nivel máximo de 10 % de la resistencia a la tensión diametral. Se cuantifica luego de 50 a 100 repeticiones de carga. (Castro.P.2014).

Módulo dinámico. Considera especímenes cilíndricos, con diámetro de 100

mm y altura de 150 mm. La carga es cíclica (carga y descarga en aplicaciones sucesivas). (Castro.P.2014).

Nota: la rigidez del concreto asfáltico es función de la frecuencia de carga y la temperatura de ensayo, de manera que cada determinación es específica para condiciones de dichos parámetros. Ambos efectos se pueden superponer, para valoraciones más detalladas (desarrollo de curvas maestras: variación de rigidez a una frecuencia de carga dada para rangos de temperatura muy abiertos). (Castro.P.2014).

## Concreto hidráulico

El concreto hidráulico es un material compuesto por grava, arena, cemento y agua, cuya rigidez deriva de reacciones cementantes (cemento – agua – minerales) en una matriz de agregado grueso (aporte de volumen) y arena (relleno de vacíos / reducción de porosidad). (Castro.P.2014).

Presenta un módulo de rigidez de aproximadamente 10 veces la del concreto asfáltico. (Castro.P.2014).

Es muy susceptible al agrietamiento por contracción (durante el curado, si no hay control del contenido de agua) y cambios volumétricos (por eso requiere juntas, que son grietas controladas y selladas, en zonas con refuerzo por dobelas). Es adicionalmente, susceptible al ataque de sulfatos y carbonatación. (Castro.P.2014).

## Determinación de módulo de rigidez para losas de concreto hidráulico.

### Ensayos de interés

- *Módulo de ruptura ( $S_c$ )*. Medida de la resistencia a la flexo - tracción en vigas de 381 mm de largo, 76 mm de ancho y 76 mm de altura. Se determina con cargas aplicadas en tercios de la luz (determina una zona de momento flector constante en el centro del espécimen), a los 28 días de curado.
- *Resistencia a la compresión ( $f'c$ )*. Ensayo universal para la medición de la calidad y durabilidad del concreto. Se mide típicamente a los 7, 14 y 28 días (más común).
- *Ensayo de agrietamiento por fatiga*. Existe un ensayo de fatiga para vigas de concreto hidráulico, similares a las usadas en el ensayo de módulo de ruptura (la diferencia es un menor nivel de carga aplicada y la aplicación de cargas repetidas). El número de repeticiones para la falla se grafica contra la razón de esfuerzo aplicado / módulo de ruptura.

## Drenaje Superficial del Camino

Los drenajes superficiales en los caminos son unas de las obras más importantes en la evacuación de las precipitaciones, estas se encargan de conducir el agua que se acumula en el camino al evitar daños estructurales.

La localización y el diseño de las obras de drenaje tienen una gran importancia en el proyecto de vías terrestres, una mala localización o un mal diseño ocasionan graves problemas en el buen funcionamiento de un camino, pues la falla de una obra trae como consecuencia la interrupción del servicio de la vía en operación. La construcción de las obras de drenaje, dependerá en gran parte la vida útil, facilidad de acceso y vida útil del camino. (Peralta. J. Tesis. 2010)

## Tipos de Drenajes

Existen diferentes tipos de drenajes en donde sus características varían de acuerdo con el área hidráulica necesaria, también estas dependen de la topografía del terreno y la ubicación del cauce de los escurrideros. Existen obras de drenaje superficiales y subterráneas conocidas también como subdrenaje. Las obras de drenaje superficial se construyen sobre la superficie del camino o terreno, con funciones de captación, salida, protección y cruce. (Peralta. J. Tesis. 2010)

## Cunetas

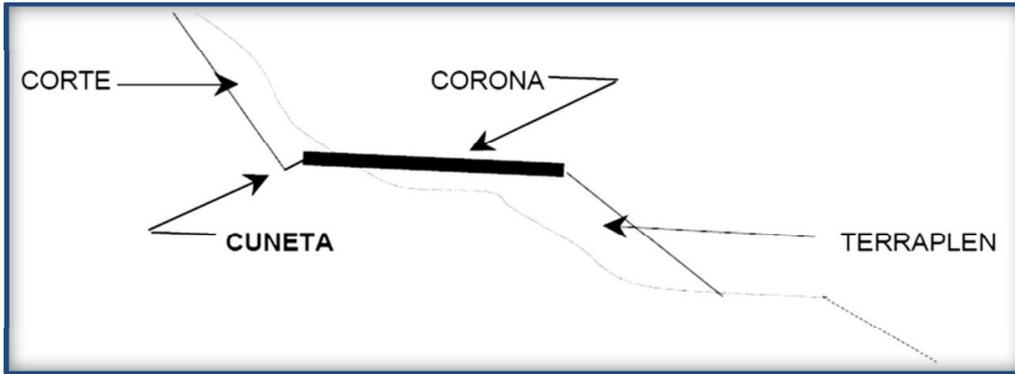
Las cunetas son zanjas que se hacen en uno o ambos lados del camino, con el propósito de conducir las aguas provenientes de la corona y lugares adyacentes hacia un lugar determinado, donde no provoque daños, su diseño se basa en los principios de los canales abiertos. Estas obras de drenaje se pueden presentar en dos tipos: en cortes en balcón donde hay cuneta en un solo lado y en cortes en cajón, donde hay cuneta en ambos lados.

La cuneta se dispone en el extremo del acotamiento, en contacto inmediato con el corte. Su situación le permite recibir los escurrimientos de origen pluvial propios del talud y los del área comprendida entre el coronamiento del corte y la

contracuneta, si la hubiere o el terreno natural aguas arriba del corte, si no hay contracunetas. También la cuneta puede recibir agua que haya caído sobre la corona de la vía, cuando la

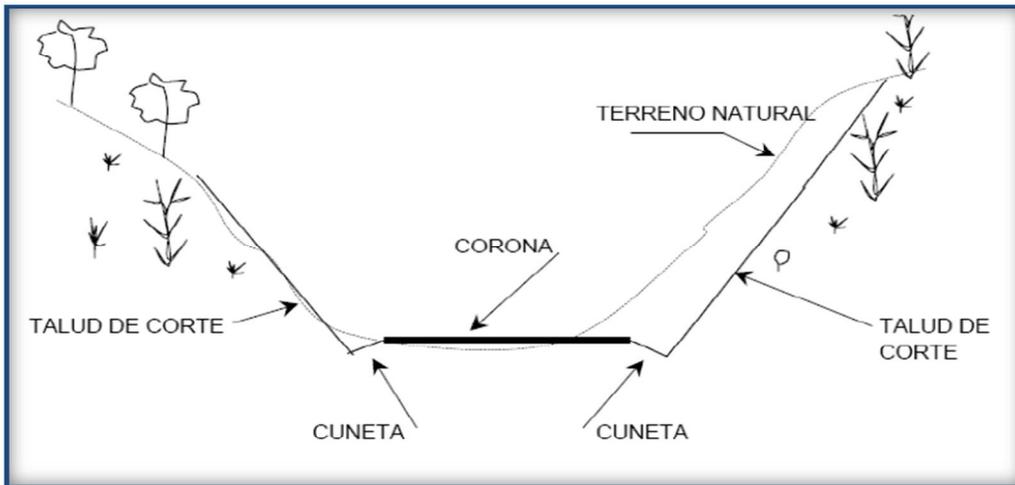
pendiente transversal de ésta tenga la inclinación apropiada para ello. (Peralta. J. Tesis. 2010).

Ilustración 6 Sección de Cuneta en Balcón



Fuente: Peralta J. Tesis 2010.

Ilustración 7 Sección de Cuneta Cajón

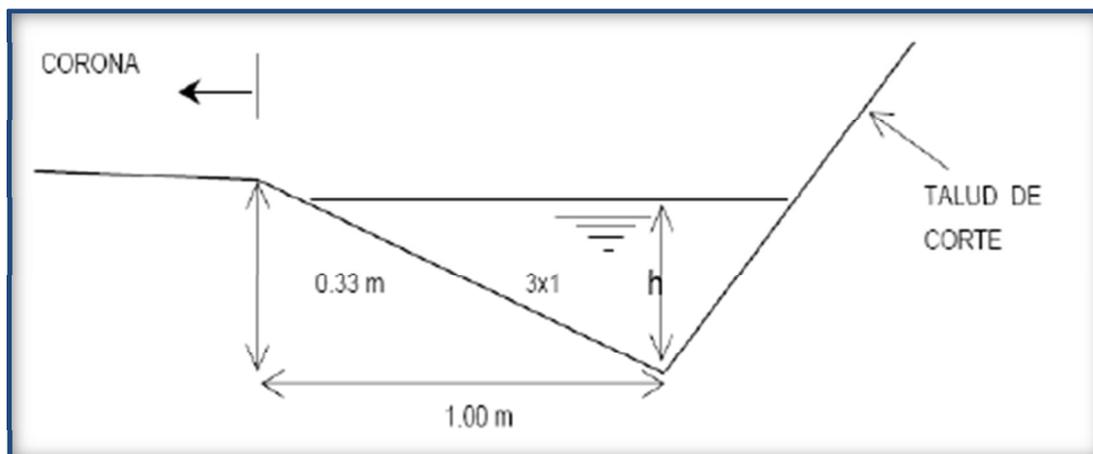


Fuente: Peralta J. Tesis 2010

La sección triangular es la más conveniente y fácil de construir; se conforma al terminar la capa sub-rasante y el trabajo puede

hacerse con niveladora. Su conservación es también la más sencilla. (Peralta. J. Tesis. 2010)

Ilustración 8 Cuneta de sección triangular típica.



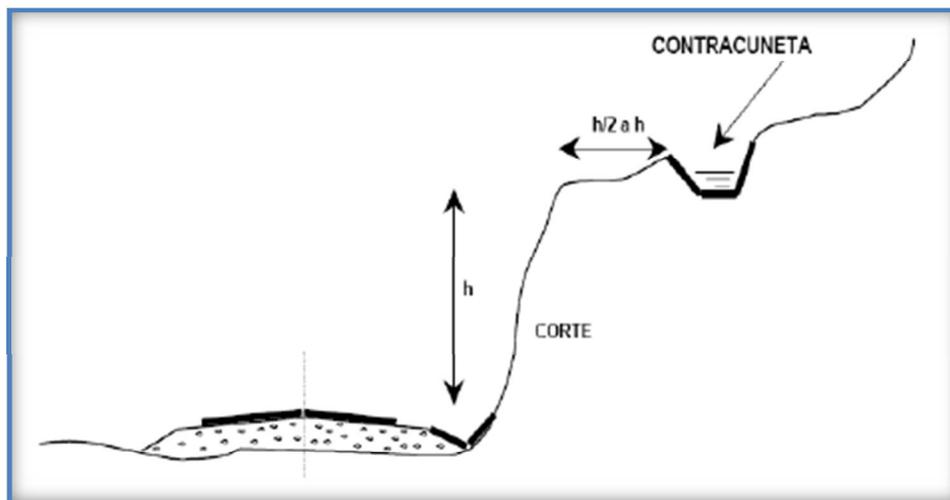
Fuente: Peralta. J. Tesis 2010

## Contracunetas

Son los canales excavados en el terreno natural o formados con pequeños bordos, que se localizan aguas arriba de los taludes de los cortes, con la finalidad de interceptar el agua superficial que

escurre ladera abajo desde mayores alturas, para evitar la erosión del talud y el congestionamiento de las cunetas y la corona de la vía terrestre por el agua y su material de arrastre (Ilustración 9 y 10). (Peralta. J. Tesis. 2010).

Ilustración 9 Ubicación de una contracuneta en el camino



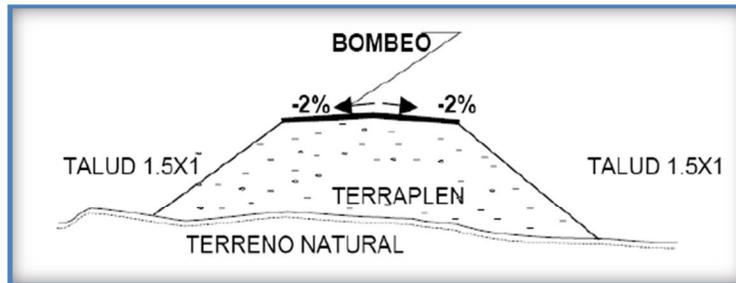
Fuente: Peralta. J. Tesis 2010

## Bombeo

Es la pendiente transversal que se da en las carreteras para permitir que el agua que directamente cae sobre ellas escurra hacia sus

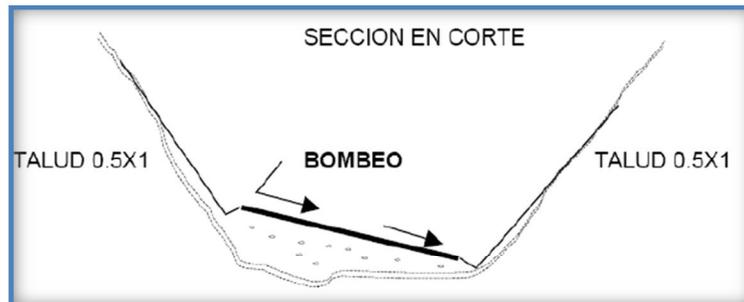
dos hombros. Constructivamente el bombeo se forma en la medida que el camino se va construyendo desde su terracería, hasta el pavimento. (Peralta. J. Tesis. 2010).

Ilustración 10 Bombeo en Tangente



Fuente: (Peralta. J. Tesis. 2010).

Ilustración 11 Bombeo en Curva



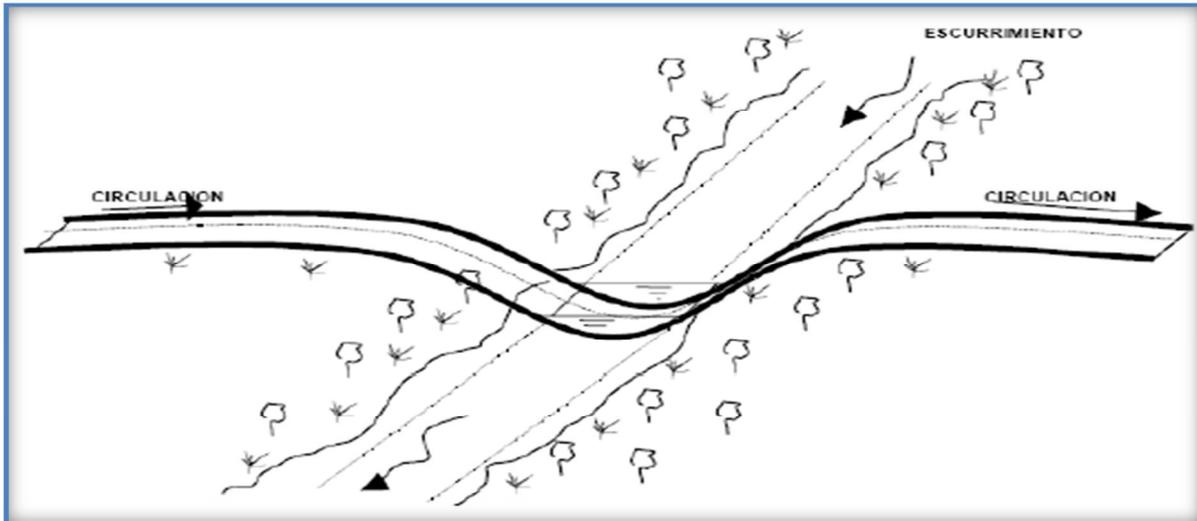
Fuente: (Peralta. J. Tesis. 2010).

## Vado

Es una solución como obra de drenaje no muy común en caminos de alto tráfico, sin embargo para caminos de penetración es una alternativa por solucionar los problemas de pasos de agua dejando que ésta continúe su curso de manera natural sin afectar su nivel de escurrimiento, es

decir, la carretera pasará en el nivel del agua al respetar su condición actual. Esta solución de drenaje es considerablemente barata y fácil de implementar, no obstante se debe de conocer el caudal de la quebrada y realizar estudios de hidrología para que no se vea interrumpido el paso de los vehículos en épocas lluviosas. (Peralta. J. Tesis. 2010).

Ilustración 12 Proyección de vado en un camino.



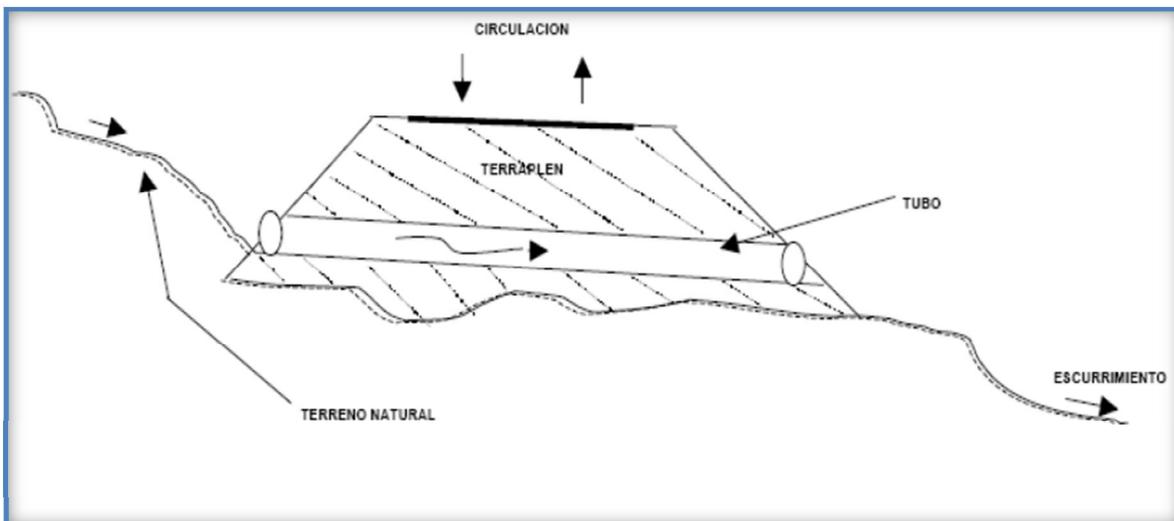
Fuente: (Peralta. J. Tesis. 2010).

## Tubos y Tubos Perforados

Su funcionalidad es similar a las obras de alcantarillado, también dan solución de drenajes que van implementados bajo las terracerías de la carretera que se va construir. Existen varios tipos de tubo como el de lámina corrugada, tubos de

sección circular con doble capa de cemento asfáltico, tubos de concreto y tubos desarmables intercambiables. El tubo va colocado transversalmente al camino y permite la continuidad del caudal existente. (Peralta. J. Tesis. 2010).

Ilustración 13 Proyección de tubo en terraplén



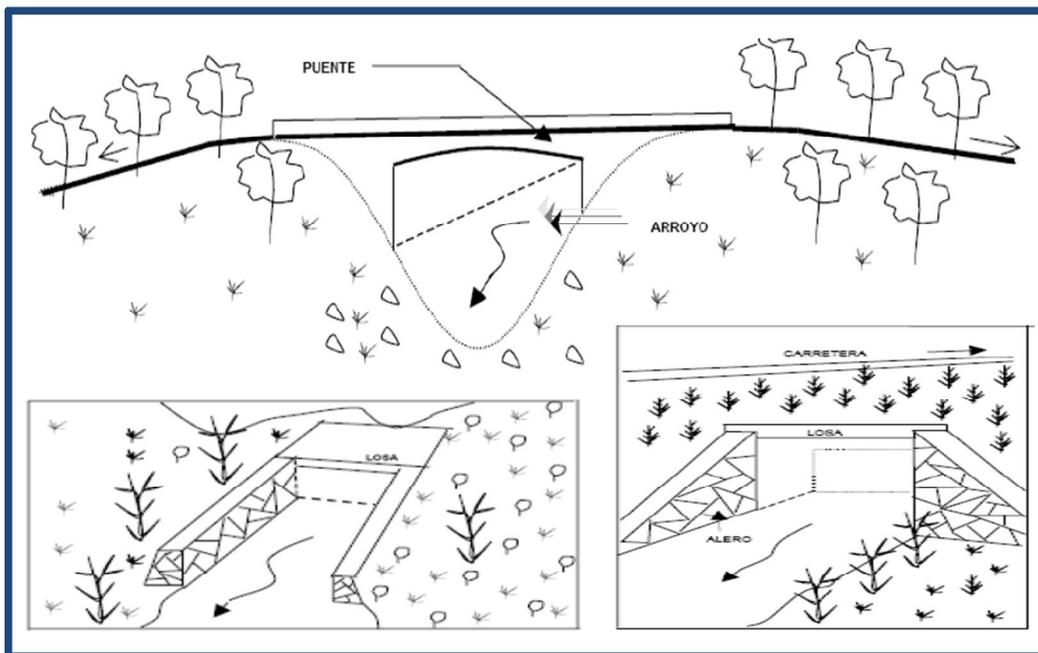
Fuente: (Peralta. J. Tesis. 2010).

## Puentes o Alcantarillas

Los puentes y las alcantarillas son las obras de drenaje más comunes con mayor área hidráulica, con el objetivo de permitir el paso de grandes

volúmenes de agua como ríos, arroyos, riachuelos entre otros, en dirección perpendicular de los caminos. Los puentes se suelen llamar obras de drenaje mayor y las alcantarillas de drenaje menor. (Peralta. J. Tesis. 2010).

Ilustración 14 Obras de drenaje mayor y menor.



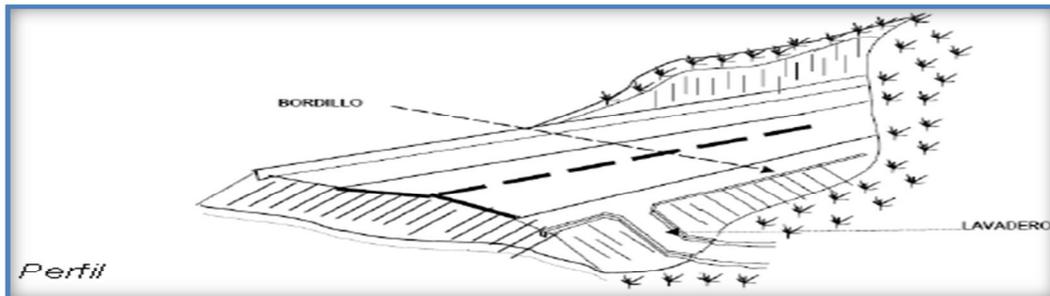
Fuente: (Peralta. J. Tesis. 2010).

## Lavaderos

Los lavaderos son mecanismos de drenajes en los caminos, y su función principal es conducir el agua que baja transversalmente por los taludes.

Cuando se disponen en los caminos están sobre los terraplenes, sobre los lados en terraplén, de cortes en balcón o en los lados interiores de curvas, cuando corresponden a secciones también en terraplén. (Peralta. J. Tesis. 2010).

Ilustración 15 Perspectiva de un Lavadero



Fuente: (Peralta. J. Tesis. 2010).

# Metodología

**Dentro de la metodología aplicada se adjunta la tabla 5 donde se mencionan los procedimientos en cada uno de los objetivos propuestos.**

El área donde se desarrolla la investigación, es el Área de Construcción de Caminos del Instituto Costarricense de Electricidad, donde se evaluará la red de caminos de penetración de la línea de transmisiones Moín-

Cahuita-Sixaola, para los meses de julio a octubre del 2014. Los métodos empleados para recabar la información pertinente es sencilla y ajustada a las limitaciones y alcances propuestos.

En la tabla 5 se presentan los procedimientos empleados en la metodología, divididos y detallados por objetivos planteados, así como el producto esperado en cada uno de ellos.

Tabla 5 Metodología y el producto esperado propuesto según cada uno de los objetivos planteados

Objetivos	Metodología	Producto Esperado
Identificar las características de las obras de la red de caminos de penetración de la Línea de Transmisión. Moín-Cahuita-Sixaola.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visitas al sitio</li> <li>• Entrevistas</li> <li>• Consulta a Expertos</li> <li>• Por medio de consultas a fuentes bibliográficas, documentos de oficina</li> </ul>	Identificación de las características de las obras y realizar un inventario de la red de caminos en estudio.
Determinar los procedimientos y procesos típicos del mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción de caminos de penetración.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por medio de consultas de expertos</li> <li>• Revisión de Normas</li> <li>• Visitas a Campo</li> <li>• Revisión de perfiles de proyectos similares</li> </ul>	Determinar los procedimientos y procesos típicos del mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción de caminos de penetración.
Definir los mecanismos o procedimientos de selección para la adecuada intervención de los caminos de penetración.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se elaborará fichas técnicas, diagramas de flujo, listas de verificación, guía práctica, árbol de decisión.</li> </ul>	Patrón de selección de mecanismo de intervención para la red en estudio.
Diseñar herramientas que faciliten la caracterización, tratamiento y control de los estados de los caminos de penetración de acuerdo con los mecanismos de evaluación definidos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se elaborarán fichas técnicas, diagramas de flujo, listas de verificación, guía práctica, árbol de decisión.</li> </ul>	Guía de buenas prácticas, para la ejecución de trabajos de rehabilitación y mantenimiento en caminos de penetración.
Determinar las deficiencias dadas en el proceso de administración de caminos de penetración actuales en la red de estudio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visitas al sitio</li> <li>• Comparación con métodos adecuados de conservación</li> <li>• Entrevistas</li> <li>• Consulta a Expertos</li> </ul>	Cuadro de causa/efecto de evaluación de problemáticas actuales, que afectan en un buen sistema de administración de pavimentos, en los caminos de penetración en estudio.

Fuente: Ramírez. A; 2014

# Resultados

El presente capítulo muestra los resultados obtenidos en el desarrollo de la práctica profesional dirigida, acorde con la metodología descrita anteriormente y al plan de trabajo establecido.

## Características de las obras

A continuación se presenta un análisis de puntos importantes que representan la situación de los trabajos realizados por el Área Construcción de Caminos UEN PySA, en la línea de Transmisión Moín-Cahuita-Sixaola.

**Existente accesos públicos y privados en toda la red, obedeciendo a condiciones legales distintas.**

De acuerdo con la topografía y morfología de la zona, imperan los tramos montañosos con condiciones de laderas inclinadas.

Accesos que tienen escaso material de sub-base y otros en el nivel de suelo natural.

Suelos arcillosos y limosos con características plásticas y expansivas de baja resistencia a la deformación.

Algunos accesos sin calzada o con muy pocos residuos de lastre, de fuertes pendientes, carentes de alcantarillado pluvial y por lo tanto solo transitables en verano.

## Actividades Generales realizadas

- Conformación de rasante actual.
- Adicionar espesor a los tramos carentes de material.
- Manejo de aguas pluviales en cuanto a la restitución de las cunetas y sangrías.

- Implementación de capa de lastre a modo de sub-base, de no menos de 20 cm de espesor compactado sobre los tramos propios de rehabilitación vial.
- Implementación de pasos de agua sobre los tramos más sensibles y de mayor pendiente longitudinal.
- Conformación de rasante actual dejando a modo y nivel de capa sub-base.
- Implementación de base estabilizada con cemento, acarreo, tendido, conformado, compactado y fraguado de capa de 20 cm de espesor.

## Identificación de la red de caminos de penetración

Para efectos de identificar las características de las obras, se realizaron visitas al sitio para describir las condiciones de los caminos de penetración de la L.T Moín-Cahuita-Sixaola. Además de obtener información para realizar el inventario de la red.

## Volvamos a la Tierra

Este acceso comunica la torre 10 hasta la 18 en la línea de transmisión Moín-Cahuita, se realizaron trabajos de mejoramiento vial los cuales se detalla a continuación:

- Conformación de la rasante dejando a modo y nivel de Capa Sub-base.
- Se adicionó espesor a los tramos carentes de material.
- Se implementó base estabilizada con cemento, de una capa de 20 cm de espesor.

El tramo que se constituyó de tobacemento está expuesto y en espera de la implementación de carpeta asfáltica de 300 metros lineales.

## Kent

Acceso a las torres 51 a la 53 en la línea de transmisión Moín-Cahuita, se realizaron trabajos de mantenimiento vial, se removió materia vegetal y se implementó la sección del camino a nivel de subrasante. Sin embargo, los trabajos quedaron incompletos y expuestos al deterioro por condiciones ambientales y de tránsito cotidiano de los vehículos que ingresan en este sitio.

## Bonifacio

Acceso a la Torre 116 de la línea de transmisión Moín-Cahuita. En este camino se realizaron trabajos de rehabilitación y mejoramiento en la sección típica del camino, seguidamente se detallan algunas particularidades:

- La maquinaria realizó corte y relleno en la sección típica del acceso.
- Hay tramos del camino que no está en condiciones adecuadas para tránsito ya que se encuentran en el nivel de subrasante (suelo natural).

## Liminal - Carbón 2

Este acceso comunica las torres 01 hasta la 09 de la Línea de Transmisión Cahuita-Sixaola, Zona. Los cortes en los taludes son pronunciados, por lo que las altas pendientes son características en este acceso, por lo anterior y para evitar la segregación de las partículas de la base se realizaron bases estabilizadas con cemento. Los trabajos se detallan a continuación:

- Se lastreó y completó en el nivel de sub-base expuesta compactada la totalidad del trazado ICE entre las Torres 2 y 9.
- Se estabilizó un par de tramos de los ascensos más fuertes del trazado ICE recién construido entre las Torres 6 y 7.
- Se completó el trabajo de Mantenimiento Rutinario sobre la totalidad de los caminos públicos de los sectores de Limonal y Carbón 2 que forman parte del convenio con la Municipalidad de Talamanca.

## Samasati - Carbón 1 (T [35])

Este acceso comunica a la Torre 35 de la Línea de Transmisión Cahuita-Sixaola, es el camino de penetración de mayor longitud de toda la red en estudio con 2.3 km aproximadamente, altas pendientes y densa vegetación son características propias de esta zona. A continuación se detalla la descripción de los trabajos realizados.

- Lastreado de una parte del ascenso que conduce a la Torre 35 en el sector propiedad del holandés.
- Estabilizado en tramo de ascenso, posterior al desvío construido para evitar el paso sobre el Río Carbón en las cercanías de la Torre 27.
- Mejoramiento de algunos pasos al adecuar el manejo de las aguas pluviales, sobre todo en la parte montañosa.
- Se formó "stock" de la mayor cantidad de lastre, para realizar trabajos de implementación de capa de lastre.
- Se completaron trabajos de Mantenimiento Rutinario sobre los caminos públicos de los sectores de Samasati y Carbón 1 que se vieron afectados por el transitar de las vagonetas.

## Cataratas

Para este acceso se obtuvo la sección típica sobre la totalidad del trazado, que desde la Ruta 36 conduce a las Torres 37, 38 y 39.

## Catarina

Se refiere a un acceso que se encuentra en estado virgen y se debe de habilitar para acceder a las torres 70-72, este se encuentra en estado intransitable, la erosión y la alta pendiente son características del sitio, la vegetación impera en el camino además de suelos colapsables por ser arcillas y limos de baja resistencia.

## Annia

Se realizan trabajos de rehabilitación vial, en tratamiento de aguas e implementación de la sección del camino, por corte-relleno y corte cajón. Se colocó geotextil en tramos donde la pendiente es considerable, para contrarrestar los

efectos de ascenso capilar y segregación de las partículas de la base del pavimento. Procesos como el cuneteo, implementación de bermas y sangrías, extracción de material y colocación de su-base son actividades realizadas en este acceso.

Tabla 6 Inventario de la Red de Caminos de Penetración L.T Moín-Cahuíta-Sixaola

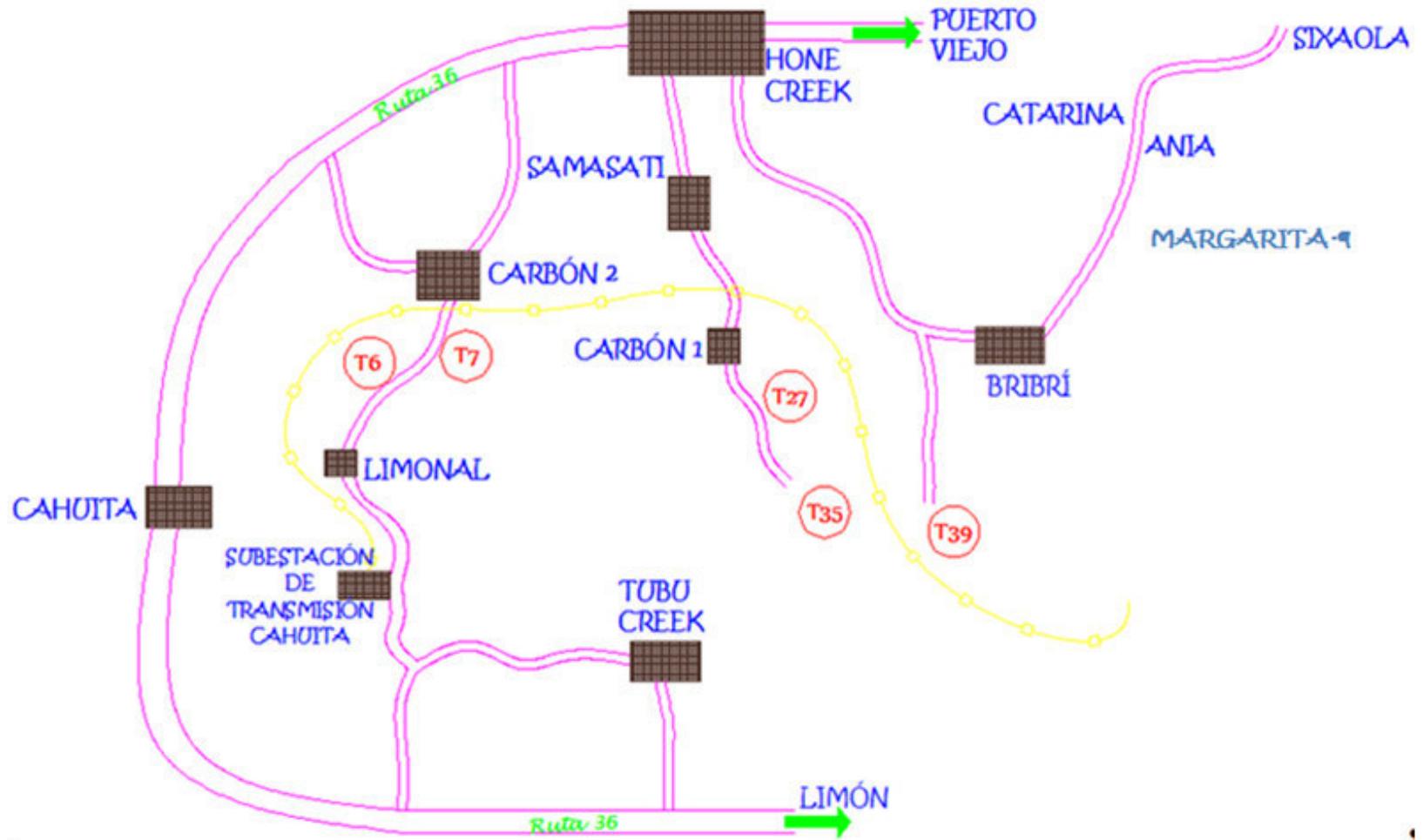
Acceso	Torres	Línea de Transmisión
<b>Volvamos a la Tierra</b>	10 - 18	Moín-Cahuíta
<b>Kent</b>	51 - 53	Moín-Cahuíta
<b>Bonifacio</b>	115 - 116	Moín-Cahuíta
<b>Limonal - Carbón 2</b>	01 - 09	Cahuíta-Sixaola
<b>Samasati - Carbón 1</b>	27 - 35	Cahuíta-Sixaola
<b>Cataratas</b>	37 - 38	Cahuíta-Sixaola
<b>Annia</b>	67 - 69	Cahuíta-Sixaola
<b>Catarina</b>	70 - 72	Cahuíta-Sixaola

Fuente: Ramírez. A; 2014.

En la tabla 6 se describen los principales accesos a las torres más críticas, tanto para la línea de transmisión Moín- Cahuíta como de Cahuíta-Sixaola. Además en la figura 9 se muestra un croquis de la red en ejecución, para los meses de julio y noviembre del 2014, que son pertenecientes a la L.T. Cahuíta-Sixaola.

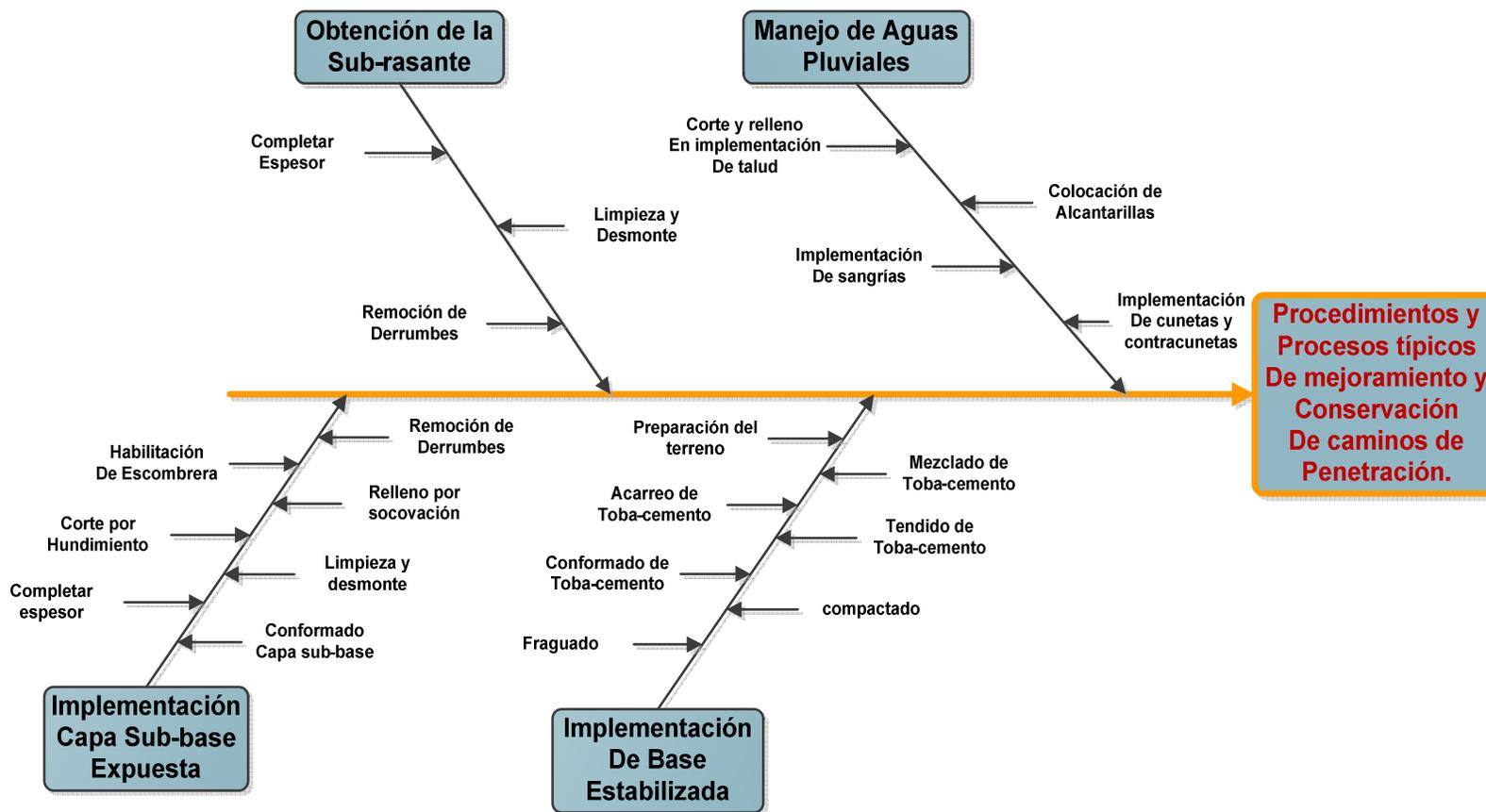
La figura 10 muestra un diagrama de Ishikawa donde se representa las principales actividades en el área de Construcción de Caminos, así como las sub-actividades ya definidas por la brigada. Se resumen las principales tareas de ejecución en la intervención de caminos de penetración en la Línea de Transmisión Cahuíta-Sixaola.

Figura 9 Croquis de la Red de Caminos L.T Cahuita-Sixaola.



Fuente: Abellán. A; 2014

Figura 10 Diagrama de Ishikawa de los Procedimientos y Procesos típicos de Mejoramiento de Caminos de Penetración del Área de Construcción de Caminos ICE.



Fuente: Ramírez. A; 2014.

## Procedimientos y procesos típicos de intervención de caminos de penetración

Por medio de consulta de expertos y documentos aportados del área, se determina el proceso administrativo para la apertura de un proyecto de intervención de caminos, así como el tiempo

estimado en los procedimientos administrativos más críticos por realizar dentro del área de construcción de caminos.

En la tabla 7 se muestran los tiempos estimados para los procesos por ejecutar con mayor período en trámites administrativos establecidos por la unidad de logística y planificación del área de construcción del (ICE), también se puede observar en la figura 11 un diagrama de flujo, del procedimiento por realizar para la concepción de proyectos de esta índole.

Tabla 7 Tiempos estimados de los procedimientos administrativos más críticos.

Procedimiento	Tiempo en meses
Autorización de Trabajo en el nivel de Gerencia	1,5- 2 meses
Realización de trámites ante proveeduría (Contrataciones directas o Licitación)	3 meses
Contratación de personal ocasional. (Mayor a 2 meses de servicio)	3 meses

Fuente: Jara. F; 2014.

En la figura 12 mediante un diagrama de flujo, se detallan los procesos de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción de caminos en el área, según los requerimientos del proyecto.

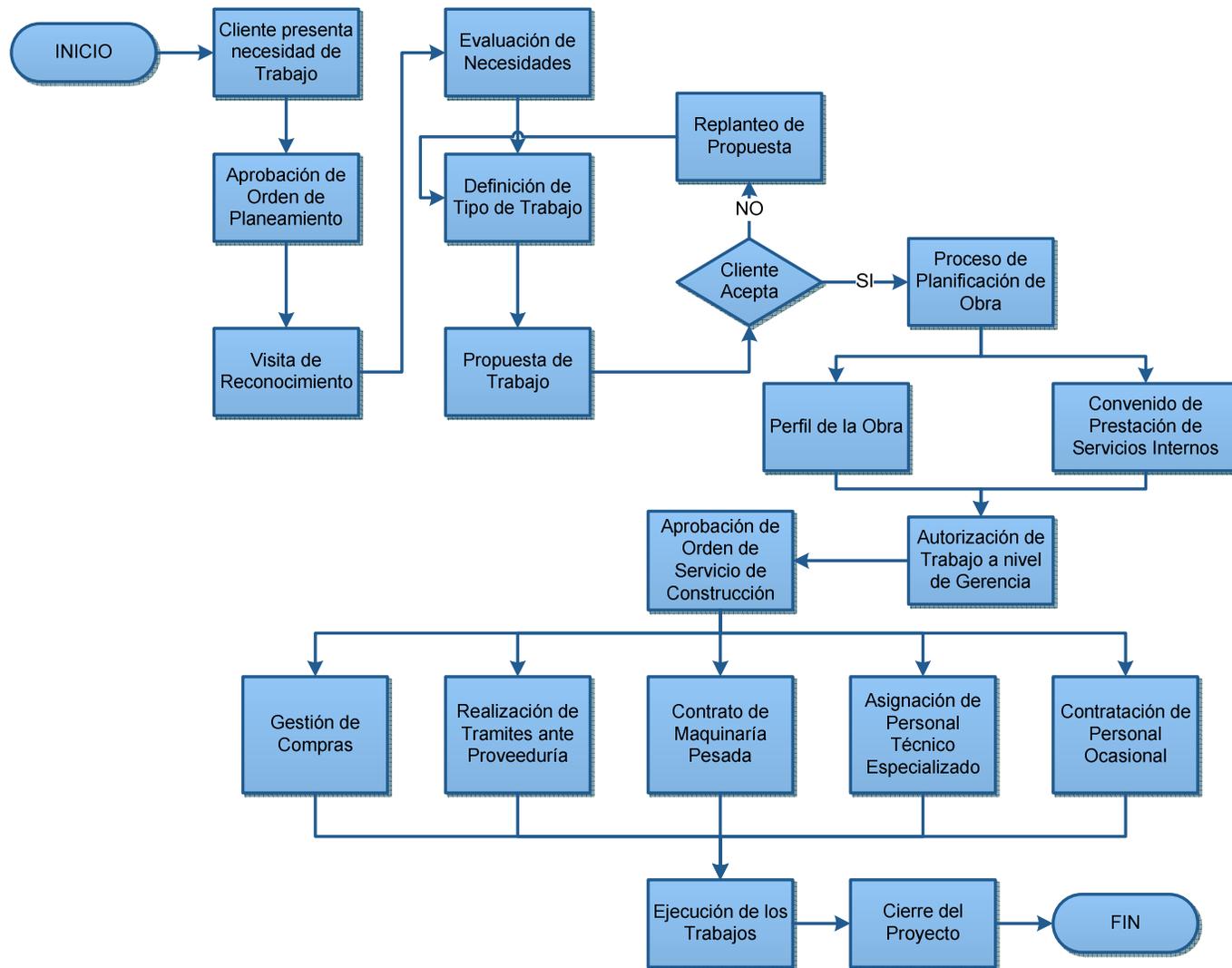
## Evaluación de los mecanismos de trabajo en campo

Mediante las visitas de campo y registro fotográfico se evaluaron los mecanismos de operación de las actividades típicas en el área de construcción de caminos. Los hallazgos se muestran en las tablas 8 y 10, donde se aprecian los problemas encontrados, asociados a la causas y efectos que se produce en el proyecto.

Ante los problemas presentados en el área, tanto administrativos como técnicos en los procesos de ejecución de los proyectos de mejoramiento y rehabilitación de caminos de penetración de la Línea de Transmisión Cahuita-Sixaola, se plantean acciones preventivas. En la tabla 9 se presentan los problemas encontrados en la visita o de la red en estudio, con sus respectivas acción preventiva propuesta, en la tabla 11 se ilustra los hallazgos de la visita II, donde se desarrolla el problema y las acciones preventivas propuestas.

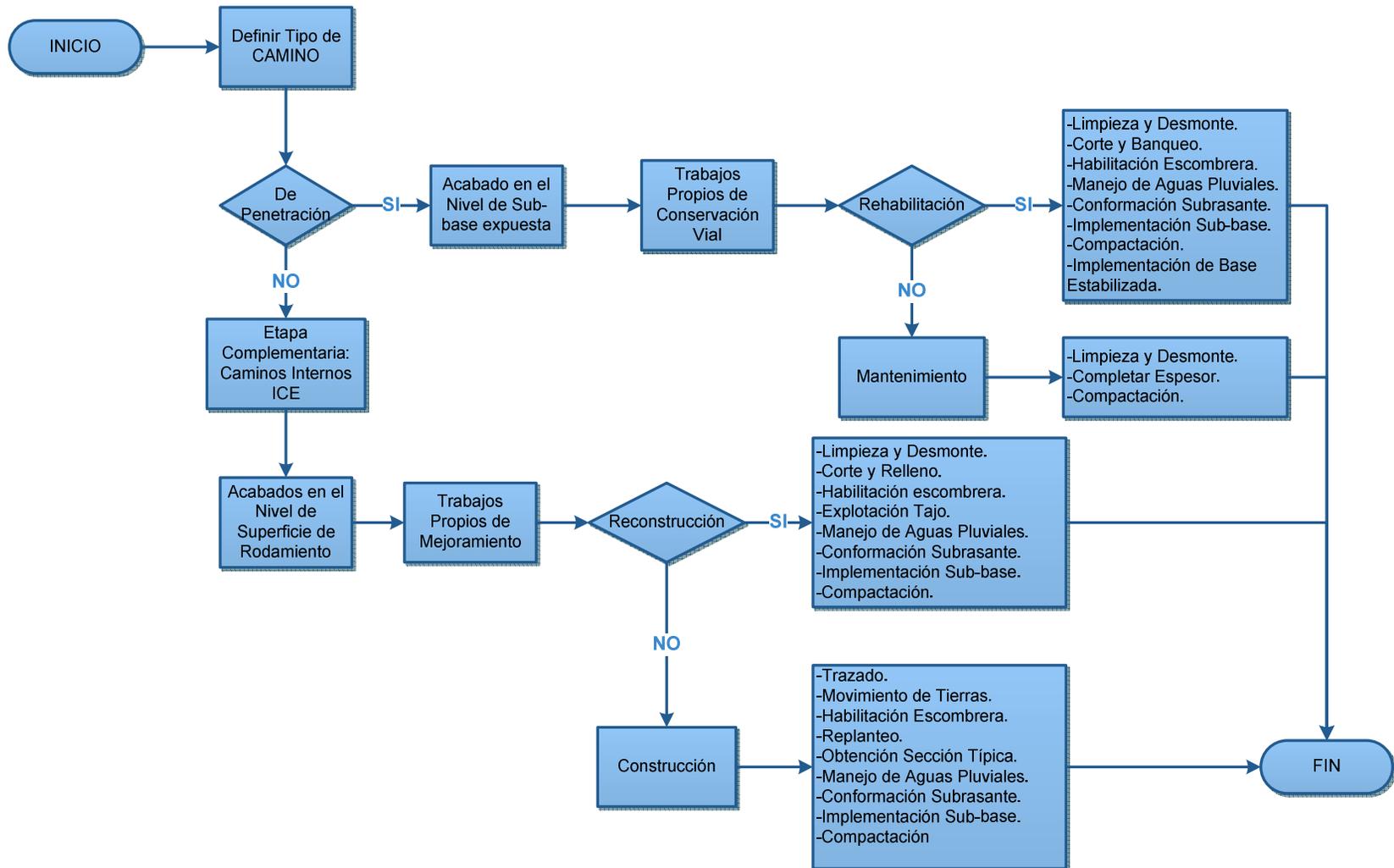
En el diagrama de Ishikawa figura 13, se esquematiza las principales deficiencias encontradas en la planificación de los pavimentos del área, al localizar problemas administrativos en función a la coordinación de ejecución de los trabajos, a su vez la falta de presupuesto y sus implicaciones en una buena administración de caminos de penetración.

Figura 11 Diagrama de flujo de proceso administrativo de intervención de caminos en el Área de Construcción de Caminos.



Fuente: Ramírez. A; 2014.

Figura 12 Diagrama de flujo del proceso de implementación de trabajos de Mantenimiento-Rehabilitación-Construcción en el Área de Construcción de Caminos.



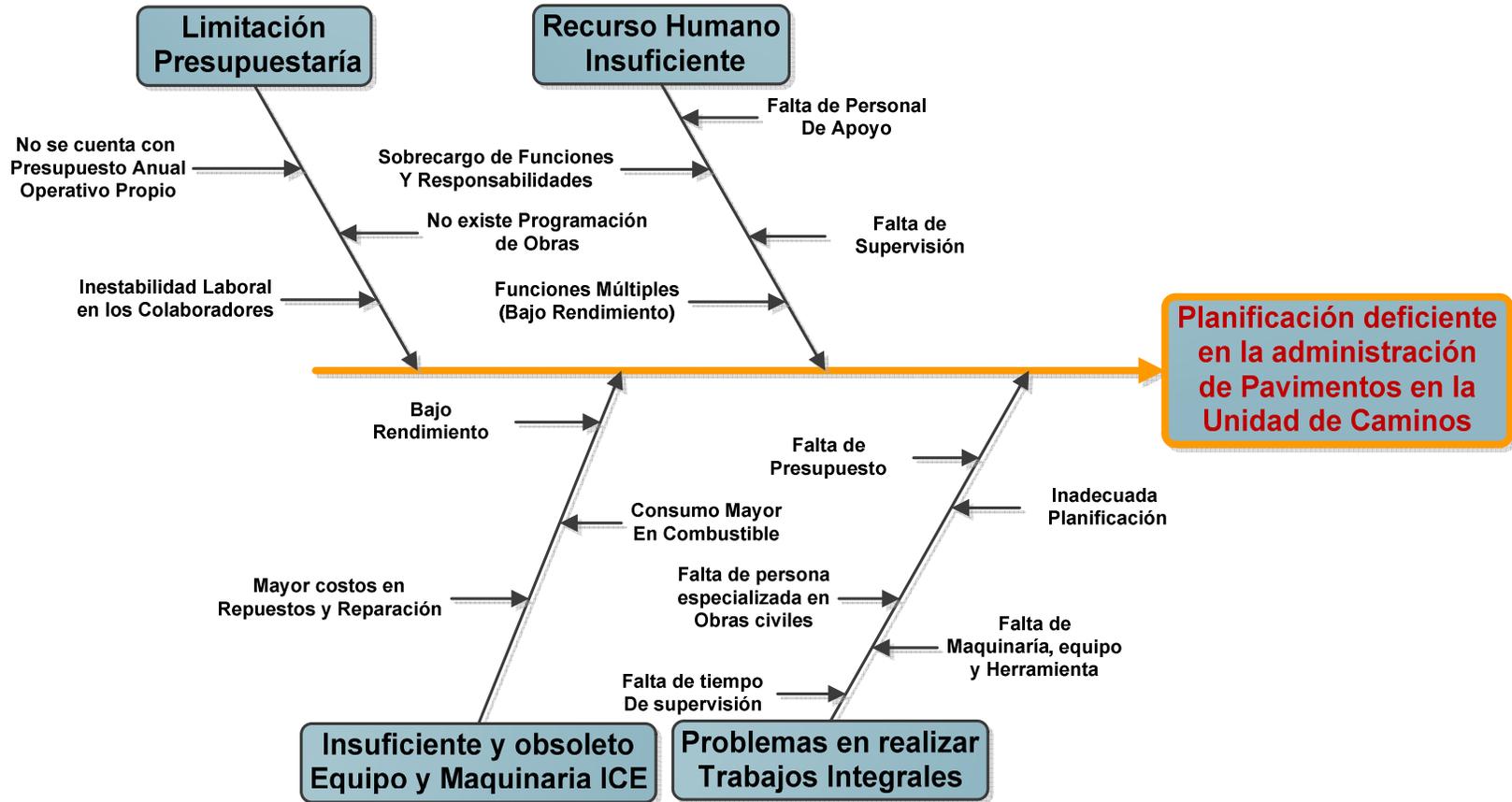
Fuente: Ramírez. A; 2014

Tabla 8 Causa – Efecto de los hallazgos de Visita I en la Red de Caminos de Penetración de L.T Moín-Cahuíta-Sixaola.

<b>HALAZGOS</b>	<b>CAUSA</b>	<b>EFEECTO</b>
<b>Caminos a nivel de subrasante "en carne viva"</b>	Trabajos incompletos, por falta de material.	Deterioro de la subrasante; problemas de barro y acumulación de aguas en los huecos provocados por el tránsito de vehículos. Deformación de subrasante.
<b>Tramos de caminos en tobacemento deteriorados.</b>	Trabajos realizados por otros Departamentos, que no cumplieron con las especificaciones en dosificación y espesores adecuados. Procesos constructivos.	Dificultad de tránsito de los vehículos, por las partículas desprendidas del material presente en el camino.
<b>Trabajos pendientes en las obras complementarias (obra civil).</b>	Inadecuada planificación del área o departamento encargado de estos trabajos adicionales.	Perdidas de alcantarillas y tubos, por falta de construcción de cabezales y elementos estructurales de soportes en los pasos de agua.
<b>Erosión de material de la superficie en los caminos</b>	Mala implementación de tratado de aguas.	Pérdida de material al ocasionar deterioro del pavimento.
<b>Obstrucción de alcantarillas, cunetas, sangrías con material vegetal y suelos.</b>	Inadecuado sistema de control de aguas. Falta de trabajos complementarios en obra civil, por insuficiente presupuesto.	Disminución de la capacidad de trasiego de agua hacia los sitios de descarga. Desborde del agua hacia la sección del camino.
<b>Desprendimiento de taludes</b>	Falta de mecanismos de soporte. Falta de implementación de sangrías, contra-cunetas, cunetas u otro mecanismos de evacuación de aguas.	Obstrucción y cierre de tránsito por el camino de penetración.
<b>Vegetación regenerada al obstruir el paso de la sección del camino de penetración.</b>	Trabajos poco planificados, poco mantenimiento rutinario, falta de presupuesto, inadecuada implementación de la totalidad de la estructura del pavimento con sus obras complementarias.	Deterioro del acceso, dificultad para transitar, poca visibilidad.

Fuente: Ramírez. A; 2014.

Figura 13 Diagrama Ishikawa de las limitaciones encontradas en la Visita I a la Red de Caminos de Penetración L.T Moín-Cahuita-Sixaola.



Fuente: Ramírez. A; 2014.

Tabla 9 Problemas que afectan el desarrollo de los proyectos en A.C.C y solución propuestas

<b>PROBLEMÁTICAS DEL ÁREA DE CAMINOS</b>	<b>ACCIONES PROPUESTAS</b>
<b>Presupuesto insuficiente para la ejecución de los trabajos</b>	Definir con los clientes los trabajos por realizar el próximo año y asegurar el presupuesto (compromiso del cliente), considerar en el presupuesto la maquinaria alquilada, personal capacitado; análisis beneficio costo mediante un Presupuesto detallado incluye todos los costos necesarios para realizar trabajo integral.
<b>Insuficiente equipo ICE o en mal estado</b>	Valoración de equipo ICE, al determinar si es rentable si no realizar justificación para compra de maquinaria nueva. ( incluir maquinaria subcontratada en el presupuesto dado al cliente)
<b>Insuficiente personal profesional de apoyo a los frentes de trabajo</b>	Contratar personal profesional que atienda más frentes para intervenir, al lograr mejores controles en calidad, tiempo y costo.
<b>No hay personal técnico para labores civiles</b>	Buscar apoyo a otras áreas internas del ICE como el Centro de Servicio de Diseño y a Electromecánica en asuntos de personal técnico capacitado, como también las herramientas necesaria para obras civiles. Contratar operarios, ayudantes y peones ocasionales para lograr ejecutar trabajos como cabezales en alcantarillas, cunetas, tragantes y otros elementos estructurales que son necesarios en el manejo de aguas pluviales.
<b>Pruebas de laboratorios insuficientes para todos los materiales utilizados en los pavimentos</b>	Ampliar el control de pruebas a todos los materiales, al definir la calidad y las propiedades de estos.

Fuente: Ramírez. A; 2014.

Tabla 10 Hallazgos en los trabajos de Red de Caminos de Penetración Visita II de L.T Moín-Cahuita-Sixaola.

HALLAZGOS	CAUSA	EFEECTO
<b>No se controlan espesores de compactación en las capas de la sub-base.</b>	Falta de supervisión de inspectores con conocimiento técnico.	Incorrecta compactación, la densidad del material no es la apropiada, al provocar desprendimiento del agregado con facilidad.
<b>No hay procedimientos escritos en campo, de los aspectos necesarios para la ejecución de una buena compactación.</b>	Problemas de planificación y organización en los flujos de las cuadrillas y las funciones por desempeñar.	Inapropiado procedimiento en la implementación de la su-base expuesta. Provocar trabajos con menor vida útil.
<b>No se realizan pruebas de compactación.</b>	Insuficiente personal técnico especializado, además no se cuenta con las herramientas en campo necesarias para realizar las pruebas.	No se puede garantizar y documentar el cumplimiento de la calidad de los procesos ejecutados en campo.
<b>Uso de maquinaria no apropiada para el proceso de compactación.</b>	Planificación en obra inadecuada, falta de maquinaria apropiada para los trabajos específicos de cada uno de los procesos ejecutados en los frentes.	Mala calidad, aumento de tiempo de ejecución y costos.
<b>Proceso inadecuado de acabados en cunetas.</b>	Procedimiento incorrecto de compactación, en los bordes de la calzada.	Desprendimiento de materiales por la erosión y rápido deterioro de la calzada.
<b>No hay plan de gestión ambiental</b>	Problemas en planificación al no incorporar medidas ambientales, manejo de entorno, disposiciones de desechos de los frentes de trabajo.	Aumento en el impacto ambiental en la zona intervenida.
<b>Proceso inadecuado en la colocación de alcantarillas.</b>	Falta de equipo adecuado de compactación, además de la logística requerida para el manejo de herramientas en los frentes.	Deterioro en los pasos de agua en periodos de tiempos cortos.

Fuente: Ramírez. A; 2014.

Tabla 11 Problemas constructivos observados en la Visita II en los trabajos de Mejoramiento de caminos de penetración de la L.T Cahuita-Sixaola.

PROBLEMÁTICAS DEL ÁREA DE CAMINOS	ACCIONES PROPUESTAS
<b>Control de espesores de compactación en las capas de la sub-base.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar pruebas de compactación en laboratorio.</li> <li>• Implementar fichas técnicas por proyecto, del procedimiento de compactación adecuada, al considerar las condiciones del sitio, el material granular, la maquinaria asignada y aspectos topográficos.</li> <li>• Incorporar métodos para la implementación de la sub-base, al garantizar la densidad óptima del material granular con la compactación adecuada y así dar mayor vida útil del camino.</li> <li>• Incorporar inspección de personal capacitado.</li> </ul>
<b>Falta de procedimientos patrón de buenas prácticas de compactación.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitar a los encargados de las cuadrillas, de los procesos de compactación en los diferentes frentes de trabajo, al considerar los estudios de los materiales por utilizar, equipo, suelo, topografía, entre otros aspectos que impactan directamente la calidad y el buen proceder de la compactación de la sub-base.</li> </ul>
<b>No se realizan pruebas de compactación.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planificar y programar con el laboratorio ICE, las pruebas de proctor (estándar-modificado), para determinar la humedad óptima y la densidad seca máxima del material por utilizar en las capas del pavimento.</li> </ul>
<b>Inadecuado uso de maquinaria.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planificar los frentes de trabajo con su respectiva maquinaria, para ejecutar un trabajo íntegro y satisfactorio según las características de funcionalidad de maquinaria y en función de las necesidades en el campo de trabajo.</li> </ul>
<b>Acabados en las cunetas inapropiados.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitar al personal en procesos de compactación.</li> <li>• Incorporar inspectores de campo especializados.</li> <li>• Efectuar y aplicar fichas de proceso que describen el debido acabado de las cunetas, al considerar las condiciones del sitio de trabajo.</li> </ul>
<b>Falta de plan de gestión ambiental.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incorporar en el proceso de planificación de la obra el plan de gestión ambiental.</li> <li>• Capacitar al personal en la ejecución de los trabajos con el mínimo impacto ambiental.</li> <li>• Inspección por parte de gestor ambiental, aplicar los controles en manejo del entorno, disposiciones de desechos y otros aspectos relevantes al mantener el desarrollo sostenible.</li> </ul>
<b>Proceso de colocación de alcantarillas inapropiadas.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitar al personal en los procesos de colocación de alcantarilla.</li> <li>• Incorporar inspectores capacitados.</li> <li>• Adicionar equipo menor de compactación para dar mayor densificación del material colocado alrededor de la tubería.</li> <li>• Gestionar mediante previa planificación lugares estratégicos para posicionar bodegas rodantes (Camper), para guardar equipo y herramientas menores necesarias para los diferentes frentes de trabajo.</li> </ul>

Fuente: Ramírez. A; 2014.

# Plan de Respuesta

El plan de respuesta propuesto en mantenimiento, rehabilitación y construcción, será evacuado en dos enfoques principales, esto para cubrir las necesidades del Área de Construcción de Caminos del ICE; según el enfoque administrativo y el enfoque técnico.

## Enfoque administrativo

Se propone un Plan de Gestión Administrativo, tomando en consideración los procedimientos de planificación internos del área, además se basará en el desarrollo de buenas prácticas en la administración de Proyectos de Project Management Institute (PMI), mediante la Guía PMBOK ®.

## Enfoque técnico

Se refiere al plan de respuesta relacionado con los aspectos técnicos ingenieriles, para los cuales se diseñarán herramientas que estimulen el desarrollo de buenas prácticas en los procesos constructivos, orientado en el estudio del sistema de pavimentos presente en el área.

## Plan de Gestión Administrativo en intervención de caminos de penetración.

El plan de respuesta propuesto es un sistema de gestión que cubre las necesidades de intervención de caminos de penetración mediante un esquema de procedimientos. Este modelo tiene un patrón estructurado de soluciones acompañado de herramientas que facilitan el proceso de ejecución de los proyectos, de este modo desarrollar las tareas de intervención de

manera organizada y orientada en aspectos de planificación según las políticas de ejecución establecidas.

El plan está orientado según las buenas prácticas de Project Management Institute (PMI), al dividirlo en cuatro categorías en las que se engloban las diversas funciones del Área de Construcción de Caminos del ICE. Se diseñaron herramientas sencillas de aplicar para garantizar control de las tareas que se deben de ejecutar. Las cuatro categorías en las que se compone el sistema de respuesta planteado son:

- Planificación.
- Programación
- Ejecución
- Evaluación y Control.

Esta estructura de plan de gestión administrativa de respuesta de intervención de caminos de penetración, busca que en el desarrollo de procesos de cada una de las fases del proyecto aumente la eficiencia, es decir un medio para facilitar el trabajo y obtener buenos resultados en la administración de los proyectos de intervención de caminos.

## Planificación

Es la etapa previa de la ejecución del proyecto, donde se definen las bases y se evalúa la aceptación o el rechazo del mismo. La necesidad de desarrollar un proyecto se da ya sea por situaciones de emergencia para restablecer un acceso o bien por simple mantenimiento rutinario de acuerdo con un control de condiciones de la red de caminos de penetración. Esta etapa es fundamental para lograr los objetivos esperados.

Esta fase es una estructura lineal que se compone desde la constitución del proyecto mediante una necesidad por deterioro del acceso al involucrar la inspección o visitas de campo, hasta la adjudicación que lleva a procesos como evaluación del proyecto asignado, las cargas de trabajo por realizar al intervenir el camino, el cálculo de los costos unitarios de la maquinaria, materiales y mano de obra, así como el estudio del presupuesto disponible en relación con el gasto general para ejecutar el proyecto de mejoramiento del camino.

# Constitución de Proyecto

Procedimiento que conceptualiza y establece el proyecto, involucra la justificación, descripción, requerimientos, limitaciones, presupuesto entre otros factores importantes de análisis para la aceptación del mismo. Para dar un criterio a la propuesta es necesaria una inspección de campo, al caracterizar la situación mediante un levantamiento de entorno y un registro fotográfico y así dar lugar a establecer la propuesta de trabajo para el cliente que solicita el servicio.

Al presentar la propuesta de trabajo al cliente, el coordinador del proyecto debe llenar el formulario llamado "Constitución del Proyecto", y

presentarla al cliente y esperar validación, para así asegurar y formalizar el trabajo solicitado.

Para facilitar el desarrollo de este proceso se presenta un diagrama de flujo observado en la figura 14, además de un formulario llamado "Constitución del proyecto", donde se presentarán aspectos que reflejan las condiciones dadas en la propuesta este en el Apéndice 1.

Para proceder con el análisis de constitución del proyecto, se debe de realizar inspección o visita de campo, al permitir al ingeniero inspector formar mayor criterio en la magnitud de los trabajos, estimar tiempos y costos, para un posterior análisis de factibilidad del proyecto en función del presupuesto que se cuenta.

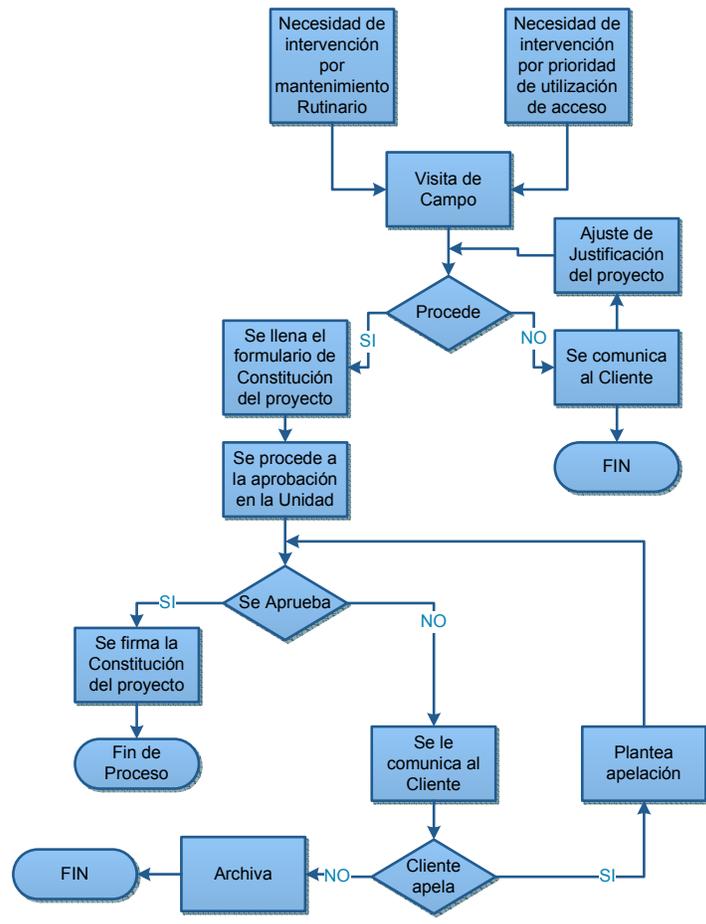


Figura 14 Diagrama de flujo del proceso de Constitución del Proyecto.

Fuente. Ramírez. A; 2014.

Como se mencionó anteriormente para establecer la constitución del proyecto se debe realizar una visita o inspección al sitio en donde se desarrollará el proyecto, para esto se otorga una plantilla llamada FICHA DE INSPECCIÓN apéndice 2; en donde facilita al inspector recolectar la información más importante para el estudio de las necesidades, en función de la viabilidad del proyecto.

La visita de campo es importante para tener mayor criterio de las situaciones en la que se encuentra la zona, además se conceptualiza el presupuesto y el tiempo de ejecución según los trabajos por realizar por el área de construcción de caminos del ICE. También es importante señalar que una detallada inspección de campo genera un enfoque real de las necesidades en función de las condiciones y del presupuesto que cuenta el cliente (interno) para el proyecto.

Una vez clara la situación por resolver se procede a la aceptación de la constitución del proyecto, para dar lugar a las siguientes etapas de planeación.

## Evaluación Visual

Esta herramienta es para accesos ya existentes, cuyos trabajos son específicamente de mantenimiento o rehabilitación. El objetivo principal de la evaluación visual de caminos de penetración es identificar las deficiencias de los accesos y los problemas existentes, para proponer soluciones de intervención, al habilitar el camino existente según las características en las cuales fue creado.

Se inicia con la identificación de segmentos homogéneos del camino por evaluar, esto se realiza para fragmentar el acceso enfocado a una situación más certera y específica al considerar las condiciones como: morfología en sitio, materiales presentes y demanda de usuario. La plantilla diseñada donde se controlan los segmentos homogéneos se muestra en el apéndice 3.

La evaluación visual de caminos de penetración es un método práctico pensado para optimizar los recursos, además de que obedece a una necesidad la cual, se debe de ejecutar en el menor tiempo posible para dar lugar a las siguientes etapas del proyecto.

La calificación de la condición del camino por evaluar deberá basarse en las características

de funcionalidad y operación de estos accesos. Dentro de los factores importantes por evaluar se tiene el sistema transversal, además de un correcto sistema de drenaje, calidad de la capa de rodadura entre otros aspectos por considerar por el evaluador.

- **Geometría de la Corona**

Evalúa según el criterio del ingeniero las condiciones de la corona; especialmente asociada a un perfilado de la pendiente del bombeo y de su prolongación hacia las cunetas que llevan a las alcantarillas o bien a cualquier mecanismo de drenaje que conduce el agua hacia los sitios de descarga.

- **Superficie de rodadura**

Evalúa las características de la superficie de ruedo o capa de afirmado en espesor y calidad de los materiales presentes en el camino, para facilitar la evacuación de las aguas hacia el sistema de drenaje, también las características actuales del pavimento para soportar las cargas del tránsito presentes.

- **Deformaciones de la superficie.**

Estas se refieren a las irregularidades por la existencia de encalaminados, baches, huecos y ahuellamientos, es importante mencionar que de tratarse de caminos de penetración estos por lo general son accesos con poca intervención y las condiciones para transitar en ellos son complicadas, por ello el ingeniero o bien persona competente debe de transmitir la realidad e ilustrar la situación presentada.

- **Drenajes**

Se refiere a las condiciones apropiadas de las cunetas, alcantarillas sangrías y otros sistemas de evacuación de agua superficial hacia fuera del camino. En el caso de los caminos de penetración, estas tareas se realizan de forma "rustica", es decir que se implementan para dar solución a la presencia del agua en los accesos con poco presupuesto, estas se dan principalmente por zanjas realizadas por maquinaria, pero no se realiza ningún revestimiento con concreto en la mayoría de los casos, al ocasionar que estos sistemas con el pasar del tiempo se obstruyan y disminuyen el propósito de su funcionalidad.

Para dar un mayor conocimiento de proceso de evaluación visual de caminos de penetración se presenta un diagrama de flujo

donde esquematiza el ciclo del proceso y los aspectos más importantes por considerar, este se muestra en la figura 15. Además, se proporciona una plantilla de evaluación de caminos donde se

considera apreciaciones cualitativas y mediciones cuantitativas, apéndice 4.

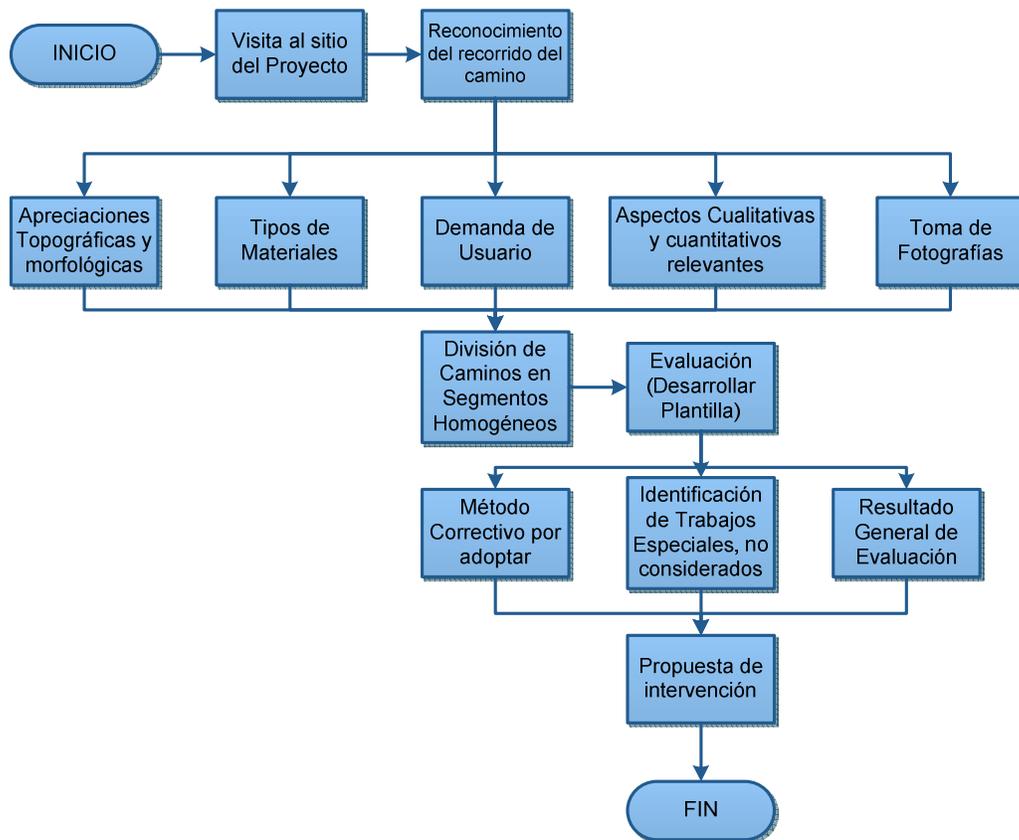


Figura 15 Diagrama de Flujo del Proceso de Evaluación de Caminos de Penetración. Fuente: Ramírez. A; 2014.

## Alcance

En esta actividad el área de construcción de caminos, administra el alcance del proyecto por ejecutar proporcionado por el cliente, se especifican las características del proyecto y del producto así como aquellas situaciones que pueden afectar de una o de otra manera el desarrollo del mismo. Esta fase del proyecto es fundamental ya que está directamente relacionada con el presupuesto con que cuenta el cliente, para desarrollar las obras.

Para identificar el alcance del proyecto se deben definir las políticas de intervención por

realizar, estas en función de las recomendaciones dadas en la evaluación del camino. Estas políticas se basan en las regulaciones y requerimientos técnicos de la normativa nacional e internacional, con el fin de determinar las mejores prácticas para dar solución al problema planteado.

Para obtener alcance acorde con la realidad del problema es importante realizar consulta a expertos, además de revisión de lecciones aprendidas dadas en otros proyectos similares con el fin de identificar todas las actividades necesarias en la ejecución del proyecto.

Para una mejor conceptualización del proceso de definición del alcance se proporciona un diagrama de flujo, observado en la figura 16,

además se presenta en el apéndice 5 la ficha de otorgación de alcance del proyecto.

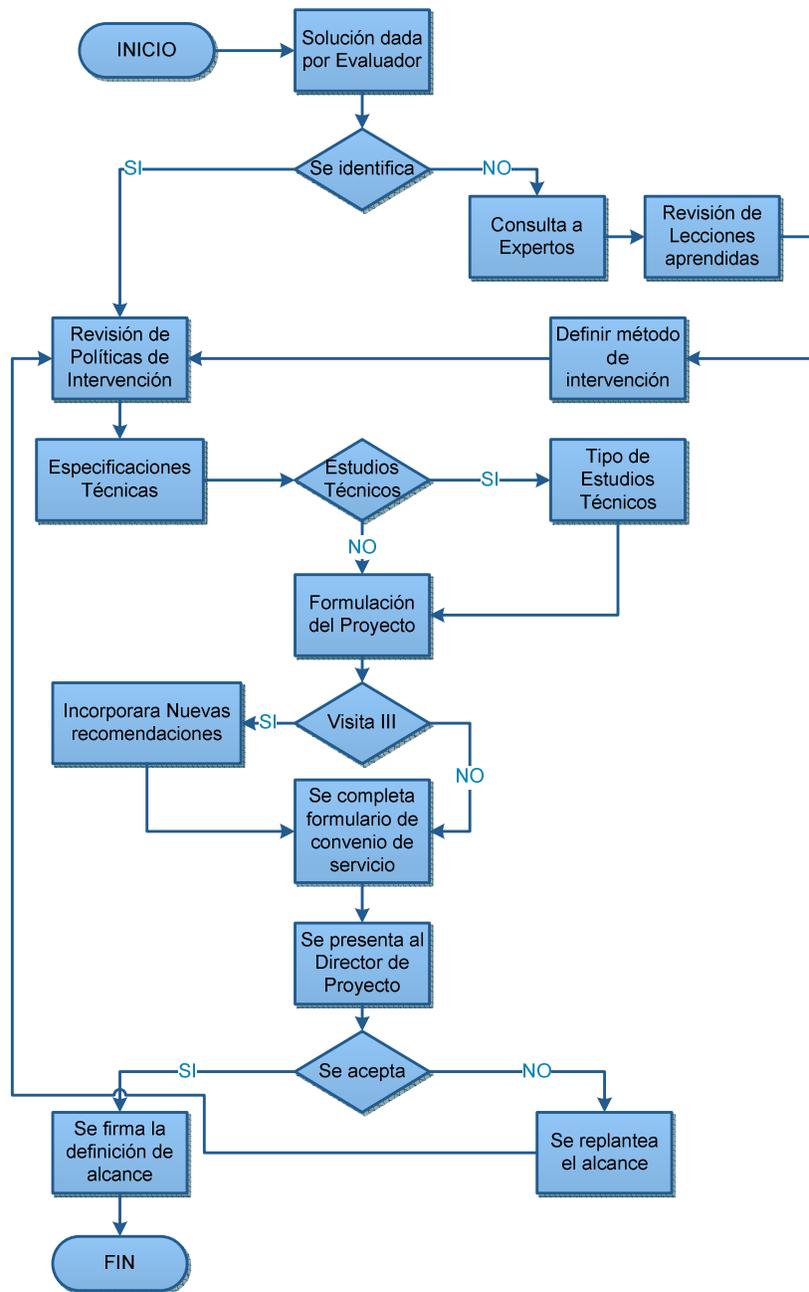


Figura 16 Diagrama de flujo de definición del alcance.

Fuente: Ramírez. A; 2014

## Control de Costos

El control de costos es una medida de planificación para administrar los recursos disponibles, es decir; el dinero con que cuenta el cliente para ejecutar los trabajos en función a los entregables establecidos en los objetivos del proyecto.

De acuerdo con el desarrollo del cronograma se planifica cada una de las actividades en función al tiempo y costo, sin embargo en la implementación de estas actividades siempre hay imprevistos que provocan atrasos en las obras e incluso incremento en los costos del proyecto. Por esa razón implementar un buena administración de los recursos es de vital importancia, para dar cuentas al cliente del servicio. En el apéndice 6 se muestra una plantilla de administración o control de costos elaborada en función de cada una de las actividades descritas en el proyecto, al permitirle al Ingeniero o bien a la persona competente una herramienta que facilite su trabajo.

## Control de Calidad

La calidad en los trabajos de intervención de caminos depende directamente de las características de los materiales utilizados, el muestreo y ensayos de los agregados, carpeta asfáltica, concreto hidráulico, compactación en sitio, composición y características del suelo.

Para garantizar la calidad de los trabajos, se deben realizar ensayos en sitio o bien en laboratorio, estos dependen de las condiciones contractuales establecidas en el convenio. Sin embargo, el sitio de trabajo se caracteriza por desarrollarse en topografías, morfologías y estaciones climáticas variantes, por esta razón, es importante tener en cuenta que por criterio del profesional a cargo de la obra, se pueden adicionar otros estudios por considerar eventualmente.

Se presenta un diagrama de flujo (figura 17); donde esquematiza el proceso de control de calidad en los trabajos de intervención de caminos de penetración, además de una ficha resumen de las consideraciones a tomar en cuenta para cada una de las pruebas que se definan realizar en el proyecto. Dicho formulario se presenta en el apéndice 7.

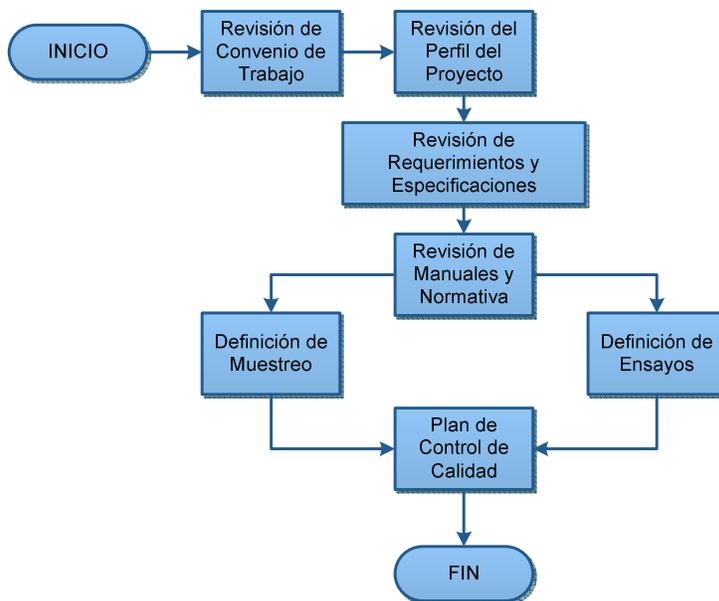


Figura 17 Diagrama de Flujo definición de Control de Calidad

Fuente: Ramírez. A; 2014.

## Plan de Contingencia

El plan de contingencia se refiere a las medidas correctivas que el área de construcción de caminos debe de realizar en caso de suceder algún accidente en las obras. Para identificar los riesgos presentes en cada una de las actividades, se debe de realizar una revisión de lecciones aprendidas en proyectos similares, además de criterio de expertos para así plasmar medidas correctivas y formalizar un plan de contingencia.

Una de las herramientas más efectivas para esquematizar el comportamiento o bien el grado de riesgo presente en cada una de las actividades, es la matriz de riesgos de trabajo. La matriz de riesgos de trabajo esquematiza las probabilidades de incidencia y el impacto que puede provocar en la obra. En la figura 18 se presenta un diagrama de flujo donde se desarrolla el ciclo de la creación de un plan de contingencia según los riesgos presentes de trabajo.

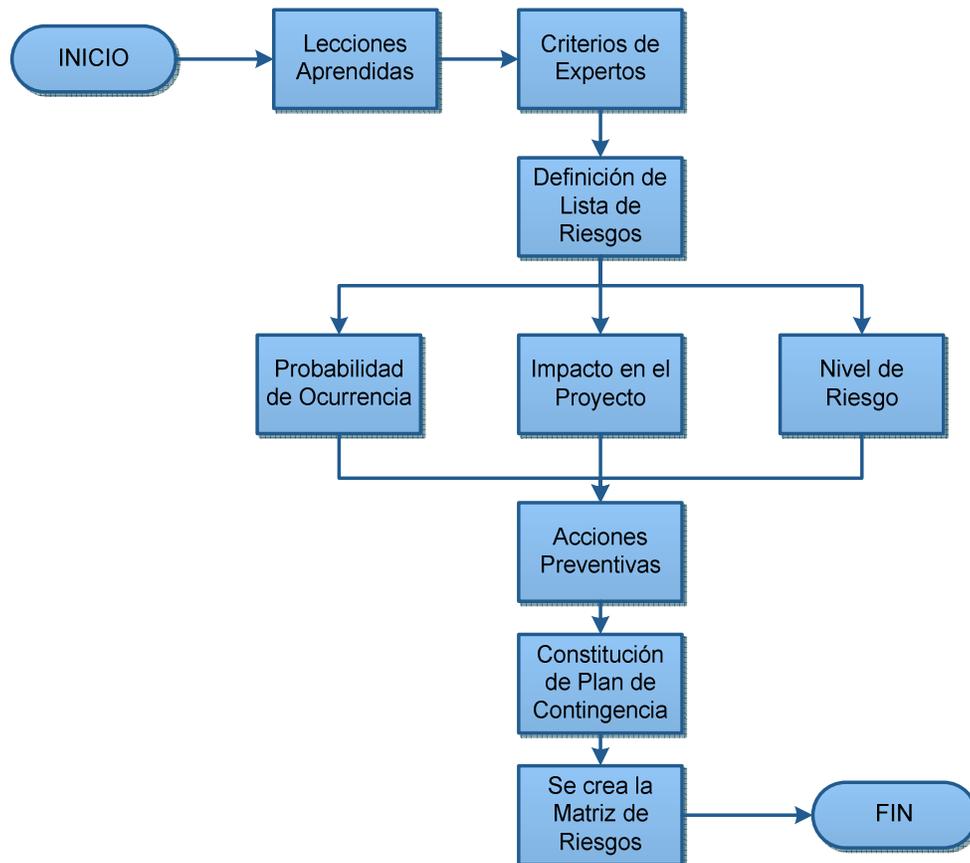


Figura 18 Diagrama de Flujo de Plan de Contingencia

Fuente. Ramírez. A; 2014.

En todo proyecto vial la influencia de riesgos de trabajo es anuente al control y el sistema preventivo propuesto, por ello el ingeniero o persona competente debe de ser capaz de identificar las medidas de mitigación, implementar

planes de contingencia y lograr soluciones oportunas ante posibles accidentes en el proyecto.

El tema de riesgos de trabajo es extenso y complejo de abarcar en este proyecto, sin

embargo se aportará un formulario general de condiciones de riesgos que se pueden generar en los trabajos viales, esta plantilla se puede observar en el apéndice 8.

## Programación

Es la programación de cada una de las actividades del proyecto, al considerar calidad, tiempo y costo. La programación de un proyecto se desarrolla en la etapa de planificación, donde las variables son muchas y no se conoce a ciencia cierta el comportamiento del sitio de los trabajos, de este modo se debe de tener criterio y experiencia para planificar las actividades de acuerdo con el tiempo estipulado en el proyecto. Se desarrolló una plantilla de control de actividades, donde resume los aspectos más importantes por considerar en el ejercicio de los trabajos de una manera sencilla y ordenada, dados en el Apéndice 9.

## Desglose de Trabajo

Este proceso es muy importante en la planificación de un proyecto de intervención de caminos de penetración.

Se organizan las actividades del proyecto mediante desglose de trabajos, al considerar tiempo, costo y calidad en cada una de las etapas de la obra; con el objetivo de lograr la programación propuesta y a su vez estimar un sistema de control de entregables que definen cada una de las etapas del proyecto.

Para realizar el desglose de trabajo de un proyecto de intervención de caminos de penetración es importante la experiencia del director del proyecto en trabajos de esta índole, donde las lecciones aprendidas en otros proyectos le sirvan para tener criterio de posibles imprevistos a causa del clima u otros factores topográficos de la zona. Para poder cumplir con los objetivos propuestos de acuerdo con el alcance del proyecto, se debe de tener conocimiento de los materiales disponibles, maquinaria, mano de obra, rendimientos, factores ambientales que afecten la ejecución de las tareas, flujo de caja (presupuesto por ejecutar bimensualmente), además de un manejo claro de todos los trabajos por realizar en la zona.

Para mayor claridad del mecanismo de la creación del desglose del trabajo, se muestra la figura 19, que es un diagrama de flujo donde esquematiza el proceso en forma más dinámica, además de una ficha de reporte de avance según las etapas del EDT, para el control de imprevistos y tareas inconclusas, está presentada en el apéndice 10.

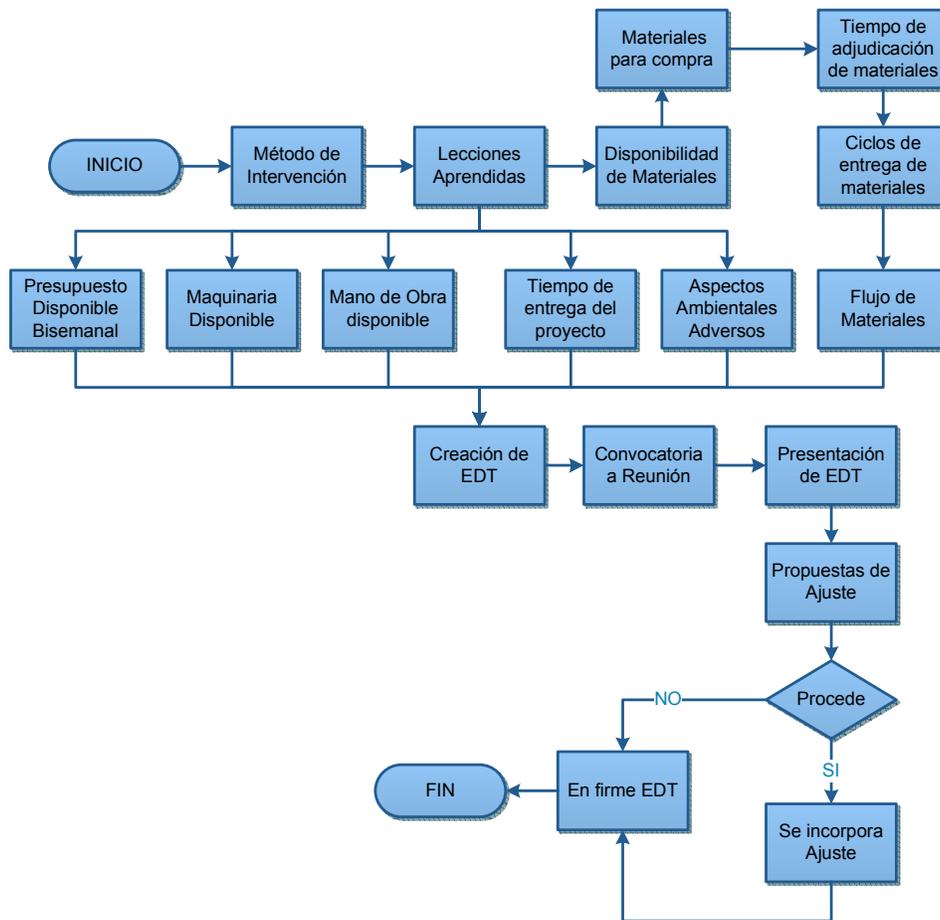


Figura 19 Diagrama de Flujo de Creación de EDT.

Fuente: Ramírez. A; 2014.

## Desarrollo de Cronograma

Se refiere al cronograma de las actividades del proyecto, desarrollada en la etapa de planificación mediante estructuración de tareas con su tiempo y recurso disponible. Los requerimientos contractuales establecidos son factores a considerar para el cronograma, por lo anterior se recomienda revisar los documentos “Perfil y Convenido del Proyecto”; estos documentos son realizados por la unidad de

planificación y logística y el cliente y son cláusulas de responsabilidades tanto para el cliente como por el proveedor del servicio, al plasmar el cumplimiento de las disposiciones y condiciones del proyecto por desarrollar,

Para realizar este proceso se recomienda usar diagramas de Gantt, precedencias u otros que faciliten el desarrollo de todas las actividades del proyecto. En la figura 20 se muestra un diagrama de flujo del proceso de creación de cronograma de trabajo para ampliar el tema.

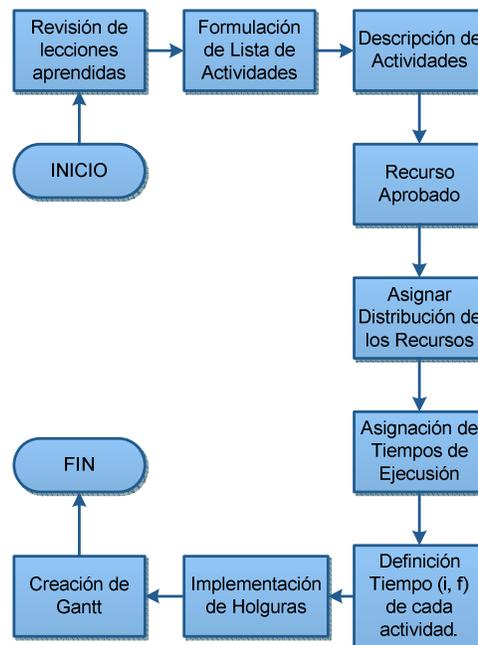


Figura 20 Diagrama de Flujo de Desarrollo de Cronograma

Fuente: Ramírez. A; 2014.

## Ejecución

Es la fase del proyecto donde el director pone en marcha el inicio de los trabajos.

El conjunto de herramientas realizadas en la etapa de planificación, se toman de bases para la ejecución y realización de cada una de las actividades según las etapas establecidas en el proyecto. El seguimiento de los trabajos realizados mediante un estricto control de cada uno de los procesos constructivos, como ensayos de los materiales tanto en campo como en laboratorio, se vuelven cruciales para terminar esta fase del proyecto satisfactoriamente.

Es importante señalar que la presencia de Ingenieros en campo es esencial, debido a que es el promotor, conductor cuya responsabilidad es dirigir y orientar al grupo de trabajo con eficiencia y calidad en las obra.

resultados en el cierre de los trabajos. Se pueden generar informes de los avances por cada una de las tareas realizadas bisemanalmente, con el objetivo de conocer si el programa de trabajo planificado se está cumpliendo en el momento de la ejecución del mismo. Es importante documentar todo tipo de imprevistos dado en obra, ya que serán evaluadas para determinar si estas influyeron en la varianza de los entregables, en función a los que se tenían planificados para ese tiempo.

Para facilitar la comprensión de este proceso se realizó un diagrama de flujo que se identifica en la figura 21, donde se esquematiza la mecánica de esta fase de la ejecución del proyecto, además de una tabla llamada control de actividades donde se resumen la información de las actividades y su avance al corte realizado, el costo y tiempo hasta la fecha así como los posibles imprevistos dados en el momentos de la implementación de las actividades. (Apéndice 9)

## Evaluación y Control

El control del proyecto en su etapa de ejecución es de vital importancia para generar buenos

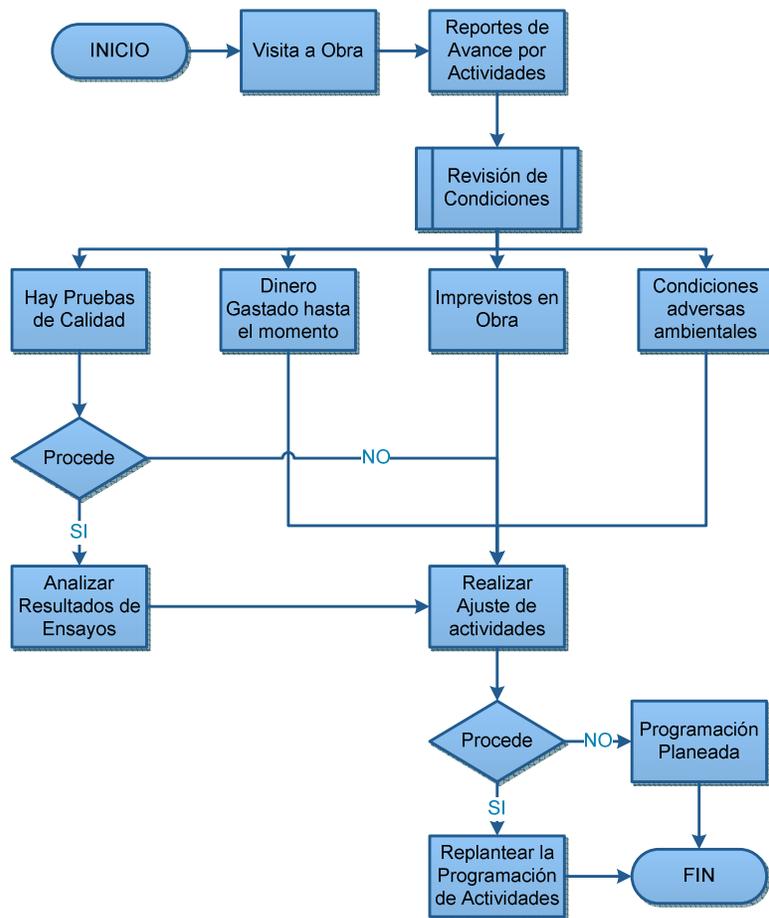


Figura 21 Diagrama de Flujo de control de actividades en la ejecución de un proyecto.

Fuente: Ramírez. A; 2014.

## Cierre del Proyecto

Es la fase terminal del proyecto en ejecución, donde se cubren los alcances propuestos por el cliente en el tiempo y costo establecido. Se realiza un archivo de lecciones aprendidas (Apéndice 11) donde se pueden utilizar para futuros proyectos similares en el área, además se

establece el acta de cierre del proyecto al hacer entrega de las obras.

Se presenta mediante diagrama de flujo el ciclo de cierre del proyecto (figura 22), también se propone un ficha de cierre del proyecto que se observa en el (Apéndice 12) que resume todas los aspectos más relevantes en la finalización del proyecto, en el alcance, costo, tiempo, calidad de los materiales, ambiente, seguridad, entre otros..

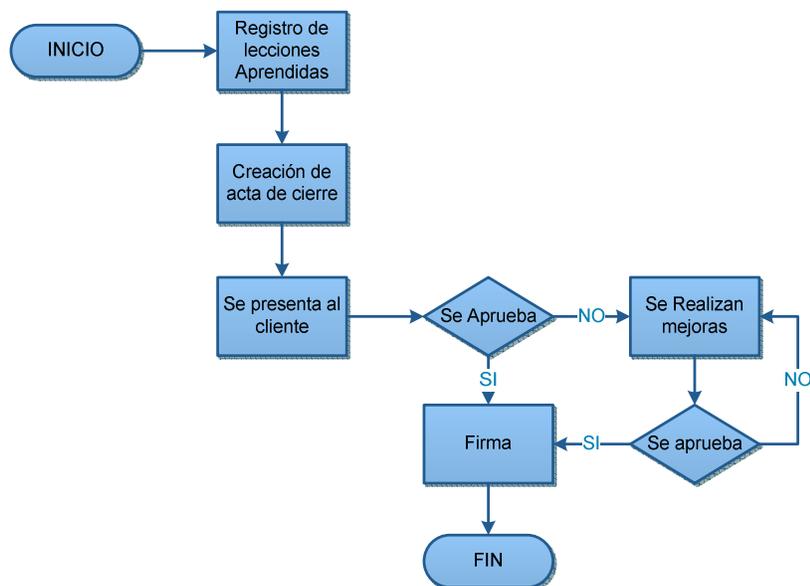


Figura 22 Diagrama de flujo de Cierre del Proyecto.

Fuente: Ramírez. A; 2014.

## Plan técnico en la intervención de caminos de penetración

El plan de respuesta técnico propuesto es un sistema de gestión que cubre las necesidades de intervención de caminos de penetración, mediante un esquema resumen de buenas prácticas y herramientas concretas de verificación, con aspectos claves por tomar en cuenta para la ejecución de un proyecto vial.

Este modelo tiene un patrón estructurado de soluciones acompañado de herramientas que facilitan el proceso de ejecución de los proyectos, de este modo poder hacerle frente a las tareas de intervención de manera orientada, en consejos prácticos y consideraciones técnicas en el equipo, maquinaria, instructivos ambientales, consideraciones de seguridad y calidad de los materiales por utilizar en el proyecto.

Las herramientas diseñadas obedecen a los hallazgos encontrados en la red de caminos de penetración en estudio, que se determinaron mediante las visitas a campo. Los problemas encontrados, se analizan y se identifican

soluciones técnicas por implementar para solventar o bien solucionar las deficiencias del área de construcción de caminos del Instituto Costarricense de Electricidad.

## Lista de verificación para mantenimiento y rehabilitación en caminos de penetración

Se propone una lista de verificación de aspectos por considerar, para determinar el método de intervención del camino de penetración en evaluación. Dentro de los aspectos por evaluar en la visita al camino tenemos, el enfoque general del entorno y operación integral de los sistemas de aguas y el pavimento, aspectos estructurales de pavimento, el trazado, la vegetación y estructura de drenajes.

Esta herramienta es útil y sencilla de aplicar, además conceptualiza la realidad de la zona del camino, al considerar aspectos ambientales, topográficos y morfológicos. Con esta información recabada en campo, mediante experiencia y lesiones aprendidas, se puede determinar las soluciones y métodos de intervención del camino, así como establecer el

costo, tiempo y calidad de los trabajos por realizar, la herramienta la podemos encontrar en el apéndice 13.

## Guía de buenas prácticas para la construcción de caminos de penetración

La guía de buenas prácticas para la construcción de caminos de penetración, fue propuesta y creada en razón de las visitas en el campo, ya que se evidenciaron problemas en el manejo del medio ambiente así como, procesos de compactación y uso deficiente de la maquinaria.

Además de la poca información existente, en los aspectos de ambiente, seguridad, calidad de los materiales y rendimiento de equipo, que describa el entorno y las condiciones reales en las que se desarrolla el área.

De este modo se determinó como una necesidad para el departamento de construcción de caminos, la creación de esta guía para la ejecución de los trabajos en campo. La herramienta es una compilación de recomendaciones que ayudarían en el adecuado control de procesos constructivos, en la conservación y mejoramiento de caminos de penetración de líneas de transmisión del Instituto Costarricense de Electricidad; esta se adjunta en el apéndice 14.



## Lista de verificación de buenas prácticas en los procesos típicos de mejoramiento y conservación de caminos de penetración

Esta es una herramienta de soporte para la verificación de los principales aspectos técnicos, por considerar en la ejecución de los procesos o procedimientos típicos de mantenimiento y rehabilitación de caminos de penetración.

Las listas de verificación en los procesos típicos de mejoramiento y conservación de caminos de penetración, hacen referencia a la

guía de buenas prácticas que es resultado de este proyecto. Por esta razón es importante conocerla, ya que en ella resumen recomendaciones que ayudarían en el desarrollo de los procesos. Las listas de verificación se dividieron según las actividades principales del área de construcción de caminos. En el apéndice 15 se adjuntan las 4 listas principales de evaluación en la ejecución de los trabajos, donde la primera etapa son actividades previas a la construcción del acceso, la etapa 2 la obtención de la sub-rasante, la etapa 3 es la implementación de la sub-base y finalmente en la etapa 4 implementación de tabacamento

# Análisis de los resultados

En el siguiente capítulo se evaluarán los resultados de acuerdo con los objetivos propuestos, al examinar, interpretando y discutir cada uno de ellos. Se establecerán causas y efectos, límites y defectos de los resultados obtenidos y posibles problemas derivados de interpretaciones inadecuadas.

## Identificación de las características de las obras

Para identificar las características de las obras, se realizó una exhaustiva revisión de fuentes en el área de construcción de caminos, sin embargo esta información fue limitada y con deficiencia en aspectos de legalidad de los documentos de respaldo, es decir la mayoría de la información con la que se contaba era por medio de correos electrónicos, al ocasionar pérdida de información y dificultades de interpretar el enfoque de las condiciones de los trabajos realizados.

Las características de las obras en caminos de penetración, propias del área de construcción de caminos del Instituto Costarricense de Electricidad, se desarrollan en aspectos técnicos repetitivos, sin embargo las condiciones del entorno en las que se ejecutan los trabajos, son las variantes por considerar en aspectos de planificación, ejecución y control de las obras. En entrevista con el coordinador del área, explica que los trabajos son complicados por la topografía, morfología y condiciones del suelo en las que se encuentran.

La red de caminos de penetración en estudio, abarca la habilitación, mejoramiento o construcción de accesos a las torres de la línea de transmisión Moín-Cahuita-Sixaola, esta línea fue construida por licitación mediante empresa privada, que en la concepción del proyecto no consideraron el entorno ni zonas estratégicas para una eventual implementación de caminos de acceso a las torres, según el coordinador del

área. De este modo las condiciones son críticas para el área de caminos, ya que por necesidades de reparación de las torres de transmisión, debe ingeniárselas para construir accesos, en inadecuadas condiciones de espacio, ambiente, topográficas y morfológicas del entorno.

De acuerdo con las visitas realizadas en la zona, se verifica y se determinan los problemas topográficos asociados a la ejecución de estas obras. Estos problemas ajenos al área de construcción de caminos provocan que se incurra en errores en la planificación de los trabajos y afecte considerablemente el medio ambiente, razón que preocupa y pone en evidencia que se debe de realizar un estudio detallado de las condiciones y características de estos trabajos para determinar soluciones más óptimas y con menor impacto al ambiente.

En la tabla 6 se muestra el inventario realizado en la red de caminos de penetración de la Línea de Transmisión Moín-Cahuita-Sixaola, sin embargo es importante mencionar que los trabajos de implementación de caminos de penetración para los meses de julio hasta noviembre del 2014, se basaron en las zonas de Cahuita y Sixaola, por esta razón son los principales sitios de evaluación de este proyecto. En la figura 9 se muestra un croquis de todos los accesos en intervención, que fueron visitados y evaluados para el estudio, excluyendo de sobre manera el comportamiento y la condiciones del entorno en las que se dieron los trabajos en Moín.

En la figura 10 se presenta un diagrama de Ishikawa con las tareas y actividades que identifican las características propias de los trabajos, determinados y establecidos por el área de construcción de caminos. Se divide en cuatro etapas principales donde la primera etapa es el manejo de aguas pluviales, que se basa en el alineamiento y trazado del acceso; la implementación de taludes ya sea por corte o relleno, la implementación de sangrías, colocación de pasos de agua y concepción de

cunetas y contracunetas, son algunas de las sub-actividades de esta primera etapa. Como segunda etapa e igual de importante tenemos la obtención de sub-rasante, donde se evalúan las condiciones del sitio, su topografía y calidad del suelo, para determinar el espesor de capa vegetal por sustraer, la remoción de derrumbes y completar espesor requerido para la posterior capa del pavimento. Luego tenemos la etapa 3 que es la implementación de capa sub-base expuesta, y finalmente la etapa de implementación de base estabilizada con cemento, esta es anuente a las condiciones topográficas del camino, al aumentar la capacidad de la base y garantizar una mayor vida útil; esta actividad se realiza principalmente en tramo del camino con altas pendientes.

## Procedimientos y procesos típicos

Para determinar los procedimientos y procesos de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción de caminos de penetración, al dar solución a las condiciones y características del entorno de los trabajos; se realizó revisión de perfiles de proyectos similares, para establecer los mecanismos de selección y así plasmar en diagramas el seguimiento de los procesos tanto técnicos como administrativos del área.

Como empresa estatal el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) debe de velar porque el presupuesto otorgado a las obras esté justificado y amparado en función a las necesidades de la empresa. De este modo los procedimientos y procesos administrativos para lograr plasmar un proyecto son largos y burocráticos, de ahí la importancia de conocer el proceder de cada una de las etapas de formalidad de los proyectos, así como los lapsos de tiempo estimados en cada uno de ellos.

En el área de construcción de caminos, el proceso de formulación de un proyecto inicia con la presentación de la necesidad de trabajo por parte de un cliente interno del ICE, posterior a ello el coordinador del área solicita una orden de planeación, donde se cargarán los costos incurridos en la visita de reconocimiento, además del tiempo en la evaluación de las necesidades del trabajo por realizar, luego se conceptualiza una propuesta de trabajo donde se toma en

cuenta las dimensiones de la obra, el tiempo estimado y el costo proyectado. Se le presenta la propuesta al cliente donde éste debe aprobar o solicitar un replanteo de la propuesta por aspectos de limitación presupuestaria o bien la necesidad de incrementar el alcance, cuando la propuesta de trabajo está aprobada por el cliente se realiza el proceso de planificación de obra, en el cual el ingeniero debe considerar los costos, el tiempo, la calidad de los materiales, la maquinaria, la seguridad, aspectos ambientales, equipo, personal, además de otros aspectos. También se debe de realizar un perfil de obra y un convenio de prestación de servicios internos, para el control de responsabilidades, coordinación de obra y demás aspectos fundacionales por convenir con el cliente y el prestador del servicio.

Posterior a la planificación de la obra se debe de tramitar la autorización de trabajo en el nivel de gerencia, donde se le otorga un número de proyecto utilizado para el control de costo, posterior a ello se debe de realizar una orden de servicio de construcción donde se cargarán los gastos no efectivos del proyecto. Luego de la aprobación de la orden de servicio de construcción, se pueden ejecutar en paralelo la gestión de compras por fondo de trabajo, realización de trámites ante proveeduría, contrato de maquinaria pesada, asignación de personal técnico especializado, contratación de personal ocasional. Al contar con todos estos procedimientos se puede dar pie a la ejecución de los trabajos en función de la planificación del proyecto, finalmente se debe de realizar un cierre mediante un informe final, al plasmar los aspectos principales en los que se desarrollaron los trabajos, así mismo se realiza una acta de aceptación y entrega de producto, donde el cliente con el coordinador del proyecto dan por finalizada la prestación del servicio.

En la figura 11 se muestra un diagrama de flujo, del proceso administrativo en el área de construcción de caminos, también en la tabla 7 los plazos de tiempos estimados de los procedimientos más críticos, que afectarán directamente la apertura del proyecto.

Al realizar el reconocimiento de los trabajos se define el tipo de intervención por utilizar en el proyecto, al ajustarse a las actividades básicas ejecutadas por el área de construcción de caminos. Los procedimientos y procesos típicos por considerar en la planificación

del proyecto, se observan en la figura **12**; donde se define el trabajo por realizar según el tipo de obra, luego se define el acabado al que se quiere llegar según las disposiciones del cliente, posterior a ello el método correctivo por realizar y por último se puntualizan los trabajos para su debida planificación del proyecto.

## Evaluación de los mecanismos de trabajo en campo

Para evaluar los mecanismos de operación de las actividades típicas en el área de construcción de caminos, se realizó visitas a campo a la red de accesos en ejecución por la unidad. Dentro de las giras se obtuvieron ciertos hallazgos apoyados por un récord fotográfico, donde se argumenta el estudio y sus posibles soluciones a las deficiencias localizadas en los procesos constructivos de cada una de las apreciaciones.

## Hallazgos encontrados

En la tabla **8** y **10** de los resultados, se resumen los hallazgos de las visitas realizadas en los trabajos en ejecución por el área de construcción de caminos, donde las apreciaciones aportadas son evaluadas por las causas que generaron las deficiencias en los procesos constructivos, así como los efectos directos en la ejecución y control de los trabajos.

Las deficiencias encontradas son a consecuencia de una inadecuada planificación en la administración de los pavimentos, por insuficiente recurso humano, limitación presupuestaria, insuficiente y obsoleto equipo y maquinaria ICE, además de problemas en realizar trabajos integrales con otras áreas de apoyo. Como se observa en la figura **13** de los resultados, mediante un diagrama de Ishikawa se presenta la situación mencionada anteriormente, donde se esquematiza los aspectos de administración de pavimentos carentes dentro del área de construcción de caminos.

En el apéndice **20** se muestran varias fotografías donde evidencia, el deterioro de las obras transitorias por efecto de falta de mantenimiento y control, sin dejar de lado la deficiente planificación para la ejecución de obras civiles complementarias en los trabajos de

mantenimiento y rehabilitación de caminos de penetración. Este panorama dentro del área ha generado múltiples consecuencias por las reiteradas ocasiones en las que se tiene que intervenir un acceso, al afectar directamente los costos y el tiempo en la ejecución de estas tareas.

En la tabla **10** como se mencionó anteriormente, se muestran una serie de hallazgos localizados en los procesos constructivos en ejecución, donde se observan deficiencias de conceptualización en aspectos de rendimiento de maquinaria, sistemas de compactación y gestión ambiental principalmente.

El área ha venido trabajando en los últimos años con una mentalidad de dar soluciones en el menor tiempo posible y con menor costo, sin embargo ha olvidado la calidad y el impacto ambiental que puede generar los trabajos viales ejecutados en cada uno de los accesos, si bien las condiciones y las características de los caminos de penetración son adversos y complicados por su ideología, se debe de plasmar un sistema de respuesta a la emergencia con un plan integral de soluciones en aspectos en seguridad, en ambiente, en calidad de los materiales, eficiente selección de maquinaria, estudios de suelos, topográficos, geológicos; así como un control de las medidas de mitigación dados por el impacto ambiental que se generan en los sitios de trabajo.

En el apéndice **21** se muestran una serie de fotografías que evidencian la problemática expuesta anteriormente y se analizará según los hallazgos descritos en la tabla **10** de los resultados:

- Se muestra el proceso de compactación realizado en campo, donde se aprecia un inadecuado proceso, al aludir que se dan espesores mayores a 60 cm sin una adecuada compactación en sitio, que provoca mala densificación del material.
- Se ilustra que se utiliza maquinaria no adecuada para procesos de compactación en sitio, al provocar aumento de tiempo de ejecución y costos, además de mala calidad en el proceso.
- Se observa el impacto ambiental provocado por los trabajos en sitio y la falta de medidas de mitigación en el manejo de entorno.

## Causas y efectos de los hallazgos

Dentro de las principales causas de los hallazgos en la tabla **10** de los resultados, tenemos la falta de supervisión de inspectores con conocimiento técnico, problemas de planificación y organización en los flujos de las cuadrillas y las funciones por desempeñar, insuficiente personal técnico especializado, falta de maquinaria apropiada para los trabajos específicos de cada proceso, procedimientos incorrectos de compactación, problemas de planificación al no incorporar medidas ambientales, manejo del entorno y medidas de mitigación, falta de equipo adecuado de compactación para cada uno de los frentes de trabajo.

Dentro de los efectos planteados en la tabla **10**, tenemos la inadecuada densificación del material por insuficiente proceso de compactación, lo que provoca deterioro de la calzada; falta de control que garantice el cumplimiento de la calidad de los procesos ejecutados. Impacto al ambiente en las zonas intervenidas, al provocar riesgos de demandas por parte del MINAET, SETENA o terceros, ya que no se consideran las regulaciones interpuestas en la GUÍA AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN.

## Acciones propuestas

Se plantea un plan de respuesta de mantenimiento, rehabilitación y construcción de caminos, al considerar en la planificación de la obra un trabajo integral de conservación vial, que a su vez permitan formar una estructura de soluciones adecuadas a las condiciones presentes en los accesos, tanto en la estructura del pavimento como de las obras complementarias. Por esta razón en la tabla **9** de los resultados, se muestran soluciones para disipar o bien mejorar estas deficiencias, y plasmar un sistema de construcción de pavimentos más eficiente y planificado. En la tabla **11** se adjuntan las medidas preventivas propuestas de acuerdo con las deficiencias encontradas y plasmadas en la tabla **10**, las soluciones dadas para este enfoque se orientan a un plan de respuesta relacionado con los aspectos técnicos ingenieriles, en los cuales se

diseñan herramientas para el desarrollo de buenas prácticas en los procesos constructivos, al orientar el diseño de herramientas en la realidad del área.

## Herramientas de apoyo

### Plan de respuesta con enfoque administrativo

Como apertura a dar soluciones concretas a las deficiencias presentadas, a causa de presupuesto insuficiente, equipo y maquinaria en mal estado, insuficiente de personal profesional de apoyo a los frentes de trabajo, falta de personal técnico para labores civiles e insuficiente control de pruebas de laboratorio para todos los materiales que componen el pavimento, se plantea un plan de respuesta para la conservación y mejoramiento en caminos de penetración, con enfoque administrativo que dé soluciones certeras a las necesidades presentadas.

Este plan de gestión administrativo propuesto, toma en cuenta los procedimientos internos del área, además se desarrolla apoyarse en las buenas prácticas de la administración de proyectos de Project Management Institute (PMI), mediante la guía PMBOK®.

Este sistema de gestión, plantea una serie de herramientas de ayuda para la organización de proyectos viales, está enfocado en cubrir las necesidades de intervención de caminos de penetración mediante un esquema de procedimientos. Este modelo tiene un patrón estructurado de soluciones acompañado de herramientas que facilitan el proceso de ejecución, de este modo poder hacerle frente a las tareas de intervención de una manera planificada según las políticas internas del área. Las herramientas diseñadas propuestas se encuentran en los apéndices del **1** al **12**.

Para validar y conocer si la herramienta es útil dentro del área de construcción de caminos del ICE, se realizó una evaluación de las herramientas de los apéndices del **1** al **4** en un camino de penetración, los resultados obtenidos se muestran en el apéndice **16**.

## Plan de respuesta con enfoque técnico

De acuerdo con las deficiencias encontradas en el área de construcción de caminos, en aspectos de conceptualización en uso efectivo de maquinaria, procesos de compactación en campo y manejo del entorno e impacto ambiental; se crean como base tres herramientas principales, para el control en trabajos de conservación y mejoramiento de caminos de penetración de líneas de transmisión de Instituto Costarricense de Electricidad, las cuales se detallan a continuación:

### Lista de verificación en evaluación

Es una herramienta diseñada para el control de las condiciones presentes en accesos ya existentes, para formar criterio amplio de las condiciones y características del camino y así plantear la propuesta de trabajo. Dentro de los aspectos por evaluar en la visita tenemos, el enfoque general del entorno, la operación integral de los sistemas de agua y la estructura del pavimento, entre otras; al lograr una debida planificación de los trabajos con calidad y respaldo técnico de laboratorio.

Si bien es cierto las condiciones por evaluar son adversas y complicadas por la topografía y morfología presentes en estos caminos, al encontrar accesos con altas pendientes, suelos de baja resistencia y colapsables, lluvias en la zona además de otros factores que contribuyen a conformar un proyecto complejo y con múltiples problemas en su ejecución. Es razón de poner atención a estos problemas e implementar un plan de emergencia, donde garantice las medidas que contrarreste los efectos presentados en la zona, de este modo la herramienta ayuda al profesional o persona competente, a valorar y estudiar las apreciaciones interpuestas, para generar un planteamiento acorde con las exigencias técnicas y a la legislación nacional. Dicha herramienta se encuentra en el apéndice **13**.

Para validar y conocer si la herramienta es útil dentro del área de construcción de caminos del Instituto Costarricense de Electricidad, se realizó una evaluación en campo en dos caminos de penetración con características y condiciones diferentes. La

primera aplicación de la herramienta fue en un camino existente en línea de transmisión y con necesidad de intervención, a causas del mal estado en el que se encontraba, los resultados de esta aplicación se muestra en el apéndice **17**, y obedecen a la evaluación realizada en el acceso de Carbón 1 en dirección a la Torre 35. La segunda aplicación de la herramienta se conceptualizó en el acceso de Annia, que obedecía a un camino de penetración en construcción, los resultados obtenidos se muestran en el apéndice **18**. Finalmente se realizó una tercera validación en camino existente, que será intervenido para los estudios de factibilidad del P.H Los Llanos, los resultados se muestran en el apéndice **19**.

### Guía de buenas prácticas para la construcción de caminos de penetración

La guía de buenas prácticas fue pensada con el propósito de suministrar al profesional, técnicos, encargos y toda persona con conocimientos básicos en caminos, recomendaciones para el buen desarrollo de procesos constructivos, mediante una serie de aspectos claves para la planificación, ejecución y concepción de estos proyectos.

Esta guía está orientada a subsanar las principales deficiencias encontradas en el área, dadas en los procesos constructivos observados en las visitas de campo; para la confección de esta guía se consideraron los instructivos de ambiente, normas de seguridad, calidad de los materiales, utilización efectiva de maquinaria, entre otras. Esta guía se encuentra en el apéndice **14**.

### Listas de verificación de buenas prácticas constructivas

Estas herramientas fueron diseñadas para la verificación de los principales aspectos técnicos, por considerar en la ejecución de los procesos o procedimientos típicos de mantenimiento y rehabilitación de caminos de penetración.

Esta herramienta de verificación sirve de soporte para el inspector de campo, donde la persona competente evalúa, si las condiciones

dadas en los procesos constructivos están acordes con las disposiciones técnicas estipuladas en el proyecto, según las recomendaciones dadas en la guía de buenas prácticas del apéndice **14**.

Esta herramienta de soporte se divide según las actividades principales del área, donde la primera etapa son las actividades previas por verificar, en la etapa dos las actividades críticas

por considerar para la implementación de subrasante, la etapa tres la implementación de sub-base y finalmente en la etapa cuatro la implementación de base estabilizada con cemento.

Estas listas de verificación se encuentran en el apéndice **15**.

# Conclusiones

- Las características de las obras en la red de caminos de penetración de la línea de transmisión Moín-Cahuita-Sixaola, son críticas y adversas por las condiciones topográficas, morfológicas y geológicas de la zona. Se localizan en sitios de pendientes pronunciadas, suelos inestables y densa vegetación, lo que provoca que los trabajos de mejoramiento sean una tarea complicada para la brigada de caminos.
- Los procesos y procedimientos típicos de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción están estandarizados, sin embargo los respaldos técnicos que aportan la calidad de los trabajos son insuficientes y limitados en el área.
- Existe inadecuada planificación en la administración de los pavimentos, debido a recurso humano insuficiente, limitaciones presupuestarias, insuficiente y obsoleto equipo ICE, además de problemas en la coordinación de trabajos integrales con otras áreas, para la implementación de trabajos complementarios en los accesos.
- Los mecanismos o procedimientos de selección por parte del área de caminos se considera que son acorde con las necesidades solicitadas por el cliente, sin embargo los procesos de planificación para el análisis del entorno, calidad de los materiales, impacto ambiental, y control de procesos de compactación son insuficientes en el proceso de ejecución del proyecto.
- Se diseñaron quince herramientas de soporte, que dan soluciones concretas a las deficiencias presentadas en el área, mediante una serie de fichas, listas de verificación y guía de buenas prácticas para la construcción de caminos de penetración.
- Se determinaron las deficiencias del área, en la planificación de la administración de pavimentos, al argumentar las causas y efectos directos en cada uno de las limitaciones presentes, y además se realizan las recomendaciones para resolverlas.
- Se implementó el 30% de las herramientas propuestas aplicadas en tres caminos del área, al dar información concreta de las condiciones y características propias de los accesos a intervenir, necesaria la adecuada planificación de la obra.

# Recomendaciones

- Realizar estudios de ciclo de vida de los proyectos de mejoramiento de caminos de penetración, para establecer periodos óptimos de mantenimiento rutinario.
- Implementar el uso de la guía de buenas prácticas para la construcción de caminos de penetración del apéndice 14, para tener mayor visión de las condiciones de estos proyectos.
- Evaluar las condiciones y características de los trabajos por realizar, para determinar los controles de calidad de los materiales, gestión ambiental, estudios de topografía, geología y otros necesarios, esto para la planificación del proyecto según las disposiciones legales del país, y a su vez ajustados a las necesidades del sitio de trabajo.
- Contratar personal técnico civil requerido para la implementación de los trabajos complementarios; que garantizarán los trabajos de forma integral realizados por el área de caminos.
- Contratar personal profesional, para la supervisión eficiente y oportuna de cada uno de los frentes de trabajo en ejecución.
- Se recomienda que el área de construcción de caminos, disponga en su planilla fija, que coordine la cuadrilla de trabajos civiles complementarios en los caminos de penetración, para lograr trabajos integrales en tiempos óptimos de ejecución.
- Implementar ficha técnicas por proyecto, del procedimiento de compactación adecuado, al considerar las condiciones de sitio, el material, la maquinaria asignada y aspectos topográficos.
- Capacitar al personal de campo en proceso de compactación, control del entorno e impacto ambiental de los sitios de trabajo.
- Implementar el uso de la guía de buenas prácticas ambientales del apéndice 14.
- Incorporar en los procesos de planificación de la obra el plan de gestión ambiental.
- Incorporar en los procesos de planificación de la obra el plan de seguridad ocupacional.

# Apéndices

## Apéndice 1 Formulario de Constitución del Proyecto



## CONSTITUCIÓN DEL PROYECTO

<b>Nombre del camino</b> _____	<b>Registro N°</b> _____
<b>Coordinador del Proyecto</b> _____	<b>Fecha de apertura</b> ____ / ____ / ____
<b>Código de proyecto</b> _____	
<b>Localización</b>	
<b>Ruta</b> _____	
<b>Zona</b> _____	<b>Provincia</b> _____ <b>Kilómetro</b> _____
<b>Distrito</b> _____	<b>Cantón</b> _____
<b>Ubicación</b> _____	

Camino	Características Estructurales	
Tipo Camino _____	Tipo de Pavimento	<b>Espesores de capas de pavimento (cm)</b>
		Superficie _____
Longitud (km) _____	Tipo de Espaldón	Base _____
		Sub-base _____
	<b>Geometría del pavimento</b>	
	Número de Carriles	_____
	Ancho de calzada	_____

**Justificación del Proyecto**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Descripción del Proyecto**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Requerimientos del Proyecto**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



# **Apéndice 2**

## **Ficha de Inspección de Campo**



Nº Registro \_\_\_\_\_

## FICHA DE INSPECCIÓN

Nombre del camino \_\_\_\_\_  
 Inspector \_\_\_\_\_  
 Código de inspección \_\_\_\_\_ Fecha de elaboración \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

**Localización**

Ruta \_\_\_\_\_  
 Zona \_\_\_\_\_ Provincia \_\_\_\_\_ Kilómetro \_\_\_\_\_  
 Distrito \_\_\_\_\_ Cantón \_\_\_\_\_  
 Ubicación \_\_\_\_\_

CARACTERISTICA DEL PROYECTO	
<input type="checkbox"/> Camino de Penetración	Longitud km _____
<input type="checkbox"/> Patio de Materiales	Área m <sup>2</sup> _____

PROCESOS O PROCEDIMIENTO A IMPLEMENTAR	
<input type="checkbox"/> Obtención de sub-rasante	<input type="checkbox"/> Manejo de aguas Pluviales
_____	_____
<input type="checkbox"/> Implementación de capa sub-base	<input type="checkbox"/> Implementación de base
_____	_____

Procedimiento a realizar adicional:  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Condiciones ambientales, topográficas y morfología presente

- |   |   |  |   |
|---|---|--|---|
| <input type="checkbox"/> Pendientes pronunciadas          | <input type="checkbox"/> Irregularidades en la topografía | <input type="checkbox"/> Densa vegetación en la zona       | <input type="checkbox"/> Lluvias excesivas      |
| <input type="checkbox"/> Suelos de baja capacidad soporte | <input type="checkbox"/> Nivel freático superficial       | <input type="checkbox"/> Ríos, quebradas o nacientes cerca | <input type="checkbox"/> Se debe cortar árboles |

Condiciones adicionales a considerar  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Aprobación

Evaluador	_____ Nombre del Evaluador	_____ Firma	_____ Fecha
Director del Proyecto	_____ Nombre de Ordinador de Proyecto	_____ Firma	_____ Fecha

# **Apéndice 3**

## **Ficha de características y condiciones de segmentos homogéneos del camino por evaluar.**



## EVALUACIÓN DE SEGMENTOS HOMOGÉNEOS EN CAMINOS DE PENETRACIÓN

Distrito _____	Ruta _____	Fecha de trabajo _____ / _____ / _____
Provincia _____	Zona _____	Kilómetro _____ (km)
Cantón _____	Ubicación _____	
Nombre de Proyecto _____		

Segmentos	Distancia (km)	Ancho Promedio de Calzada (m)	Calzada	Topografía	Observaciones Típicas
1			<input type="checkbox"/> Tierra <input type="checkbox"/> Asfalto <input type="checkbox"/> Lastre <input type="checkbox"/> Concreto	<input type="checkbox"/> Plana <input type="checkbox"/> Pendientes pronunciadas <input type="checkbox"/> Ondulada <input type="checkbox"/> Irregular con diferencia de alturas considerables	
2			<input type="checkbox"/> Tierra <input type="checkbox"/> Asfalto <input type="checkbox"/> Lastre <input type="checkbox"/> Concreto	<input type="checkbox"/> Plana <input type="checkbox"/> Pendientes pronunciadas <input type="checkbox"/> Ondulada <input type="checkbox"/> Irregular con diferencia de alturas considerables	
3			<input type="checkbox"/> Tierra <input type="checkbox"/> Asfalto <input type="checkbox"/> Lastre <input type="checkbox"/> Concreto	<input type="checkbox"/> Plana <input type="checkbox"/> Pendientes pronunciadas <input type="checkbox"/> Ondulada <input type="checkbox"/> Irregular con diferencia de alturas considerables	
4			<input type="checkbox"/> Tierra <input type="checkbox"/> Asfalto <input type="checkbox"/> Lastre <input type="checkbox"/> Concreto	<input type="checkbox"/> Plana <input type="checkbox"/> Pendientes pronunciadas <input type="checkbox"/> Ondulada <input type="checkbox"/> Irregular con diferencia de alturas considerables	
5			<input type="checkbox"/> Tierra <input type="checkbox"/> Asfalto <input type="checkbox"/> Lastre <input type="checkbox"/> Concreto	<input type="checkbox"/> Plana <input type="checkbox"/> Pendientes pronunciadas <input type="checkbox"/> Ondulada <input type="checkbox"/> Irregular con diferencia de alturas considerables	

**Aprobación**

Nombre del Evaluador	Firma	_____/_____/_____ Fecha
Nombre de Coordinador de Proyecto	Firma	_____/_____/_____ Fecha

# **Apéndice 4**

## **Evaluación visual de caminos de penetración.**



**EVALUACIÓN VISUAL DE CAMINOS DE PENETRACIÓN**

Nombre del Proyecto	_____	Registro	_____
Segmento (Código)	_____	Fecha de Evaluación	_____
Sector del Trabajo	Ref. Inicial _____		
	Ref. Final _____		

Características del sector	Condiciones de Drenaje
Longitud del Segmento _____ km	<b>Cunetas</b>
Ancho promedio de calzada _____ m	<input type="checkbox"/> Limpia <input type="checkbox"/> Obstruida <input type="checkbox"/> Daño funcional
<b>Características de la corona</b>	<b>Longitud Cunetas Laterales</b> _____ km
<b>Bombeo</b> <input type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Malo	<b>Alcantarillas</b>
<b>Espesor de calzada</b> _____ cm	<input type="checkbox"/> Limpia <input type="checkbox"/> Obstruida <input type="checkbox"/> Daño funcional
<b>Superficie de Rodadura</b>	<b>Nº de Alcantarillas</b> _____ und
<b>Granulometría</b> <input type="checkbox"/> Buena <input type="checkbox"/> Mala	<input type="checkbox"/> No Existe Alcantarillas
<b>Tránsito Pesado</b> <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	<b>Sangrías</b>
<b>Encallamiento</b>	<input type="checkbox"/> Limpia <input type="checkbox"/> Obstruida <input type="checkbox"/> Daño funcional
<input type="checkbox"/> No hay <input type="checkbox"/> Leve <input type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Grave	<b>Sangrías</b> _____ km
<b>Ahuellamiento</b>	<b>Otras Zanjas</b> _____ m
<input type="checkbox"/> No hay <input type="checkbox"/> Leve <input type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Grave	<input type="checkbox"/> No Existe Sangrías
<b>Baches</b> <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<b>Otros Aspectos a Evaluar</b>
<b>Huecos</b> <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> Taludes Pronunciados
<b>Pérdida de agregado</b> <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> Señalización
	<input type="checkbox"/> Estratos de corte
	<input type="checkbox"/> Estratos de Relleno
	<b>Generación de Polvo</b>
	<input type="checkbox"/> No hay <input type="checkbox"/> Leve <input type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Grave

**Resultados Generales de Evaluación**

**Medidas de Corrección por adoptar**

<b>Autorizado</b>	_____	____/____/____
	<b>Nombre/Firma</b>	<b>Fecha</b>
<b>Aprobado</b>	_____	____/____/____
	<b>Nombre/Firma</b>	<b>Fecha</b>

# **Apéndice 5**

## **Ficha de otorgación de alcance del proyecto.**



## ALCANCE DEL PROYECTO

Nombre del camino			
Cordinador de Proyecto		Fecha	/ /
Código de Proyecto			

Descripción del alcance del producto

---



---



---

Entregables del proyecto

---



---



---

Condiciones de Aceptación del proyecto

---



---



---

Restricciones y supuestos

---



---



---

Unidad Ejecutora			
Autorizado			/ /
	Nombre/Firma		Fecha
Aprobado			/ /
	Nombre/Firma		Fecha

# **Apéndice 6**

## **Plantilla de control de costos del proyecto.**



# **Apéndice 7**

## **Ficha de control de ensayos por realizar en el proyecto.**



# CONTROL DE CALIDAD

<b>Nombre del Proyecto</b>	_____	<b>Fecha</b>	_____	<b>Código</b>	_____
<b>Ubicación</b>	_____	<b>Provincia</b>	_____	<b>Cantón</b>	_____
<b>Coordinador de Proyecto</b>	_____	<b>Distrito</b>	_____		

ID. Actividad	Nombre Control (ensayo)	ID. Control	Descripción del Ensayo	Requerimiento Técnico	Frecuencia	Ubicación de la Prueba

	/ /
<b>Nombre y firma del Coordinador del Proyecto</b>	<b>Fecha de Aprobación</b>



# CONTROL DE CALIDAD

Nombre del Proyecto _____	Fecha _____	Código _____
Ubicación _____	Provincia _____	Cantón _____
Coordinador de Proyecto _____	Distrito _____	

ID. Control	Nombre Control (ensayo)	Resultados	Medidas Correctivas	Comentarios

_____	____/____/____
<b>Nombre y firma del Coordinador del Proyecto</b>	<b>Fecha de Aprobación</b>

# **Apéndice 8**

## **Ficha de estandarización de riesgos de trabajo en el proyecto.**



## DIAGNOSTICO DE CONDICIONES DE RIESGO

Nombre del camino _____	Registro	Nº _____
Coordinador del Proyecto _____	Fecha	/ /
Código de proyecto _____		

**Localización**

Ruta _____	Zona _____	Provincia _____	Kilómetro _____	Ubicación _____
			Cantón _____	

ID Activ.	Riesgo	Causas	Magnitud	Probabilidad	Nivel de riesgo	Acción Preventiva	Plan de Contingencia	Responsables

**Aprobación**

Evaluador	_____ Nombre	Coordinador de Proyecto	_____ Nombre
	_____ Firma		_____ Firma
	/ / Fecha		/ / Fecha

# **Apéndice 9**

## **Ficha de control de avance por actividad del proyecto.**



# **Apéndice 10**

## **Ficha de control de avance de proyecto versus EDT.**



## REPORTE DE AVANCE DE PROYECTO SEGÚN EDT

Nombre del camino		Registro	Nº	
Coordinador del Proyecto		Fecha		/ /
Código de proyecto				
Localización				
Ruta				
Zona		Provincia		Kilómetro
Distrito				Cantón
Ubicación				

Etapas	Tiempo de Ejecución	% de avance del Proyecto	% Presupuesto Ejecutado	% Materiales Utilizados	Entregables	Imprevistos	Tareas pendientes
1							
2							
3							
4							
5							
6							

**Aprobación (Coordinador de Proyecto)**

Nombre \_\_\_\_\_

Firma \_\_\_\_\_

Fecha de Aprobación \_\_\_\_\_

# **Apéndice 11**

## **Ficha de reporte de lecciones aprendidas en el proyecto.**



# LECCIONES APRENDIDAS

Nombre del camino	_____	Registro	Nº	_____
Coordinador del Proyecto	_____	Fecha	_____ / _____ / _____	_____
Código de proyecto	_____			
<b>Localización</b>				
Ruta	_____			
Zona	_____	Provincia	_____	Kilómetro _____
Distrito	_____	Cantón	_____	_____
Ubicación	_____			

Actividades	Que funcionó bien	Que se puede mejorar

<b>Aprobación: Coordinador del proyecto</b>			
	<b>Nombre</b>	<b>Firma</b>	<b>Fecha</b>

# **Apéndice 12**

## **Acta de cierre del proyecto.**



## CIERRE DEL PROYECTO

Nombre del camino _____	Registro N° _____
Coordinador del Proyecto _____	Fecha de Cierre ____ / ____ / ____
Código de proyecto _____	

Localización			
Ruta _____			
Zona _____	Provincia _____	Kilómetro _____	
Distrito _____	Cantón _____		
Ubicación _____			

Objetivos del Proyecto	Criterios de Éxito	Resultados	Imprevistos
Alcances			
Costos			
Tiempo			
Calidad			
Otros			

<b>Aprobación (Coordinador de Proyecto)</b>	
Nombre	_____
Firma	_____
Fecha de Aprobación	_____

# **Apéndice 13**

## **Lista de verificación para el mantenimiento y rehabilitación en caminos de penetración.**



**PROYECTO :**

Código _____	Longitud Verificado _____
Ubicación _____	Sector _____

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CAMINOS DE PENETRACIÓN DE DE LÍNEA DE TRANSMISIÓN MOÍN-CAHUITA-SIXAOLA**

Verificado por: _____	Director de Proyecto _____
Fecha de Verificación _____	Ultima Intervención _____

Item	Parámetro de verificación	Aplica			Comentarios
		SI	NO	N/A	
<b>Etapa 1</b>	<b>Funciones de entorno y operación</b>				
1.1	Existen problemas de acumulación de agua en la calzada, específicamente en las zonas de desmote, curvas e intersecciones.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.2	Se han llevado a cabo los trabajos de limpieza y desmonte en los márgenes y entorno de la calzada.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.3	El final del área de construcción. Se encuentra a una distancia suficiente de los puntos críticos tales como pendientes, curvas, zonas con visibilidad restringida, barrancos, etc.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.4	El camino se encuentra en una zona de sobre pendientes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.5	El acceso se ubica en sitios con suelos estables.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.6	Se ven rastros de agua superficial pasando por la calzada.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.7	Los sistemas de drenaje están funcionando adecuadamente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.8	Hay elementos externos dentro de la zona del camino, como postes, torres de alta tensión o de telefonía.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	



Item	Parámetro de verificación	Aplica			Comentarios
		SI	NO	N/A	
<b>Etapa 2</b>	<b>Sección Transversal</b>				
2.1	Las dimensiones de la sección transversal. Están adecuadas a la categoría del camino.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.2	Cuál es el estado visual del pavimento, presenta deterioros visibles como encalamientos, ahuellamientos, baches, huecos, pérdida de agregado, etc.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.3	La superficie del pavimento es regular.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.4	La superficie del pavimento presenta alteraciones en la calzada.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.5	El pavimento presenta ondulaciones.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.6	El peralte y bombeo de la calzada son suficientes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.7	Los bordes de la calzada se encuentran en buen estado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.8	¿Se han tomado las medidas oportunas para prevenir desprendimientos de material en los taludes?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.9	Se ha implementado toba-cemento en segmentos donde se a requerido.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.10	La superficie de ruedo se encuentra en condiciones de deterioro, por falta de mantenimiento rutinario.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>Etapa 3</b>	<b>Trazado</b>				
3.1	Es suficiente el peralte en las curvas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3.2	El interior de la curva está libre de obstáculos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3.3	El camino presenta zonas peligrosas al transitarlo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	



Item	Parámetro de verificación	Aplica			Comentarios
		SI	NO	N/A	
<b>Etapa 4</b>	<b>Vegetación</b>				
4.1	Existe vegetación en el tramo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4.2	La vegetación existente, constituye un obstáculo que puede llegar a desbordar los límites proyectados si crecen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4.3	El tipo de vegetación dada en el tramo crea problemas de visibilidad al usuario.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4.4	Las vegetación existente contribuye a proteger ante deslizamientos de taludes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4.5	Se realiza mantenimiento rutinario de corte y desmote de vegetación.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4.6	La vegetación que se encuentra en el camino se puede manipular sin permisos de SETENA.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4.7	Hay presencia de arboles caidos en el camino.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4.8	Hay vegetación interrumpiendo el transitar de los vehiculos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4.9	Hay humedad en los bordes del camino a causa de la vegetación.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>Etapa 5</b>	<b>Estructura de Drenaje</b>				
5.1	Son reconocibles.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.2	El sistema de drenaje supone un obstáculo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.3	Las sangrías están trabajando bien.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.4	El sistema de cunetas realiza la evacuación de las aguas de una manera adecuada.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.5	Se ha llevado a cabo los trabajos de mantenimiento rutinario de limpieza y desmonte del sistema de drenaje.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.6	El drenaje es suficiente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.7	Los trabajos civiles en la alcantarilla están realizados. (cabezales)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	



Item	Parámetro de verificación	Aplica			Comentarios
		SI	NO	N/A	
5.8	Las cunetas estas revestidas con concreto, o similar.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.9	Las alcantarillas se encuentran obstruidas por vegetación y suelo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.10	Los vados en las quebradas tienen una debida losa de soporte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

# **Apéndice 14**

## **Guía de buenas prácticas para la construcción de caminos de penetración.**



## GUIA DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS DE PENETRACIÓN

Esta guía es una compilación de recomendaciones de ambiente, organización de la obra, maquinaria y bases estabilizadas con cemento, que ayudarían en el adecuado control de procesos constructivos, en la conservación y mejoramiento de caminos de penetración de líneas de transmisión del Instituto Costarricense de Electricidad.

Elaborado por: Adrián Ramírez López

Supervisión Técnica: Ing. Alvaro Abellán Arroyo

San José, Costa Rica.

Noviembre 2014.



# GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS DE PENETRACIÓN



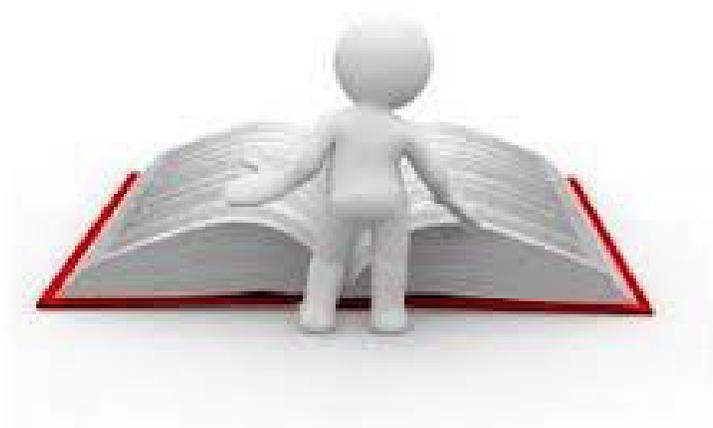
# Contenido

INTRODUCCIÓN .....	3
INSTITUCIONES AMBIENTALES EN COSTA RICA.....	4
BUENAS PRÁCTICAS EN MATERIA DE AMBIENTE.....	5
BUENAS PRÁCTICAS PARA ORGANIZACIÓN DE OBRA .....	7
BUENAS PRÁCTICAS EN BASES ESTABILIZADAS CON CEMENTO.....	10
REFERENCIAS.....	12

TABLA 1 NUMERO DE PASADAS DE MOTONIVELADORA SEGÚN ACTIVIDAD .....	9
---	---

TABLA 2 VELOCIDAD RECOMENDADA DE OPERACIÓN EN EQUIPO DE COMPACTACIÓN .....	9
--	---

TABLA 3 NÚMERO DE PASADAS SEGÚN AL EQUIPO DE COMPACTACIÓN UTILIZADO.....	10
--	----



# Introducción

Costa Rica; país de exuberantes playas y grandes áreas de conservación, con variedad de especies y climas envidiables, se ha convertido en el nivel mundial en uno de los sitios de mayor preferencia de visitas turísticas, al aportar ingresos considerables en la economía nacional. Esto ha generado que el país en los últimos años, mediante legislación fundara entidades que regulan y supervisan todo accionar que interfiere o impacta el medio ambiente, de ahí la importancia de conocer las disposiciones de estos reglamentos, para tomarlos en cuenta en la planificación, ejecución y concepción de todo proyecto carretero.

Esta guía está orientada a profesionales, técnicos, encargados y toda persona con conocimientos básicos en caminos, que dentro del compromiso ante el

país y los habitantes que lo habitan, está la obligación de conocer la legislación en materia ambiental, al lograr diseños sostenibles con calidad y buenas prácticas constructivas.

El documento se basa en recomendaciones, para el buen desarrollo de procesos constructivos en camino de penetración, mediante una serie de aspectos claves para planificación, ejecución y concepción del proyecto. Las buenas prácticas planteadas, se enfocan en instructivos de ambiente; consideraciones de seguridad; calidad de los materiales; rendimiento de equipo; al lograr una guía práctica, en donde el profesional a cargo del proyecto, consulte y considere los aspectos más importante por tomar en cuenta, para su propuesta de trabajo.



# Instituciones Ambientales en Costa Rica

Instituciones del sector ambiental que usted debe conocer:

## Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones - MINAET

Es la Institución rectora en el campo ambiental del Estado costarricense. El Sistema de Áreas de Conservación (SINAC) del MINAET se encarga de supervisar la conservación de los recursos naturales en las diferentes áreas del país.

Para corta de árboles y movimientos de tierra en todo proceso constructivo, se debe tener los permisos del MINAET, lo mismo que para hacer obras en cauces.

El MINAET cuenta con siete direcciones: Aguas, Geología y Minas, Gestión de Calidad Ambiental, Hidrocarburos, Planificación, Cooperación y Relaciones Internacionales, y Transporte y Combustibles. La SETENA, el Tribunal Ambiental Administrativo, la Comisión de la Biodiversidad, el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal, y el Parque Marino del Pacífico, también son dependencias desconcentradas del MINAET.

## Secretaría Técnica Nacional Ambiental – SETENA

La Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA), es el órgano responsable de realizar la administración del proceso de evaluación de impacto ambiental en el país. Toda actividad humana que altere o destruya elementos del ambiente o genere residuo de materiales tóxicos

o peligrosos, requerirá una evaluación de impacto ambiental por parte de la SETENA.

Para iniciar cualquier actividad, obra y proyectos en territorio Costarricense se debe contar con los estudios respectivos de viabilidad ambiental.

## Tribunal Ambiental Administrativo – TAA

El Tribunal Ambiental Administrativo (TAA), es el órgano especializado para velar por el cumplimiento de la legislación tutelar del ambiente y de los recursos naturales en Costa Rica. Dicho órgano tiene entre otras las siguientes funciones;

- Tramita denuncias o abre expedientes de oficio (por decisión propia) a actividades, proyectos, personas físicas o personas jurídicas que lesionen el ambiente y establece indemnizaciones por el daño ambiental causado.
- Cuando se requiere establecer medidas de mitigación.
- Está facultado para cerrar parcial o totalmente un proyecto, en el momento que se tenga certeza que se está afectando el ambiente.

## Municipalidades

Los gobiernos locales o municipalidades son las encargadas de otorgar los permisos finales de construcción para toda obra o proyecto en su respectiva comunidad. También autorizan los permisos de uso del suelo, ubicación y patentes comerciales. En Costa Rica existen 81 alcaldías y 8 consejos de distritos (intendencia municipal) que tienen jurisdicción sobre su localidad en materia de permisos y administración territorial. Muchas de estas alcaldías o municipios tienen una Unidad de Gestión Ambiental o departamento similar, al cual corresponde tramitar (aprobar o rechazar) y dar seguimiento a los permisos de construcción o proyectos en su jurisdicción. La única excepción a esta regla son los refugios de vida silvestre, cuyos permisos y administración le corresponden directamente al MINAET

# Buenas prácticas en materia de Ambiente

- Los caminos de acceso se deben planificar de forma tal que representen la mínima afectación posible al ambiente. Se debe dar prioridad al aprovechamiento de senderos y trochas preexistentes.
- El material que se remueva debe ser llevado a sitios de acopio o reutilizado, que cumplan con la normativa vigente; pero no lanzarse a los lados del camino provocando daños, erosión y deslizamientos.
- Cuando se realicen movimientos de tierra cerca de cuerpos de agua deberán aplicarse las medidas ambientales pertinentes para cruce de ríos y cauces.
- Salvo casos excepcionales, no se puede cortar bosque primario ni afectar refugios de vida silvestre para abrir caminos.
- Se recomienda pedir apoyo al Centro de Servicio Construcción, en materia de asesoramiento ambiental, para desarrollar planes de gestión en cada uno de los proyectos en los que el área de caminos está involucrada.
- De acuerdo con el Manual de buenas prácticas ambientes de Costa Rica, si al trazar el alineamiento del camino, éste está dentro de área de protección de nacientes de agua, se prohíbe destruir los árboles situados a menos de 60 metros de los manantiales que nazcan en los cerros, o a menos de 50 metros de los que nazcan en terrenos planos.
- Se debe de trazar el camino por senderos o trochas ya existentes, para

evitar corta de árboles. En el artículo 27 de la ley Forestal estipula el permiso de la corta de 5 árboles por hectárea anualmente, hasta un máximo de 20 árboles por finca. Si algún permiso estipula la corta de más de 5 árboles por hectárea será considerado ilegal, a menos que se cuente con una autorización especial de la Administración Forestal del Estado. En el caso de los bosques primarios y secundarios, se requiere de un Plan de Manejo para hacer cualquier tipo de corta.

- Dentro de los procedimientos previos a trabajos de mejoramiento y rehabilitación de caminos de penetración, se debe indagar en la municipalidad el uso del suelo estipulado en el sitio del proyecto, ya que de acuerdo al artículo 6 inciso m de la Ley Forestal menciona “Participar con los demás entes gubernamentales en la determinación de la capacidad de uso del suelo, de acuerdo con los estudios técnicos respectivos”.
- En casos de cuerpos de agua (lagos, lagunas, embalses, esteros, arroyos, ríos y quebradas), es fundamental cumplir con las áreas de protección (retiros). Los artículos 33 y 34 de la Ley Forestal establecen:

Art 33 “Se declaran áreas de protección las siguientes:

- a) Las áreas que bordeen nacientes permanentes, definidas en un radio de cien metros medidos de modo horizontal.
- b) Una franja de quince metros en zona rural y de diez metros en zona urbana, medidas horizontalmente a ambos lados, en las riberas de los ríos, quebradas o arroyos, si el terreno es plano, y de cincuenta metros horizontales, si el terreno es quebrado.
- c) Una zona de cincuenta metros medida horizontalmente en las riberas de los lagos y embalses naturales y en los lagos o embalses artificiales construidos por el Estado y sus instituciones. Se exceptúan los lagos y embalses artificiales privados.

## APÉNDICE 14

d) Las áreas de recarga y los acuíferos de los manantiales, cuyos límites serán determinados por los órganos competentes establecidos en el reglamento de esta ley.

Art 34 “Se prohíbe la corta o eliminación de árboles en las áreas de protección descritas en el artículo anterior, excepto en proyectos declarados por el Poder Ejecutivo como de conveniencia nacional.

Los alineamientos que deban tramitarse en relación con estas áreas, serán realizados por el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo”.

- Al intervenir un camino se debe procurar la afectación mínima en la belleza escénica., previniendo el efecto paisajístico que podría provocar el mejoramiento o rehabilitación de los caminos de penetración.
- En los proyectos de rehabilitación de caminos en zonas boscosas, se recomienda evaluación ambiental y viabilidad (licencia) emitida por la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA).
- Ningún proyecto o anteproyecto puede iniciar trabajos constructivos, caminos o movimientos de tierra sin contar con la respectiva viabilidad ambiental aprobada.
- Si se debe tramitar permisos para rehabilitación y mantenimiento de camino, corresponde a la Municipalidad respectiva otorgarlo. Si el proyecto necesita la viabilidad ambiental y no está aprobada, la municipalidad no tiene el aval de brindar los permisos pertinentes.
- Si en el trabajo de mejoramiento y rehabilitación de caminos de penetración, es necesario cortar árboles por aspectos topográficos o morfológicos, se debe tener el permiso de corta, del Área de Conservación respectiva del SINAC.
- Si en el proyecto, la extracción de material es mayor que el relleno a implementar, se debe contar con permiso para hacer movimientos de tierra. El traslado del material se debe de realizar de forma ordenada, al hacerse en camiones o vagonetas tapadas con una lona, tomando en cuenta el rendimiento del equipo y la topografía del terreno.
- Si en los trabajos es necesario realizar terraceo y excavaciones, solo debe usarse el área de terreno estrictamente necesaria y planificarlas de manera que tengan un mínimo efecto en la topografía natural del terreno. Si se remueve la cobertura vegetal de un talud con más de 4 metros de altura y pendientes superiores a 30%, se recomienda realizar un corte escalonado, estabilizar con un muro de gavión o aplicar otra técnica reconocida
- Cuando la maquinaria realiza excavaciones en los márgenes del camino de penetración, el material apilado no puede ser de gran tamaño y no se deben de colocar en zonas de pendiente fuerte.
- Cuando se planifica el alineamiento del camino de penetración se recomienda construir en terrenos planos o con pendientes de hasta 15%. Pero si se requiere hacer taludes de corte o de relleno en pendientes mayores del 15%, se debe contar con estudio geotécnico que determine la susceptibilidad de la ladera y señale medidas de compensación, estabilización, mitigación o seguridad.
- Se recomienda usar retroexcavadora o excavadora para cortes de talud, por tener una mayor eficiencia en el trabajo.
- Toda actividad, obra o proyecto debe elaborar su Plan Integral de Manejo de Residuos Sólidos para cada una de las etapas de la actividad.
- El Plan Integral de Manejo de Residuos Sólidos, busca corregir y prevenir la contaminación que pueden generar dichos residuos y serán parte integral del desempeño ambiental del proyecto, obra o actividad.

# Buenas Prácticas para la organización de obra

En la planificación de las obras de caminos de penetración, uno de los requerimientos es la evaluación para una acertada elección de maquinaria, considerando la correcta utilización y su aprovechamiento óptimo, en cada uno de los frentes de trabajo a ejecutar en el proyecto.

Para este fin las máquinas elegidas deben ser las que mejor respondan a las características del suelo, de acuerdo al contenido de roca, su granulometría, contenido de humedad, cohesividad, entre otros parámetros a considerar por el profesional evaluador del proyecto. Además se debe de estipular los plazos de ejecución previstos para cada una de las actividades programadas, como la excavación, transporte, relleno de los volúmenes que conforman la obra.

Los factores que se deben de considerar para determinar la organización de una obra, de mantenimiento y rehabilitación de caminos de penetración son los siguientes:

- Características del terreno
- Condiciones ambientales
- Volumen de trabajo
- Selección de equipo
- Productividad del equipo
- Plazos de ejecución
- Costo de la obra

De los factores antes mencionados se recomiendan los siguientes:

## Características del terreno

- Realizar una evaluación detallada del terreno en donde se ejecutarán los trabajos, al conceptualizar las

características de los suelos por intervenir y así tomar en cuenta la resistencia o dificultad para llevar a cabo los diferentes procesos de movimiento de tierras.

## Condiciones ambientales

- Realizar un análisis de comportamiento de las condiciones ambientales correspondiente a la zona donde se ejecutará la obra, al establecer holguras de trabajo que prevé atrasos por afectos climatológicos. Herramienta útil para la planificación de la obra.

## Volumen de trabajo

- Realizar evaluación de los volúmenes de trabajo, para establecer el número de maquinaria y el tiempo, teniendo en cuenta los cambios de volúmenes que sufren los materiales durante la ejecución de la obra.

## Selección de equipo

- Realizar estudio de condiciones del sitio de trabajo, para establecer la maquinaria correcta por utilizar, al lograr su aprovechamiento óptimo en cada uno de los frentes de trabajo planificados en el proyecto.
- Se recomienda analizar antes de seleccionar equipo, la disponibilidad en el mercado.

## Productividad del equipo

- Realizar el cálculo de productividad de la maquinaria por utilizar en el proyecto, al solicitar información al fabricante.
- Considerar las características particulares de cada equipo, condiciones geológicas, topográficas y climáticas que prevalecen en la obra.

## APÉNDICE 14

- Aprovechar la experiencia y destrezas de los operadores para realizar los cálculos respectivos.

### Plazo de ejecución

- Elaborar un plan de ataque y un cronograma de utilización de equipo, para cumplir con el plazo estipulado en el proyecto. Al considerarlos frentes de trabajo por intervenir y la maquinaria necesaria para lograr un trabajo íntegro y de buena calidad.

### Costo de la Obra

- Establecer un programa de ejecución, una administración eficiente y un control riguroso de gastos.

## Buenas prácticas en el uso de la maquinaria

Para el buen desarrollo de los procesos constructivos en un proyecto vial, el conocimiento de las características, funciones y rendimientos de la maquinaria se vuelven factores esenciales para la planificación eficiente de la obra; por esta razón se detallan algunas recomendaciones por tomar en cuenta para la propuesta de trabajo.

### Tractor de Urugas

- Utilizar tractor de urugas sobre terrenos accidentados poco resistentes, en lugares donde no existan caminos, ya

que es capaz de abrir su propia trocha, además puede transitar por laderas con fuertes pendientes.

### Tractor de llantas neumáticas

- Utilizar tractor de llantas neumáticas en superficies estables y uniformes, con poca pendiente para evitar hundimientos que disminuyen su tracción. La ventaja de este equipo en comparación del de urugas, es que desarrollan altas velocidades llegando a 60 km/ hora, además que se puede transportar a los diferentes frentes de trabajo sin necesidad de un low boy (equipo de transporte de carga pesada).

### Retroexcavadora

- Utilizar cucharones anchos en suelos fáciles de excavar y angostos para terrenos rocosos con mayor dureza. Este equipo se recomienda cuando se debe de realizar tareas de excavación asociados a transporte de material extraídos; por la ventaja que tiene de efectuar simultáneamente la operación de carga, con el consiguiente ahorro del equipo requerido para esta operación.

### Motoniveladora

- La motoniveladora es una herramienta que permite facilitar el trabajo en terraplenes debido a la gran movilidad de la hoja de corte. Además, le permite situarse con precisión en diversas posiciones, logrando cortar, mezclar, nivelar y botar los materiales de exceso de la calzada.
- El número de pasadas recomendado para la ejecución de un trabajo de calidad de una motoniveladora, depende del tipo de actividad, de las características del material y del espesor de la capa; en la tabla 1 se presenta número de pasadas para diferentes actividades de este equipo.

## APÉNDICE 14

**Tabla 1 Número de Pasadas de Motoniveladora según actividad**

Actividad de Motoniveladora	Nº de pasadas
Para nivelación	5 - 7
Para limpieza de maleza	3 - 5
Para escarificado de suelos	1 - 2
Para mezcla de materiales	8 - 10
Para conformación de subrasantes	5 - 7

Fuente: Maquinaria y Equipos de Construcción.

### Compactadora

La compactadora es el equipo más importante para lograr un conformado adecuado de cada uno de los estratos del pavimento, ya que al ser compactado eleva la densidad del material y a su vez aumenta la resistencia.

Basado en lo antes indicado y con el fin de obtener el máximo provecho se recomienda lo siguiente:

- Para obtener una buena compactación se recomienda, efectuar análisis de la granulometría, contenido de agua del material y la energía de compactación requerida.
- Determinar la humedad óptima y densidad seca máxima del material por compactar en laboratorio, mediante la prueba "proctor estándar o modificado" según sea el caso, con el fin de obtener la compactación mínima específica en campo. De este modo elegir el equipo, el espesor de capa suelta, número de pasadas, velocidad de trabajo y humedad del material por compactar.
- Humedecer el material con equipo de riego, para obtener la humedad adecuada de compactación según las pruebas de laboratorio.

- Utilizar compactadores de mano por percusión o dinámicos, en pequeñas obras como instalación de tuberías, pasos de agua, entre otras actividades.
- Usar compactadora de pata de cabra, para suelos cohesivos formados por partículas finas, al considerar que el espesor de la capa por compactar sea equivalente a la altura de los pisonos del equipo.
- Utilizar rodillos vibratorios en terrenos pedregosos, en material granular y mezcla asfáltica.
- Usar compactadores neumáticos en actividades de colocación de mezcla asfáltica, capa base y sub-bases estabilizadas.

El manual de maquinaria y equipo de construcción recomienda las siguientes velocidades estándar de los diferentes tipos de maquinaria de compactación.

**Tabla 2 Velocidad recomendadas de operación en equipo de compactación**

Equipo	Velocidad Recomendada
Compactador Neumático	2,0 a 4,0 km/h
Rodillo Vibratorio (liso o pata de cabra)	2,5 a 4,5 km/h

Fuente: Maquinaria y Equipos de Construcción.

- Determinar el número de pasadas que el equipo de compactación necesita para conseguir la densidad requerida, determinada de acuerdo con las especificaciones de construcción o bien por las pruebas de compactación realizadas.

El manual de maquinaria y equipo de construcción recomienda el siguiente número de pasadas según el equipo que se esté utilizando.

## APÉNDICE 14

**Tabla 3 Número de pasadas según al equipo de compactación utilizado.**

Equipo	Nº de Pasadas
Compactador Neumático	6 a 10
Rodillo Vibratorio (Liso o pata de cabra)	8 a 12

Fuente: Maquinaria y Equipos de Construcción.

- Para una adecuada compactación, se recomienda espesores de capa no mayores de 20 cm.

# Buenas prácticas en bases estabilizadas con cemento

En el documento denominado “Bases estabilizadas con cemento, Ing. Mario Arce indica que para lograr estabilización de un material se debe adicionar cemento, agua y energía de compactación, el material aumenta sus propiedades de resistencia mecánica, de plasticidad, y es estable ante los procesos de meteorización expuesta en el pavimento. (Bases estabilizadas con cemento, Ing. Mario Arce).

Con el fin de mejorar los trabajos en materia de implementación de bases estabilizadoras con cemento se recomienda las siguientes buenas prácticas.

- Determinar en laboratorio la óptima combinación del agregado, el agua, el

cemento y la energía de compactación requerida para el proceso.

- Enlistar los procedimientos constructivos y de control de calidad del proceso, además de capacitar al personal con las técnicas establecidas.
- Es muy apropiado estudiar la energía de compactación aportada por la maquinaria, ya que a mayor energía de compactación menor cantidad de cemento para alcanzar la resistencia determinada, y a su vez con la consecuente disminución del índice de contracción.
- El equipo de compactación debe ser capaz de compactar de forma homogénea, todo el espesor de la capa.
- Realizar inspección de la sub-base, al corregir posibles irregularidades de la superficie, que excedan la tolerancia establecida en las especificaciones.
- Realizar supervisión en el área de colocación de la tobacemento, para verificar que las estacas de control están respetando los espesores de la capa, además de considerar el bombeo de la calzada.
- Asimismo, se debe verificar que se encuentran colocadas con una rigidez adecuada, niveladas y claramente visibles.
- Evitar en lo posible suspender el proceso de colocación y compactado de la base, debido a que el cemento inicia su proceso de fraguado y manipularlo luego de endurecido, disminuye considerablemente la resistencia de la mezcla.
- Fabricar volúmenes de material, justos a la capacidad y rendimiento de cada jornada de trabajo, para evitar desperdicios.
- El material ya combinado, deberá estar libre de materia orgánica u otra sustancia

## APÉNDICE 14

que pueda perjudicar el lograr obtener la resistencia esperada.

- Que el terreno esté húmedo antes de la colocación de la tobacemento, para evitar juntas frías.
- De acuerdo con la especificaciones del Instituto Nacional de Vías recomienda, que luego de la colocación de la base estabilizada, se compacte en un lapso no mayor a las 2 horas
- De acuerdo con los análisis de laboratorio y especificaciones técnicas del material, determinar el número de pasadas del equipo de compactación y la velocidad., para lograr la densidad y resistencia requerida.
- Al finalizar la compactación de la base estabilizada, es necesario realizar un

sello en la superficie, para lograr un buen curado de la estructura.

- Realizar curado de la base estabilizada no menor a 7 días, para garantizar la resistencia de diseño.
- Según el Instituto Nacional de Vías, establece que al terminar la implementación de la tobacemento, es necesario mantenerla húmeda hasta el proceso de curado, esté dado en un tiempo menor a las 24 horas luego de la colocación.
- Hacer ensayos de laboratorio, mediante moldeo de cilindros en campo, para determinar la resistencia de la base estabilizada, a los 7, 14 y 28 días, según lo establezca la especificación ASTM – AASHTO.

# Referencias

- Alvarado F. (2013) Manual para la construcción de losas de concreto para pavimentos rígidos. [en línea]. San José, Costa Rica. Disponible en [http://bibliodigital.itcr.ac.cr/xmlui/bitstream/handle/2238/3231/manual\\_construccion\\_losas\\_concreto\\_pavimento\\_rigido.pdf?sequence=2](http://bibliodigital.itcr.ac.cr/xmlui/bitstream/handle/2238/3231/manual_construccion_losas_concreto_pavimento_rigido.pdf?sequence=2) [2014, 29 de septiembre].
- Arce M. (2011). Bases estabilizadas con cemento Algunos comentarios sobre sus ventajas e inconvenientes. [en línea]. San José, Costa Rica. Disponible en [http://investigacion.lanamme.ucr.ac.cr/sitio-nuevo/images/boletines/boletin\\_prita\\_20\\_bases\\_estabilizadas\\_con\\_cemento.pdf](http://investigacion.lanamme.ucr.ac.cr/sitio-nuevo/images/boletines/boletin_prita_20_bases_estabilizadas_con_cemento.pdf) [2014, 29 de septiembre].
- El ministerio de ambiente y energía, la secretaría técnica nacional ambiental. (2008) Acuerdo comisión plenaria guía ambiental para la construcción, [documento]. San José, Costa Rica. [2014, 29 de septiembre]
- Especificaciones INVIAS (2007).Articulo 341-07, Bases Estabilizadas con cemento, [en línea]. Disponible en <http://www.invias.gov.co/index.php/documentos-tecnicos-izq> [2014, 29 de septiembre].
- Especificaciones INVIAS (2007).Articulo 600, Excavaciones Varias, [en línea]. Disponible en <http://www.invias.gov.co/index.php/documentos-tecnicos-izq> [2014, 29 de septiembre].
- Jueces, profesionales y técnicos del Tribunal Ambiental Administrativo (2010) Manual de Buenas Prácticas ambientales en Costa Rica, [en línea]. San José, Costa Rica. Disponible en [http://www.amcham.co.cr/archivos/comitee/378\\_manual\\_buenas\\_practicas\\_ambientales.pdf](http://www.amcham.co.cr/archivos/comitee/378_manual_buenas_practicas_ambientales.pdf) [2014, 29 de septiembre]
- La Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica (1996). Ley Forestal, [en línea]. San José, Costa Rica. Disponible en [http://www.cne.go.cr/cedo\\_dvd5/files/flas\\_h\\_content/pdf/spa/doc387/doc387-contenido.pdf](http://www.cne.go.cr/cedo_dvd5/files/flas_h_content/pdf/spa/doc387/doc387-contenido.pdf) [2014, 03 de octubre].
- Maquinaria y Equipos de construcción (2014). Costo de operación del Equipo. [en línea]. Disponible en <http://www.fcyt.umss.edu.bo/materias/> [2014, 29 de septiembre].
- Maquinaria y Equipos de construcción (2014). Criterios generales para la organización de una obra de movimiento de tierras. [en línea]. Disponible en <http://www.fcyt.umss.edu.bo/materias/> [2014, 29 de septiembre].
- Maquinaria y Equipos de construcción (2014). Descripción de equipo y cálculo de productividad. [en línea]. Disponible en <http://www.fcyt.umss.edu.bo/materias/> [2014, 29 de septiembre].



## **Apéndice 15**

**Lista de verificación de buenas prácticas en los procesos típicos de mejoramiento y conservación de caminos de penetración.**



<b>PROYECTO :</b>
-------------------

Código _____	Longitud Verificada _____
Ubicación _____	Sector _____

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE ETAPA PREVIA A EJECUCIÓN DE PROYECTO DE CAMINO DE PENETRACIÓN**

Verificado por: _____	Director de Proyecto _____
Fecha de Verificación _____	Última Intervención _____

Item	Parámetro de verificación	Regulación	Aplica			Comentarios
			SI	NO	N/A	
<b>Etapa 1</b>	<b>Estudios de laboratorio.</b>					
1.1	Se realizaron estudios de laboratorio, de los materiales granulares a utilizar en el camino.	C.C.C.R 2010, Cap. 3 y 7.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.2	Se efectuaron estudios de Suelos.	C.C.C.R 2010, Cap. 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.3	Se verificó la presencia del nivel freático.	C.C.C.R 2010, Cap. 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.4	Se identificó la capacidad soporte del suelo.	C.C.C.R 2010, Cap. 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>Etapa 2</b>	<b>Actividades Previas</b>					
2.1	El caminos de acceso se planificó de forma tal que representen la mínima afectación posible al ambiente.	Guía ambiental para la construcción.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.2	Se corroboró el alineamiento y el trazado del camino dentro de los límites permitidos.	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.3	Se consideraron los accesos de ingreso a la obra para la maquinaria.	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.4	Se revisó que la entrada y salida de la maquinaria esté señalizada.	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.5	Se estableció las precauciones y cuidados para no causar daños y perjuicios a las propiedades colindantes.	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	



Item	Parámetro de verificación	Regulación	Aplica			Comentarios
			SI	NO	N/A	
2.6	Si se requiere la preservación de árboles existentes, se realizó la marcación adecuada.	Tribunal Ambiental Administrativo "Manual de las buenas prácticas ambientales en C.R."	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.7	Se respetaron las zonas de protección (Ribera de los ríos, arroyos, quebradas), según la topografía del terreno.	Ley Forestal, Art. 33, inciso b.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.8	Se respetaron las zonas de protección (Ribera de de lagos, embalses naturales y lasgos o embalses artificiales), construidas por el estado ó particulares.	Ley Forestal, Art. 33, inciso c.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.9	Si se requiere trazar el camino por propiedades privadas, se realizó según lo dispuesto por el propietario y/o sus representantes.	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.10	Se verificó la presencia de puntos de control, establecidas por el topógrafo.	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.11	Se estableció punto estrategico para el ensamble de bodega rodante.	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

**Aprobación por Coordinador del proyecto:**

Fecha \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_\_      Ced: \_\_\_\_\_      Firma \_\_\_\_\_

**Aprobación por el Cliente:**

Fecha \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_\_      Ced: \_\_\_\_\_      Firma \_\_\_\_\_



<b>PROYECTO :</b>
-------------------

Código _____	Longitud Verificada _____
Ubicación _____	Sector _____

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE OBTENCIÓN DE SUB-RASANTE Y MANEJO DE AGUAS PLUVIALES**

Verificado por: _____	Director de Proyecto _____
Fecha de Verificación _____	Ultima Intervención _____

Ítem	Parámetro de verificación	Regulación	Aplica			Comentarios
			SI	NO	N/A	
<b>Etapa 1 Obtención de la sub-rasante</b>						
1.1	Se habilitó una zona estratégica de escombrera.	Guía Ambiental Para la Construcción.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.2	El área del proyecto se encuentra limpia de troncos, escombros, basura y maleza.	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.3	Se verificó el espesor de remoción de la capa vegetal.	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.4	Se removió toda la capa vegetal existente.	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.5	Se controló la compactación de suelo, con la densidad apropiada.	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.6	La sub-rasante no presentó deformaciones pronunciadas.	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.7	Se estableció el bombeo de la calzada.	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.8	Fueron controladas las mediciones de las pendiente de corte y relleno en talud.	Guía Ambiental Para la Construcción.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	



Ítem	Parámetro de verificación	Regulación	Aplica			Comentarios
			SI	NO	N/A	
1.9	Se colocaron apropiadamente los pasos de agua.	<b>Guía de buenas práctica. C.C.ICE. Ver.01.C.C</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.10	Según las disposiciones técnicas, fueron implementadas las sangrías.	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.11	La implementación de cunetas, fue ejecutada siguiendo las buenas prácticas de compactación.	<b>Guía de buenas práctica. C.C.ICE. Ver.01.C.C</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.12	Se removió derrumbe sobre la calzada del camino.	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.13	Se contó con el permiso para realizar Movimiento de Tierras.	Guía Ambiental Para la Construcción.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

<b>Aprobación por Coordinador del proyecto:</b>			
Fecha	/ /	Ced:	Firma
_____	_____	_____	_____
<b>Aprobación por el Cliente:</b>			
Fecha	/ /	Ced:	Firma
_____	_____	_____	_____



<b>PROYECTO :</b>
-------------------

Código _____	Longitud Verificada _____
Ubicación _____	Sector _____

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE IMPLEMENTACIÓN DE CAPA SUB-BASE, EN CAMINOS DE PENETRACIÓN**

Verificado por: _____	Director de Proyecto _____
Fecha de Verificación _____	Ultima Intervención _____

Ítem	Parámetro de verificación	Regulación	Aplica			Comentarios
			SI	NO	N/A	
<b>Etapa 1</b>	<b>Implementación de Capa Sub-base</b>					
1.1	Se establecieron ciclos de trabajo en campo, considerando la maquinaria necesaria para lograr un trabajo integro y satisfactorio.	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.2	Se cuenta con guía práctica, de procesos constructivos en campo.	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.3	El transporte y colocación de material fue el adecuado.	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.4	Se cumple con los espesores de capa, de acuerdo a la capacidad de la maquinaria aportada en sitio.	Ficha técnica de Maquinaria.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.5	Se realizó el número de pasadas de compactaciones establecidas, para la capa de sub-base.	C.C.C.R 2010, Cap. 3 y 7.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.6	Se efectuó el procedimiento de compactación adecuado, para lograr la densidad seca máxima del material.	AASHTO T-180	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.7	El método empleado en la compactación de las cunetas es el indicado.	<b>Guía de buenas práctica. C.C.ICE. Ver.01.C.C</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	



Ítem	Parámetro de verificación	Regulación	Aplica			Comentarios
			SI	NO	N/A	
1.8	Se realizaron pruebas de compactación en campo.	ASTM D 4429 / AASHTO T 310	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

**Aprobación por Coordinador del proyecto:**

Fecha \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Ced: \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_

**Aprobación por el Cliente:**

Fecha \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Ced: \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_



**PROYECTO :**

Código \_\_\_\_\_ Longitud Verificada \_\_\_\_\_  
 Ubicación \_\_\_\_\_ Sector \_\_\_\_\_

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CAMINOS DE PENETRACIÓN DE TOBACEMIENTO DE LÍNEA DE TRANSMISIÓN MOÍN-CAHUITA-SIXAOLA**

Verificado por: \_\_\_\_\_ Director de Proyecto \_\_\_\_\_  
 Fecha de Verificación \_\_\_\_\_ Ultima Intervención \_\_\_\_\_

Ítem	Parámetro de verificación	Regulación	Aplica			Comentarios
			SI	NO	N/A	
<b>Etapa 1 Implementación de TOBACEMIENTO</b>						
1.1	Se realizaron estudios de laboratorio de los agregados.	Instituto Nacional de Vías (INVIAS). Art. 341-07	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.2	Se determinó en laboratorio la combinación óptima del agregado, agua, cemento y energía de compactación.	Instituto Nacional de Vías (INVIAS). Art. 341-07	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.3	Se tiene en sitio la recomendación de Laboratorio para la mezcla de los agregados.	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.4	Se cuenta con medidas ambientales, para el manejo de los desechos.	Guía Ambiental Para la Construcción	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.5	Se tiene un sitio aprobado para la disposición de desechos.	Guía Ambiental Para la Construcción	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.6	Se dispone de medidas de seguridad personal, para el proceso de fabricación, transporte, colocación y compactado de la Base Estabilizada.	Reglamento de Seguridad en Construcciones. N° 25235-MTSS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	



Ítem	Parámetro de verificación	Regulación	Aplica			Comentarios
			SI	NO	N/A	
1.7	El lugar de fabricación de Base Estabilizada, se encuentra limpio y sin presencia de agua acumulada.	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.8	Si el mezclado se realiza con motoniveladora. La hoja vertedera y llantas se encuentran limpias.	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.9	Se cuenta con procedimiento de acción, si en el momento del mezclado inicia lluvia.	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.10	Se realiza limpieza de sub-base y humedecimiento, para iniciar colocación de base estabilizada con cemento.	Instituto Nacional de Vías (INVIAS). Art. 341-07	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.11	Se realiza la colocación de estacas de control de espesores y bombeo de calzada adecuadamente.	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.12	Al descargar la mezcla se encuentran acumulamientos excesivos.	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.13	Al transportar y descargar el material, se produce segregación de las partículas.	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.14	En el sitio de trabajos hay herramienta miselaneas.	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.15	El proceso de colocación se realiza fluidamente y al menor tiempo posible para evitar problemas de juntas frías.	Instituto Nacional de Vías (INVIAS). Art. 341-07	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.16	Se realiza procedimiento adecuado, para contrarrestar la junta fría.	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.17	Se conformó la base, respetando los espesores y bombeo.	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.18	El procedimiento de colocación se realiza según las disposiciones técnicas.	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	



Ítem	Parámetro de verificación	Regulación	Aplica			Comentarios
			SI	NO	N/A	
1.18	El procedimiento de compactación se realiza según las disposiciones técnicas.	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.19	Se realiza acabado de bordes en calzada.	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.20	Se realiza cepillado transversal, a la superficie de la base estabilizada.	Instituto Nacional de Vías (INVIAS). Art. 341-07	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.21	Se realiza el proceso de curado, hasta los 7 días.	Instituto Nacional de Vías (INVIAS). Art. 341-07	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.22	La aplicación del curado, se realiza uniformemente.	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.23	Se determinó los tiempos de curado y frecuencia.	Instituto Nacional de Vías (INVIAS). Art. 341-07	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

<b>Aprobación por Coordinador del proyecto:</b>			
Fecha	/ /	Ced:	Firma
_____	_____	_____	_____
<b>Aprobación por el Cliente:</b>			
Fecha	/ /	Ced:	Firma
_____	_____	_____	_____

## **Apéndice 16**

**Validación de herramientas de los apéndices (1 - 4); del plan de respuesta administrativo en los caminos que interviene en el estudio de factibilidad del PH. Los Llanos.**

## ESTUDIO DE CONDICIONES Y CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

Nombre del camino	Factibilidad P.H los Llanos, Quepos	Registro	Nº 01
Coordinador del Proyecto	Alvaro Abellán Arroyo	Fecha de apertura	09 / 10 /2014
Código de proyecto	CC-FPHLL-01		

### Localización

Ruta	Quepos, Villanueva, Londres, Esquipulas, Naranjito, San Marcos de Tarrazú		
Zona	Naranjito, San Lorenzo	Provincia	Puntarenas, San José
Distrito	Naranjito, San Lorenzo	Cantón	Aguirre, Tarrazú
Ubicación	Entre las coordenadas 84°04'41" longitud Oeste, 09°09'09" latitud Norte.		

Camino	Características Estructurales								
Tipo Camino  <div style="text-align: center; border-bottom: 1px solid black;">Penetración</div>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Tipo de Pavimento</td> <td style="width: 50%;"><b>Espesores de capas de pavimento (cm)</b></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Superficie <span style="float: right; border-bottom: 1px solid black;">-</span></td> </tr> <tr> <td>Tipo de Espaldón</td> <td>Base <span style="float: right; border-bottom: 1px solid black;">-</span></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Sub-base <span style="float: right; border-bottom: 1px solid black;">-</span></td> </tr> </table>	Tipo de Pavimento	<b>Espesores de capas de pavimento (cm)</b>		Superficie <span style="float: right; border-bottom: 1px solid black;">-</span>	Tipo de Espaldón	Base <span style="float: right; border-bottom: 1px solid black;">-</span>		Sub-base <span style="float: right; border-bottom: 1px solid black;">-</span>
Tipo de Pavimento	<b>Espesores de capas de pavimento (cm)</b>								
	Superficie <span style="float: right; border-bottom: 1px solid black;">-</span>								
Tipo de Espaldón	Base <span style="float: right; border-bottom: 1px solid black;">-</span>								
	Sub-base <span style="float: right; border-bottom: 1px solid black;">-</span>								
Longitud (km)  <div style="text-align: center; border-bottom: 1px solid black;">15 km</div>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"><b>Geometría del pavimento</b></td> </tr> <tr> <td>Número de Carriles</td> <td style="text-align: center; border-bottom: 1px solid black;">1</td> </tr> <tr> <td>Ancho de calzada</td> <td style="text-align: center; border-bottom: 1px solid black;">Promedio: 3,0 m</td> </tr> </table>	<b>Geometría del pavimento</b>		Número de Carriles	1	Ancho de calzada	Promedio: 3,0 m		
<b>Geometría del pavimento</b>									
Número de Carriles	1								
Ancho de calzada	Promedio: 3,0 m								

### Justificación del Proyecto

Con el objetivo de dar inicio a las pruebas de factibilidad del Proyecto Hidroeléctrico los Llanos, surge la necesidad de transportar maquinaria y equipo de excavación a la zona, además de establecer un punto estratégico para la construcción de un plantel para las actividades propias del área de servicios U.E.N PySA. De acuerdo a valoración de entorno y las características propias de la zona, surge la necesidad de la rehabilitación y mantenimiento de camino de penetración en una longitud aproximada de 15 km, permitiendo el tránsito de vehículos, maquinaria ICE y alquilada, de una manera segura y efectiva en sus funciones diarias.

### Descripción del Proyecto

Rehabilitación de 15 km de camino de penetración, mediante manejo de aguas pluviales, implementación de sangrías, cunetas, pasos de agua, contracunetas entre otros. Conformación de subrasante, completando espesor, limpieza y desmonte además de remoción de derrumbe. La implementación de capa sub-base expuesta mediante conformación en un espesor no menor de 60 cm con material de tajo, de buena calidad, triturado y limpio. La longitud de camino evaluado fue de 15 km aproximadamente, donde 10 km están en estado crítico y con problemas múltiples de deterioro, los 5 km restantes se encuentran nivel de subrasante con problemas de manejo de agua, pero presenta topografía más estable.

### Requerimientos del Proyecto

- Estudios geológicos, topográficos y de suelos, para la determinación de puntos de reposo de talud. Para la implementación de corte y relleno en el sitio con irregularidades topográficas y morfológicas.
- Contratación de maquinaria para la realización de los trabajos de Rehabilitación- Mantenimiento.
- Conformación del terreno en donde se construirá el plantel, para la concentración de maquinaria y equipo de estudio (topografía, geofísica, geología y áreas administrativas).
- Habilitar zona de escombrera, para el control de material de corte en los taludes.
- Compra de materiales para las capas del pavimento a implementar.
- Equipo y cuadrilla para trabajos complementarios, como cabezales, cunetas y vados.

### Antecedentes del proyecto

Se tiene informe de estudio de prefactibilidad para el proyecto, además de informes realizados por agencia internacional de cooperación de Japón (JICA) en 1996 y FUNDEVI en 1994.

### Limitaciones

- La topografía del terreno, con altas pendientes, suelos inestables, densa vegetación y agua en los bordes del camino, son características propias de la zona.
- Por ser un proyecto de prefactibilidad, no se cuenta con presupuesto para implementar puentes en los accesos.
- La ubicación de zona de escombrera para trasiego de material extraído del sitio de los trabajos, aún no se encuentra establecida.

---

### Supuestos del Proyecto

- Se contará con el presupuesto para la contratación de la maquinaria necesaria y adecuada, además del material a utilizar según las condiciones y características técnicas del pavimento.
- Se contará con apoyo del personal especializado en las áreas de topografía, geología y laboratorio para los materiales, estableciendo un trabajo integral y acorde con la calidad exigida el tiempo y costo establecido para este proyecto.
- Se debe coordinar con las municipalidades un acuerdo, que establezca que los kilómetros a rehabilitar representan una compensación por el posible daño o deterioro de los caminos existentes antes del pueblo de Esquipulas, debido al tránsito que se dará por el transporte de material necesario para la rehabilitación del camino propuesto, ya que de no ser así el presupuesto estimado se elevaría en forma desproporcionada.

---

### Presupuesto Estimado del Proyecto

Sujeto a la valoración y estimación del coordinador de construcción de caminos el Ing. Alvaro Abellán Arroyo.

---

### Tiempo Estimado del Proyecto

Sujeto a la valoración y estimación del coordinador de construcción de caminos el Ing. Alvaro Abellán Arroyo, el cual deberá coordinar para que la rehabilitación del camino este lista para cuando los equipos de trabajo requieran ingresar a la zona. Además esta rehabilitación es estratégica para la negociación con las municipalidades y los pobladores de la zona.

### Aprobación

	_____		_____
	<i>Nombre</i>		<i>Nombre</i>
<i>Evaluador</i>	_____	<i>Coordinador de Proyecto</i>	_____
	<i>Firma</i>		<i>Firma</i>
	/ /		/ /
	_____		_____
	<i>Fecha</i>		<i>Fecha</i>

---

Nº Registro \_\_\_\_\_ Nº 01

## FICHA DE INSPECCIÓN

Nombre del camino **Caminos de penetración; Factibilidad en P.H Los Llanos**

Inspector \_\_\_\_\_

Código de inspección CC-FPHLL-01

Fecha de elaboración \_\_\_\_\_

09 / 10 / 2014**Localización**Ruta Quepos, Villanueva, Londres, Esquipulas, Naranjito, San Marcos de TarrazúZona Naranjito, San Lorenzo Provincia Puntarenas, San José Kilómetro \_\_\_\_\_ -Distrito Naranjito, San Lorenzo

Cantón \_\_\_\_\_

Aguirre, TarrazúUbicación Entre las coordenadas 84°04'41" longitud Oeste, 09°09'09" latitud Norte.**CARACTERISTICA DEL PROYECTO** Camino de Penetración Longitud km 15 Patio de MaterialesÁrea m<sup>2</sup> \_\_\_\_\_**PROCESOS O PROCEDIMIENTO A IMPLEMENTAR** Obtención de sub-rasante Manejo de aguas Pluviales Implementación de capa sub-base Implementación de base**Procedimiento a realizar adicional:**

Implementación de vados para el paso sobre quebradas en la zona. Aproximadamente 10 pasos.

**Condiciones ambientales, topográficas y morfología presente** Pendientes pronunciadas Irregularidades en la topografía Densa vegetación en la zona Lluvias excesivas Suelos de baja capacidad soporte Nivel freático superficial Ríos, quebradas o nacientes cerca Se debe cortar tacotales**Condiciones adicionales a considerar**

Para aumentar el ancho de calzada se debe de realizar corte de taludes, en pendientes muy pronunciadas, además de estar en condiciones de vegetación muy densas (tacotales), se sugiere realizar una valoración sobre la posible afectación que algunos árboles pueden sufrir en el proceso para el cual se debe solicitar el permiso de corta por parte del Ing. Forestal. Todo esto debe de estar enmarcado dentro del plan ambiental, para manejo de entorno y los desechos ocasionados en estos trabajos.

Aprobación

Evaluador \_\_\_\_\_

Nombre del Evaluador

Firma

/ /  
Fecha

Coordinador del Proyecto \_\_\_\_\_

Nombre de Coordinar de Proyecto

Firma

/ /  
Fecha

## EVALUACIÓN DE SEGMENTOS HOMOGÉNEOS EN CAMINOS DE PENETRACIÓN

Distrito Naranjito, San Lorenzo Ruta Quepos, Villanueva, Londres, Esquipulas, Naranjito Fecha de trabajo 09 / 10 /2014  
 Provincia Puntarenas, San José Zona Naranjito, San Lorenzo Kilómetro -  
 Cantón Aguirre, Tarrazú Ubicación Entre las coordenadas 84°04'41" longitud Oeste, 09°09'09" latitud Norte.  
 Nombre de Proyecto \_\_\_\_\_

Segmentos	Distancia (km)	Ancho Promedio de Calzada (m)	Calzada	Topografía	Observaciones Típicas
S.E-01	15,00	6,00	<input type="checkbox"/> Tierra <input checked="" type="checkbox"/> Asfalto <input checked="" type="checkbox"/> Lastre <input type="checkbox"/> Concreto	<input checked="" type="checkbox"/> Plana <input type="checkbox"/> Pendientes pronunciadas <input type="checkbox"/> Ondulada <input type="checkbox"/> Irregular con diferencia de alturas considerables	Corresponde a segmento, donde la municipalidad tiene habilitado y da mantenimiento constante.
S.E-02	5,00	3,50	<input checked="" type="checkbox"/> Tierra <input type="checkbox"/> Asfalto <input checked="" type="checkbox"/> Lastre <input type="checkbox"/> Concreto	<input type="checkbox"/> Plana <input checked="" type="checkbox"/> Pendientes pronunciadas <input checked="" type="checkbox"/> Ondulada <input type="checkbox"/> Irregular con diferencia de alturas considerables	Posee una capa de lastre, con un espesor de 10 cm aproximadamente, con presencia de ahuellamiento y deformación de la calzada. Sangrías para evacuación de aguas muy deterioradas, o inexistentes.
S.E-03	10,00	3,00	<input checked="" type="checkbox"/> Tierra <input type="checkbox"/> Asfalto <input checked="" type="checkbox"/> Lastre <input type="checkbox"/> Concreto	<input checked="" type="checkbox"/> Plana <input checked="" type="checkbox"/> Pendientes pronunciadas <input checked="" type="checkbox"/> Ondulada <input checked="" type="checkbox"/> Irregular con diferencia de alturas considerables	Solo transitable en carro 4x4, se localizan derrumbes y caída de árboles. Un costado de barranco y otro de taludes con altas pendientes. Presencia de cataratas que caen sobre los vados naturales.

Aprobación

Nombre del Evaluador	Firma	/ / Fecha
Nombre de Coordinador de Proyecto	Firma	/ / Fecha

### EVALUACIÓN VISUAL DE CAMINOS DE PENETRACIÓN

Nombre del Proyecto	Factibilidad P.H los Llanos, Quepos	Registro	Nº 01
Segmento (Código)	S.E-01	Fecha de Evaluación	09 / 10 /2014
Sector del Trabajo	Ref. Inicial De la bomba la Managua		
	Ref. Final Salida del pueblo Villanueva		

Características del sector	Condiciones de Drenaje
Longitud del Segmento <u>15,00</u> km	<b>Cunetas</b>
Ancho promedio de calzada <u>6,00</u> m	<input checked="" type="checkbox"/> Limpia <input type="checkbox"/> Obstruida <input type="checkbox"/> Daño funcional
<b>Características de la corona</b>	<b>Longitud Cunetas Laterales</b> <u>-</u> km
<b>Bombeo</b> <input checked="" type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Malo	<b>Alcantarillas</b>
<b>Espesor de calzada</b> <u>50,00</u> cm	<input checked="" type="checkbox"/> Limpia <input type="checkbox"/> Obstruida <input type="checkbox"/> Daño funcional
<b>Superficie de Rodadura</b>	<b>Nº de Alcantarillas</b> <u>-</u> und
<b>Granulometría</b> <input checked="" type="checkbox"/> Buena <input type="checkbox"/> Mala	<input type="checkbox"/> No Existe Alcantarillas
<b>Tránsito Pesado</b> <input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	<b>Sangrías</b>
<b>Encallamiento</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Limpia <input type="checkbox"/> Obstruida <input type="checkbox"/> Daño funcional
<input type="checkbox"/> No hay <input checked="" type="checkbox"/> Leve <input type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Grave	<b>Sangrías</b> <u>-</u> km
<b>Ahuellamiento</b>	<b>Otras Zanjias</b> <u>-</u> m
<input type="checkbox"/> No hay <input checked="" type="checkbox"/> Leve <input type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Grave	<input type="checkbox"/> No Existe Sangrías
<b>Baches</b> <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<b>Otros Aspectos a Evaluar</b>
<b>Huecos</b> <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> Taludes Pronunciados
<b>Pérdida de agregado</b> <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO	<input checked="" type="checkbox"/> Señalización
	<input checked="" type="checkbox"/> Estratos de corte
	<input type="checkbox"/> Estratos de Relleno
	<b>Generación de Polvo</b>
	<input type="checkbox"/> No hay <input checked="" type="checkbox"/> Leve <input type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Grave

#### Resultados Generales de Evaluación

Camino de lastre, de mantenimiento constante por la municipalidad de Aguirre, segmento de camino en asfalto pero este esta en mal estado con huecos en la calzada.

#### Medidas de Corrección por adoptar

No se considera el mantenimiento de este segmento, sin embargo se debe de llegar a acuerdo o negociación con la municipalidad, por efecto de deterioro en la calzada en presencia de maquinaria ICE al trasladar material a los puntos de habilitación planificados por el área.

Autorizado	_____	____ / ____ / ____
	Nombre/Firma	Fecha
Aprobado	_____	____ / ____ / ____
	Nombre/Firma	Fecha

### EVALUACIÓN VISUAL DE CAMINOS DE PENETRACIÓN

Nombre del Proyecto	Factibilidad P.H los Llanos, Quepos	Registro	Nº 01
Segmento (Código)	S.E-02	Fecha de Evaluación	09 / 10 /2014
Sector del Trabajo	Ref. Inicial Salida del pueblo de Villanueva		
	Ref. Final Ingreso pueblo de Estipulas		

Características del sector	Condiciones de Drenaje
Longitud del Segmento <u>5,00</u> km	<b>Cunetas</b>
Ancho promedio de calzada <u>3,50</u> m	<input type="checkbox"/> Limpia <input checked="" type="checkbox"/> Obstruida <input type="checkbox"/> Daño funcional
<b>Características de la corona</b>	<b>Longitud Cunetas Laterales</b> <u>-</u> km
<b>Bombeo</b> <input type="checkbox"/> Bueno <input checked="" type="checkbox"/> Malo	<b>Alcantarillas</b>
<b>Espesor de calzada</b> <u>10,00</u> cm	<input type="checkbox"/> Limpia <input checked="" type="checkbox"/> Obstruida <input type="checkbox"/> Daño funcional
<b>Superficie de Rodadura</b>	<b>Nº de Alcantarillas</b> <u>-</u> und
<b>Granulometría</b> <input type="checkbox"/> Buena <input checked="" type="checkbox"/> Mala	<input type="checkbox"/> No Existe Alcantarillas
<b>Tránsito Pesado</b> <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	<b>Sangrías</b>
<b>Encallamiento</b>	<input type="checkbox"/> Limpia <input checked="" type="checkbox"/> Obstruida <input type="checkbox"/> Daño funcional
<input type="checkbox"/> No hay <input type="checkbox"/> Leve <input checked="" type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Grave	<b>Sangrías</b> <u>-</u> km
<b>Ahuellamiento</b>	<b>Otras Zanjás</b> <u>-</u> m
<input type="checkbox"/> No hay <input type="checkbox"/> Leve <input checked="" type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Grave	<input type="checkbox"/> No Existe Sangrías
<b>Baches</b> <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<b>Otros Aspectos a Evaluar</b>
<b>Huecos</b> <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<input checked="" type="checkbox"/> Taludes Pronunciados
<b>Pérdida de agregado</b> <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> Señalización
	<input checked="" type="checkbox"/> Estratos de corte
	<input checked="" type="checkbox"/> Estratos de Relleno
	<b>Generación de Polvo</b>
	<input type="checkbox"/> No hay <input type="checkbox"/> Leve <input checked="" type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Grave

#### Resultados Generales de Evaluación

Camino de lastre, con espesor de material mínimo. Hay presencia de huecos y ahuellamiento en la calzada, además de daños en la funcionalidad de los mecanismos de control de las aguas.

#### Medidas de Corrección por adoptar

Habilitación y mejoramiento de la calzada, aumentando el ancho de la misma. Además se debe de dar conformado desde la subrasante, limpieza y desmonte, trabajos de corte y relleno en algunos casos. Control de aguas mediante cunetas, sangrías y vados en algunas quebradas de la zona .

Autorizado	_____	/ /
	Nombre/Firma	Fecha
Aprobado	_____	/ /
	Nombre/Firma	Fecha

### EVALUACIÓN VISUAL DE CAMINOS DE PENETRACIÓN

Nombre del Proyecto	Factibilidad P.H los Llanos, Quepos		Registro	Nº 01
Segmento (Código)	S.E-03	Fecha de Evaluación	09 / 10 /2014	
Sector del Trabajo	Ref. Inicial	Ingreso del Pueblo de Esquipulas		
	Ref. Final	Posible sitio de presa P.H Los Llanos		

Características del sector		Condiciones de Drenaje	
Longitud del Segmento	10,00 km	<b>Cunetas</b>	
Ancho promedio de calzada	3,00 m	<input type="checkbox"/> Limpia <input type="checkbox"/> Obstruida <input checked="" type="checkbox"/> Daño funcional	
<b>Características de la corona</b>		<b>Longitud Cunetas Laterales</b>	- km
<b>Bombeo</b>	<input type="checkbox"/> Bueno <input checked="" type="checkbox"/> Malo	<b>Alcantarillas</b>	
<b>Espesor de calzada</b>	- cm	<input type="checkbox"/> Limpia <input type="checkbox"/> Obstruida <input checked="" type="checkbox"/> Daño funcional	
<b>Superficie de Rodadura</b>		<b>Nº de Alcantarillas</b>	- und
<b>Granulometría</b>	<input type="checkbox"/> Buena <input checked="" type="checkbox"/> Mala	<input type="checkbox"/> No Existe Alcantarillas	
<b>Tránsito Pesado</b>	<input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	<b>Sangrías</b>	
<b>Encallamiento</b>		<input checked="" type="checkbox"/> Limpia <input checked="" type="checkbox"/> Obstruida <input checked="" type="checkbox"/> Daño funcional	
<input type="checkbox"/> No hay <input type="checkbox"/> Leve <input type="checkbox"/> Moderado <input checked="" type="checkbox"/> Grave		<b>Sangrías</b>	- km
<b>Ahuellamiento</b>		<b>Otras Zanjas</b>	- m
<input type="checkbox"/> No hay <input type="checkbox"/> Leve <input type="checkbox"/> Moderado <input checked="" type="checkbox"/> Grave		<input type="checkbox"/> No Existe Sangrías	
<b>Baches</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<b>Otros Aspectos a Evaluar</b>	
<b>Huecos</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<input checked="" type="checkbox"/> Taludes Pronunciados	
<b>Pérdida de agregado</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> Señalización	
		<input checked="" type="checkbox"/> Estratos de corte	
		<input checked="" type="checkbox"/> Estratos de Relleno	
		<b>Generación de Polvo</b>	
		<input type="checkbox"/> No hay <input type="checkbox"/> Leve <input checked="" type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Grave	

#### Resultados Generales de Evaluación

Camino a nivel de suelos con considerable daño funcional, se encuentran encallamiento y ahuellamientos críticos, solo transitables en vehículos 4x4. Presencia de agua en la sección transversal del camino. El ancho efectivo es 3 m en promedio, con dificultad para ampliar por las condiciones topográficas en las que se encuentra.

#### Medidas de Corrección por adoptar

Mejoramiento del tratamiento de las aguas pluviales, la obtención de la sub-rasante, implementación de capa sub-base expuesta, implementación de base estabilizada con cemento en zonas con alta pendiente, a valorar por el inspector de caminos del Centro Servicios Construcción.

Autorizado	_____	____/____/____
	Nombre/Firma	Fecha
Aprobado	_____	____/____/____
	Nombre/Firma	Fecha

## **Apéndice 17**

**Validación de evaluación de campo mediante lista de verificación para mantenimiento y rehabilitación en caminos de penetración, en el acceso existente de la L.T. Cahuita-Sixaola, Carbón 1 a T. 35.**



**PROYECTO :**

Código	C.C - L.T M.C.S 000-02	Longitud Verificado	1,4 km.
Ubicación	Carbon 1- Cahuita de Limón.	Sector	Carbón 1. Acceso a la torre 35.

Verificado por:	Adrián Ramírez López	Director de Proyecto	Ing. Alvaro Abellán Arroyo
Fecha de Verificación	18/09/2014	Ultima Intervención	nov-13

Item	Parámetro de verificación	Aplica			Comentarios
		SI	NO	N/A	
<b>Etapa 1</b>	<b>Funciones de entorno y operación</b>				
1.1	Existen problemas de acumulación de agua en la calzada, específicamente en las zonas de desmote, curvas e intersecciones.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Zona de alta pendiente, en donde el agua transcurre hacia los causes.
1.2	Se ha llevado a cabo los trabajos de limpieza y desmonte en los márgenes y entorno de la calzada.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Acceso fue intervenido el noviembre y Diciembre del 2013.
1.3	El final del área de construcción. Se encuentra a una distancia suficiente de los puntos críticos tales como pendientes, curvas, zonas con visibilidad restringida, barrancos, etc.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Sin embargo por la condición y características de estos accesos, los trazados son en sobrependientes y sitios de acceso desfavorables.
1.4	El camino se encuentra en una zona de sobre pendientes.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Topografía muy pronunciada.
1.5	El acceso se ubica en sitios con suelos estables.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Los suelos son inestables y colapsables.
1.6	Se ven rastros de agua superficial pasando por la calzada.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	El agregado de la base esta segregado y hay ondulaciones en la calzada.
1.7	Los sistemas de drenaje estan funcionado adecuadamente.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Las sangrías y cunetas están opstruidaspor material granular y suelo contaminado.
1.8	Hay elementos externos dentro de la zona del camino, como postes, torres de alta tensión o de telefonía.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	



Item	Parámetro de verificación	Aplica			Comentarios
		SI	NO	N/A	
<b>Etapa 2</b>	<b>Sección Transversal</b>				
2.1	Las dimensiones de la sección transversal. Están adecuadas a la categoría del camino.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Caminos de acceso cuya calzada es de 5 metros de ancho.
2.2	Cuál es el estado visual del pavimento, presenta deterioros visibles como encalamientos, ahuellamientos, baches, huecos, pérdida de agregado, etc.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	El acceso presenta problemas de segregación de partículas por influencia de agua superficial.
2.3	La superficie del pavimento es regular.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	De acuerdo a las características y funcionalidad de un camino de penetración la superficie esta en óptimas condiciones.
2.4	La superficie del pavimento presenta alteraciones en la calzada.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ondulaciones, huecos, segregación de agregado, etc.
2.5	El pavimento presenta ondulaciones.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.6	El peralte y bombeo de la calzada son suficientes.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Se debe de dar conformación nuevamente.
2.7	Los bordes de la calzada se encuentran en buen estado.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Presenta vegetación
2.8	¿Se han tomado las medidas oportunas para prevenir desprendimientos de material en los taludes?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No presenta mantenimiento rutinario, esto por las características propias de los caminos de penetración.
2.9	Se ha implementado toba-cemento en segmentos donde se a requerido.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Presenta problemas de segregación del agregado a causa de condiciones del clima.
2.10	La superficie de ruedo se encuentra en condiciones de deterioro, por falta de mantenimiento rutinario.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>Etapa 3</b>	<b>Trazado</b>				
3.1	Es suficiente el peralte en las curvas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Por las características propias de un camino de penetración
3.2	El interior de la curva está libre de obstáculos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Por las características propias de un camino de penetración
3.3	El camino presenta zonas peligrosas al transitarlo.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Por las características propias de un camino de penetración



Item	Parámetro de verificación	Aplica			Comentarios
		SI	NO	N/A	
<b>Etapa 4</b>	<b>Vegetación</b>				
4.1	Existe vegetación en el tramo.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Incluso en la calzada del acceso.
4.2	La vegetación existente, constituye un obstáculo que puede llegar a desbordar los límites proyectados si crecen.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clima tropical, donde la vegetación se regenera en lapsos de tiempos cortos.
4.3	El tipo de vegetación dada en el tramo crea problemas de visibilidad al usuario.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Es un acceso corto, además que es poco transitado por vehículos.
4.4	Las vegetación existente contribuye a proteger ante deslizamientos de taludes.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4.5	Se realiza mantenimiento rutinario de corte y desmote de vegetación.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Se preeve realizarse para finales de septiembre.
4.6	La vegetación que se encuentra en el camino se puede manipular sin permisos de SETENA.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4.7	Hay presencia de arboles caidos en el camino.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4.8	Hay vegetación excesiva interrumpiendo el transitar de los vehiculos.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4.9	Hay humedad en los bordes del camino a causa de la vegetación.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>Etapa 5</b>	<b>Estructura de Drenaje</b>				
5.1	Son reconocibles.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.2	El sistema de drenaje supone un obstáculo.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.3	Las sangrías están trabajando bien.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Hay obstrucción con material granular y suelo.
5.4	El sistema de cunetas realiza la evacuación de las aguas de una manera adecuada.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Presenta problemas de obstrucción y socavación por los altos caudales de agua.
5.5	Se ha llevado a cabo los trabajos de mantenimiento rutinario de limpieza y desmonte del sistema de drenaje.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Hasta finales de este mes se preeve realizarlos.
5.6	El drenaje es suficiente.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Presenta problemas en la capacidad de evacuación de aguas, necesita ser intervenidas.



Item	Parámetro de verificación	Aplica			Comentarios
		SI	NO	N/A	
5.7	Los trabajos civiles en la alcantarilla están realizados. (cabezales)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.8	Las cunetas estas revestidas con concreto, o similar.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.9	Las alcantarillas se encuentran obstruidas por vegetación y suelo.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.10	Los vados en las quebradas tienen una debida losa de soporte.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

# **Apéndice 18**

## **Validación de evaluación de campo mediante lista de verificación para mantenimiento y rehabilitación en caminos de penetración, en el camino en construcción en la localidad de Annia Talamanca.**



**PROYECTO :**

Código	C.C - L.T M.C.S 000-01	Longitud Verificado	600 mts.
Ubicación	Annia- Sixaola de Talamanca Limón.	Sector	Annia. Acceso a la torre 67.

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CAMINOS DE PENETRACIÓN DE DE LÍNEA DE TRANSMISIÓN MOÍN-CAHUITA-SIXAOLA**

Verificado por: Adrián Ramírez López	Director de Proyecto	Ing. Alvaro Abellán Arroyo	
Fecha de Verificación	18/09/2014	Ultima Intervención	"Acceso Nuevo"

Item	Parámetro de verificación	Aplica			Comentarios
		SI	NO	N/A	
<b>Etapa 1</b>	<b>Funciones de entorno y operación</b>				
1.1	Existen problemas de acumulación de agua en la calzada, específicamente en las zonas de desmote, curvas e intersecciones.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Zona de alta pendiente, en donde el agua transcurre hacia los causes.
1.2	Se ha llevado a cabo los trabajos de limpieza y desmonte en los márgenes y entorno de la calzada.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Se limpio y corto vegetación existente sobre el trazado de la calzada además de aproximadamente 4 metros en cada extremo de esta.
1.3	El final del área de construcción. Se encuentra a una distancia suficiente de los puntos criticos tales como pendientes, curvas, zonas con visibilidad restringida, barrancos, etc.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sin embargo por la condición y características de estos accesos, los trazados son en sobrependientes y sitios de acceso desfavorables.
1.4	El camino se encuentra en una zona de sobre pendientes.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Topografía muy pronunciada.
1.5	El acceso se ubica en sitios con suelos estables.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Los suelos presentes en el acceso son arcillas expandidas de baja capacidad soporte.
1.6	Se ven rastros de agua superficial pasando por la calzada.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Acceso Nuevo.
1.7	Los sistemas de drenaje estan funcionando adecuadamente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	El acceso es nuevo, los sistemas de drenaje se estan implementando.
1.8	Hay elementos externos dentro de la zona del camino, como postes, torres de alta tensión o de telefonía.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pasa un cableado de electricidad proveniente de casa ubicada en la cima del acceso. Este cable esta apoyado por estacas de muy mala calidad.



Item	Parámetro de verificación	Aplica			Comentarios
		SI	NO	N/A	
<b>Etapa 2</b>	<b>Sección Transversal</b>				
2.1	Las dimensiones de la sección transversal. Están adecuadas a la categoría del camino.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Caminos de acceso cuya calzada es de 5 metros de ancho.
2.2	Cuál es el estado visual del pavimento, presenta deterioros visibles como encalamientos, ahuellamientos, baches, huecos, pérdida de agregado, etc.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Acceso en construcción.
2.3	La superficie del pavimento es regular.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	De acuerdo a las características y funcionalidad de un camino de penetración la superficie esta en óptimas condiciones.
2.4	La superficie del pavimento presenta alteraciones en la calzada.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Acceso Nuevo
2.5	El pavimento presenta ondulaciones.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Acceso Nuevo
2.6	El peralte y bombeo de la calzada son suficientes.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.7	Los bordes de la calzada se encuentran en buen estado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Acceso Nuevo
2.8	¿Se han tomado las medidas oportunas para prevenir desprendimientos de material en los taludes?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sin embargo en este acceso los cortes no son pronunciados. No tenemos problemas con desprendimiento de taludes.
2.9	Se ha implementado toba-cemento en segmentos donde se a requerido.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	En este acceso esta a nivel de base expuesta.
2.10	La superficie de ruedo se encuentra en condiciones de deterioro, por falta de mantenimiento rutinario.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Acceso Nuevo
<b>Etapa 3</b>	<b>Trazado</b>				
3.1	Es suficiente el peralte en las curvas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Por las características propias de un camino de penetración
3.2	El interior de la curva está libre de obstáculos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Por las características propias de un camino de penetración
3.3	El camino presenta zonas peligrosas al transitarlo.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	El acceso esta totalmente transitables y en condiciones óptimas, de acuerdo a su función.



Item	Parámetro de verificación	Aplica			Comentarios
		SI	NO	N/A	
<b>Etapa 4</b>	<b>Vegetación</b>				
4.1	Existe vegetación en el tramo.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Camino en construcción.
4.2	La vegetación existente, constituye un obstáculo agresivo o puede llegar a desbordar los límites proyectados si crecen.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Si no se da un adecuado mantenimiento en la vegetación, esta regenera en lapsos de tiempos cortos desbordando a la zona de la calzada.
4.3	El tipo de vegetación dada en el tramo crea problemas de visibilidad al usuario.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Es un acceso corto, además que es poco transitado por vehículos.
4.4	Las vegetación existente contribuye a proteger ante deslizamientos de taludes.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Los taludes no son pronunciados.
4.5	Se realiza mantenimiento rutinario de corte y desmote de vegetación.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Acceso Nuevo
4.6	La vegetación que se encuentra en el camino se puede manipular sin permisos de SETENA.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	La vegetación que se debe de remover es mínima.
4.7	Hay presencia de arboles caidos en el camino.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4.8	Hay vegetación excesiva interrumpiendo el transitar de los vehiculos.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4.9	Hay humedad en los bordes del camino a causa de la vegetación.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>Etapa 5</b>	<b>Estructura de Drenaje</b>				
5.1	Son reconocibles.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Acceso Nuevo
5.2	El sistema de drenaje supone un obstáculo.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.3	Las sangrías están trabajando bien.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Acceso Nuevo
5.4	El sistema de cunetas realiza la evacuación de las aguas de una manera adecuada.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Acceso Nuevo
5.5	Se ha llevado a cabo los trabajos de mantenimiento rutinario de limpieza y desmonte del sistema de drenaje.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Acceso Nuevo
5.6	El drenaje es suficiente.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.7	Los trabajos civiles en la alcantarilla están realizados. (cabezales)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	



Item	Parámetro de verificación	Aplica			Comentarios
		SI	NO	N/A	
5.8	Las cunetas estas revestidas con concreto, o similar.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.9	Las alcantarillas se encuentran obstruidas por vegetación y suelo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Acceso Nuevo
5.10	Los vados en las quebradas tienen una debida losa de soporte.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

## **Apéndice 19**

**Validación de evaluación de campo mediante lista de verificación para mantenimiento y rehabilitación en caminos de penetración, en el camino existente involucrados en los estudios de factibilidad del PH. Los Llanos.**



**PROYECTO :** Factibilidad del Proyecto Hidroeléctrico Los Llanos

<b>Código</b>	CC-FPHLL-01	<b>Longitud Verificado</b>	10 Km del segmento más crítico. Del pueblo Villanueva hasta posible sitio de presa.		
<b>Ubicación</b>	Entre las coordenadas 84°04'41" longitud Oeste, 09°09'09" latitud Norte.	<b>Sector</b>	Quepos, Villanueva, Londres, Esquipulas, Naranjito, San Marcos de Tarrazú.		

Verificado por _____	Director de Proyecto _____	Ing. Alvaro Abellán Arroyo
Fecha de Verificación _____	09/10/2014	Ultima Intervención _____

Ítem	Parámetro de verificación	Aplica			Comentarios
		SI	NO	N/A	
<b>Eta 1</b>	<b>Funciones de entorno y operación</b>				
1.1	Existen problemas de acumulación de agua en la calzada, específicamente en las zonas de desmote, curvas e intersecciones.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Zona de alta pendiente, presencia de agua en la calzada.
1.2	Se ha llevado a cabo los trabajos de limpieza y desmonte en los márgenes y entorno de la calzada.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-
1.3	El final del área de construcción. Se encuentra a una distancia suficiente de los puntos críticos tales como pendientes, curvas, zonas con visibilidad restringida, barrancos, etc.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	El camino en su mayoría se encuentra entre ladera y barrancos.
1.4	El camino se encuentra en una zona de sobre pendientes.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Topografía muy pronunciada.
1.5	El acceso se ubica en sitios con suelos estables.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Los suelos son inestables y colapsables.
1.6	Se ven rastros de agua superficial pasando por la calzada.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	El poco agregado presente esta segregado y hay ondulaciones pronunciadas en el suelo.
1.7	Los sistemas de drenaje están funcionando adecuadamente.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Las sangrías y cunetas están obstruidas por material granular y suelo contaminado.



Ítem	Parámetro de verificación	Aplica			Comentarios
		SI	NO	N/A	
1.8	Hay elementos externos dentro de la zona del camino, como postes, torres de alta tensión o de telefonía.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Línea de Transmisión SIEPAC, alumbrado y telefonía publica, hasta Esquipulas.
<b>Etapa 2</b>	<b>Sección Transversal</b>				
2.1	Las dimensiones de la sección transversal. Están adecuadas a la categoría del camino.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Camino angosto, con solo una vía.
2.2	Cuál es el estado visual del pavimento, presenta deterioros visibles como encallamientos, ahuellamientos, baches, huecos, perdida de agregado, etc.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	El acceso presenta problemas de segregación de partículas por influencia de agua superficial, en la totalidad del camino, hay derrumbes y caída de árboles.
2.3	La superficie del pavimento es regular.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Presenta ondulaciones y poco transitables, solo vehículos 4x4 pasan por el acceso existente.
2.4	La superficie del pavimento presenta alteraciones en la calzada.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ondulaciones, huecos, segregación de agregado, etc.
2.5	El pavimento presenta ondulaciones.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-
2.6	El peralte y bombeo de la calzada son suficientes.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Se debe de dar conformación nuevamente.
2.7	Los bordes de la calzada se encuentran en buen estado.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Presenta vegetación, cunetas aterradas y derrumbes de los taludes.
2.8	¿Se han tomado las medidas oportunas para prevenir desprendimientos de material en los taludes?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No presenta mantenimiento preventivo. Acceso con poco transito diario, no es prioridad de las municipalidades de Aguirre y Tarrazú.
2.9	Se ha implementado toba-cemento en segmentos donde se a requerido.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-
2.10	La superficie de rueda se encuentra en condiciones de deterioro, por falta de mantenimiento rutinario.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-
<b>Etapa 3</b>	<b>Trazado</b>				
3.1	Es suficiente el peralte en las curvas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-
3.2	El interior de la curva está libre de obstáculos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-



Ítem	Parámetro de verificación	Aplica			Comentarios
		SI	NO	N/A	
3.3	El camino presenta zonas peligrosas al transitarlo.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Por las condiciones topográficas de la zona y deslizamientos del camino.
<b>Etapa 4</b>	<b>Vegetación</b>				
4.1	Existe vegetación en el tramo.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Densa vegetación en bordes.
4.2	La vegetación existente, constituye un obstáculo que puede llegar a desbordar los límites proyectados si crecen.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clima tropical, donde la vegetación se regenera en lapsos de tiempos cortos.
4.3	El tipo de vegetación dada en el tramo crea problemas de visibilidad al usuario.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Es un acceso poco transitado por vehículos.
4.4	Las vegetación existente contribuye a proteger ante deslizamientos de taludes.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Los suelos son colapsables, la vegetación densa ayuda a evitar deslizamientos en taludes.
4.5	Se realiza mantenimiento rutinario de corte y desmote de vegetación.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No se encuentran indicios de mantenimiento preventivo.
4.6	La vegetación que se encuentra en el camino se puede manipular sin permisos de SETENA.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Analizar evaluación según ambientalista a cargo.
4.7	Hay presencia de arboles caídos en el camino.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-
4.8	Hay vegetación excesiva interrumpiendo el transitar de los vehículos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-
4.9	Hay humedad en los bordes del camino a causa de la vegetación.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Zona de nacientes de agua. Zona boscosa.
<b>Etapa 5</b>	<b>Estructura de Drenaje</b>				
5.1	Son reconocibles.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-
5.2	El sistema de drenaje supone un obstáculo.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-
5.3	Las sangrías están trabajando bien.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Hay obstrucción con material granular y suelo.
5.4	El sistema de cunetas realiza la evacuación de las aguas de una manera adecuada.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Presenta problemas de obstrucción y socavación por los altos volúmenes de agua que transitan.
5.5	Se ha llevado a cabo los trabajos de mantenimiento rutinario de limpieza y desmonte del sistema de drenaje.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-



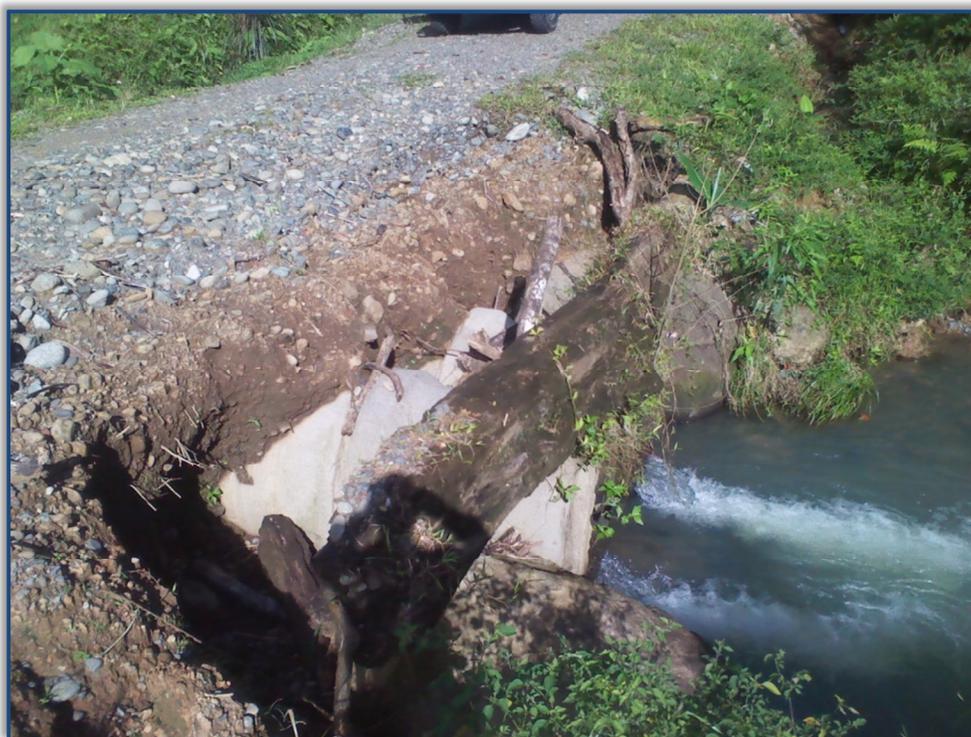
Ítem	Parámetro de verificación	Aplica			Comentarios
		SI	NO	N/A	
5.6	El drenaje es suficiente.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Presenta problemas en la capacidad de evacuación de aguas, necesita ser intervenidos.
5.7	Los trabajos civiles en la alcantarilla están realizados. (cabezales)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-
5.8	Las cunetas estas revestidas con concreto, o similar.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-
5.9	Las alcantarillas se encuentran obstruidas por vegetación y suelo.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ocasionando que el agua pluvial se desborde considerablemente a la calzada
5.10	Los vados en las quebradas tienen una debida losa de soporte.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Están en estado natural.

# **Apéndice 20**

## **Récor de fotografías de los deterioros de las obras transitorias, por efecto de mantenimiento y control.**



**Derrumbes en los taludes**



**Falta de construcción de cabezales en las alcantarillas**



**Erosión y lavado de material en la calzada por efecto de aguas**



**Alcantarillas obstruidas por material y suelo**



**Alcantarillas fracturadas por falta de construcción de cabezales**



**Derrumbes y bloqueo en caminos por falta de tratamiento de talud**



**Problemas de falta de cabezales y adecuada compactación en pasos de agua**



**Lavado de material por deficiencias en compactación y revestido de cunetas**

# **Apéndice 21**

## **Récor de fotografías de los procesos de compactación en campo, maquinaria utilizada, impactos ambientales.**



**Espesores de capa amplios sin la adecuada compactación**



**Deficiencias en el proceso de compactación**



**Insuficiente compactación en las orillas del camino**



**Inadecuada maquinaria para procedimientos de compactación en caminos**



**Acceso por habilitar para la torre 70 – 72 en el sector de Catarina en la L.T Cahuita-Sixaola**



**Acceso por habilitar para la torre 70 – 72 en el sector de Catarina en la L.T Cahuita-Sixaola**



**Acceso por habilitar para la torre 70 – 72 en el sector de Catarina en la L.T Cahuita-Sixaola**



**Acceso por habilitar para la torre 70 – 72 en el sector de Catarina en la L.T Cahuita-Sixaola**



**Acceso por habilitar para la torre 70 – 72 en el sector de Catarina en la L.T Cahuita-Sixaola**



**Acceso en proceso de habilitación para la torre 70 – 72 en el sector de Catarina en la L.T Cahuita-Sixaola**



**Acceso en proceso de habilitación para la torre 70 – 72 en el sector de Catarina en la L.T Cahuita-Sixaola**



**Acceso en proceso de habilitación para la torre 70 – 72 en el sector de Catarina en la L.T Cahuita-Sixaola**



**Acceso en proceso de habilitación para la torre 70 – 72 en el sector de Catarina en la L.T Cahuita-Sixaola**



**Trabajos de habilitación en el acceso de Annia para la torre 67.**

# Referencias

Abellán, A. (2014). *Notas y archivos del Área de Construcción de Caminos. Costa Rica*: Instituto Costarricense de Electricidad.

Alvarado F. (2013) *Manual para la construcción de losas de concreto para pavimentos rígidos*. [En línea]. San José, Costa Rica. Disponible en [http://bibliodigital.itcr.ac.cr/xmlui/bitstream/handle/2238/3231/manual\\_construccion\\_losas\\_concreto\\_pavimento\\_rigido.pdf?sequence=2](http://bibliodigital.itcr.ac.cr/xmlui/bitstream/handle/2238/3231/manual_construccion_losas_concreto_pavimento_rigido.pdf?sequence=2) [2014, 29 de septiembre].

Arce M. (2011). *Bases estabilizadas con cemento Algunos comentarios sobre sus ventajas e inconvenientes*. [En línea]. San José, Costa Rica. Disponible en [http://investigacion.lanamme.ucr.ac.cr/sitio-nuevo/imagenes/boletines/boletin\\_prita\\_20\\_bases\\_estabilizadas\\_con\\_cemento.pdf](http://investigacion.lanamme.ucr.ac.cr/sitio-nuevo/imagenes/boletines/boletin_prita_20_bases_estabilizadas_con_cemento.pdf) [2014, 29 de septiembre].

Camacho, P; Herrera, T. (2013). *Propuesta de una metodología para la administración de proyectos de conservación vial del CONAVI*. Proyecto de graduación, Maestría en Gerencia de Proyectos, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago.

Castro, P. (2014). *Apuntes del Curso de Diseño de Pavimentos*. Costa Rica: Tecnológico de Costa Rica.

Coronado, J. (2002). *Manual Centroamericano para el diseño de pavimentos*, [en línea], Secretaría de Integración Económica Centroamericana. Disponible en: <http://www.camineros.com/docs/cam060.pdf> [2014, 17 de julio].

El ministerio de ambiente y energía, la secretaría técnica nacional ambiental. (2008) *Acuerdo*

*comisión plenaria guía ambiental para la construcción*, [documento]. San José, Costa Rica. [2014, 29 de septiembre]

Especificaciones INVIAS (2007).Artículo 341-07, *Bases Estabilizadas con cemento*, [en línea]. Disponible en <http://www.invias.gov.co/index.php/documentos-tecnicos-izq> [2014, 29 de septiembre].

Especificaciones INVIAS (2007).Artículo 600, *Excavaciones Varias*, [en línea]. Disponible en <http://www.invias.gov.co/index.php/documentos-tecnicos-izq> [2014, 29 de septiembre].

Fernández, S. (2013). *Apuntes del Curso de Laboratorio de Suelos*. Costa Rica: Tecnológico de Costa Rica

Gago, J. (2005). *Caminos rurales terciarios, hacia un cambio profundo en su gestión de conservación*, [en línea]. Buenos Aires: Congreso Argentino de Viabilidad y Transito. Disponible en: [http://www.vial.org.ar/downloads/archivos/cenatte\\_v25\\_001.pdf](http://www.vial.org.ar/downloads/archivos/cenatte_v25_001.pdf) [2014, 20 de agosto].

Gálvez, J; Tuy, H (2013). *Manual para la planificación, diseño, construcción y mantenimiento de caminos rurales con enfoque de gestión y adaptación a la variabilidad y al cambio climático*, [en línea], Guatemala; Universidad Rafael Landivar. Disponible en: <http://www.infoiarna.org.gt/rediarna/USAID/Finales%20PRS/Manual%20de%20caminos%20rurales.pdf> [2014, 28 de agosto].

García, F. (2007). *Estudios Geotécnicos para caminos rurales*, [en línea]. Disponible en: [http://epsh.unizar.es/~serreta/documentos/cr\\_07\\_2.pdf](http://epsh.unizar.es/~serreta/documentos/cr_07_2.pdf) [2014, 28 de agosto].

García, J. (2009). *Soluciones Tecnológicas para un Desarrollo Sostenible*, [en línea]. Costa Rica: Instituto Costarricense de Electricidad. Disponible en <http://www.aliarse.org/documentos/Grupo%20ICE.pdf> [2014, 4 de julio].

Giesecke, C. (2011, Junio). *Guía simplificada para la identificación, formulación y evaluación social de proyectos de Rehabilitación y Mejoramiento de caminos vecinales, a nivel de perfil*. [en línea], Lima Perú. Disponible en: [http://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/dos/instrumentos/metod/transporte/guiacaminos1.pdf](http://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/dos/instrumentos/metod/transporte/guiacaminos1.pdf) [2014, 20 de agosto].

Guía del PMBOK® (2004). *Guía de los fundamentos de la Dirección de proyectos*. Tercera Edición. Norma Nacional Americana: ANSI / PMI 99-001-2004. Disponible en: [http://gio.uniovi.es/documentos/software/GUIA\\_PMBok.pdf](http://gio.uniovi.es/documentos/software/GUIA_PMBok.pdf) [2014, 08 de septiembre].

Jueces, profesionales y técnicos del Tribunal Ambiental Administrativo (2010) *Manual de Buenas Prácticas ambientales en Costa Rica*, [en línea]. San José, Costa Rica. Disponible en [http://www.amcham.co.cr/archivos/committee/378\\_manual\\_buenas\\_practicas\\_ambientales.pdf](http://www.amcham.co.cr/archivos/committee/378_manual_buenas_practicas_ambientales.pdf) [2014, 29 de septiembre]

Keller, G; Sherar, J. (2005). *Guía de campo para las mejores prácticas de gestión de caminos rurales*, [en línea] Instituto Mexicano de Transporte. Disponible en: [http://www.fs.fed.us/global/topic/sfm/roads\\_manual\\_espagnol\\_012908.pdf](http://www.fs.fed.us/global/topic/sfm/roads_manual_espagnol_012908.pdf) [2014, 08 de septiembre].

La Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica (1996). *Ley Forestal*, [en línea]. San José, Costa Rica. Disponible en [http://www.cne.go.cr/cedo\\_dvd5/files/flash\\_content/pdf/spa/doc387/doc387-contenido.pdf](http://www.cne.go.cr/cedo_dvd5/files/flash_content/pdf/spa/doc387/doc387-contenido.pdf) [2014, 03 de octubre].

Leiva, F. (2005). *Sistema de soporte para la toma de decisiones en la administración de carreteras*. Trabajo Final de Graduación, Universidad Estatal a Distancia, San José Costa Rica.  
Maquinaria y Equipos de construcción (2014). *Costo de operación del Equipo*. [en línea].

Disponible en <http://www.fcyt.umss.edu.bo/materias/> [2014, 29 de septiembre].

Maquinaria y Equipos de construcción (2014). *Criterios generales para la organización de una obra de movimiento de tierras*. [en línea]. Disponible en <http://www.fcyt.umss.edu.bo/materias/> [2014, 29 de septiembre].

Maquinaria y Equipos de construcción (2014). *Descripción de equipo y cálculo de productividad*. [en línea]. Disponible en <http://www.fcyt.umss.edu.bo/materias/> [2014, 29 de septiembre].

Ministerio de Transporte y Comunicación. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (2008). *Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito*, [en línea], Lima-Perú. Disponible en: [https://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/caminos\\_ferro/manual/9.Manual%20No%20Pavimentadas.pdf](https://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/caminos_ferro/manual/9.Manual%20No%20Pavimentadas.pdf) [2014, 17 de Julio].

Ramírez, O. (2014). *Apuntes del Curso de Normativa de la Construcción*. Costa Rica: Tecnológico de Costa Rica.

Tapia, M. (2013). *Apuntes del Curso de Procesos Constructivos*. Costa Rica: Tecnológico de Costa Rica.

Torres, V.G. (2000). *Criterios que intervienen en la metodología de Evaluación Económica de Rehabilitación de caminos Rurales*, [en línea], México. Disponible en: <http://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt147.pdf> [2014, 28 de agosto].

Ulloa, A. (2011). *Guía de pruebas de laboratorio y muestreo en campo para la verificación de calidad en materiales de un pavimento asfáltico*, [en línea], LanammeUCR. Disponible en: <http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB0QFjAA&url=http%3A%2F%2Frevistas.ucr.ac.cr%2Findex.php%2Fmateriales%2Farticle%2Fdownload%2F8393%2F7927&ei=JbtPVMnyDO6IsQT9vYCIDQ&usq=AFQjCNF9VnQ7WedB2JiGBSonQ2zCaW8JHw> [2014, 28 de agosto].