

**ANÁLISIS ECONÓMICO DEL USO DE MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL
PROVENIENTE DE NORCASIA, CALDAS EN EL MEJORAMIENTO DE LA RED
VIAL REGIONAL DE LOS MUNICIPIOS DEL MAGDALENA MEDIO**

KARIN YUNARIS RUIZ NUÑEZ

ID: 308056

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA E INTERVENTORÍA DE OBRAS CIVILES
BUCARAMANGA
2021**

**ANÁLISIS ECONÓMICO DEL USO DE MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL
PROVENIENTE DE NORCASIA, CALDAS EN EL MEJORAMIENTO DE LA RED
VIAL REGIONAL DE LOS MUNICIPIOS DEL MAGDALENA MEDIO**

KARIN YUNARIS RUIZ NUÑEZ

ID:308056

**Trabajo de grado como requisito para optar al título de Especialista en
Gerencia e Interventoría de Obras Civiles**

Director

LUZ MARINA TORRADO GOMEZ

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA E INTERVENTORÍA DE OBRAS CIVILES
BUCARAMANGA**

2021

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	8
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
2. JUSTIFICACIÓN	11
3. OBJETIVOS	12
3.1. OBJETIVO GENERAL	12
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	12
4. ESTADO ACTUAL RED VIAL REGIONAL	13
5. SISTEMA DE GESTIÓN VIAL	22
6. EVALUACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE PLACA HUELLA COMPARADA CON LA MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL	26
6.1. ESTADO RED VIAL MAGDALENA MEDIO	26
6.2. INFORMACIÓN PLAN DE DESARROLLO MUNICIPIOS SELECCIONADOS	40
6.3. INVERSIÓN DE RECURSOS	48
7. CONCLUSIONES	50

LISTA DE ILUSTRACIONES

	pág.
Ilustración 1 Sistema Nacional de Carreteras	14
Ilustración 2. Estado red vial terciaria en Colombia	17
Ilustración 3. Estado Red vial INVIAS	17
Ilustración 4. Metodología - Sistema de gestión vial	23
Ilustración 5. Zona de influencia Mina La Milagrosa	27
Ilustración 6. Distribución de la red terciaria en los departamentos de Colombia	29
Ilustración 7. Municipios del Magdalena Medio evaluados	32
Ilustración 8. Estructura de mejoramiento con placa huella	35
Ilustración 9. Estructura de mejoramiento con mezcla asfáltica natural	36

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Kilómetros de red vial terciaria en cada departamento según INVIAS	30
Tabla 2. Distancia respecto a la Mina La Milagrosa (km)	32
Tabla 3. Costos directos alternativa asfalto natural	38
Tabla 4. Comparación costos directos Mezcla asfáltica natural - Placa Huella	39
Tabla 5. Sectores de inversión plan de desarrollo municipal La Dorada 2020- 2023.	41
Tabla 6. Sectores de inversión plan de desarrollo municipal Puerto Boyacá 2020-2023.	43
Tabla 7. Sectores de inversión plan de desarrollo municipal San Vicente de Chucurí 2020-2023.....	45
Tabla 8. Sectores de inversión plan de desarrollo municipal Puerto Boyacá 2020-2023.	46
Tabla 9. Sectores de inversión plan de desarrollo municipal Puerto Boyacá 2020-2023.	47
Tabla 10. Evaluación comparativa de alternativas de mejoramiento vial	49

RESUMEN

25/3/2021

www.upbbga.edu.co/biblioteca/formacion.php

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: ANÁLISIS ECONÓMICO DEL USO DE MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL PROVENIENTE DE NORCASIA, CALDAS EN EL MEJORAMIENTO DE LA RED VIAL REGIONAL DE LOS MUNICIPIOS DEL MAGDALENA MEDIO

AUTOR(ES): KARIN YUNARIS RUIZ NUÑEZ

PROGRAMA: Esp. en Gerencia e Interventoría de Obras Civiles

DIRECTOR(A): LUZ MARINA TORRADO GOMEZ

RESUMEN

La red vial secundaria y terciaria del país sostiene un papel importante en la integración nacional; ésta representa un eje de transformación del campo colombiano reduciendo la brecha social, consolidando la presencia del estado en aquellas regiones que necesitan estabilización y oportunidades de desarrollo. Para la implementación de un programa estratégico que planifique el progreso del campo se debe optimizar el sistema de priorización de vías y promover la oportunidad de incluir la participación comunitaria en el desarrollo del programa, como también la acción unificada por parte de diferentes organismos del Estado. Con el fin de lograr este objetivo se deben establecer órdenes de priorización de la red vial regional del país y de la mano de recursos disponibles para cada municipio plasmados en su plan de gobierno y del uso de nuevas tecnologías alternativas que permitan optimizar estos mismos. Colombia cuenta con más de 140.000 kilómetros de red vial terciaria, el 80% de estas no cuentan con características mínimas de transitabilidad para los usuarios, dejando incomunicadas o dificultando el tránsito por las mismas. Este estudio realizó un análisis de resultados de la inversión de los recursos del cuatrenio actual en el sector de infraestructura vial con la alternativa del asfalto natural explotada en la Mina La Milagrosa en el municipio de Norcasia, Caldas, comparados con el uso de placa huellas. Lo anterior con el objetivo de implementar el uso de nuevos materiales como alternativas de mejoramiento vial en vías con bajos volúmenes de tráfico y el uso eficiente de los recursos municipales que muestre mayores alcances como resultado de su dirección.

PALABRAS CLAVE:

Mezcla asfáltica natural; asfaltita.

Vº Bº DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

SUMMARY

www.upbbga.edu.co/biblioteca/formatoi.php

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: ECONOMIC ANALYSIS OF THE USE OF NATURAL ASPHALT MIX FROM NORCASIA, CALDAS IN THE IMPROVEMENT OF THE REGIONAL ROAD NETWORK OF THE MUNICIPALITIES OF MIDDLE MAGDALENA

AUTHOR(S): KARIN YUNARIS RUIZ NUÑEZ

FACULTY: Esp. en Gerencia e Interventoría de Obras Civiles

DIRECTOR: LUZ MARINA TORRADO GOMEZ

ABSTRACT

The country's secondary and tertiary road network plays an important role in national integration; This represents an axis of transformation of the Colombian countryside, reducing the social gap, consolidating the presence of the state in those regions that need stabilization and development opportunities. For the implementation of a strategic program that plans the progress of the field, the road prioritization system must be optimized and the opportunity to include community participation in the development of the program, as well as unified action by different State agencies, should be promoted. In order to achieve this objective, prioritization orders of the regional road network must be established. The country and the hand of available resources for each municipality reflected in its government plan and the use of new alternative technologies that allow them to be optimized. Colombia has more than 140,000 kilometers of tertiary road network, 80% of these do not have minimum trafficability characteristics for users, leaving them isolated or making it difficult to transit through them. This study carried out an analysis of the results of the investment of the resources of the current quinquennium in the road infrastructure sector with the natural asphalt alternative exploited in the La Milagrosa Mine in the municipality of Norcasia, Caldas, compared with the use of footprints. The foregoing with the objective of implementing the use of new materials as alternatives for road improvement on roads with low volumes of traffic and the efficient use of municipal resources that shows greater scope as a result of their direction.

KEYWORDS:

Natural asphalt mix, Asphaltite

Vº Bº DIRECTOR OF GRADUATE WORK

INTRODUCCIÓN

El avance económico de los países está relacionado con el progreso de la infraestructura vial la cual determina la movilización de venta de los productos a comercializar.

En nuestro país, con el desarrollo de comercio internacional y la construcción de las nuevas autopistas de tercera y cuarta generación que impulsan el desplazamiento nacional en materia de infraestructura no puede dejar atrás la red vial regional conformada por sus vías secundarias y terciarias que son las encargadas de suministrar y conectar los viajes demandados por estos grandes proyectos.

Sin duda alguna en el Magdalena Medio colombiano converge gran importancia del desarrollo económico nacional, siendo esta misma zona atravesada por diferentes medios de transporte como fluvial, férreo y la red vial primaria que conectan la capital del país con la costa norte. Este, entre otros aspectos promueven que la red vial que alimenta estos medios de transporte se encuentre en las condiciones apropiadas que garantice la óptima circulación y el contiguo desarrollo que se busca en el país.

No solo es importante la mejoría de la malla vial por aspectos estéticos y de seguridad, sino que también mejora el comercio en el sector del agro. Actualmente, la construcción y conservación de estructuras de pavimento de la red vial del municipio se llevan a cabo mediante pavimentación tradicional (pavimentos rígidos y flexibles convencionales), los cuales constituyen intervenciones de alto costo, factor que impide la materialización masiva de dichas soluciones técnicas en esta región.

Los materiales que se usan normalmente en las regiones es el de tipo flexible, donde lo llevan a ejecución a climas que tienen a variar por la particularidad que tenemos en nuestro país con los sus condiciones climáticas y geográficas, la cual

ésta está diseñada como normalmente se entrega en otras regiones con la mezcla entre agregados pétreos y asfaltos provenientes de la destilación del petróleo. Por ello, se busca la implementación de otros materiales como el asfalto Natural, provenientes de fuentes naturales que disminuyan las inversiones de alto costo con similar calidad de vida útil que la de las mezclas asfálticas en caliente. El asfalto natural es un material arenoso y viscoso, la cual tienen un origen como banco de crudo envejecido que ha sido procesado naturalmente y en su origen tiene calizas, areniscas y gravas impregnadas de asfalto natural. (Cruz & Salazar, 2019).

Existen grupos evaluados por el INVIAS del asfalto natural la cual han sido denominados Mezclas Asfálticas Naturales los cuales son: “Conglomerados Asfálticos Naturales” como los asfaltos naturales encontradas en la Mina San Pedro, en el departamento del Tolima y en la Mina Santa Teresa en el Departamento de Boyacá; y los “Morteros Asfálticos Naturales” como la MAPIA de las minas que existen en los departamentos de Caldas y Caquetá, entre otros. Estos Materiales contienen un porcentaje de asfalto natural variable que dan la opción de mitigar con la mezcla de Asfaltos Naturales con las mezclas en frío, sin maquinaria tecnificada como las Asfalteras. (Sánchez Torres,2018).

Con este nuevo material que se ha destacado para su comercialización se han desarrollado varias investigaciones para aumentar el consumo de este material y tenerlo como una opción aplicable en todo el proceso constructivo de vías con ventajas ambientales, técnicas y económicas con un producto natural. Teniendo en cuenta nuestra distribución geológica y los conocimientos de los diferentes suelos en nuestro país, se debe partir de realizar análisis específicos en cada zona donde llevamos este material. Como consecuencia de esto, y debido al aumento del uso de nuevas alternativas de mejoramiento vial en los últimos años que derivó en el año 2017 en el establecimiento de las especificaciones particulares de construcción que permite el uso de mezcla asfáltica natural en vías con bajos volúmenes de tráfico.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la zona del Magdalena medio, el avance vial representa un eje importante de progreso en materia de infraestructura vial para esta zona del país en la cual debido a su ubicación estratégica propende ser un núcleo de desarrollo multimodal para la economía nacional concurriendo en ella el más importante corredor vial del país al igual que el sistema ferroviario y la principal arteria fluvial de Colombia.

Este mejoramiento en materia de infraestructura vial en esta zona se fortalece al contar con abundantes fuentes de materiales entre ellos una cantera de asfalto natural que facilita el uso de nuevas alternativas de bajo costo para ampliar la cobertura de los proyectos viales, garantizando movilidad y conectividad a sus habitantes.

Partiendo de un estado de red regional en deficientes condiciones con gran cantidad de kilómetros de vías por mejorar y la carencia de un sistema inventarios viales actualizados, con entidades gubernamentales que actualmente priorizan las intervenciones en esta red vial utilizando métodos de pavimentación tradicionales y de alto costo que junto con los limitados recursos públicos acortan el acceso a más población de estos beneficios se pretende llegar a un mejoramiento continuo con nuevas alternativas de intervención que sin sacrificar estándares técnicos optimizan los recursos permitiendo aumentar la cobertura de los proyectos de mejoramiento y reducir significativamente los costos de producción comercialización, transporte y accesibilidad a la educación para la población de la zona.

2. JUSTIFICACIÓN

En Colombia existen yacimientos de asfaltos naturales que podrían ser mayormente utilizados, uno de estos es el caso de la Mina La Milagrosa ubicada en el municipio de Norcasia, Caldas. Esta cantera por su ubicación geográfica ofrece una solución a la mano para la intervención, rehabilitación, mantenimiento o construcción de la red vial rural, reduciendo en la zona de influencia los costos de proyectos viales hasta en una tercera parte.

Esta se toma como un punto principal e importante de las causas para realizar un análisis económico que permita diferenciar, resaltar y proyectar el uso de esta alternativa comparándola con los métodos tradicionales y costosos utilizados que actualmente no logran llegar a la totalidad de la comunidad que los exige.

No obstante, lo anterior, se hace necesario un estudio exhaustivo que permita identificar el uso de asfalto natural como una oportunidad de reducción de impacto ambiental y un incremento del costo beneficio en el desarrollo de este tipo de proyectos para vías de bajo tráfico vehicular, estudiando sus propiedades y características generales.

Este análisis se convierte en herramienta de interés directo para las entidades públicas y privadas que requieran de este tipo de alternativas de mejoramiento y que a su vez deseen ampliar la capacidad de cubrir la demanda para este tipo de necesidades, beneficiando directamente a la población que habita las zonas remotas de los centros poblados.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar un análisis económico de los recursos dispuestos en los planes de desarrollo municipal de algunos municipios del Magdalena medio para el uso de mezcla asfáltica natural como alternativa de mejoramiento en vías regionales.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Investigar sobre el estado actual de la red vial regional de algunos municipios del Magdalena medio.
- Proyectar la disponibilidad de recursos priorizados en el Plan de Desarrollo Municipal para el componente de transporte.
- Realizar una evaluación comparativa de las alternativas que permiten optimizar la eficiencia de los recursos incluyendo el uso de mezcla asfáltica natural.

4. ESTADO ACTUAL RED VIAL REGIONAL

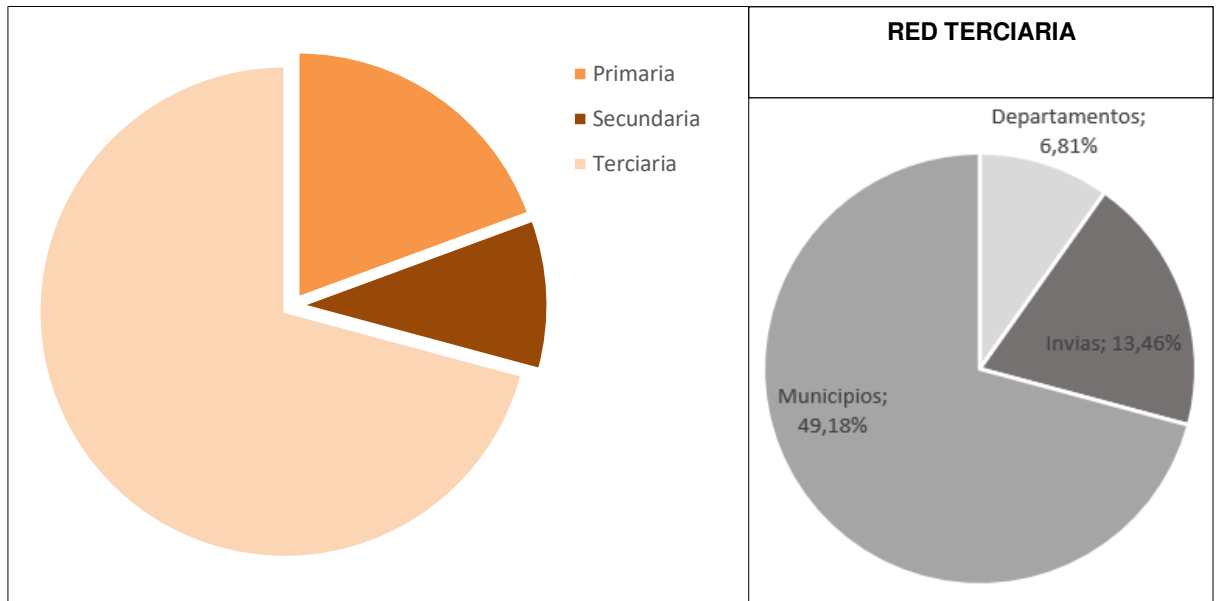
La construcción y conservación de la red terciaria y secundaria de la región del magdalena medio se encuentra en un alto grado de abandono dado al alto costo de inversión que se requiere para atender el mejoramiento del carreteable en estructuras tradicionales de pavimento (pavimento rígido y pavimento flexible), esta circunstancia de alto costo en intervenciones de pavimentación impiden el desarrollo económico y de transitabilidad de comunidades productivas de la región generando afectación en su desarrollo y comercialización de productos.

En materia de red vial regional se destaca la falta de actualización en la información, carencia de propiedad de la información por parte de las instituciones encargadas y una profunda falta de priorización en los inventarios viales como paso inicial para proyectar el mejoramiento de la red vial regional. Se estima que en la actualidad la totalidad de la red nacional de carreteras supera los 215.500 kilómetros de longitud.

La integridad de las vías terciarias abarca acerca de 142284 kilómetros en total, valor que crece significativamente frecuentemente se abren nuevos caminos vecinales en muchos municipios del país.

De esta cantidad de kilómetros mencionada aproximadamente 70.000 kilómetros que equivalen al 49%, se encuentran a cargo de los municipios, siendo estas las entidades públicas con menos recursos para su intervención.

Ilustración 1 Sistema Nacional de Carreteras



Fuente: Elaboración propia

En Colombia, para la construcción de la red vial nacional en la cual se incluyen las vías de segundo y tercer orden, es frecuente el uso de pavimentos flexibles, compuestos normalmente por tres capas, una de rodadura y una base asfáltica que se compone de agregados, asfalto y si llega a necesitar algunos aditivos, los cuales soportan temperaturas elevadas entre los 150 y 180 grados centígrados para su producción. El asfalto en mención, proviene de la extracción y procesamiento del petróleo en los diferentes pozos que existen en el territorio nacional, dando lugar a la obtención del asfalto como uno de los residuos generados por el petróleo. No obstante, esta forma de producción emite niveles de contaminación ambiental y emisión de gases tóxicos elevados, lo cual ha provocado que a escala global se conciba una conciencia en la búsqueda de mitigar esta contaminación y emisión de gases del efecto invernadero.¹

¹ Ruiz-Acero, J.C., Reyes-Ortiz, O.J., & Moreno-Anselmi, L.A. (2016). Evaluación del comportamiento mecánico del asfalto natural a partir de muestras a temperatura ambiente provenientes de Caquetá, Colombia. *Rev.investig. desarro. innov*, 6(2), 43-52.doi: <http://dx.doi.org/10.19053/20278306.3115>

Colombia actualmente tiene una alta dependencia del sistema nacional de carreteras, que es vulnerable, ineficiente y costoso, aquí se encuentra una de las principales causas que esclarece los mínimos estándares de calidad en materia de infraestructura y que derivan en grandes dificultades de conectividad y menos acceso a oportunidades a población vulnerable. En nuestro país más del 80 % de la carga es transportada por carretera, un 16 % se mueve por vía férrea y solo un 2 % por modo fluvial. Esta condición radica en gran porcentaje a la priorización que se le ha dado al sistema general de carreteras, el cual por sí solo no es suficiente ante la demanda de conectividad que genera la economía nacional.

Las grandes diferencias en las prioridades del sistema carretero se observan en los niveles de inversión que se adelanta para cada uno de los sistemas de transporte, en el cual las carreteras lideran con un 71%, distando en gran magnitud del sistema férreo y fluvial con porcentajes de 4% y 0,37% respectivamente. Valores de inversión pública en el sector transporte año 2018.²

De acuerdo a lo mencionado, y dada la importancia de buscar y encontrar materiales y medidas que minimicen el impacto ambiental negativo, promuevan el desarrollo económico, la conectividad vial y teniendo en cuenta la existencia de yacimientos en nuestro país se proyecta la opción de utilizar el asfalto natural como una alternativa para mejorar algunas propiedades y comportamientos de las mezclas convencionales. Lo anterior llevaría a cubrir zonas del territorio nacional donde la explotación del asfalto natural es desarrollada, inventando mejor accesibilidad a las localidades de los cascos urbanos de las zonas alejadas de los centros poblacionales, ampliando de este modo su desarrollo económico y generando empleo en el sitio.

Según el reporte emitido para el primer semestre del año 2020 para la red a cargo del INVIAS (red vial primaria) presentado en la ilustración número 4, se evidencia

² Consejo privado de competitividad. INFORME NACIONAL DE COMPETITIVIDAD 2019-2020. Pág. 106

que más del 50% de la red vial pavimentada y no pavimentada se encuentra en estado regular, malo y muy malo. De esta información que corresponde a la red vial primaria a cargo del INVIAS se toma como precedente para hacer una idea global del déficit en materia de infraestructura por la que atraviesa el país a pesar de haber incrementado considerablemente la inversión en el sector transporte durante la última década.

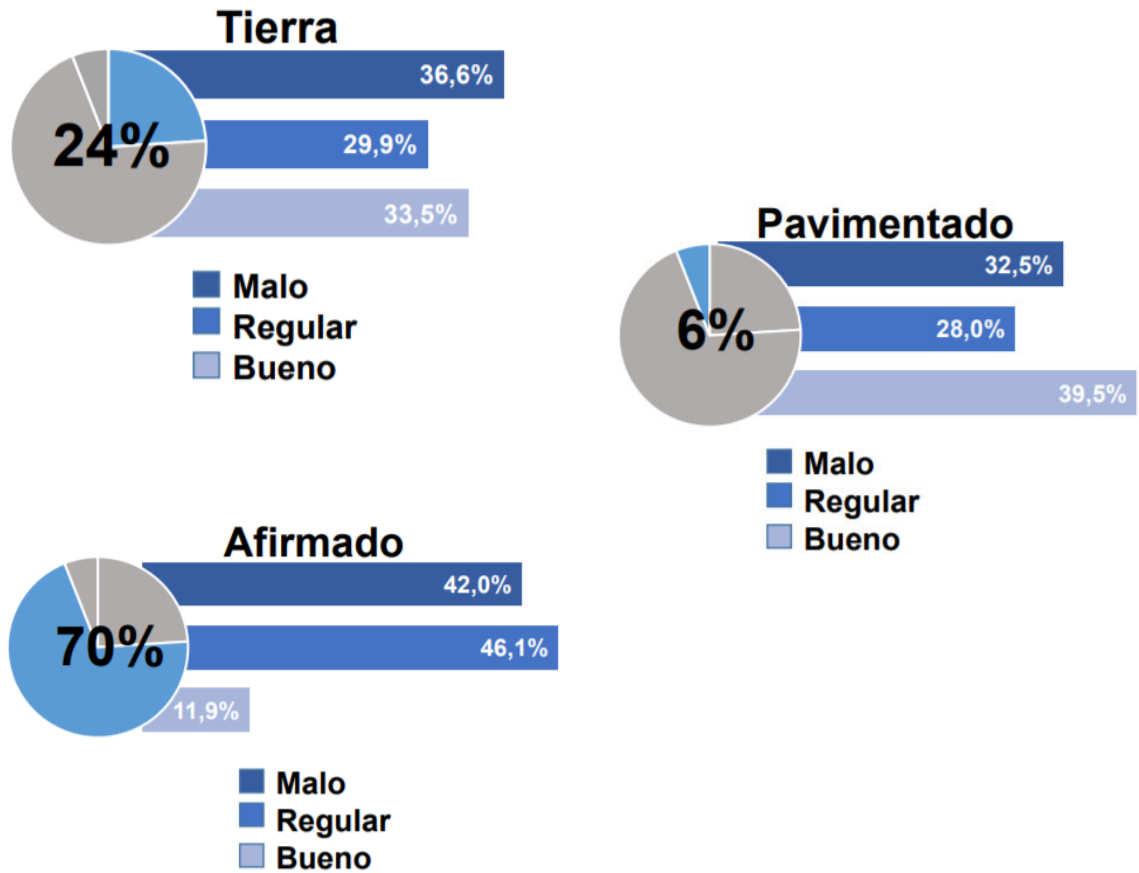
La red vial de segundo orden compuesta por vías bidireccionales con o sin pavimento de acuerdo a su tránsito, de acuerdo a la realización del Plan Vial Regional (PVR), realizado por el Ministerio de Transporte (MT), se arrojó una clara información sobre su longitud y estado. Los datos son:

Vías pavimentadas: 8.000 km, tránsito por debajo de a 500 vehículos por día la Red Vial Departamental tiene una extensión de 44.399 km de los cuales el 48,2 % atañe a vías en afirmado; 24 % a vías pavimentadas, y 28 % a vías destapadas (en tierra). Solo el 31 % están en óptimo estado.

La vías terciarias de la cual cerca de 1.400 km están pavimentados, que no por estar con volúmenes de tránsito menores a 30 vehículos por día, con un ancho de vía aproximadamente de 5 o 4 metros son menos importantes, estas vías cumplen una función de interconexión entre los centros rurales denominadas veredas, los municipios y las vías departamentales. Bajo la gestión de esta red está el INVIAS, los departamentos y los municipios, y tiene una longitud de 27.577 km, que representa el 18% del total y corresponde a la red no transferida del antiguo Fondo Nacional de Caminos Vecinales³. En la ilustración 3 se observa el estado en que se encuentra distribuida esta red vial, predominando el mantenimiento con afirmado con un 70% de estas y teniendo tan solo un 6% se está pavimentado. Estos números evidencian el creciente deterioro que vive este tipo de vías y que se incrementa durante los periodos de ola invernal que presenta el país.

³ Consejo privado de competitividad. INFORME NACIONAL DE COMPETITIVIDAD 2019-2020. Pág. 106

Ilustración 2. Estado red vial terciaria en Colombia

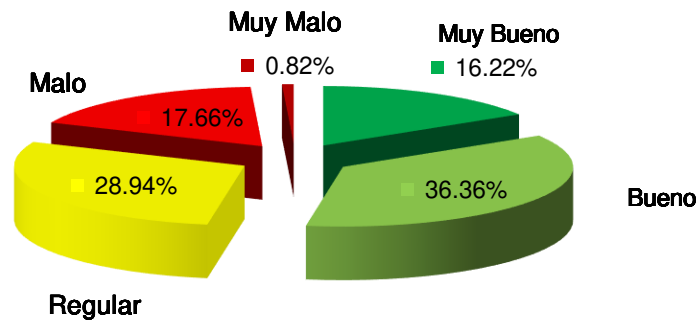


Fuente: Transporte en cifras estadísticas 2014, Mintransporte

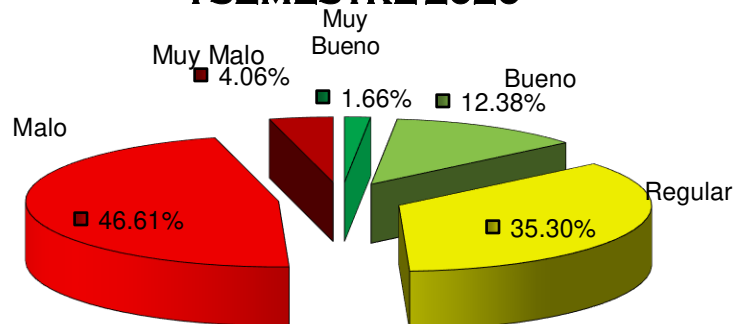
A pesar de la deficiente información, se estima que solo el 25% de la red vial terciaria se encuentra en estado aceptable.

Ilustración 3. Estado Red vial INVIAS

ESTADO DE LA RED VIAL PAVIMENTADA I SEMESTRE 2020



ESTADO DE LA RED VIAL NO PAVIMENTADA I SEMESTRE 2020



Fuente: Instituto Nacional de Vías. Subdirección de estudios e innovación. Reporte 30 junio 2020

La red vial departamental alcanza los 13.959 km equivalentes al 9%, mientras que la red vial municipal 100.419 km y representa el 65% del total. Por otra parte también

se encuentran los caminos veredales o red vial privada las cuales en muchas ocasiones son desarrolladas con objetivos específicos como pueden llegar a ser proyectos preliminares de exploración de la industria minera. Este red mencionada anteriormente puede alcanzar los 12.251 km, es decir, el 8%. Aún por mencionar, estos números no incluyen otro tipo de caminos como los construidos de manera clandestina por grupos al margen de la ley y sus respectivas actividades ilícitas. La constitución de la red vial participa desde las entidades gubernamentales y el sector privado, hasta los ciudadanos representados por sus Juntas de Acción comunal. Estos pequeños caminos son actividades que logran llegar al sector rural, impulsar las labores de producción y comercialización de los productos, al tiempo que acercan a la población a sus derechos y servicios básicos.⁴

Aunque en Colombia únicamente las carreteras pavimentadas constituyen el 11,3%, este proceso de pavimentación deben ser enmarcados o priorizados atendiendo las necesidades o volúmenes de tráfico que de cada corredor vial, pero en algunas ocasiones estas obedecen principalmente a presiones políticas, regionales o locales.

Para las vías regionales que manejan bajos niveles de tráfico como lo son la mayor parte de las vías que pertenecen a esta red vial, en la actualidad existen diversas opciones o nuevas tecnologías que permiten garantizar la movilidad, manteniéndolos en un estado aceptable, sin necesidad de utilizar las estructuras de pavimentación convencionales (concreto – asfalto).

Este tipo de situaciones son comunes principalmente en países en vía de desarrollo que tienen grandes necesidades en materia de conectividad. Particularmente, en nuestro país se han adelantado investigaciones y planes piloto avalados por el ministerio de transporte a través del INVIAS y evaluados por entidades académicas como la Universidad de Antioquia promoviendo el uso de nuevas alternativas utilizando diferentes tipos de estabilizantes químicos líquidos y sólidos. Por ejemplo

⁴ Germán OSPINA. El papel de las vías secundarias y los caminos vecinales en el desarrollo de Colombia. Revista de Ingeniería, nº 44, 2016, pp. 20-27

en el Municipio de Puerto Asis-Departamento del Putumayo, se adelantó una de estas actividades en la cual se evaluaron cerca de 13 tramos construidos por diferentes empresas y cada una con su respectiva tecnología, encontrando en varias de estas avances significativos e importantes opciones de mejoramiento vial. Estos planes pilotos de igual forma se han desarrollado en los departamentos de Córdoba y Antioquia. Como factor común estas actividades han tenido el uso de asfaltos naturales como capa complementaria a la estabilización, dando cubrimiento, impermeabilización y mayor comodidad a la capa de rodadura, al mismo tiempo que aumenta su periodo de servicio.

Por otra parte, el uso de la mezcla asfáltica natural en los últimos 3 años se ha venido disparando en los municipios del oriente de Caldas, los cuales han decidido reemplazar el mejoramiento vial a través de placa huellas por esta nueva alternativa, logrando alcanzar una mayor cobertura y aumentar hasta en un 50% el alcance de los proyectos de mejoramiento. Adicionalmente, empresas petroleras del sur del departamento del Cesar y Boyacá como parte de su responsabilidad social y para el uso propio de su actividad industrial han intervenido cantidades importantes de kilómetros con la mezcla asfáltica natural obteniendo resultados satisfactorios y de buen comportamiento durante su periodo de servicio.

Otro importante uso que se le ha venido dando al material en los últimos años obedece a la instalación de bases y subbases estabilizadas con mezcla asfáltica natural, como la especificación particular lo permite estos materiales instalados como capas subyacentes han sido un excelente complemento para diversas estructuras de pavimento garantizando aumento en la rigidez, y en la resistencia al corte del material, al mismo tiempo que disminuye la permeabilidad logrando de esta manera aumentar los coeficientes estructurales en estas capas del pavimento.

El uso de este material se ha desarrollado como base y subbase para pavimentos flexibles con mezcla densa en caliente y también se han logrado utilizar como bases y subbases de pavimento rígido y placa huella.

5. SISTEMA DE GESTIÓN VIAL

Economía, seguridad y un nivel de servicio adecuado, son las principales características en las cuales deben estar enmarcadas las actividades de gestión de la red vial terciaria, priorizando actividades o el uso de nuevas alternativas tecnológicas como las mencionadas anteriormente que garanticen no solo la circulación en todo momento del año sino que por otra parte permitan optimizar los recursos y ampliar el alcance en beneficio para la población.

Las entidades gubernamentales en cabeza del ministerio de transporte e INVIAS deben encabezar las estrategias de inversión de los recursos públicos, realizando los respectivos análisis de los recursos con que cuenta cada región del país en materia de disponibilidad de equipos, fuentes de materiales entre otras, y de esta manera organizar los planes de acción más eficientes que confronten las características topográficas, geográficas e hidráulicas de cada uno de los municipios.

Un aspecto importante es poder hacer partícipe al sector privado y a las grandes industrias de estos mejoramientos viales como parte de la responsabilidad social que emiten estas mismas.

La relación de estas inestables estrategias permitirá establecer una, que incluyan recursos en tiempos con límites ajustado a las posibilidades técnicas y economías de la región o del municipio. Con esta estrategia se debe definir los recursos que cada año debe invertir el municipio para asegurar el cumplimiento de las metas.⁵

El sistema de gestión vial implementado por el plan general de mejoramiento y conectividad de la red vial regional establece como paso inicial la importancia de contar con un **inventario vial** actualizado que brinde una herramienta para conocer

⁵ Leónidas NARVÁEZ | VÍAS TERCIARIAS: MOTOR DEL DESARROLLO ECONÓMICO RURAL. Revista de Ingeniería, nº 45, 2017, pp. 85

como mínimo el estado actual, longitud, puntos críticos y población beneficiada con cada tramo vial. Esta información, unida a las características del entorno de cada vía, entre otras, brindará los insumos necesarios para la toma de decisiones respecto a la estrategia de rehabilitación, mejoramiento y mantenimiento de las vías de la red terciaria.

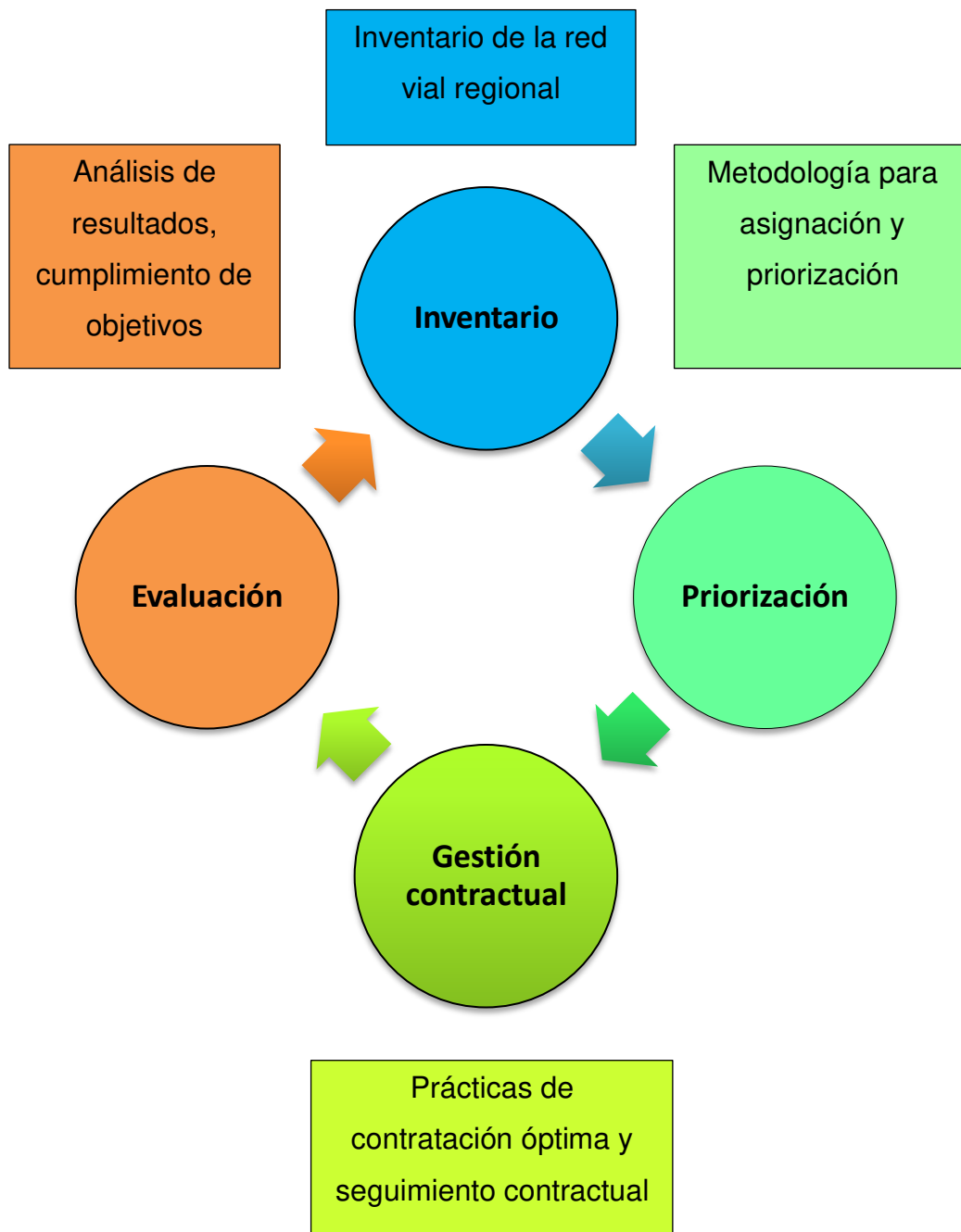
Para poder realizar una buena planificación y gestión vial se vuelve indispensable contar con una herramienta de este tipo, la cual debe implementarse en un sistema de información geográfico, con el objeto de que sea perdurable en el tiempo y de fácil actualización. Los inventarios viales son el punto de partida que permiten realizar una buena planificación y tomar decisiones de inversión efectivas en beneficio de la movilidad rural.⁶

Disponer de una **priorización** en base a variables clave permite tener información objetiva para aplicar los recursos económicos, que por definición son escasos, a los caminos que mayores servicios brindan a las distintas funciones que se identificaron como variables. Claro está que nadie conoce mejor los caminos y sus servicios que quienes están en el territorio o lo recorren de manera permanente, pero al momento de planificar de manera integrada la infraestructura de caminos rurales de una región, es complejo integrar el conocimiento cotidiano si no se cuenta con una herramienta como el inventario vial que permita sistematizar y ordenar la información con un resultado muy claro, esta información generalmente alimenta matrices que resultan en una calificación cuantitativa para determinar la priorización. Teniendo en cuenta que los recursos son limitados, la inversión en la red terciaria debe estar destinada a apoyar los programas de desarrollo social y productivo que defina y realice de manera particular, para cada región, el Gobierno Nacional, así como los departamentos, municipios y la empresa privada.⁷

Ilustración 4. Metodología - Sistema de gestión vial

⁶ Leonidas NARVAEZ., Juan ZARAMA.; Guía práctica para la elaboración de inventarios en las vías terciarias. Programa de gobernabilidad regional de USAID. Marzo 2016. pág.1

⁷ Leónidas NARVÁEZ | VÍAS TERCIARIAS: MOTOR DEL DESARROLLO ECONÓMICO RURAL. Revista de Ingeniería, nº 45, 2017, pp. 83



Fuente: Elaboración propia

Luego de establecer prioridades llega una etapa clave para el cumplimiento efectivo del ciclo en el sistema de gestión vial, la etapa de **gestión contractual**, en la cual

se desarrolla la revisión de los recursos asignados en el plan de desarrollo para el sector transporte en algunos de los municipios de la zona del Magdalena medio, esto con el fin de encaminar el proyecto hacia el objetivo final. En el crecimiento de la red vial del Magdalena medio aparece como por encanto la ubicación estratégica de esta cantera de asfalto natural que lograría proporcionar una importante ayuda a los proyectos de intervención vial, contando actualmente con ejemplos visibles de obras que se han realizado con anterioridad y otras que actualmente se desarrollan en el Magdalena caldense y en el sur del departamento del Cesar.

Estos proyectos realizados en su etapa de **evaluación** han demostrado la importancia del seguimiento, la gestión y supervisión contractual logrando llegar a objetivos satisfactorios que demuestran que el uso eficiente de esta alternativa resulta en verdaderos beneficios sociales y económicos para gran parte de los municipios.

6. EVALUACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE PLACA HUELLA COMPARADA CON LA MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL

6.1. ESTADO RED VIAL MAGDALENA MEDIO

El río Magdalena para Colombia representa la principal arteria fluvial del país, como se mencionó anteriormente los proyectos de conectividad fluvial y férrea confluyen en la región del Magdalena Medio, lo que a mediano plazo representará uno de los puertos multimodales más importantes del país, al mismo tiempo que es travesada por uno de los corredores viales más considerable que une la costa atlántica con el centro y capital del país.

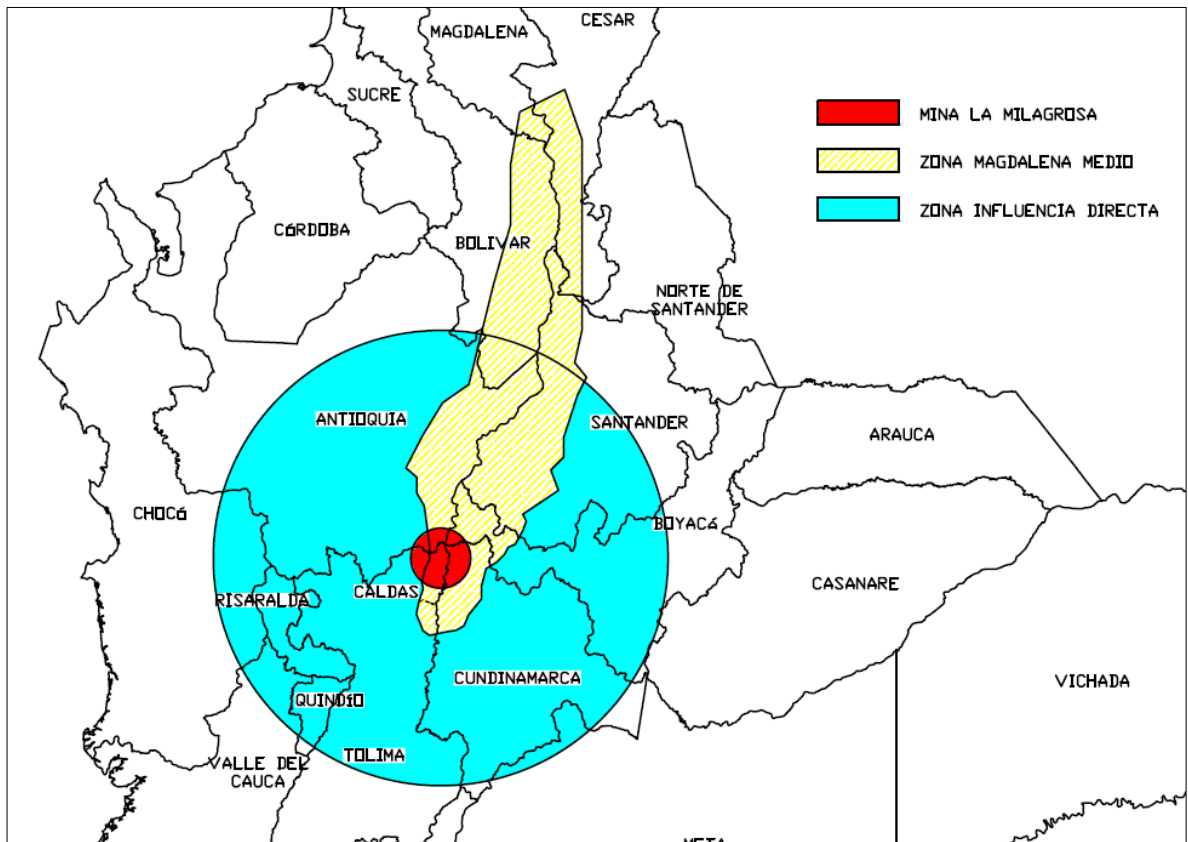
La construcción de un corredor vial con las características de este proyecto propende un importante desarrollo para la economía nacional reduciendo costos de transporte de carga y facilitando la movilidad de los habitantes, sin embargo, para potencializar el beneficio es necesario que las vías colectoras de viajes que conectan esta troncal también cuenten con índices de serviciabilidad mínimos. En este tipo de vías colectoras se proyecta utilizar el uso de mezcla asfáltica natural como tecnología alternativa y de bajo costo para los municipios de la zona que vean en esta una solución viable a sus respectivas necesidades.

Como se muestra en la Ilustración 5., una gran parte de la zona magdalena medio se encuentra dentro de la región de influencia directa de la Mina La Milagrosa, asistida directamente por la troncal Ruta del Sol que se convierte en el corredor ideal para hacer llegar los materiales desde la cantera hacia los municipios de la zona en mención. Sin dejar atrás la capacidad de conectar esta cantera con la misma costa atlántica y la capital del país.

Esta zona se encuentra conformada por la zona oriental de los departamentos de Caldas, Tolima, Antioquia y Bolívar, la zona occidental de los departamentos de

Cesar, Santander, Boyacá y Cundinamarca, por último y un poco más alejado en la parte norte se encuentra la región sur del departamento del Magdalena.

Ilustración 6. Zona de influencia Mina La Milagrosa



Fuente: Elaboración propia

Gracias a la Investigación del Invias se evidencia en la gráfica (Ilustración 7), la cual evidencia el porcentaje de red terciaria que le corresponde a cada departamento respecto al total de esta.

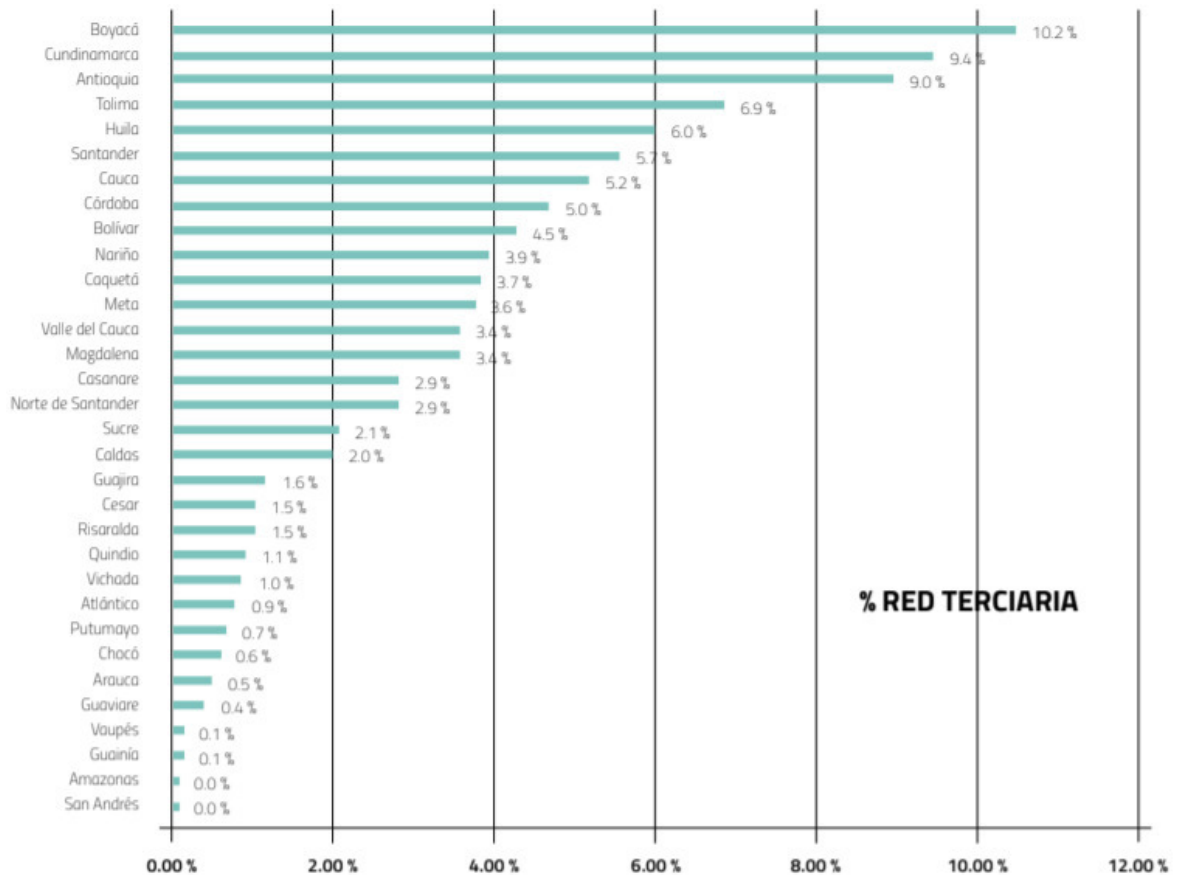
En el territorio nacional la distribución de la red vial no es homogénea, y existen grandes extensiones de territorio que no cuentan con ningún tipo de infraestructura del transporte.

En el caso de la totalidad de la red vial, Colombia tiene un índice de 17,8 Km por cada 100 Km² de territorio, valor cercano al promedio latinoamericano; pero a para la red terciaria esta cifra es de 12,8 Km por cada 100 Km² de territorio, y existe una gran dispersión a nivel de departamentos con relación a este indicador, pues existen departamentos con un indicador superior a 20 Km/100 Km², como Quindío, Boyacá, Cundinamarca, Risaralda, Huila, Tolima, Atlántico, Caldas, Córdoba, Sucre, Santander, Cauca, Bolívar, Valle, Magdalena y Antioquia; existen departamentos entre 12,8 y 20 Km/100 Km² como Norte de Santander, Nariño y San Andrés; los demás están por debajo de 9 Km/100 Km²; es decir que el 68 % del territorio tiene menos de 12,8 Km/100 Km².⁸

Algo muy importante por resaltar de esta, es que de los 9 departamentos mencionados anteriormente que tienen influencia en la zona del Magdalena medio, 6 de estos se encuentran entre los primeros 10 departamentos con mayor red terciaria del país, extendiendo la importancia que puede representar el uso de esta nueva alternativa de mejoramiento vial para estas zonas. En la tabla 1 se muestra la longitud de red terciaria de cada departamento.

⁸ Leonidas NARVÁEZ | VÍAS TERCIARIAS: MOTOR DEL DESARROLLO ECONÓMICO RURAL. Revista de Ingeniería, nº 45, 2017, pp. 82-83

Ilustración 8. Distribución de la red terciaria en los departamentos de Colombia



Fuente: NARVAEZ, Leonidas. Vías Terciarias: Motor del desarrollo económico rural. 2017

La red vial regional debe ser mantenida a través de las respectivas actividades de conservación y rehabilitación que garanticen mantener los estándares de calidad y niveles de servicio adecuados para este tipo de corredores viales; sin dejar de lado que este tipo de vías cuenta con tránsito promedios diarios inferiores que normalmente clasifican estas vías con niveles de tránsito NT1 cuentan específicamente con manuales de diseño de pavimento asfáltico y en concreto. Sin embargo, el uso de las nuevas tecnologías con soporte técnico y proyectos aún siguen siendo muy limitadas a nivel nacional o cuentan con escepticismo ante estas alternativas.

Por esta causa se deja de apreciar en estas alternativas un beneficio en el uso de materiales alternativos y locales, donde se establezcan parámetros de calidad que garanticen la durabilidad y el comportamiento adecuado de cada una de las tecnologías alternativas. Todas estas actividades se deben enmarcar dentro de una relación comparativa costo – beneficio particular para cada tipo de proyecto.

Finalmente, últimamente se ha observado un aumento en la inversión estratégica en las zonas afectadas por el conflicto armado, encaminados a promover un renacimiento social que incluye la participación de la mano de obra local. Esta misma comunidad que tiene conocimiento sobre sus propias necesidades en materia de infraestructura es se hace partícipe en las labores de rehabilitación, mantenimiento periódico y rutinario, como fuentes de trabajo e ingresos.

Tabla 1. Longitud de red vial terciaria en cada departamento según INVIAS

DEPARTAMENTO	RED VIAL TERCIARIA	
	Km	%
Amazonas	130,90	0,09%
Antioquia	12805,56	9,00%
Arauca	711,42	0,50%
Atlántico	1280,56	0,90%
Bolívar	6402,78	4,50%
Boyacá	14512,97	10,20%
Caldas	2845,68	2,00%
Caquetá	5264,51	3,70%
Casanare	4126,24	2,90%
Cauca	7398,77	5,20%
Cesar	2134,26	1,50%
Chocó	853,70	0,60%
Córdoba	7114,20	5,00%
Cundinamarca	13374,70	9,40%
Guajira	2276,54	1,60%
Guanía	14,23	0,01%
Guaviare	569,14	0,40%
Huila	8537,04	6,00%
Magdalena	4837,66	3,40%
Meta	5122,22	3,60%

Nariño	5549,08	3,90%
Norte de Santander	4126,24	2,90%
Putumayo	995,99	0,70%
Quindío	1565,12	1,10%
Risaralda	2134,26	1,50%
San Andrés	32,73	0,02%
Santander	8110,19	5,70%
Sucre	2987,96	2,10%
Tolima	9817,60	6,90%
Valle del Cauca	4837,66	3,40%
Vaupés	142,28	0,10%
Vichada	1422,84	1,00%

Fuente: Elaboración propia

Tomando como eje central la troncal del Magdalena, ruta 45 o también denominada Ruta del Sol, se proyecta la evaluación de la red vial regional de los municipios más representativos de la región Magdalena Medio que se conectan a través de este importante corredor vial. Estos municipios son:

La Dorada	Sabana de Torres
Puerto Salgar	Rionegro
Puerto Boyacá	San Alberto
Cimitarra	San Martín
Puerto Araujo	Aguachica
Puerto Parra	San Vicente Chucurí
Barrancabermeja	Puerto Wilches

De esta lista de municipios fueron tomados 5 de ellos a los cuales se les realizó la investigación en los planes de desarrollo sobre los rubros o recursos que se tienen proyectados destinar para el mejoramiento de vías con el fin de proyectar una intervención mucho más aproximada para cada uno de estos.

- La Dorada
- Puerto Boyacá

- Rionegro
- San Vicente de Chucurí
- San Martín

Los municipios están distribuidos como se muestra en la ilustración 11 y su distancia respecto a la Mina la Milagrosa fuente del material se muestra en la Tabla 2.

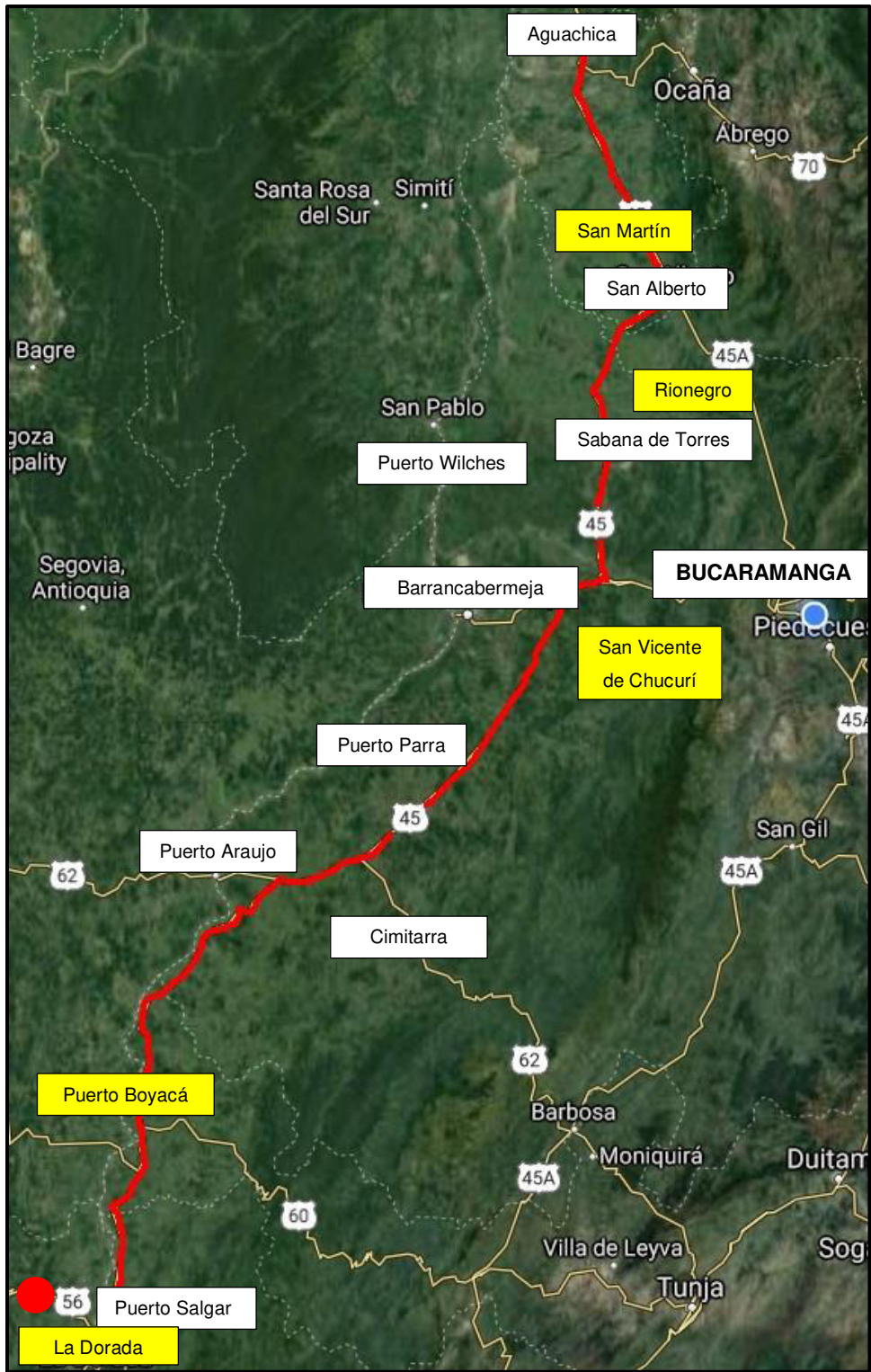
Tabla 3. Distancia respecto a la Mina La Milagrosa (km)

MUNICIPIOS	DISTANCIA*	MUNICIPIOS	DISTANCIA*
La Dorada	28	Sabana de Torres	320
Puerto Salgar	29	Rionegro	381
Puerto Boyacá	96	San Alberto	368
Cimitarra	224	San Martín	397
Puerto Araujo	190	Aguachica	437
Puerto Parra	228	San V. Chucurí	301
Barrancabermeja	276	Puerto Wilches	349

Fuente: Elaboración propia

*Distancia tomadas desde la mina hasta la cabecera municipal de cada municipio.

Ilustración 9. Municipios del Magdalena Medio evaluados



Fuente: Elaboración propia

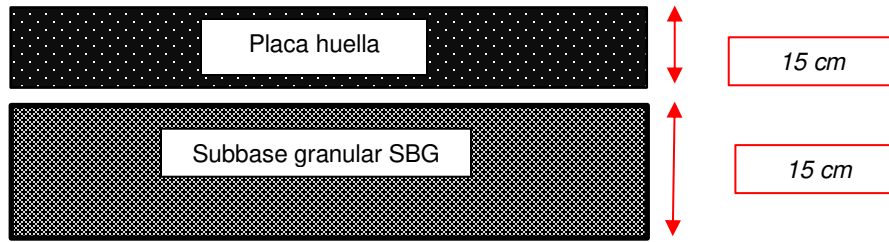
La intervención de las vías terciarias normalmente a cargo de las entidades municipales es realizada frecuentemente con materiales de aporte de fuentes cercanas a los tramos a intervenir, soluciones que rápidamente se ven deterioradas por los grandes periodos de ola invernal que afectan a nuestro país y magdalena medio.

En el distrito de Barrancabermeja y los municipios de Sabana de Torres, Puerto Wilches, San Martín y Puerto Boyacá es común encontrar métodos de mejoramiento de la red vial regional utilizando emulsión asfáltica, ya que son municipios directamente relacionados con la industria petrolera, este tipo de mejoramientos se ha extendido no sólo a las vías internas que comunican los diferentes procesos de esta industria sino también como aumento en los niveles de calidad de vida de los habitantes de corregimientos y veredas. Los resultados obtenidos, sin embargo, han sido deterioros tempranos que no superan los 18 meses en un estado apropiado y se ve directamente afectado por las precipitaciones.

Por último, la alternativa más utilizada en el mejoramiento de vías terciarias actualmente y durante los últimos 10 años son las intervenciones a través de construcción de placa huellas que normalmente presentan la estructura mostrada en la Ilustración 10. Para la respectiva comparación desarrollada en el proyecto se establece unas condiciones para el mejoramiento vial compuesta por los siguientes pasos:

- Localización y replanteo topográfico
- Construcción de 4 alcantarillas de 24 pulgadas tubería Novafort (incluye excavación, conformación, tubería, concretos, estructura de entrega, relleno en material común)
- Conformación de la superficie existente
- Estructura de mejoramiento vial como se muestra en la Ilustración 11. (subbase granular – placa huella) Ancho de vía: 4.5 metros
- Cuneta vehicular 70 cm ancho

Ilustración 12. Estructura de mejoramiento con placa huella



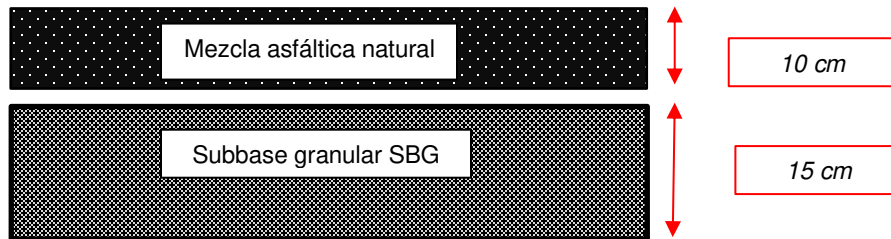
Fuente: Elaboración propia

Con el objetivo de realizar una evaluación económica de una intervención para una vía terciaria se estableció un proyecto de mejoramiento para un kilómetro de red vial de este tipo el cual cuenta con las siguientes características:

- Localización y replanteo topográfico
- Construcción de 4 alcantarillas de 24 pulgadas tubería Novafort (incluye excavación, conformación, tubería, concretos, estructura de entrega, relleno en material común)

- Conformación de la superficie existente
- Estructura de mejoramiento vial como se muestra en la ilustración 13. (subbase granular – mezcla asfáltica natural) Ancho de vía: 4.5 metros
- Cuneta vehicular 70 cm ancho

Ilustración 13. Estructura de mejoramiento con mezcla asfáltica natural



Fuente: Elaboración propia

Para los municipios citados en la evaluación se investigó sobre el estado de red vial regional terciaria y secundaria para cada uno de estos, siendo imposible encontrar información verídica sobre el estado de la red vial, los datos encontrados en algunos de estos no corresponden a fuentes confiables para ser tenidos en cuenta en la investigación, la poca y desactualizada información se encuentra a nivel departamental y no se adapta a las condiciones del proyecto que se delimita a la región del Magdalena Medio.

Las indagaciones realizadas en los diferentes procesos de contratación de los municipios y en general de los departamentos que conforman la región Magdalena Medio se ha encontrado con respecto a los mejoramientos de vías terciarias con placa huellas que claramente los valores de estos varían circunstancialmente dependiendo de las veredas o los sitios de desarrollo de las actividades, sin embargo, se han encontrado valores promedio para la zona que oscilan entre los 850 – 950 millones de pesos hablando únicamente de costos directos. Este rango dependientemente de diversas variables como fuentes de material, distancia, entre otras.

Por otra parte, y contando con las características mencionadas anteriormente para un proyecto de mejoramiento vial con mezcla asfáltica natural se desarrolló una evaluación para cada uno de los municipios citados, teniendo como factor común los ítems no representativos o similares al mejoramiento con placa huella y realizando las debidas variaciones a la actividad de suministro, transporte e instalación de mezcla asfáltica natural estimando las debidas variaciones que obedecen al factor transporte a medida que avanza la distancia desde La Mina La Milagrosa.

En la Tabla 4 se expone como a medida que se aumenta la distancia respecto a la mina proporcionalmente incrementan los costos del proyecto, esto evidencia la actualidad en materia de transporte de carga que vive el país, en el cual estos costos

limitan o reducen el desarrollo de la economía nacional. Una importante alternativa que se viene a mediano plazo se encuentra en el sistema de transporte férreo y fluvial, esta oferta de transporte multimodal se verá representada en una reducción en materia de transporte en esta zona y directamente sobre los municipios del Magdalena medio.

Tabla 5. Costos directos alternativa asfalto natural

MUNICIPIO	DISTANCIA	COSTO DIRECTO
La Dorada	28	\$ 407.814.000,00
Puerto Salgar	29	\$ 408.516.000,00
Puerto Boyacá	96	\$ 455.550.000,00
Cimitarra	224	\$ 454.406.000,00
Puerto Araujo	190	\$ 521.538.000,00
Puerto Parra	228	\$ 548.214.000,00
Barrancabermeja	276	\$ 581.910.000,00
San Vicente de Chucurí	301	\$ 599.460.000,00
Puerto Wilches	349	\$ 571.906.000,00
Sabana de Torres	320	\$ 556.638.000,00
Rionegro	381	\$ 569.800.000,00
San Alberto	368	\$ 581.910.000,00
San Martín	397	\$ 597.178.000,00
Aguachica	437	\$ 618.238.000,00

Fuente: Elaboración propia

Continuando con el desarrollo de comparar estas dos opciones de intervención para la red vial regional terciaria, en la Tabla 6. se presenta la verificación de reducción de costos del asfalto natural respecto a la placa huella en concreto con la diferencia en costos y relación de porcentajes de alcance.

Tabla 7. Comparación costos directos Mezcla asfáltica natural - Placa Huella

MUNICIPIO	DISTANCIA	MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL	PLACA HUELLA	DIFERENCIA	PORCENTAJE
		COSTO DIRECTO	COSTO DIRECTO		
La Dorada	28	\$ 407.814.000,00	\$ 925.657.000,00	\$ 517.843.000,00	56%
Puerto Salgar	29	\$ 408.516.000,00	\$ 930.265.000,00	\$ 521.749.000,00	56%
Puerto Boyacá	96	\$ 455.550.000,00	\$ 920.564.000,00	\$ 465.014.000,00	51%
Cimitarra	224	\$ 454.406.000,00	\$ 959.698.000,00	\$ 505.292.000,00	53%
Puerto Araujo	190	\$ 521.538.000,00	\$ 921.564.000,00	\$ 400.026.000,00	43%
Puerto Parra	228	\$ 548.214.000,00	\$ 915.685.000,00	\$ 367.471.000,00	40%
Barrancabermeja	276	\$ 581.910.000,00	\$ 910.684.000,00	\$ 328.774.000,00	36%
San Vicente de Chucurí	301	\$ 599.460.000,00	\$ 935.689.000,00	\$ 336.229.000,00	36%
Puerto Wilches	349	\$ 571.906.000,00	\$ 918.138.000,00	\$ 346.232.000,00	38%
Sabana de Torres	320	\$ 556.638.000,00	\$ 894.658.000,00	\$ 338.020.000,00	38%
Rionegro	381	\$ 569.800.000,00	\$ 906.854.000,00	\$ 337.054.000,00	37%
San Alberto	368	\$ 581.910.000,00	\$ 910.984.000,00	\$ 329.074.000,00	36%
San Martín	397	\$ 597.178.000,00	\$ 965.822.000,00	\$ 368.644.000,00	38%
Aguachica	437	\$ 618.238.000,00	\$ 953.846.000,00	\$ 335.608.000,00	35%

Fuente: Elaboración propia

6.2. INFORMACIÓN PLAN DE DESARROLLO MUNICIPIOS SELECCIONADOS

De forma general y teniendo en cuenta aspectos básicos de la economía de cada uno de los municipios del Magdalena medio listados anteriormente se seleccionaron para hacer la respectiva evaluación de cómo se beneficiarían estos municipios con la alternativa del asfalto natural teniendo en cuenta los recursos que disponen para este sector.

La selección de estos se hizo teniendo en cuenta la distancia respecto a la ubicación geográfica de la mina y las condiciones económicas que posee cada uno de estos, teniendo municipios ubicados en diferentes categorías.

Las fuentes de recursos para estos municipios normalmente se basan en: recursos propios recaudados por cada municipio, el SGP o sistema general de participación, regalías, los recursos del departamento, recursos de la nación, créditos, entre otros.

6.2.1. LA DORADA – CALDAS

Ubicado a tan solo 28 kilómetros de la mina es el municipio más cercano para evaluar en la zona magdalena medio, el número de habitantes supera fácilmente los 110.000, es considerado el segundo municipio más importante de Caldas, después de Manizales.

También conocido como “la glorieta de Colombia” por su posición geoestratégica donde confluyen el río Magdalena, la vía férrea y la troncal del Magdalena Medio. En materia de economía es el segundo municipio ganadero de Colombia, superado únicamente por Montería.

Tomando como base el documento PDM o plan de desarrollo municipal para La Dorada en el periodo 2020 – 2023 para el sector transporte y movilidad se invertirán recursos por una cantidad aproximada de 17.900 millones de pesos, siendo este el sector con más inversión proyectada durante el cuatrienio.

Tabla 8. Sectores de inversión plan de desarrollo municipal La Dorada 2020-2023.

SECTORES	2020							
	RP	SGP	DEPARTAMENTO	NACION	REGALÍAS	Crédito	Otros	Total
Agua potable y saneamiento básico		\$ 3.200,0						\$ 3.200,0
Energías y TICs	\$ 3.300,0							\$ 3.300,0
Vivienda		\$ 200,0		\$ 250,0				\$ 450,0
Transporte y Movilidad	\$ 2.700,0	\$ 600,0	\$ 100,0		\$ 100,0			\$ 3.500,0
Ambiente		\$ 700,0	\$ 200,0	\$ 250,0	\$ 50,0			\$ 1.200,0
Prevención y atención de desastres	\$ 140,0	\$ 320,0	\$ 100,0	\$ 150,0	\$ 120,0			\$ 830,0
Equipamiento	\$ 50,0			\$ 20,0	\$ -			\$ 70,0
TOTAL EJE	\$ 6.190,0	\$ 5.020,0	\$ 400,0	\$ 670,0	\$ 270,0	\$ -	\$ -	\$ 12.550,0

SECTORES	2021							
	RP	SGP	DEPARTAMENTO	NACION	REGALÍAS	Crédito	Otros	Total
Agua potable y saneamiento básico		3200,0			1000,0			4200,0
Energías y TICs	3400,0							3400,0
Vivienda		200,0		250,0				450,0
Transporte y Movilidad	4000,0	600,0	100,0		100,0			4800,0
Ambiente		700,0	200,0	250,0	50,0			1200,0
Prevención y atención de desastres	140,0	320,0	100,0	150,0	120,0			830,0
Equipamiento	60,0			20,0	100,0			180,0
TOTAL EJE	7600,0	5020,0	400,0	670,0	1370,0	0,0	0,0	15060,0

SECTORES	2022							
	RP	SGP	DEPARTAMENTO	NACION	REGALÍAS	Crédito	Otros	Total
Agua potable y saneamiento básico		\$ 3.200,0						\$ 3.200,0
Energías y TICs	\$ 3.500,0				\$ 500,0			\$ 4.000,0
Vivienda		\$ 200,0		\$ 250,0				\$ 450,0
Transporte y Movilidad	\$ 4.000,0	\$ 600,0	\$ 100,0		\$ 100,0			\$ 4.800,0
Ambiente		\$ 700,0	\$ 200,0	\$ 250,0	\$ 50,0			\$ 1.200,0
Prevención y atención de desastres	\$ 140,0	\$ 320,0	\$ 100,0	\$ 150,0	\$ 120,0			\$ 830,0
Equipamiento	\$ 70,0			\$ 20,0	\$ 100,0			\$ 190,0
TOTAL EJE	\$ 7.710,0	\$ 5.020,0	\$ 400,0	\$ 670,0	\$ 870,0	\$ -	\$ -	\$ 14.670,0

SECTORES	2023							
	RP	SGP	DEPARTAMENTO	NACION	REGALÍAS	Crédito	Otros	Total
Agua potable y saneamiento básico		3200,0						3200,0
Energías y TICs	3600,0							3600,0
Vivienda		200,0		250,0				450,0
Transporte y Movilidad	4000,0	600,0	100,0		100,0			4800,0
Ambiente		700,0	200,0	250,0	50,0			1200,0
Prevención y atención de desastres	140,0	320,0	100,0	150,0	1120,0			1830,0
Equipamiento	80,0			20,0	100,0			200,0
TOTAL EJE	7820,0	5020,0	400,0	670,0	1370,0	0,0	0,0	15280,0

SECTORES	RP	SGP	DEPARTAMENTO	NACION	REGALÍAS	Crédito	Otros	TOTAL 2020 - 2023
Agua potable y saneamiento básico	\$ -	\$ 12.800,0	\$ -	\$ -	\$ 1.000,0	\$ -	\$ -	\$ 13.800,0
Energías y TICs	\$ 13.800,0	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 500,0	\$ -	\$ -	\$ 14.300,0
Vivienda	\$ -	\$ 800,0	\$ -	\$ 1.000,0	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1.800,0
Transporte y Movilidad	\$ 14.700,0	\$ 2.400,0	\$ 400,0	\$ -	\$ 400,0	\$ -	\$ -	\$ 17.900,0
Ambiente	\$ -	\$ 2.800,0	\$ 800,0	\$ 1.000,0	\$ 200,0	\$ -	\$ -	\$ 4.800,0
Prevención y atención de desastres	\$ 560,0	\$ 1.280,0	\$ 400,0	\$ 600,0	\$ 1.480,0	\$ -	\$ -	\$ 4.320,0
Equipamiento	\$ 260,0	\$ -	\$ -	\$ 80,0	\$ 300,0	\$ -	\$ -	\$ 640,0
TOTAL EJE	\$ 29.320,0	\$ 20.080,0	\$ 1.600,0	\$ 2.680,0	\$ 3.880,0	\$ -	\$ -	\$ 57.560,0

Fuente: Tomado pág. 233 PDM La Dorada 2020-2023

6.2.2. PUERTO BOYACÁ - BOYACÁ

Ubicado al occidente del departamento de Boyacá, se sitúa como uno del principal puerto de la región del Magdalena Medio y cuenta con una cantidad aproximada de personas que sobrepasa los 56.000 habitantes, es la quinta ciudad del departamento.

La economía del puerto está basada fundamentalmente en la industria petrolera la cual se inició en este territorio hacia el año 1940 por la Texas Petroleum Company, a su vez este sector actualmente sigue siendo la principal fuente de regalías para el municipio. La segunda actividad económica de la zona se establece en la ganadería extensiva, en la cual se aprovecha el valle plano del río Magdalena como terreno propicio para esta práctica.

Según el plan de desarrollo presentado que adelanta el actual gobierno municipal, se proyecta invertir cerca de 16.000 millones de pesos en el sector transporte y al igual que La Dorada este sector representa uno de los más importantes superado únicamente por el sector de acueducto y agua potable.

Es lógicamente entendible que estos municipios que basan su economía principal en la zona rural, industria petrolera y ganadería, requieran altos rubros de inversión en las vías de acceso a estas zonas.

Tabla 9. Sectores de inversión plan de desarrollo municipal Puerto Boyacá 2020-2023.

Línea estratégica 2. - Primero un Territorio innovador y Sostenible	
6. Ambiente y Desarrollo Sostenible	6.237.452.496
6.1 LA PROTECCION ANIMAL UN COMPROMISO DE TODOS	65.000.000
6.2 CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES Y ECOSISTEMAS	6.061.452.496
6.3 GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN Y EL CONOCIMIENTO AMBIENTAL	101.000.000
6.4 GESTIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO PARA UN DESARROLLO BAJO EN CARBONO Y RESILIENTE AL CLIMA	10.000.000
7. Vivienda y Hábitat	56.335.857.878
7.1 PRIMERO EL ACCESO A SOLUCIONES DE VIVIENDA	4.650.000.000
7.2 GESTIONANDO EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO URBANO DE PARQUES	2.250.000.000
7.3 ACCESO Y ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN CATASTRAL	2.400.000.000
7.4 ACCESO DE LA POBLACIÓN A LOS SERVICIOS DE ASEO, AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO	44.335.857.878
7.5 ACCESO Y ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN CATASTRAL	2.700.000.000
8. Transporte	15.989.034.021
8.1 INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS DE LOGISTICA DE TRANSPORTE	15.213.224.821
8.2 PRIMERO LA SEGURIDAD EN EL TRANSPORTE	775.809.200
8.3 RECUPERACION, APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE Y GOCE DEL ESPACIO PUBLICO	0

Fuente: Tomado pág. 376 Plan de desarrollo municipal Puerto Boyacá 2020-2023

6.2.3. SAN VICENTE DE CHUCURÍ - SANTANDER

Municipio ubicado en el departamento de Santander tiene un número de habitantes que se aproxima a los 35.000, basa su economía en la explotación petrolera, de gas propano y yacimientos de carbón seguidamente de la agricultura donde sus principales cultivos son de cacao, café y aguacate.

En su territorio se encuentra ubicada la represa Hidrosogamoso que además de generar regalías importantes para el desarrollo del municipal también lo ha convertido en un importante atractivo turístico durante los últimos 10 años.

Este municipio tiene más del 50% de su territorio, incluyendo la cabecera municipal en zonas de topografía montañosa y escarpada, con gran presencia de fallas geológicas lo que resulta importante para el tema de proyección de mejoramiento vial con el asfalto natural, aun teniendo como distancia hasta la mina 301 kilómetros.

Para el cuatrienio comprendido entre el 2020 y el año 2023 según el plan de desarrollo municipal se proyectan invertir cerca de 35.900 millones de pesos, cifra que lo sitúa como el municipio con más recursos para transporte de los que se están evaluando actualmente. Sin duda alguna una cifra bastante alta que traza una meta de intervenir gran cantidad de kilómetros de vía de red terciaria donde se desarrollan las principales actividades económicas del municipio.

Para este municipio de Santander la industria petrolera, la construcción de la represa, la agricultura, la ganadería y el turismo basan su fundamento económico al mismo tiempo que lo convierten en un eje desarrollo para esta zona de país.

Tabla 10. Sectores de inversión plan de desarrollo municipal San Vicente de Chucurí 2020-2023.

LÍNEA 1. SAN VICENTE DE CHUCURI PRODUCTIVO, COMPETITIVO Y SOSTENIBLE.

SECTOR	PROGRAMA	TOTAL 2020 - 2023	CONSOLIDADO CUATRENIO POR SECTOR
AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL	Inclusión productiva de pequeños productores rurales	\$ 3.858.000.000,0	6.486.000.000,00
	Servicios financieros y gestión del riesgo para las actividades agropecuarias y rurales	\$ 4.000.000,0	
	Ordenamiento social y uso productivo del territorio rural	\$ 18.000.000,0	
	Ciencia, tecnología e innovación agropecuaria	\$ 15.000.000,0	
	Infraestructura productiva y comercialización	\$ 2.410.000.000,0	
	Sanidad agropecuaria e inocuidad agroalimentaria	\$ 181.000.000,0	
AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE	Conservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos	\$ 1.238.000.000,0	10.394.400.000,00
	Ordenamiento ambiental territorial	\$ 8.775.000.000,0	
	Gestión del cambio climático para un desarrollo bajo en carbono y resiliente al clima	\$ 381.400.000,0	
COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO	Productividad y competitividad de las emprevsas colombianas	\$ 1.113.000.000,0	1.113.000.000,00
TRABAJO	Generación y formalización del empleo	\$ 28.000.000,0	48.000.000,00
	Formación para el trabajo	\$ 20.000.000,0	
MINAS Y ENERGÍA	Consolidar el mercado de gas combustible a nivel residencial, comercial e industrial	\$ 1.590.000.000,0	7.687.034.297,63
	Consolidación productiva del sector de energía eléctrica	\$ 6.097.034.297,6	
CIENCIA, INNOVACION Y TECNOLOGÍA	Generación de una cultura que valora y gestiona el conocimiento y la innovación	\$ 35.000.000,0	35.000.000,00
TRANSPORTE	Infraestructura red vial regional	\$ 35.357.200.000,0	35.908.698.180,81

Fuente: Tomado pág. 239. Plan de desarrollo municipal San Vicente de Chucurí 2020-2023

6.2.4. RIONEGRO - SANTANDER

El municipio de Rionegro se encuentra al occidente del departamento de Santander cuenta con una superficie que supera los 1250 km² y una población que alcanza los 28.000 habitantes, aunque su cabecera municipal se encuentra sobre la vía Bucaramanga – San Alberto gran parte de su territorio se extiende hacia la zona magdalena medio y ha sido en esta donde se han desarrollado proyectos de mejoramiento vial con asfalto natural con una distancia de hasta 380 kilómetros desde la ubicación de la mina.

La ganadería y principalmente la industria petrolera que se desarrolla en la zona han permitido la materialización de este tipo de proyectos.

Según el plan de desarrollo que rige el presente cuatrienio la inversión que se desarrollará en el sector transporte alcanza 2.050 millones de pesos, aunque se espera que la industria petrolera al igual que en las poblaciones de San Vicente de Chucurí y Puerto Boyacá realice obras de mejoramiento vial como responsabilidad social.

Tabla 11. Sectores de inversión plan de desarrollo municipal Puerto Boyacá 2020-2023.

DIMENSIÓN 3. DESARROLLO URBANO, ORDENAMIENTO TERRITORIAL, SERVICIOS PÚBLICOS Y PRESERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	RP	SGP	SGR	OTROS	TOTAL
	\$ 3.552.747.070	\$ 3.588.274.541	\$ 3.624.157.286	\$ 3.660.398.859	\$ 14.425.577.756
PROGRAMA 13. SERVICIOS PÚBLICOS PARA EL DESARROLLO	\$ 2.900.000.000	\$ 2.929.000.000	\$ 2.958.290.000	\$ 2.987.872.900	\$ 11.775.162.900
PROGRAMA 14. INFRAESTRUCTURA PARA EL DESARROLLO	\$ 506.240.000	\$ 511.302.400	\$ 516.415.424	\$ 521.579.578	\$ 2.055.537.402
PROGRAMA 15. EL HABITAT EN BENEFICIO DE LAS FAMILIAS	\$ 30.000.000	\$ 30.300.000	\$ 30.603.000	\$ 30.909.030	\$ 121.812.030
PROGRAMA 16. MEDIO AMBIENTE Y EL CUIDADO DE TODOS	\$ 36.507.070	\$ 36.872.141	\$ 37.240.862	\$ 37.613.271	\$ 148.233.344
PROGRAMA 17. CONTROL Y ATENCIÓN DE RIESGOS Y DESASTRES	\$ 80.000.000	\$ 80.800.000	\$ 81.608.000	\$ 82.424.080	\$ 324.832.080

Fuente: Tomado pág.167. Plan de desarrollo municipal Rionegro – Santander 2020 – 2023

6.2.5. SAN MARTÍN – CESAR

Situado en la zona sur del departamento del Cesar, dista de la ubicación de la mina de asfalto natural aproximadamente 400 kilómetros. Aunque cuenta con una población de poco más de 18.000 habitantes y su superficie no supera los 1000 km² la industria petrolera y la ganadería extensiva han posicionado a este municipio como un eje importante de desarrollo económico. Esta actividad petrolera lo ha convertido en gran fuente de empleo para propios y foráneos que encuentran en esta zona del país un gran desarrollo en materia de explotación y geoestratégicamente.

El plan de desarrollo municipal ha establecido una inversión que supera los 6.100 millones de pesos para el sector transporte durante los próximos cuatro años.

Tabla 12. Sectores de inversión plan de desarrollo municipal Puerto Boyacá

PLAN PLURIANUAL DE INVERSIONES 2020-2023

Tabla 59. Plan Plurianual de Inversiones 2020-2023 (En Millones)

Sectores	Línea Estratégica / Programa	Total Inversión 2020	Total Inversión 2021	Total Inversión 2022	Total Inversión 2023	Total Inversión Cuatrienio
Línea Estratégica 1: "LO ECONÓMICO - PRODUCTIVO MERECE MÁS"						
Agropecuario	1.1 Lo Agropecuario Merece Más	\$ 1.139	\$ 1.139	\$ 1.162	\$ 1.185	\$ 4.626
Promoción del Desarrollo	1.2 El Desarrollo Económico Merece Más	\$ 1.200	\$ 779	\$ 795	\$ 811	\$ 3.585
Transporte	1.3 El Transporte Merece Más	\$ 1.869	\$ 1.410	\$ 1.438	\$ 1.467	\$ 6.184
Servicios públicos diferentes a AAA	1.4 Los servicios Públicos Merece Más	\$ 1.492	\$ 858	\$ 875	\$ 893	\$ 4.119
Línea Estratégica 2: "LO POBLACIONAL MERECE MÁS"						
Educación	2.1 La Educación Merece Más	\$ 3.204	\$ 3.026	\$ 3.087	\$ 3.149	\$ 12.465
Salud	2.2 La Salud Merece Más	\$ 12.544	\$ 12.444	\$ 12.693	\$ 12.947	\$ 50.629
Agua potable y saneamiento Básico	2.3 El Agua Potable y el Saneamiento Básico Merece Más	\$ 5.086	\$ 2.133	\$ 2.175	\$ 2.219	\$ 11.613
Deporte	2.4 El Deporte y la Recreación Merece Más	\$ 279	\$ 275	\$ 280	\$ 286	\$ 1.120
Cultura	2.5 La Cultura Merece Más	\$ 837	\$ 656	\$ 669	\$ 682	\$ 2.845
Vivienda	2.6 Nuestro Hábitat Merece Más	\$ 621	\$ 322	\$ 328	\$ 335	\$ 1.606
Población Vulnerable	2.7 Las Personas Vulnerables Merecen Más	\$ 2.347	\$ 2.131	\$ 2.174	\$ 2.218	\$ 8.870

Fuente: Tomado pág. 203. Plan de desarrollo municipal San Martín, Cesar

6.3. INVERSIÓN DE RECURSOS

Como se observa los municipios seleccionados al igual que gran parte de los municipios de la zona del Magdalena medio basan su economía en actividades que se desarrollan principalmente en la zona rural de sus territorios, aquí se fundamenta una de las más importantes razones por la cual se deben rehabilitar, intervenir o mantener las vías terciarias y secundarias de estos mismos y con la cual se realiza la respectiva comparación en las alternativas utilizadas para mejoramiento vial.

Es esta una de las razones por la cual se ha decidido proyectar la intervención vial con el 60% de los recursos públicos con los que cuenta cada municipio según su plan de desarrollo, los cuales serán evaluados para dar un alcance en kilómetros de cada intervención teniendo en cuenta los costos directos relacionados en Tabla 4.

De esta manera en la Tabla 13 se presenta la diferencia en alcances entre las dos alternativas de mejoramiento y el respectivo porcentaje de ahorro que permite maximizar la eficiencia al momento de invertir los recursos.

Tabla 14. Evaluación comparativa de alternativas de mejoramiento vial

MUNICIPIO	DISTANCIA RESPECTO A LA MINA	RECURSOS 2020 - 2023	RECURSOS A INVERTIR EN VÍA Terciaria (60%)	MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL		PLACA HUELLA		DIFERENCIA (KM)	PORCENTAJE ALCANCE
				COSTO DIRECTO	ALCANCE (KM)	COSTO DIRECTO	ALCANCE (KM)		
La Dorada	28	\$ 17.900.000.000	\$ 10.740.000.000	\$ 407.814.000,00	26,34	\$ 925.657.000,00	11,60	15	56%
Puerto Boyacá	96	\$ 15.989.034.021	\$ 9.593.420.413	\$ 455.550.000,00	21,06	\$ 920.564.000,00	10,42	11	51%
S.V. Chucurí	301	\$ 35.908.698.180	\$ 21.545.218.908	\$ 599.460.000,00	35,94	\$ 935.689.000,00	23,03	13	36%
Rionegro	381	\$ 2.055.537.402	\$ 1.233.322.441	\$ 569.800.000,00	2,16	\$ 906.854.000,00	1,36	1	37%
San Martín	397	\$ 6.184.000.000	\$ 3.710.400.000	\$ 597.178.000,00	6,21	\$ 965.822.000,00	3,84	2	38%

Fuente: Elaboración propia

7. CONCLUSIONES

- Durante toda la etapa de recolección de información de forma general se determinó que la principal dificultad está representada en que se desconoce totalmente la magnitud de la necesidad que acogen las comunidades rurales de la zona magdalena medio en este caso particular. La información existente sobre esta red vial es casi nula y en los casos en que se encuentra, se cuenta con datos desactualizados que distan de la realidad debido a la constante evolución y crecimiento de las regiones.
- Resulta de gran importancia para las regiones a nivel nacional contar con planes de inventario y caracterización vial, ya que en este confluye el primer paso para que posteriormente se permita avanzar hacia una priorización y gestión de recursos eficientes que puedan llegar a los puntos neurálgicos de la red vial regional.
- Realizando una síntesis de la evaluación comparativa planteada en la Tabla 15., se observa como el alcance en la optimización de los recursos llega a superar el 35% en los 5 municipios incluyendo San Martín Cesar, que dista de la fuente de material hasta en casi 400 kilómetros. No menos importante la relevancia que ofrece en los municipios ubicados a menos de 200 kilómetros llegando a alcanzar beneficios que duplican en alcance y beneficio a las comunidades aisladas de los cascos urbanos municipales.
- Aunque se conocen que los recursos públicos para este tipo de intervenciones son limitados y que se deben tratar de distribuir en la totalidad de la población municipal, y teniendo en cuenta que muchos de estos municipios llegan a tener más de 100 veredas y sin mencionar el número de kilómetros que requieren intervención, se manejan escenarios conservadores, proyectando un 60% de recursos durante el cuatrenio a este

tipo de mejoramientos se puede acercar a mejores oportunidades a más del 50% de población beneficiada y sin mencionar aun el aporte favorable a la economía de la región.

- Otro punto importante para evaluar en la comparación de estas dos tecnologías es el impacto al medio ambiente. Sin duda alguna el planeta avanza hacia la tecnificación y construcción sostenible, en la cual cada año se busca minimizar los impactos ambientales negativos sobre el ecosistema. En este punto resulta favorable el uso de la mezcla asfáltica natural frente a las placas huellas en concreto evaluando los procesos de producción y explotación que se utilizan para obtener cada uno de estos materiales, manteniendo muy por encima los niveles de contaminación en las plantas de cemento, refiriéndonos a los altos consumos energéticos, generación de material particulado, grandes magnitudes de ruido, entre otras.
- De forma general se ha evaluado la placa huella como la principal alternativa en mejoramiento vial rural por el alto porcentaje de uso en las vías rurales del país, llegando a superar el 60% del uso en los últimos 10 años. Sin dejar atrás las ventajas que representa el uso de esta alternativa en concreto para los mejoramientos de esta red vial, su excelente comportamiento en zonas de alta pendiente, las cuales son típicas en gran parte del territorio nacional, también se debe mencionar que no todos los sectores son propicios a soportar cierres temporales que pueden llegar a superar los 40 días debido a proceso constructivo y de curado. Para este tipo de zonas nuevamente se presenta esta alternativa que puede ser abierta al tráfico inmediato sin comprometer su funcionalidad o vida útil.

8. BIBLIOGRAFIA

- BULLA GARCIA, Y. A., RODRIGUEZ ALVAREZ, A. T., e HIGUERA SANDOVAL, C. H. Análisis comparativo de una mezcla densa en caliente MDC-19 y una mezcla densa en frío MDF-19. En: Ingenio Magno [en línea]. Tunja, Boyacá: Universidad Santo Tomas, Enero – junio de 2017. vol. 8, nro.1, p. 1 - 772. Disponible en <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/ingeniomagno/article/view/1387/1283> ISSN 2422-2399.
- Delgado, Ricardo (1998-11). Inversiones en Infraestructura Vial: La experiencia Argentina, Serie Reformas Económicas. NU. CEPAL. Oficina de Buenos Aires
- González Troncoso, A. M., & Alba Acero, C. A. (2006). Infraestructura vial en Colombia : Un análisis económico como aporte al desarrollo de las regiones 1994 - 2004. Retrieved from <https://ciencia.lasalle.edu.co/economia/430>
- LANDINEZ SAURITH, Alcides J., RESTREPO PIEDRAHITA, Gustavo A. y LAZARO SUAREZ, Jerson S. Análisis físico-mecánico de mezclas densas en caliente MDC-19 con adición de tiras de geotextil de 1cm [en línea]. Trabajo de grado (Especialista en Ingeniería de Pavimentos). Universidad Católica de Colombia. Facultad de ingeniería, 2017. 83 p.. Disponible en: Repositorio Institucional Universidad Católica de Colombia – RIUCaC. <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14619/1/AN%c3%81LISI%20F%c3%8dSICO-MEC%c3%81NICO%20DE%20MEZCLAS%20DENSAS%20EN%20CALIENTE%20MDC->

[19%20CON%20ADICI%c3%93N%20DE%20TIRAS%20DE%20GEOTEXTI
L%20DE%201%20CM.pdf](#)

- PIRAGAUTA PANTOJA, Astrid Yohana. BACCA PRIETO, Iván Eduardo. Analisis dinamico de una mezcla densa en caliente tipo 2 (MDC-19) modificada con desechos de caucho-cuero provenientes de una remontadora de calzado – cemento asfaltico 60 – 70 y agregado de peña. [en línea]. Trabajo de grado (Especialista en Pavimentos). Universidad Católica de Colombia. Facultad de ingeniería, 2015. 62 p. Disponible en: Repositorio Institucional Universidad Católica de Colombia – RIUCaC. https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2570/1/An%C3%A1lisis-din%C3%A1mico-MDC-tipo_2-modificada_caucho-cuero.pdf
- ZUÑIGA C., Rosa. Mezcla asfáltica en caliente [diapositivas]. Ministerio de obras públicas. Junio de 2015, 52 diapositivas. Disponible en: <http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/laboratorionacional/MaterialCursos/Mezclas%20Asf%C3%A1lticas.pdf>
- R. F. A. Serrano, “La interventoría en los contratos de concesión vial en Colombia”, Bucaramanga, Universidad Pontifica Bolivariana, 2009.
- J. D. González, M. D. Rojas, S. Botero, M. Arboleda. Project Finance y Asociaciones público-privadas para la provisión de servicios de infraestructura en Colombia. Obras y Proyectos 16, 61-82.
- G. J. P. V, “La infraestructura del transporte vial y la movilización de carga en Colombia”, Centro de Estudios Económicos Regionales, n.º 64. Banco de la República - Colombia, Cartagena, p. 73, 2005.

- Antúnez, C. (2009): Crecimiento Económico (Modelos de crecimiento económico). Editorial Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Primera Edición. Lima. Perú.
- YEPES PIQUERAS, Victor. Elaboración de mezcla asfáltica [en línea]. Blogs UPV. Universidad politécnica de valencia. 02 de septiembre 2014. Disponible en internet: <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/mezcla-asfaltica/>
- Ruiz-Acero, J.C., Reyes-Ortiz, O.J., & Moreno-Anselmi, L.A. (2016). Evaluación del comportamiento mecánico del asfalto natural a partir de muestras a temperatura ambiente provenientes de Caquetá, Colombia. Rev.investig. desarro. innov, 6(2), 43-52.doi: <http://dx.doi.org/10.19053/20278306.3115>
- Consejo privado de competitividad. INFORME NACIONAL DE COMPETITIVIDAD 2019-2020. Pág. 106
- Leonidas NARVAEZ., Juan ZARAMA.; Guía práctica para la elaboración de inventarios en las vías terciarias. Programa de gobernabilidad regional de USAID. Marzo 2016. pág.1
- Leónidas NARVÁEZ | VÍAS TERCIARIAS: MOTOR DEL DESARROLLO ECONÓMICO RURAL. Revista de Ingeniería, nº 45, 2017, pp. 82-85.