

**IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA
SOSTENIBILIDAD EN LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS VIALES**

**CRISTIAN BALLESTEROS GUIO
JORGE EDUARDO HURTADO PEDRAZA**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DIVISIÓN DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS
TUNJA
2020**

**IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA
SOSTENIBILIDAD EN LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS VIALES**

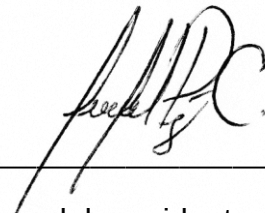
**CRISTIAN OSWALDO BALLESTEROS GUIO
JORGE EDUARDO HURTADO PEDRAZA**

**Trabajo de grado realizado para obtener el título de
INGENIERO CIVIL**

**DIRECTOR: Ing. JUAN RICARDO PÉREZ CUERVO
I.C., I.T.V., Esp., Mg.**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DIVISIÓN DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS
TUNJA
2020**

Nota De Aceptación:



Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Tunja, 01 de septiembre de 2020

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos primeramente a Dios todo poderoso, quien nos bendijo con salud y sabiduría para seguir día a día con la bonita práctica de investigar.

Dedicamos esta tesis a nuestros padres: Josué Ballesteros; Rosa Guio y Jorge Hurtado; Martha Pedraza y Nidia Sarmiento pues ellos fueron los que siempre brindaron su apoyo incondicional para que este proyecto se hiciera realidad.

Agradecemos al ingeniero Juan Ricardo Pérez, quien, por medio de su gran conocimiento, nos guió, orientó y animó en el proceso este proyecto. Además de darnos a entender la verdadera razón de investigar

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	9
1. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	11
1.1 INFRAESTRUCTURA A NIVEL MUNDIAL	11
1.2 INFRAESTRUCTURA EN LATINO AMÉRICA	13
1.3 INFRAESTRUCTURA EN COLOMBIA	16
1.3.1 Plan de inversión en vías de cuarta generación (4G)	17
1.3.2 Instituciones a cargo de los proyectos viales en Colombia	18
1.4 Red vial en Colombia.....	20
2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	21
3. JUSTIFICACIÓN	22
4. OBJETIVOS	24
4.1 OBJETIVO GENERAL	24
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
5. ESTADO DEL ARTE	25
5.1 REVISIÓN DE METODOLOGÍAS PARA LA EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD PARA PROYECTOS VIALES	25
5.2 METODOLOGÍAS DE SOSTENIBILIDAD.....	25
5.2.1 SUSAIIP: Infrastructure Sustainability – 2009 (AGIC, 2009) [20] Carreteras Sostenibles y Movilidad Optima	25
5.2.2 CEEQual	25
5.2.3 ICES.....	26
5.2.4 Green LITES.....	27
5.2.5 GreenRoads	28
5.2.6 Carretas sustentables (FHWA)	28
5.2.7 Carreteras sostenibles (ERF).....	29
5.3 COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS	30
5.4 COMPONENTES DE EVALUACIÓN PARA CARRETERAS.....	32
5.4.1 Componente económico.....	32
5.4.2 Componente social.....	32
5.4.3 Componente técnico.....	33
5.4.4 Componente ambiental.....	33
5.4.5 Componente seguridad	33
5.5 EVALUACIÓN DE METODOLOGÍAS SOSTENIBLES EN COLOMBIA.....	39
5.5.1 Sustainability criteria and indicators in the road construction subsector- Martha Melizza Ordoñez Díaz y Luis Carlos Meneses Silva, 2015	39
5.5.2 Diseño de un sistema de indicadores de sostenibilidad como herramienta en la toma de decisiones para la gestión de proyectos de infraestructura en Colombia- Paula Andrea Gaviria Gaviria, 2013	40

5.5.3 Metodologías sostenibles	41
5.5.4 Life cycle assessment for road construction and use – Charlotte Milachowski, Thorsten Stengel, Christoph Gehlen, 2011.....	41
5.5.5 Metodología para la evaluación de impacto ambiental aplicada al ciclo de vida de proyectos de infraestructura en Colombia - Margarita Viloria, 2015.....	42
6. METODOLOGIAS	43
6.1 ¿Cómo se llegó a la nueva metodología?	43
6.2 APLICACIÓN DE LA EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD EN EL CASO DE ESTUDIO.....	58
6.3 ALTERNATIVAS SOSTENIBLES	58
7. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	59
8. RESULTADOS Y DISCUISIONES.....	63
8.1 CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE PROCESOS DEL PROYECTO VIAL.....	63
8.1.1 Vía urbanización Colinas de Guaquera y Vía urbanización acacias	63
8.1.2 Vía entrada principal urbanización Villa Colina.....	64
8.2 RESULTADOS OBTENIDOS NORMATIVIDAD AMBIENTAL	65
8.3 APLICACIÓN DE LA NUEVA METODOLOGÍA.....	67
8.4 RESULTADO DE LA NUEVA METODOLOGÍA	69
8.5 ALTERNATIVAS SOSTENIBLES	70
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	80

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Diferencias de las 4 metodologías de investigación	30
Tabla 2. Definición de criterios para evaluar de los componentes ambientales.....	33
Tabla 3. Cumplimiento de indicadores de los diferentes componentes de sostenibilidad para cada una de las 4 metodologías escogidas.....	37
Tabla 4. Criterios de evaluación metodología FHWA.....	43
Tabla 5. Criterios de evaluación metodología Green Lites.....	45
Tabla 6. Criterios de evaluación Greenroads	51
Tabla 7. Criterios de evaluación metodología ERF.....	53
Tabla 8. Tabla de indicadores y criterios nueva metodología.....	54
Tabla 9. Tabla de indicadores y criterios nueva metodología evaluados	56
Tabla 10. Parámetros de evaluación metodología semáforo	58
Tabla 11. Resultados parámetros de evaluación metodología semáforo	58
Tabla 12. Plan de desarrollo municipal (Nobsa)	62
Tabla 13. Procedimientos de construcción de la vía (estudio caso) dividida en sus tres sectores de construcción	63
Tabla 14. Contexto histórico de las políticas ambientales en el sector vial	65
Tabla 15. Cantidades de materiales utilizados en la construcción	68
Tabla 16. Categorías evaluadas	70
Tabla 17. Indicadores de cada categoría con sus respectivas alternativas sostenibles.....	70

LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1. Proyección de la población mundial.....	12
Figura 3. Emisión de CO2 en diferentes sectores (2016)	13
Figura 4. Inversión en infraestructura.....	14
Figura 5. Kilómetros de vías pavimentadas por cada 1000 habitantes	15
Figura 6. Emisiones de CO2 de diferentes sectores en Latinoamérica	16
Figura 7. Inversión en infraestructura como porcentaje del PIB	17
Figura 8. Instituciones del estado de infraestructura vial	19
Figura 9. Red vial en Colombia	20
Figura 10. Sectores de sostenibilidad en carreteras.....	32
Figura 11. Localización de la vía 1	60
Figura 12. Localización vía 2	60
Figura 13. Localización vía 3	61
Figura 14. Localización vía 4	61
Figura 15. Historias de la normatividad ambiental colombiana	67

RESUMEN

En los últimos años la población mundial ha tenido un crecimiento fundamental en las ciudades y esto ha sido un factor determinante para la planeación y construcción de espacios y servicios para el beneficio de nuevas generaciones. Esta problemática ha estado afectando en gran manera estos tres sectores: ambiental, económico y social los cuales son actores en el desarrollo sostenible.

El objetivo de este trabajo es presentar una evaluación de la sostenibilidad en un proyecto vial local y poder ofrecer alternativas de mejora en la planeación, ejecución y ciclo de vida. Se realizó una investigación comparativa; donde se inició una revisión de metodologías a nivel mundial en proyectos viales más utilizados, para proponer un nuevo sistema dentro del contexto colombiano y así lograr la ajustarlo dentro del programa vial.

Durante la investigación se vieron hitos que no se tenían en cuenta, por eso algunas categorías como son ambiental, calidad, uso del agua, energía y materiales para dar mayor desarrollo sostenible a sus etapas de planeación construcción y operación. De tal forma que se pudieran implementar en proyectos viales dentro del contexto colombiano, con el fin de aumentar el grado de sostenibilidad de los procesos constructivos y el ciclo de vida de la carretera.

La metodología desarrollada se logró aplicar a un caso de estudio, el cual evidenciamos grandes falencias esto debido a que de los 50 criterios propuestos en la evaluación; solo logramos aplicar a 10 criterios, los cuales nos da una calificación desfavorable. No logramos aprobar ningunas de las 4 categorías propuestas, por esta razón, se propuso algunas alternativas para la aprobación de los criterios, y lograr tener mejoras en cuanto a sostenibilidad en proyectos viales.

Palabras claves

Sostenibilidad- Proyectos viales- Criterios- Evaluación

INTRODUCCIÓN

A través de la historia, las carreteras se han convertido en un recurso para movilizar materia prima, mercancías, alimentos, personas etc. Inicialmente, los mesopotámicos construyeron las primeras vías sobre el año 3500 a.C. permitiendo darle un gran auge a este sistema (ARQHYS, 2012). Así mismo, se ve la importancia de crear nuevos caminos, lo cual impulsaba la economía y el desarrollo cultural de una región. De igual forma, después de esta invención se han probado infinidad de materiales mejorando su resistencia a la capa de rodadura de la vía y adicionalmente proporcionarle estética. En la actualidad, debido al crecimiento poblacional mundial, los gobiernos nacionales planifican la construcción de cientos de kilómetros de calzadas viales logrando cerrar la brecha que existe entre las economías emergentes y las que están en proceso de expansión.

Uno de los conceptos más importantes de este trabajo de grado, es el análisis de la sostenibilidad, a través de indicadores y variables de los elementos que ayudan a determinar su evaluación y desarrollo en proyectos de infraestructura vial.

En Colombia, actualmente el gobierno nacional en su Plan de Desarrollo (2018 – 2022), dio a conocer un mega proyecto de continuidad denominado: Programa de vías de cuarta generación (4G), en el que se plantearon los siguientes proyectos: construcción de 141 túneles, 130 viaductos y alrededor de 7000 kilómetros de carreteras nuevas, lo cual es sinónimo de crecimiento económico del país, reducción en los tiempos de movilización de los vehículos y desarrollo de nuevos empleos. Sin embargo, la explotación y el consumo de millares de toneladas de materias primas para llevar a cabo el desarrollo del ambicioso proyecto, causaran un impacto negativo al entorno natural. Así mismo, los cuerpos de agua serán interceptados y se verán altamente contaminados. Es por tal motivo que el concepto de sostenibilidad no puede aplicarse en su totalidad, debido a que el sector ambiental no ha sido tenido en cuenta.

Es por tal razón que los impactos que se causan al medio ambiente no son precisamente los más evidentes, existen actividades o procesos que impactan negativamente y no se les da la importancia necesaria. Por otro lado, al medir la energía que hay implícita en las etapas constructivas, de mantenimiento y rehabilitación de una vía, permite evaluar la contribución de la carretera al agotamiento de materiales; con la explotación de insumos requeridos se incentiva

a la generación de deforestación, contaminación de agua, pérdidas de caudales, afectación de los recursos no renovables entre otros. Para la construcción de una carretera, el 100% de los materiales utilizados son recursos naturales no reaprovecharles que provienen de fuentes minerales cuyo origen tiende a la alteración de los ecosistemas (Inyim, P. 2016).

Se planteó un sistema de indicadores de sostenibilidad como instrumento de participación en la gestión de proyectos de infraestructura vial en Colombia. En la fase inicial se realizó una investigación en los sistemas de evaluación y los indicadores de sostenibilidad vinculados en los aspectos ambientales, económicos y sociales. Igualmente se desarrolló una búsqueda de antecedentes sobre metodologías que evaluaran la sostenibilidad, aplicables en carreteras, también se estudiaron sistemas de indicadores que existen en diferentes países para lograr tener los pilares que se fundamentan.

Se revisaron los métodos que se emplearon para obtener los criterios y demás parámetros que definan un sistema que tenga aplicabilidad en nuestro país. Durante la elaboración del presente trabajo, identificamos la necesidad de evaluar la sostenibilidad en proyectos viales existentes en Colombia, con modelos de evaluación que ya se aplicaron he implementaron en otros países, con el fin de evidenciar falencias o fortalezas que tenemos en el desarrollo de lasostenibilidad.

Para esta fase evidenciamos diferentes variables que se deben verificar en cualquier proyecto vial, para lograr determinar su nivel de sostenibilidad y llegar a tener las posibles alternativas a mejorar, en este proceso encontramos 4 metodologías reconocidas como lo son: GreenRoads se ha utilizado para evaluar más de 120 proyectos a nivel nacional e internacional (GreenRoads, 2018). GreenLITES se ha utilizado para evaluar un total de 221 proyectos (NYSDOT, 2018). INVEST ha sido piloto probado en cuatro proyectos en los Estados Unidos y Sustainable Roads uno de los proyectos más importantes de la ERF de la Unión Europea.

Esperamos que esta metodología propuesta logre una alternativa de evaluación sostenible para proyectos viales, con parámetros aplicables a nuestro medio y poder implementar buenas prácticas de construcción, mejorando la optimización de recursos y consumos de energías no renovables.

1. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

1.1 INFRAESTRUCTURA A NIVEL MUNDIAL

En la actualidad la población mundial está aumentando drásticamente. En 1950, se estimaba que la población mundial era de 2.600 millones de personas y en octubre de 2011, el número de habitantes llegó a ser cercano a los 7.000 millones. Para conmemorar este acontecimiento histórico, se puso en marcha un movimiento global llamado "Un mundo de 7 mil millones". A mediados de 2015, la población mundial avanzó los 7.300 millones de personas, lo que significa que, en 12 años, el número de personas en el mundo ha aumentado en 1.000 millón (ONU, 2015).

En la Figura 1, se observa un esquema del crecimiento poblacional en el mundo. Debido a que se debe satisfacer las necesidades básicas de las personas que hacen parte de las nuevas generaciones y en vista del acelerado crecimiento de la población y de los altos ingresos que generan año tras año, la inversión en infraestructura ha tenido que mantenerse a la par.

Es por esto que el mundo está invirtiendo \$ 2.5 billones de dólares en sistemas de transporte, energía, agua y telecomunicaciones (WEF, 2017). Según la misma fuente para conservar el ritmo de crecimiento que se proyecta para los próximos años, el mundo tendría que invertir \$3.3 billones de dólares anuales hasta el 2030, es decir, una tercera parte adicional.

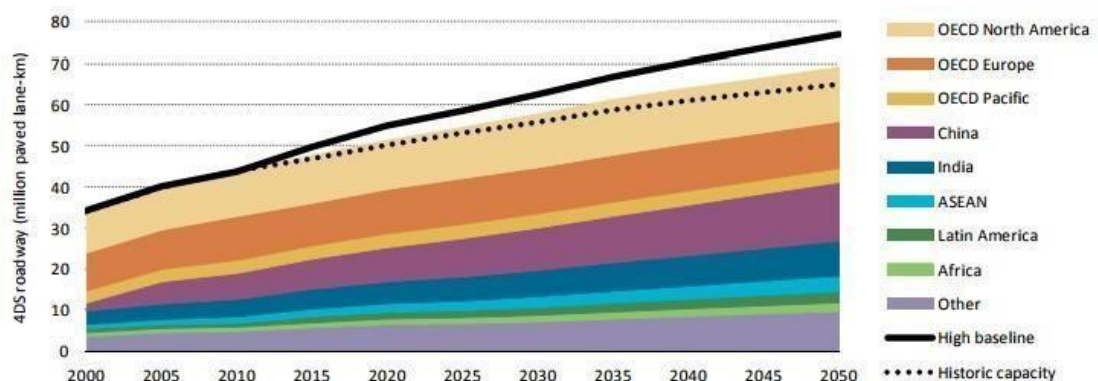
Una de las cosas negativas de la infraestructura es que tiene un mayor impacto en la economía, la sociedad, lo ambiental y en el sector del transporte de carga y pasajeros por carretera; el cual es el más usado en todo el mundo. Los proyectos viales generan un crecimiento en las economías emergentes superiores que, en los países desarrollados, los cuales son afectados por las crisis económicas. En el 2013 no se logra alcanzar los volúmenes de 2008 (ITF, 2015). Sabiendo los altos costos de construcción de obras viales, se proyecta que el gasto de consumo de transporte se cuadruplicara para 2035 en la India y China (WF, 2017).

Figura 1. Proyección de la población mundial



Los países con economías emergentes tienen más kilómetros en longitud de pavimentos a diferencia de los países desarrollados, pero los primeros necesitan hacer una inversión mucho más alta ya que su crecimiento poblacional es más alto. El escenario global de tráfico vial se incrementa a más del doble, llegando a un valor aproximado de 43 billones de vehículos para 2050 (IEA, 2013). Este crecimiento da cabida a que la infraestructura vial aumente un 60% por encima de los niveles como se muestra en la Figura 2. Mirando otro aspecto países como China e India representan la mitad de las adicionales esperadas a las carreteras, por el contrario, algunos países de la OCDE en los que están Alemania y Japón puede que reduzcan ligeramente el número total de los viajes nacionales de vehículos los cuales comienzan a disminuir con el tiempo.

Figura 2. Proyección de carretas pavimentadas para los próximos años (IEA, 2013)

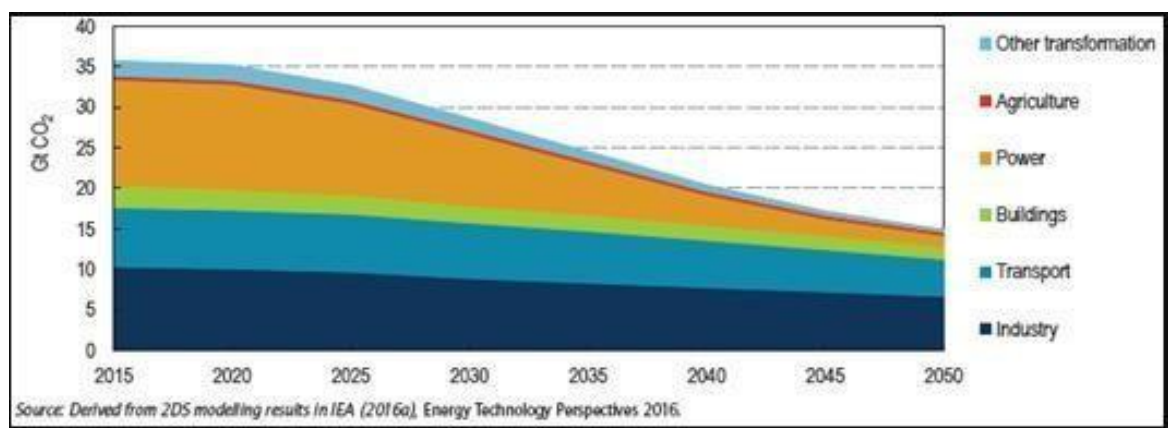


Indudablemente, las proyecciones de los próximos años demuestran que la cantidad de carreteras nuevas a construir será de gran magnitud, lo cual obedecerá a una demanda de materia prima, con efectos en cambios en el paisaje, interrupción de cauces y contaminación del agua. Adicionalmente, se presenta un problema de mayor dimensión denominado *fenómeno de fragmentación de hábitats*, éste acontece en el momento en el que se construye una vía y subdivide en fragmentos más pequeños los ecosistemas, o también está relacionado con la tala de bosques para permitir darle otros usos al suelo y así modificar estas áreas (Prima, 1998).

Así mismo, la extracción de material, la producción de materiales y los procesos constructivos dentro del proyecto vial generan una huella de carbono que de cierta forma tiene impactos negativos al ambiente. Es por eso que el sector del transporte representa el 23% de las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía y por lo tanto este factor es el que impulsa el cambio climático (Banco Mundial, 2015).

En la Figura 3 se evidencia la cantidad de CO₂ del transporte frente a otros sectores. Sin embargo, las afectaciones generadas al ambiente por parte de la construcción de los nuevos proyectos viales; también tienen una repercusión sobre la economía de la región. En el sector de recursos hídricos, la degradación ambiental como consecuencia de la contaminación del agua y sus impactos negativos en la salud tienen un costo económico que oscila entre el 0.7 – 1.2% del PIB, en varios países (CAA, 2012).

Figura 3. Emisión de CO₂ en diferentes sectores (2016)



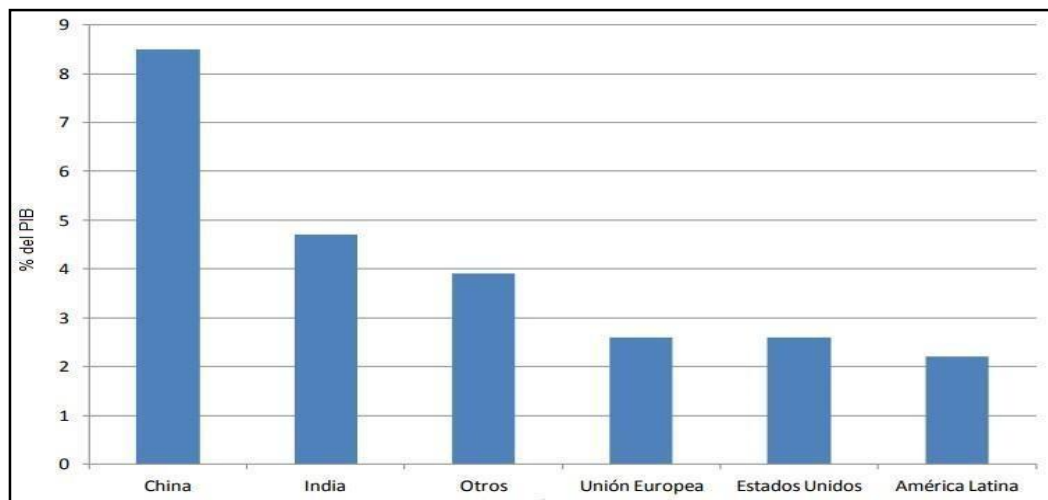
1.2 INFRAESTRUCTURA EN LATINO AMÉRICA

La transformación de la infraestructura en Latinoamérica ha disminuido notoriamente después de la crisis económico-financiera del 2008, lo cual les produjo un menor

progreso respecto a otras regiones del mundo. Por otro lado, América Latina y el Caribe está retrasada con respecto a otras regiones en cuanto a inversión en infraestructura, debido a que dedica menos del 3% del PIB, aunque muchas naciones dedican más del 4% (Banco Mundial,2017).

En la Figura 4 se muestra la inversión en infraestructura como porcentaje el PIB de América Latina frente a otros países del mundo. En vista de la baja inversión y de la desaceleración económica de la región el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF), en el periodo 2000 – 2013 ha sido la principal fuente de financiamiento de infraestructura en América Latina, con aprobaciones que superan los 30.000 millones de dólares, incluyendo 65 proyectos de integración física regional (Kogan,2015).

Figura 3. Inversión en infraestructura, (Kogan,2015).



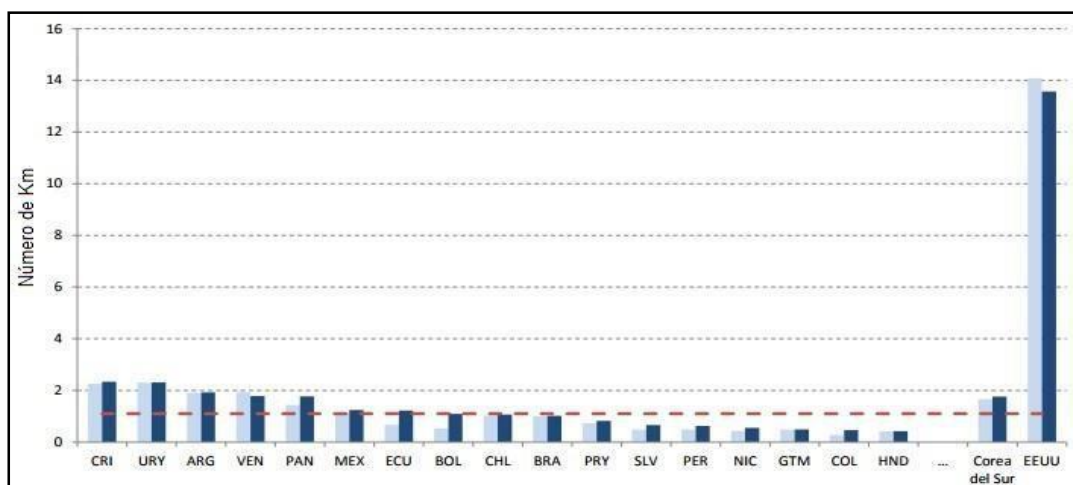
Fuente: (McKinsey, 2013 y Calderón y Servén 2010)

Por otro lado (Lucioni, 2009), señaló que el impuesto a los combustibles o los hidrocarburos es el gravamen de mayor potencialidad para el financiamiento de la infraestructura. Es de exponer que las obras de infraestructura como por ejemplo las vías, son construidas a base de altos impuestos, pero de cierta forma no se ven los resultados esperados. En junio de 2004, 13 países de América Latina entregaron en concesión 36.103 km de carreteras (246 concesiones) (CEPAL, 2004).

Es necesario involucrar todos los procesos que hacen parte de la construcción de una vía en la implementación de la metodología Análisis del Ciclo de Vida ACV, analizar el comportamiento de los materiales a lo largo de su vida útil, lo cual genera un plan de acciones de reutilización o tratamiento de estos. Así mismo, el autor

Menciona que existen 3.5 millones de kilómetros de caminos interurbanos en la región, de los cuales unos 491 mil están pavimentados. Es decir, las concesiones representan el 1% de las vías interurbanas y el 7.3% de las pavimentadas. En la Figura 5, se muestra la red de vías pavimentadas en países latinoamericanos en comparación con otros.

Figura 4. Kilómetros de vías pavimentadas por cada 1000 habitantes

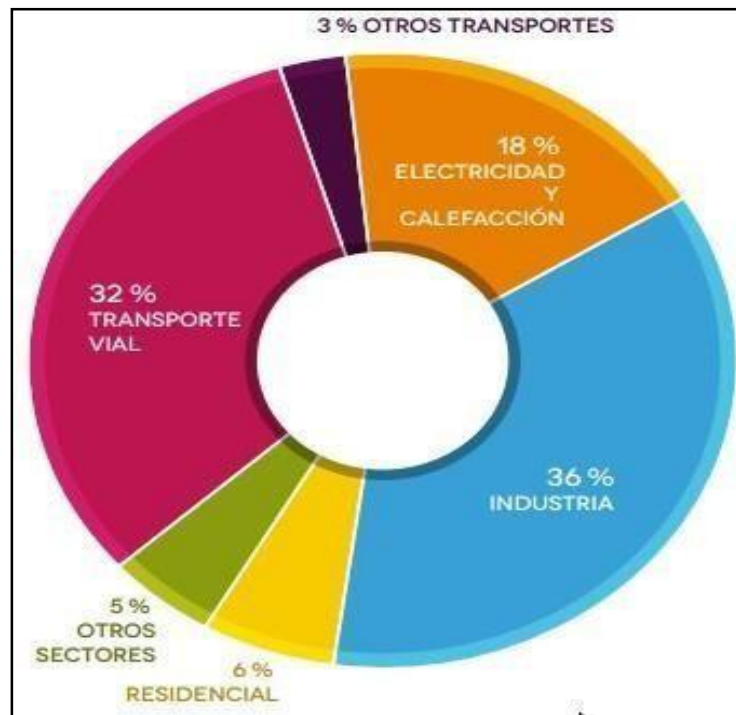


Fuente: (CEPAL, 2004)

Debido a la construcción de nuevos proyectos viales en la región de Latinoamérica, se tiene que tener en cuenta que la parte ambiental y social no se debe aislar de dichos proyectos; ya que no existiría un desarrollo sostenible. Por el contrario, las emisiones de CO₂ en el sector de transporte vial siguen representando uno de los índices más altos frente a otros sectores, como es apreciable en la Figura 6.

Así mismo, es un hecho que los gases de efecto invernadero están contribuyendo de manera muy rápida a que se propague el fenómeno de calentamiento global. En este caso, América Latina y el Caribe (ALC), resultarán particularmente afectados porque se predicen eventos climáticos extremos, inundaciones, sequías, escasez de agua, crisis de los sistemas de salud pública, disminución del rendimiento de las cosechas y extinción de especies (UNFCCC, 2007).

Figura 5. Emisiones de CO2 de diferentes sectores en Latinoamérica



Fuente: (AIE, 2011)

1.3 INFRAESTRUCTURA EN COLOMBIA

Colombia es uno de los principales proveedores de comoditas o materias primas en Latinoamérica. Por tal razón, se ve obligado a mantener un alto flujo de carga en movimiento principalmente por vía (Sánchez, 2003). Adicionalmente, se sabe que la topografía colombiana es en mayor parte montañosa, especialmente hacia el centro del país, lo que obliga a los vehículos a hacer un mayor esfuerzo para superar las altas pendientes de las vías.

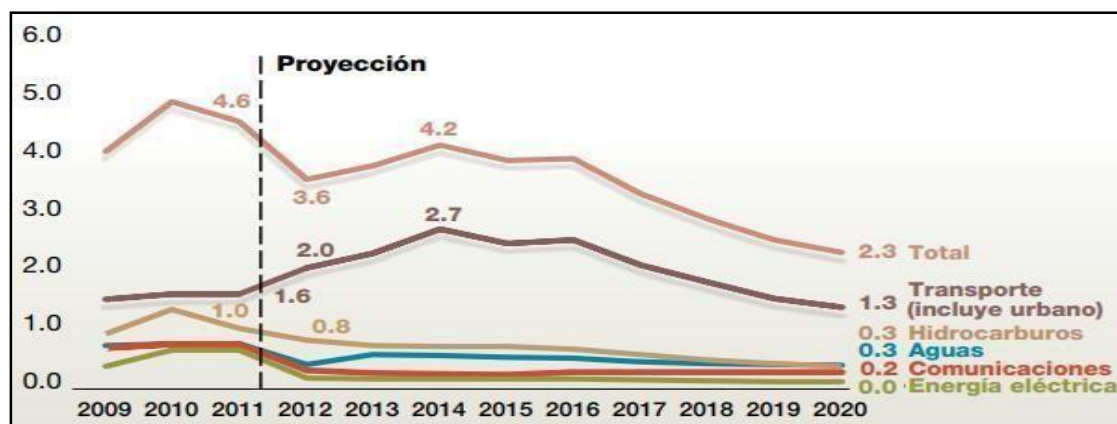
Por el contrario, el 71% de la carga transportada al interior de la nación es movilizada por carretera, el 28% se moviliza por vías férreas, el 1% se forma mediante ríos y tan solo el 0.5% se hace en avión (Fedesarrollo, 2013). Sin embargo, un estudio realizado por el Banco Mundial en el 2004, en Colombia un tercio de la población rural no tiene fácil acceso a la red vial y el hogar promedio agrario está a 2.5 kilómetros de la carretera que usa durante todo el año.

En vista del déficit en inversión de los desiguales sectores de la infraestructura en el país como lo son: transporte, hidrocarburos, aguas, comunicaciones y energía eléctrica; el Departamento Nacional de Planeación (DNP), realizó un estudio en

que presenta cifras de la proyección de recursos desde 2012 hasta el año 2020; los cuales estarán alrededor de los 112 billones de pesos (COP), donde el monto correspondiente a cada sector se dividirá así: vivienda, ciudad y desarrollo territorial, 16.6 billones; el sector de tecnologías de información y comunicación (Tics) poseerá una inversión de 9.9; el sector de transporte urbano y el menos beneficiado será de 8.4 billones; en la parte de minas y energía la inversión está alrededor de los 13.7 billones y, por último, el sistema que tendrá más beneficio será el sector de transporte con una inversión de 63.7 billones. Esto se debe a que el sector del transporte es el que genera mayor crecimiento a la economía del país, así mismo toda la carga perteneciente a importaciones y exportaciones se moviliza desde y hacia el interior del país proveniente de los diferentes puertos de intercambio.

En la Figura 7, se presenta una influencia de inversión en infraestructura en diferentes partes del país, teniendo en cuenta el porcentaje del Producto Interno Bruto (PIB), hacia los años 2009 – 2020. Además, se halla una proyección total para todos los sectores. Cabe señalar, que se encuentra un gran margen entre lo encontrado actualmente y lo proyectado, lo que permite afirmar que Colombia está en desventaja frente a algunos pueblos latinoamericanos y también a los países desarrollados.

Figura 6. Inversión en infraestructura como porcentaje del PIB



Fuente: (NIF, 2013)

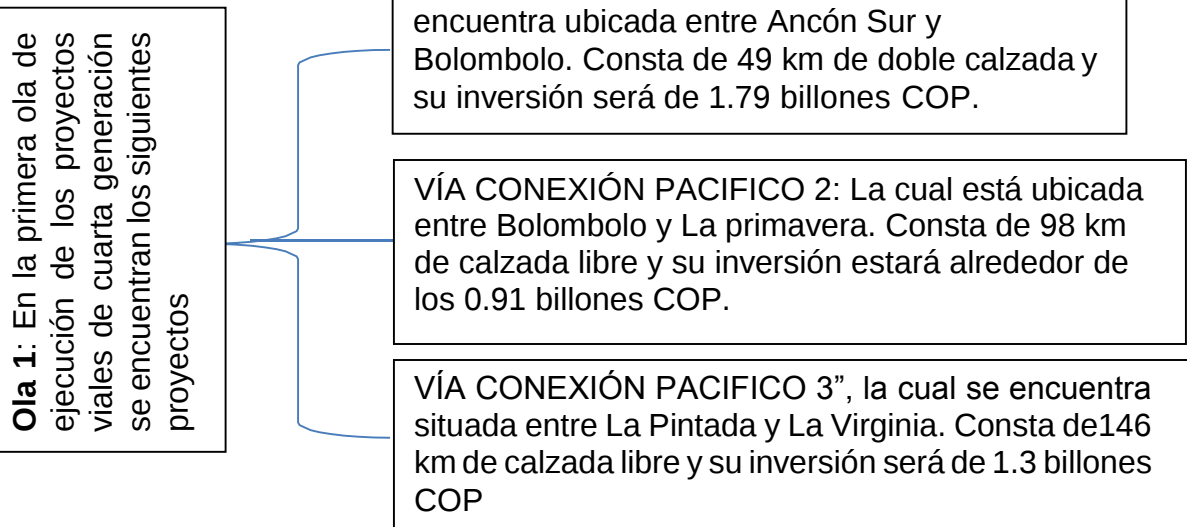
Debido a que el sector del transporte obtendrá una mayor inversión por parte del estado, y que la relación costo beneficio es viable, el gobierno actual en su Plan de Desarrollo Nacional, creó el proyecto vías 4G.

1.3.1 Plan de inversión en vías de cuarta generación (4G)

Según el Plan de Desarrollo Nacional (2018 – 2022) y el documento Conpes, en el sector de infraestructura del transporte, se ha puesto en marcha una técnica de

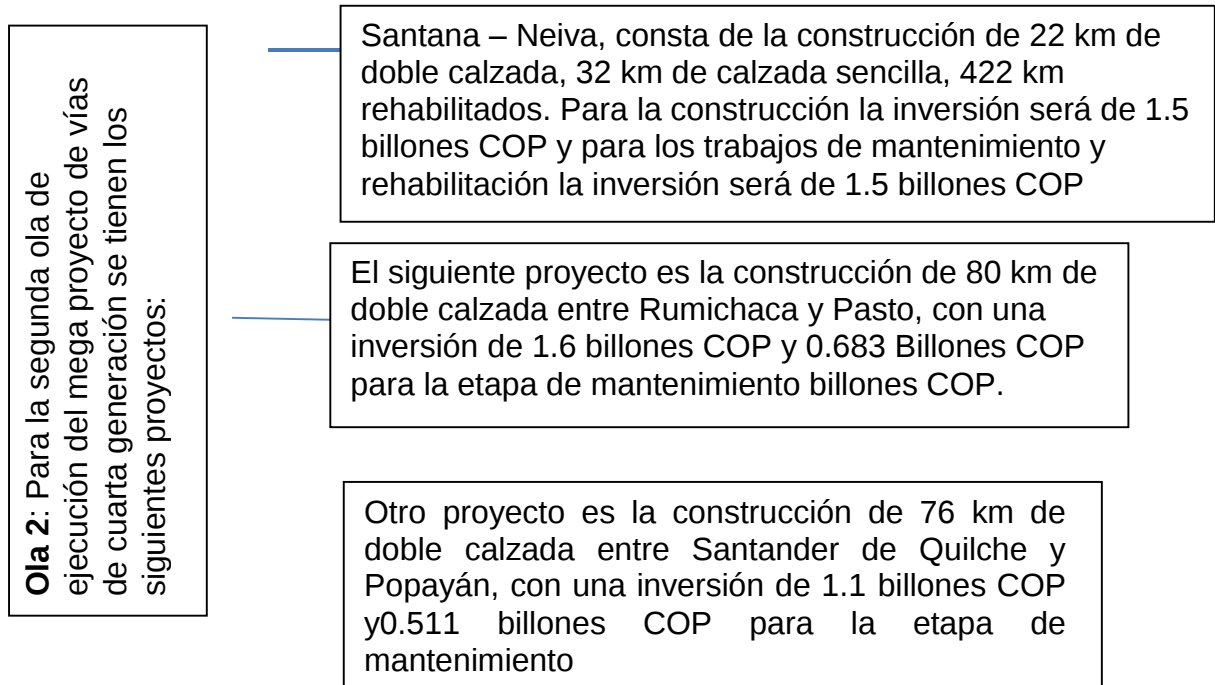
mega obras viales de cuarta generación. La inversión estimada por parte del gobierno nacional será alrededor de los 50 billones de dólares (Anif, 2014). La estrategia de ejecución del ambicioso proyecto está planificada para las siguientes olas:

Ola 1



Así mismo constará de los siguientes proyectos: Girardot – puerto salgar, Ocaña – Gamarra y el corredor Perimetral de Oriente.

Ola 2



también hacen parte los siguientes tramos: Neiva – Girardot, Villavicencio – Yopal, Autopista Mar1, Autopista Mar 2.

Ola 3: En la tercera y última ola de ejecución del mega proyecto de vías 4G, se tendrán los siguientes tramos: Pasto – Popayán, Manizales – Mariquita, Bogotá – Barbosa y Ocaña – Cúcuta, entre otros.

1.3.2 Instituciones a cargo de los proyectos viales en Colombia

Los diferentes proyectos presentados anteriormente, no pertenecen 100% al Estado, sino que en el país se encuentran entidades público- privadas que están a cargo de una gran parte de la Red Vial Nacional, entre las que se encuentran: Ministerio de Transporte, el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), y adicionalmente estas fundaciones crearon concesiones viales, las cuales con fondos privados ejecutan los diferentes proyectos otorgados por el estado. A continuación, se presenta las instituciones y concesiones

pertenecientes al estado colombiano y las funciones que tienen (Andrés Ramírez, 2015).

Ministerio de Transporte: es una organización del estado encargada de administrar las actividades de la infraestructura, el transporte y el tráfico en Colombia. Entre las muchas funciones que tiene están y programas de desarrollo económico, creación de políticas de tránsito y transporte, establece las tarifas de transporte nacional e internacional, creación de planes modales de transporte entre otros aspectos.

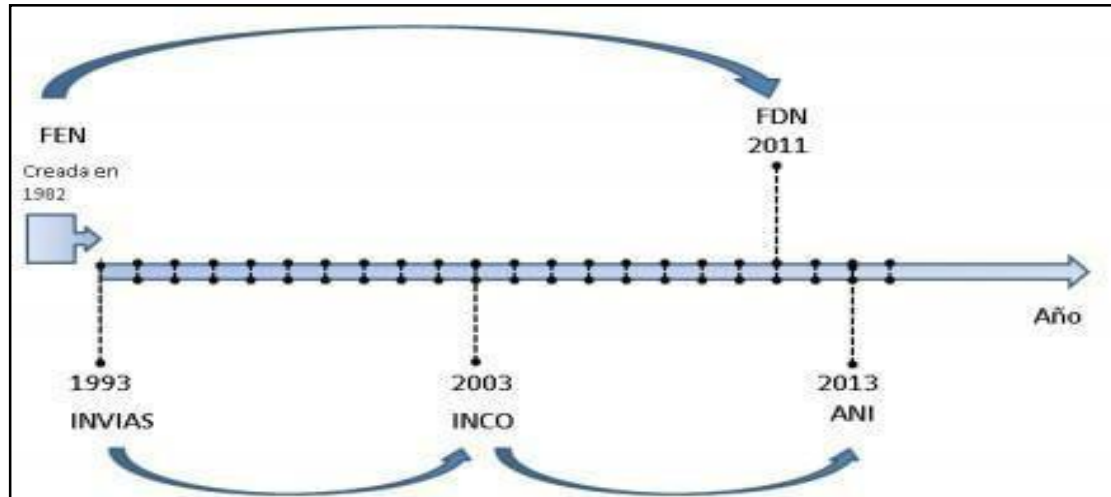
Instituto Nacional de vías (INVIAS): es un establecimiento público natural que ejecuta los planes relacionados con infraestructura vial en Colombia. Entre sus funciones las más importantes son: ejecutar los proyectos viales en el país teniendo en cuenta los lineamientos y las políticas del gobierno nacional, celebrar todos los negocios, contratos y convenios requeridos para un proyecto, programar la compra de terrenos y adquirir los que se consideren necesarios.

Agencia Nacional de Infraestructura (ANI): es una organización Estatal de Naturaleza Especial que tiene como función planear, coordinar, estructurar, contratar, ejecutar y administrar proyectos de concesiones y asociaciones público privadas (APP).

A continuación, en la Figura 8 se presenta un recuento histórico de las otras instituciones que hacen parte del ministerio de transporte y que son y fueron encargadas de la administración de los diferentes proyectos viales desarrollados en el país. Además, algunas dejaron de funcionar o fueron reemplazadas por otras, como es el caso de la Financiera Energética Nacional (FEN) creado en 1982 y

reemplazado por la Financiera de Desarrollo Nacional (FDN) en el 2011; así mismo el Instituto Nacional de Concesiones (INCO) creado en el 2003, fue relevado por la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), creada en el 2013.

Figura 7. Instituciones del estado de infraestructura vial



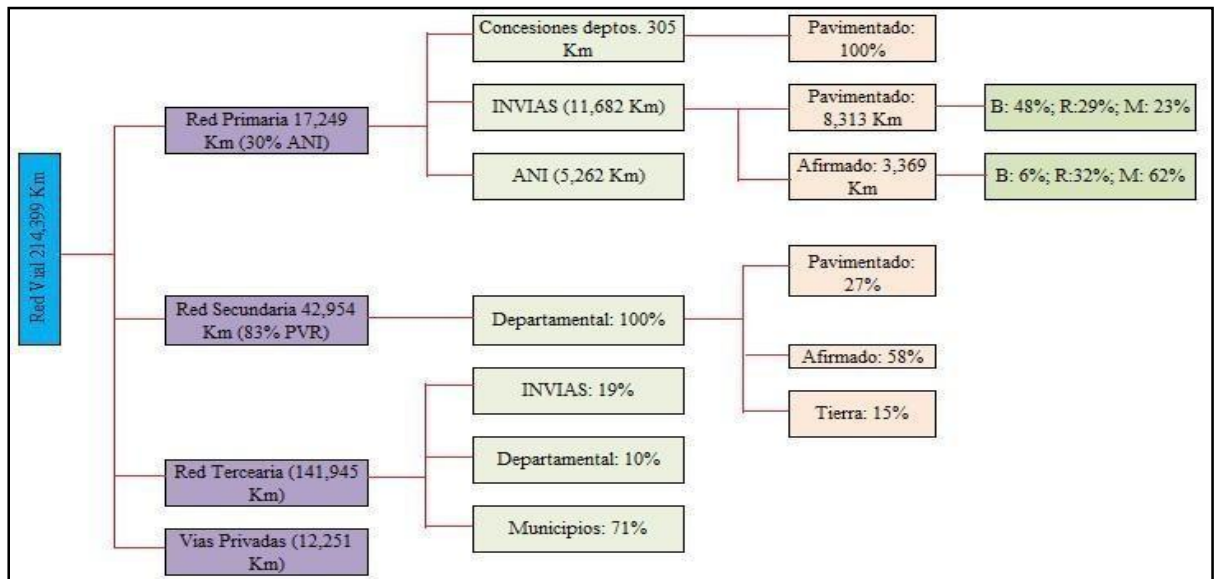
Fuente: (Andrés Ramirez,2015)

1.4 Red vial en Colombia

Según el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), y la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), el país tiene una red vial de 214.399 km, de los cuales pertenecen a la red primaria, los cuales representan el 8% de la red nacional.

Aunque, en la actualidad se cuenta con 1313 kilómetros de vías de doble calzada (CONPES 3760, 2013). La ley 80 de 1993 establece que una entidad pública otorga a concesiones la gestión total para la construcción, mantenimiento y operación de los nuevos proyectos viales, donde el responsable de la ejecución es la concesión y se encarga de la vigilancia y el control. Los contratos se pactan por medio de tarifas, tasas o en la explotación del bien. En la Figura 9 se presenta un esquema de la red nacional de vías en Colombia, en que se indican los kilómetros que tienen esta red y los que están a cargo de las diferentes entidades públicas. En cierta medida, las iniciales que aparecen en el esquema: B, M y R, hacen referencia al estado de las carreteras: Bueno, Malo y Regular, acompañado adicionalmente de porcentajes que tiene cada indicador.

Figura 8. Red vial en Colombia



Fuente: (Ministerio de transporte)

2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Debido al aumento de la población en Colombia, a la actividad de transporte de mercancías desde y hacia el interior del país y de la topografía tan irregular en que se encuentra la mayor parte del territorio; se llevó a cabo la implementación del mega proyecto de construcción de 7000 kilómetros de vías de cuarta generación (4G) en Colombia, las cuales le brindarán una mejor competitividad al país, teniendo como beneficios un mayor crecimiento económico y disminución en tiempo y costos de transporte de personas y carga. El desarrollo de carreteras representa una de las actividades que genera un impacto negativo sobre el medio ambiente, puesto que requiere la extracción de grandes cantidades de recursos naturales, modificación del uso del suelo y de los parámetros hidrológicos, cambios drásticos en el paisaje y los hábitats.

En consecuencia, el daño de ecosistemas, la pérdida de biodiversidad, las concentraciones significativas de gases de efecto invernadero, los vertimientos tanto industriales como domésticos, además del deterioro de la calidad de vida de las comunidades cercanas al proyecto; magnifican las afectaciones generadas por la ejecución de obras de infraestructura del transporte en zonas marcadas por su gran sensibilidad ambiental y social.

De esta manera, se hace necesario la valoración del grado de sostenibilidad en carreteras, con el fin de impartir criterios ambientales y principios de sostenibilidad apuntando a la mitigación del daño ambiental que inevitablemente surgirá con dicho proyecto.

La infraestructura vial hacia futuro se debe contextualizar dentro de los *16 Objetivos de Desarrollo Sostenible* de la ONU. En estos objetivos específicamente en el 9 habla que la inversión en infraestructura y la innovación son fundamentales en el crecimiento económico de la población mundial viviendo en ciudades, el transporte masivo y la energía renovable son cada vez más importantes, así como también el desarrollo de nuevas industrias y de las tecnologías de la información y las comunicaciones.

3. JUSTIFICACIÓN

La construcción de proyectos de infraestructura vial a nivel mundial trae beneficios importantes, como también consecuencias irreparables. Uno de las grandes utilidades es el crecimiento económico que le brinda a una región o país. Adicionalmente, la generación de miles de empleos y las oportunidades para que personas del sector rural puedan transportar sus productos e incluirlos en el comercio nacional e internacional. Sin embargo, existen efectos negativos que genera el desarrollo de dichas obras, como la explotación de millones de toneladas de materiales para la ejecución de las obras. El cambio que se le da al uso del suelo, el desvío de los cursos de los ríos, la interrupción de los hábitats de fauna y flora, el consumo excesivo de fuentes hídricas, las emisiones de Gases de Efecto de Invernadero (GEI) etc.

Es por tal razón que, del proyecto elegido, se hace una investigación de metodologías que evalúan a carreteras sostenibles generando esquemas que califiquen diferentes criterios en los componentes social, ambiental, técnico, económico y de seguridad. Los procesos y las fases del ciclo de vida de la carretera, son ajustados a la normatividad ambiental colombiana que reglamenta los requerimientos para la extracción, conservación y preservación de los recursos naturales.

En Colombia, actualmente no existe una metodología donde el gobierno nacional exija a los constructores para que evalúen la sostenibilidad de los proyectos de infraestructura vial desde varios enfoques. La única herramienta con que se cuenta para mitigar el daño ambiental es la *Guía Ambiental* del 2011 exigida por el INVIAS para aplicarla en proyectos de desarrollo vial. Sin embargo, esta evalúa únicamente el impacto ambiental en la construcción de la vía y el social, dándoles una importancia del 90% y el 10% respectivamente; es decir, no es una herramienta en la que se pueda definir el índice de sostenibilidad de un proyecto vial.

Los avances tecnológicos también son esenciales para encontrar soluciones permanentes a los desafíos económicos y ambientales, otras de las maneras de facilitar el desarrollo sostenible son la promoción de industrias sostenibles y la inversión en investigación e innovación científicas. Teniendo en cuenta esta problemática, este proyecto busca la implementación de una herramienta para evaluar la sostenibilidad en proyectos viales, incluyendo los aspectos sociales, ambientales y económicos.

Una de las ventajas que logramos tener al formular la sostenibilidad es disminuir de gran manera el impacto generado al medio ambiente por la explotación de recursos no renovables, los cuales en algunos casos nos permite reciclarlos, como sucede

con el asfalto; entre otros aspectos que podemos implementar mejoras y lograr realizar buenas prácticas de construcción y mitigar el daño a nuestro entorno.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la sostenibilidad de los procesos constructivos en proyectos viales desde el punto de vista ambiental, económico y social.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar y evaluar las metodologías para la evaluación de la sostenibilidad en proyectos viales más utilizados a nivel global.

Proponer una nueva metodología para la evaluación de la sostenibilidad en proyectos viales dentro del contexto colombiano.

Determinar alternativas que se puedan implementar en proyectos viales dentro del contexto colombiano con el fin de aumentar el nivel de sostenibilidad de los procesos constructivos.

5. ESTADO DEL ARTE

5.1 REVISIÓN DE METODOLOGÍAS PARA LA EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD PARA PROYECTOS VIALES

Este trabajo de investigación está basado en los indicadores y guías ambientales internacionales. Se pretende incentivar la sostenibilidad como eje transversal en la planificación vial en Colombia, fortalecer las medidas de manejo socio ambiental y mejorar el seguimiento y evaluación de los proyectos viales en el marco del equilibrio social, ambiental y económico que impulsa el desarrollo sostenible.

5.2 METODOLOGÍAS DE SOSTENIBILIDAD

5.2.1 *SUSAIP*: Infrastructure Sustainability – 2009 (AGIC, 2009) [20] Carreteras Sostenibles y Movilidad Optima.

Esta metodología fue aplicada posteriormente a la industria de la construcción sudafricana (Uju and Haupt, 2007), que está establecida en indicadores identificados a raíz de entrevistas y encuestas a los actores que participan en el ciclo de vida del proyecto, eligiendo aquellos con más peso según los intervinientes; además, existe un índice de evaluación de las infraestructuras en Canadá (Dasgupta y Tam, 2005) llamado Técnica Sustainability Index (TSI).

Esta también cuenta con modelos para la selección mirándolos desde el punto de vista de la sostenibilidad como suministradores y proveedores relacionados con los proyectos de construcción (Chen et al., 2008).

La existencia de estos sistemas de indicadores en la edificación y en poca medida en las infraestructuras es un paso más, pero son sistemas generalmente subjetivos y con un alto grado de incertidumbre (Seo et al., 2004) donde el objetivo es lograr una puntuación más alta, pudiendo perder oportunidades de originar un nivel sostenible el proyecto porque el indicador no refleja una característica concreta y diferente del proyecto en individual.

5.2.2 CEEQual:

Esta metodología se basa de un esquema internacional de evaluación calificación y premios de sostenibilidad basado en evidencia para Ingeniería Civil.

Fue establecido luego del trabajo promovido por la institución de ingenieros civiles (ICE) y funciono con un grupo de 14 accionistas de la industria. En noviembre de 2015 CEEQUAL fue adquirida por Building Research Establishment (BRE Global

Ltd.) todo esto ha sido impulsado por la industria para dar como resultado un esquema único de calificación de sostenibilidad que aborde los desafíos que los clientes, profesionales y contratistas de infraestructura enfrentan actualmente para ofrecer una infraestructura más sostenible y más resistente dando beneficios ambientales y sociales para las obras de ingeniería civil y mejores resultados económicos que beneficien a la sociedad.

CEEQual fomenta y promueve el logro de un alto desempeño económico, ambiental y social en todas las formas de ingeniería civil a través de la identificación y aplicación de mejores prácticas. Su objetivo es ayudar a los clientes, diseñadores y contratistas a ofrecer un rendimiento y una estrategia de sostenibilidad mejorados en un proyecto o contrato, durante la especificación, el diseño y la construcción.

Cálculo de CEEQual:

El esquema utiliza una evaluación basada en los puntos de puntuación, que es aplicable a cualquier proyecto de ingeniería civil o de dominio público. El esquema se compone de 200 preguntas en el Manual de CEEQUAL relativa a los aspectos ambientales y sociales del proyecto, tales como el uso de agua, energía y suelo, los impactos sobre la ecología, paisaje, los vecinos, la arqueología, así mismo la minimización y gestión de residuos, y relaciones con la comunidad y las comodidades. Los premios se hicieron a proyectos en los que los clientes, diseñadores y constructores han ido más allá de los mínimos legales y ambientales, para alcanzar los estándares ambientales distintivos de rendimiento.

Hay varios niveles diferentes de adjudicación CEEQual que un proyecto puede alcanzar dependiendo del número de porcentajes de puntos anotados en contra del conjunto de preguntas con ámbito de salida.

- más del 25% - Pass
- más del 40% - Bueno
- más del 60% - Muy Bueno
- más de 75% - Excelente

5.2.3 ICES:

Esta metodología habla sobre el “Índice de Contribución de la Estructura a la Sostenibilidad” la cual define dos índices, “ICES” e “ISMA”, que cuantifican respectivamente la “Contribución de la estructura a la Sostenibilidad” y la “Sensibilidad medioambiental de la estructura”. El primero de ellos, el ICES, se calcula a partir del ISMA, según la expresión:

Como se calcula:

$$\text{ICES} = a + (b * \text{ISMA})$$

Siendo los valores a y b función de dos características del proyecto:

a: coeficiente de contribución social: que tiene en cuenta la aplicación de métodos innovadores resultado de proyectos de I+D+i, la formación de los trabajadores, las medidas voluntarias de seguridad y salud adicionales a las reglamentarias, la elaboración de una página web pública de información sobre la obra, y la declaración de la obra como de interés general por la Administración.

b: coeficiente de contribución por extensión de la vida útil: valora la extensión de la vida útil nominal de la estructura por encima del valor mínimo especificado en la Instrucción.

Cálculo de ISMA:

La expresión matemática que define el índice ISMA se obtiene como sumatorio de varios criterios, cada uno de los cuales lleva asignado un peso a la hora del cómputo final. Estos criterios son los siguientes:

- Características medioambientales del hormigón.
- Características medioambientales de las armaduras.
- Optimización del armado de los elementos.
- Optimización ambiental del acero.
- Nivel de control de la ejecución.
- Empleo de áridos reciclados.
- Optimización del cemento.
- Optimización del hormigón.
- Medidas específicas para control de los impactos.
- Medidas específicas para gestionar los residuos.
- Medidas específicas para gestionar el agua.

Como se observa, estos criterios afectan a todas las partes involucradas en la obra, el peso del bloque de los ocho primeros criterios es del 60%, mientras que el de los tres últimos es del 40%.

5.2.4 Green LITES:

Esta metodología fue desarrollada por NYSDOT (Departamento de Transporte del Estado de Nueva York) con el objetivo de promover la sostenibilidad de los proyectos de diseño, operación y conservación de carreteras y transporte sostenible. Se apoyan en las certificaciones de GreenRoads y LEED. Considerando criterios como el uso de materiales reciclados, el uso de productos sostenibles en la maquinaria, energía, medio ambiente y la seguridad de peatones y ciclistas.

5.2.5 GreenRoads:

Esta metodología conocida también como Carreteras Verdes, es un sistema diseñado para distinguir la sustentabilidad en las carreteras nuevas, rediseñadas o rehabilitadas. Una distinción de este tipo ayuda a que las carreteras tengan menores impactos al medio ambiente y al costo del ciclo de vida, así como mayores beneficios para la sociedad.

Carreteras verdes, en términos generales, es un conjunto de buenas prácticas que son aplicadas a las carreteras para su diseño y construcción, las cuales se dividen en dos tipos: de cumplimiento legal y las de cumplimiento voluntario.

Para que una carretera pueda ser considerada GreenRoads. Debe cumplir con los "requisitos del proyecto", estos requisitos están destinados a captar los ideales más críticos de la sostenibilidad. Muchos, pero no todos, cuentan con varios de estos directamente con poco o ningún esfuerzo adicional. Las mejores prácticas voluntarias son las que pueden estar opcionalmente incluidas en un proyecto vial.

La sostenibilidad utilizada en GreenRoads tiene siete elementos diferentes que se muestran por su métrica en maneras diversas. Estos componentes son la base de los términos "leyes naturales" y "valores humanos". Incluyen los tres principios comúnmente citados en la sostenibilidad: ecología, sociedad y economía.

Además, hay otros cuatro componentes esenciales que se enfatizan en el contexto de las métricas de GreenRoads: extensión, expectativa, experiencia y exposición.

A continuación, se describen brevemente los elementos que integran la sustentabilidad en GreenRoads.

- Requerimientos del proyecto
- Medio ambiente y agua
- Acceso y equidad
- Actividades en la construcción
- Materiales y recursos
- Tecnología en pavimentos

5.2.6 Carretas sustentables (FHWA):

Esta metodología de la Agencia Federal de Carreteras (FHWA, por sus siglas en inglés) define a las carreteras sostenibles como parte integral del desarrollo sostenible. Una carretera sostenible debe satisfacer los requisitos funcionales del ciclo de vida del desarrollo social y el crecimiento económico, mejorar el entorno natural y reducir el consumo de recursos naturales.

Las características de sostenibilidad de un proyecto de autopista o carretera deben ser evaluadas y consideradas en todo su ciclo de vida, desde la concepción hasta la construcción, operación y mantenimiento. La sostenibilidad en las carreteras debe abordarse con el entendimiento de que las carreteras son una parte de la infraestructura para el transporte, y el transporte es uno de los aspectos de las necesidades humanas. Además, de abordar las necesidades de recursos ambientales y naturales, el desarrollo de una carretera sustentable debe centrarse en el acceso (no solo la movilidad), sino también al desplazamiento de personas y mercancías (no solo vehículos), y proporcionar a las personas opciones de transporte, tales como rutas seguras y confortables para el senderismo, ciclismo, y el tránsito.

El transporte sostenible se puede describir o definir de muchas maneras, de tal forma que incluyan ampliamente los impactos ambientales, sociales y económicos, la seguridad, la asequibilidad y accesibilidad de los servicios de transporte.

Las agencias de transporte han hecho frente a la sostenibilidad a través de una amplia gama de iniciativas, tales como Sistemas Inteligentes para el Transporte, Habitabilidad, Crecimiento Inteligente, Calles Completas, Reciclaje, Planificación y Medio Ambiente, Cumplimiento de la Ley Nacional de Política Ambiental NEPA, por sus siglas en inglés.

Medir la sostenibilidad puede ayudar con el seguimiento y la evaluación del progreso, fomentando una amplia participación de las partes interesadas, la evaluación de ventajas y desventajas de sustentabilidad, que cumplen o anticipan nuevas necesidades, encontrando barreras programáticas, premiando la excelencia y la comunicación de los beneficios y objetivos.

Para la FHWA, la seguridad tiene un papel único en sostenibilidad como componente clave del principio social de los tres componentes de la línea de base de la sostenibilidad.

5.2.7 Carreteras sostenibles (ERF):

Esta metodología se basa en infraestructura para el transporte más sostenible en carreteras contribuyendo a la sostenibilidad, por eso la Federación de Carreteras de la Unión Europea desarrolló en el 2009 un documento que muestra paso a paso cómo alcanzar una carretera sostenible en el futuro. La sostenibilidad en las carreteras va más allá de las consideraciones ambientales, debe incluir también los aspectos social y económico, en los proyectos y programas.

La ERF, entonces, describe por etapas del proyecto las mejores prácticas de sostenibilidad, que son descritas a continuación:

- Diseño y planeación de carreteras.

- Construcción, operación y conservación de las carreteras.
- Financiamiento de la sustentabilidad.

Basados en los conceptos ambientales, económicos, sociales, técnicos y de seguridad se buscaron los principales promotores de dichos elementos que aplicaron la sostenibilidad a las carreteras. Se identificaron estas Metodologías:

- Federación de Carreteras de la Unión Europea.
- Carreteras Verdes (Green Roads).
- FHWA.
- Green lites.

5.3 COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS

Después de elaborar la investigación de las metodologías escogemos las que más se adaptan a la evaluación de sostenibilidad vial en Colombia teniendo las siguientes GREEN ROADS, GREEN LITES, ERF Y FHW en la Tabla 1, se muestra un cuadro comparativo de las 4 en cuanto a propietario, descripción, alcance, antecedentes, criterios y clasificación.

Tabla 1. Diferencias de las 4 metodologías de investigación

	Propietario	Descripción	Alcance	Antecedentes	Criterios	Clasificación
INVEST (Herramienta de sostenibilidad de evaluación voluntaria de infraestructura)	FHWA (La Administración Federal de Carreteras)	Es un sistema de calificación de sostenibilidad para carreteras que abarca planificación y políticas, desarrollo de proyectos y operaciones y mantenimiento.	Sistema de transporte y planificación del proyecto, diseño, construcción, operaciones y mantenimiento.	INVEST fue creado por la FHWA como una herramienta de autoevaluación. No hay planes para exigirlo en ningún contexto. INVEST está destinado a funcionar como un programa de auto certificación (es decir, el propietario del proyecto también puede realizar la revisión).	CRITERIOS DE PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA (17) CRITERIOS DE DESARROLLO DEL PROYECTO (20-28) CRITERIOS DE OPERACIONES Y MANTENIMIENTO (14)	INVEST está destinado a funcionar como un programa de auto certificación (es decir, el propietario del proyecto también puede realizar la revisión).

Greenroads	Fundación Greenroads	Es un sistema de calificación de sostenibilidad para el diseño	Diseño y construcción de carreteras. No aborda	Greenroads fue creado originalmente por la Universidad	Criterio de requerimientos del proyecto (12)	Greenroads: Bronce (32-42 puntos de crédito voluntario),
		de carreteras y construcción. Está diseñado en calificación por puntos, tiene una aplicación alta de voluntarios y es aplicable en gran número de proyectos viales de los Estados Unidos.	directamente la planificación, operaciones y mantenimiento o o, aunque varios créditos influyen en esos elementos.	de Washington y CH2M HILL en sociedad, ahora de propiedad independiente y operada por Fundación Greenroads, y también incluye un programa de acreditación individual.	Criterios de ambiente y agua (10) Criterios de actividades de construcción (11) Criterios de materiales y diseño (6) Criterios de utilidades y controles (8) Criterios de acceso y habitabilidad (10)	Plata (43-53 puntos de crédito voluntario), Oro (54-63 puntos de crédito voluntario) y Aberreen (64 puntos de crédito voluntario hacia arriba)
GreenLITES	NYSDOT (Departamento de Transporte del Estado de Nueva York)	Es un sistema que evalúa el desempeño del proyecto en varias áreas clave, al tiempo que fomenta las mejores prácticas de sostenibilidad.	Diseño y operaciones del proyecto NYSDOT. Hay dos manuales, uno para la certificación de Diseño de Proyectos y otro para la certificación de Operaciones.	El Programa de Certificación de Diseño de Proyectos se utiliza como una revisión de diseño para proyectos de NYSDOT. El Programa de Certificación de Operaciones comenzó a ponerse a prueba en 2009. Ambos son programas de auto certificación, lo que significa que NYSDOT realiza el trabajo del proyecto y la revisión de la certificación.	Criterios más relevantes sitios sostenibles, Calidad del agua, Materiales y recursos, Energía y atmósfera e Innovación	Existe un total de 175 créditos en estas cinco categorías. El sistema ofrece transparencia a a en la operación del NYSDOT al gobierno estatal y otras partes interesadas. GreenLITES Certified, GreenLITES Silver, GreenLITES Gold y GreenLITES Aberreen

Sustainable Roads	EFR (Federación de Carreteras de la Unión Europea)	Es un sistema que partió de una asociación sin fines de lucro que coordina las opiniones del sector de infraestructura vial de Europa y actúa como una plataforma para la investigación y el diálogo sobre temas	Promover el transporte y carreteras sostenibles como una alternativa para reducir los impactos negativos sobre el ambiente, en Europa y sus estados miembros	Para facilitar la contribución del sector vial a las instituciones de la UE y los Estados miembros, el FER se estableció en Bruselas en 1998	Criterio de seguridad vial (4) Criterio de sostenibilidad Criterio de financiamiento del proyecto	Aplicable a cualquier enfoque de calificación especificando o sus alcances a evaluar, al ser un sistema de programas cada proyecto varía sus criterios y puntajes.
		de movilidad entre los interesados y los actores institucionales				

Siguiente a esto miramos los componentes que evalúan la sostenibilidad en carretera los cuales son:

Figura 9. Sectores de sostenibilidad en carreteras



5.4 COMPONENTES DE EVALUACIÓN PARA CARRETERAS

5.4.1 Componente económico

Análisis del costo del ciclo de vida; Sistema de gestión de la calidad; Equilibrio de movimiento de tierras; Garantía del contratista; Uso de materiales locales; Pavimentos de larga duración; Mejores prácticas para el mantenimiento carretero y la preservación de la infraestructura; Eficiencia energética.

5.4.2 Componente social

Plan de mantenimiento del sitio; Planeación en el contexto; Pavimento silencioso; Contaminación lumínica; Reducción de emisiones vehiculares; Movilidad peatonal; Movilidad para vehículos de alta ocupación; Movilidad para ciclistas.

5.4.3 Componente técnico

Diseño geométrico; Inventario del ciclo de vida; Plan de control de calidad; Plan de manejo de residuos; Análisis hidrológico; Uso de materiales reciclados; Sistema de gestión ambiental; Formación ambiental; Plan de reciclaje; Reducción del consumo de combustibles fósiles; Reducción de emisiones en la pavimentación; Mezclas asfálticas tibias (WMA); Registro del uso del agua en la construcción; Vegetación nativa; Reciclaje de pavimentos; Sistema de Gestión de Pavimentos; Preservación de sitios históricos.

5.4.4 Componente ambiental

Evaluación del impacto Ambiental; Evaluación ambiental estratégica; Fragmentación del hábitat / Conectividad ecológica; Consideraciones especiales para áreas con alto valor ambiental; Plan de prevención de la contaminación del agua; Análisis del ciclo de vida; Plan de mitigación de ruido; Calidad de los escurrimientos superficiales / Prevención de la contaminación del agua; Control de los escurrimientos superficiales.

Reducción del consumo de combustibles fósiles; Restauración del hábitat; Pavimentos permeables; Pavimento en frío; Paisaje / Vistas escénicas; Manejo del agua pluvial; Uso de energía alterna; Sumideros de carbono y óxidos de nitrógeno; Capacitación ambiental; Protección de la fauna.

5.4.5 Componente seguridad

Auditoría de seguridad vial; Sistemas inteligentes para el transporte; Mantenimiento de la superficie carretera; Seguimiento del desempeño de pavimentos.

Teniendo ya la definición de los componentes para la evaluación de sostenibilidad en carreteras Tabla 2, se definen los criterios que cada uno de estos.

Tabla 2. Definición de criterios para evaluar de los componentes ambientales

COMPONENTE AMBIENTAL	DEFINICIÓN	REFERENCIA
Evaluación de impacto ambiental	Actividades a desarrollar durante una etapa de planeación que involucra el medio ambiente.	(Villegas et al., 2018)
Fragmentación del hábitat /Conectividad ecológica	Se ve afectado cuando en la etapa de construcción el paisaje impide o facilita el movimiento de recursos.	(Copina, 2019)
Plan de prevención de la Contaminación del agua	La contaminación del agua se genera por diferentes tipos aguas de proceso, aguas fecales y aguas blancas por eso es bueno un plan de contaminación para no afectar la salud humana	(Escobar llanos, 2002)
Análisis del ciclo de vida	Ciclo de vida es el proceso vital ya que en este se ve reflejado la durabilidad del proyecto	(Lamina & Aja, 2010)
Plan de mitigación de ruido	Este plan de mitigación de ruido se realiza para evitar el disgusto y la salud de la población cercana al proyecto ya que las ondas que se pueden generar afectan la salud humana.	(Manzano Jerónimo, 2013)
Manejo del agua pluvial	Otra posibilidad de utilización del agua de lluvia de una forma responsable con el medio ambiente es utilizando un sistema de recolección de agua.	(Hugues & Hugues, 2019)
Uso de energía alternativas	Energías alternativas a todas las fuentes de energía que no implicar la quema de combustibles fósiles (carbón, gas y petróleo). En éstas, además de las renovables, e s t á n incluidas la energía nuclear o incluso la hidroeléctrica	(SOSTENIBILIDAD SEMANA, 2016)
Control de los escurrimientos superficiales	Es el control que se le hace a la intensidad de la precipitación y de la permeabilidad de la superficie del suelo	(Eduardo José, 2017)

Reducción del consumo de combustibles fósiles	Se trata de un recurso natural que tarda millones de años en regenerarse involucra a una fuente de energía que proviene de descompuestos de animales y plantas.	(MARIO MOLINA, 2019)
Restauración el hábitat	Se define como el proceso de acelerar la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, con el objetivo final de que sea autosuficiente y capaz de recuperarse después de perturbaciones naturales.	(Alcatraz, 2002)
Pavimentos permeables	Son pavimentos, continuos o modulares, que dejan pasar el agua, captada.	(Espinosa, 2011)
Pavimento frio	Este pavimento está formado por una mezcla de agregados minerales y ligante bituminoso. Este pavimento está especialmente formulado para el mantenimiento vial.	(Padilla & Tovar, 2019)

COMPONENTE ECONÓMICO	DEFINICIÓN	REFERENCIA
Análisis del costo del ciclo de vida	Se habla del proceso sistemático y analítico mediante el cual se evalúan cursos de acción alternativos al inicio de un proyecto, con el objetivo de emplear los recursos de la empresa.	(Lamina & Aja, 2010)
Sistema de gestión de calidad	Los sistemas de gestión de calidad son un conjunto de normas y estándares internacionales que se interrelacionan entre sí para hacer cumplir los requisitos de calidad que una empresa.	(«sistema de gestión de calidad», 2018)
Equilibrio de movimiento de tierras	Se entiende por movimientos de tierra al conjunto de actuaciones a realizarse en un terreno para la ejecución de una obra puede realizarse en forma manual o en forma mecánica.	(Guevara-Martínez, 2015)
Garantía del contratista	Las garantías son instrumentos de cobertura de Riesgos comunes en Procesos de Contratación.	(Puentes & Quiñones, 2012)
Uso de materiales locales	Materiales que pueden ser utilizados en la obra extraídos desde la región en la que se encuentra	(Opini3n, 2019)

Pavimentos de larga duración	Es una estructura compuesta de mezclas asfálticas diseñadas cada una para cumplir un fin específico (Con una vida útil superior a un pavimento asfáltico convencional, Su aplicación es especialmente apropiada para carreteras con altos volúmenes de tránsito.	(Romero, s. f.)
Eficiencia energética	La eficiencia energética busca proteger el medio ambiente mediante la reducción de la intensidad energética y habituando al usuario a consumir lo necesario y no más.	(Eficiencias energética, 2017)
COMPONENTE SOCIAL	DEFINICIÓN	REFERENCIA
Económico	Deriva del término economía que es la ciencia que estudia la administración, producción, distribución y consumo de bienes y servicios.	(Concepto de económico - definición en deconceptos.com, s. f.)
Planeación en el contexto	La planificación depende en gran medida del contexto en el que se aplica.	(«planificación y contexto», 2015)

Pavimentos silenciosos	Un pavimento silencioso es aquel en el cual la interacción con un neumático genera un ruido en menos de 3dB que el obtenido con los pavimentos convencionales utilizados	(Heider, 2011)
Contaminación lumínica	La contaminación lumínica Exceso de flujo luminoso que altera las condiciones ambientales de un determinado lugar.	(Green Glover sostenibilidad, 2018)
Reducción de emisiones vehiculares	El término control de emisiones vehiculares o en automóviles se refiere a las tecnologías que se utilizan para reducir las causas de contaminación del aire producida por los automóviles.	(V. Díaz & Sanz, 2009)
Movilidad peatonal	Circulación de personas para movilizarse a pie por una vía	(Orozco & Briceño, 2010)
Movilidad de vehículos de alta ocupación	Es la vía exclusiva para vehículos que transportan pasajeros únicamente	(España CIO, 2019)
Movilidad para ciclista	Se refiere a darle prioridad de un carril para las personas que se movilizan en este medio de transporte	(secretaria de movilidad 2019)

COMPONENTE TECNICO	DEFINICIÓN	REFERENCIA
Interventoría del ciclo de vida	Es donde se miran las etapas de ciclo de vía de los proyectos de obras publicas	(Henao, 2010)
Plan de control de calidad	Un Plan de Control de Calidad especifica los controles de calidad que se aplican a cualquier proceso o conjunto de procesos	(Jorge Prefiere, 2005)
Plan de manejo de residuos	incentivando a los trabajadores a desarrollar innovaciones para reducir la generación de los desechos	(Manzano, 2013)
Análisis hidrológico	Cuando deseas desarrollar una nueva infraestructura o iniciar procesos de construcción realizar un estudio hidrológico ya que pueden verse afectadas las obras.	tfm_virginia_diaz_de_la_cruz (1) paf noviembre del 2012)
Reciclaje de pavimentos	El reciclado de pavimentos, es una técnica viable y económica para el mejoramiento y mantenimiento de las carreteras colombianas.	(INVIAS, 2012)
Sistema de gestión de pavimentos.	Los sistemas de gestión de pavimentos tienen dos enfoques de alcance: Nivel de red (enfoque a mantenimiento preventivo).	(macea-mercado et al., 2016)
Preservación de sitios históricos.	Este término se refiere específicamente a la conservación del ambiente construido, y no a la conservación de, por ejemplo, bosques vírgenes o desierto.	(Correia, 2007)
COMPONENTE DE SEGURIDAD	DEFINICIÓN	REFERENCIA
Sistema inteligente para el transporte	Conjunto de aplicaciones informáticas y sistemas tecnológicos creados con el objetivo de mejorar la seguridad y eficiencia en el transporte.	(Hinojosa, 2011)
Auditoria de seguridad vial	Las auditorías de seguridad vial han demostrado ser una herramienta muy útil para la prevención de los accidentes de tráfico y la reducción de su gravedad	(Pineda, 2016.)
Guía de seguridad vial	Este concepto supone la prevención de siniestros de tránsito con el objetivo de proteger la vida de las personas, o la minimización de sus efectos.	(Alutrado et al., 2007)

Seguimiento de desempeño pavimentos	de de	La gestión del desempeño es un proceso en el que los objetivos de unas carreteras se convierten en medidas y metas a las que se da un seguimiento continuo	(Secretaria de Educación, 2012)
--	-------	--	---------------------------------

Ya sabiendo a que se refieren cada uno de estos criterios se hace más fácil hacer la evaluación de estos y ver que metodología cumple con estos y cual no.

En la Tabla 3, se hace una revisión de 4 metodologías las cuales son las que mejor se adaptan a los criterios de sostenibilidad en vías en Colombia en la cuales miramos cual cumple con más criterios expuestos.

Tabla 3. Cumplimiento de indicadores de los diferentes componentes de sostenibilidad para cada una de las 4 metodologías escogidas.

COMPONENTE AMBIENTAL	Green Roads	Invest (FHWA)	Sustainable Roads (ERF)	Green Lites
evaluación del impacto ambiental	X			X
fragmentación del hábitat / conectividad ecológica	X	X	X	X
plan de prevención de la contaminación del agua	X			X
análisis del ciclo de vida	X		X	
plan de mitigación de ruido	X	X		X
manejo del agua pluvial	X	X	X	X
uso de energía alterna	X		X	X
control de los escurrimientos superficiales	X			X
reducción del consumo de combustible fósiles	X	X	X	
restauración del hábitat	X	X		X
pavimentos permeables	X		X	X
pavimento en frio	X		X	X
componente económico				X
análisis del costo del ciclo de vida	X	X	X	

sistema de gestión de calidad	X		X	X
equilibrio de movimiento de tierras	X	X		X
garantía del contratista	X	X	X	X
uso de materiales locales	X			X
pavimentos de larga duración	X	X	X	X
eficiencia energética	X	X	X	X
componente social				X
económico	X		X	
planeación en el contexto	X	X		X
pavimentos silenciosos	X		X	
contaminación lumínica	X			X
reducción de emisiones vehiculares	X		X	X
movilidad peatonal	X	X		X
movilidad para vehículos de alta ocupación	X		X	X
movilidad para ciclista	X			X

componente técnico				
plan de control de calidad	X	X	X	X
plan de manejo de residuos	X	X	X	X
análisis hidrológico	X			
reciclaje de pavimentos	X		X	X
Sistema de gestión de pavimentos.	X		X	
Preservación de sitios históricos.	X	X		X
criterio de seguridad				
guía de seguridad vial	X			X
sistema inteligente para el transporte	X	X	X	

auditoria de seguridad vial y seguridad vial	X	X		X
seguimiento de desempeño de pavimentos	X			X
componente de seguridad				
guía de seguridad vial	X	X		X
sistema inteligente para el transporte	X		X	
auditoria de seguridad vial	X	X		X
seguimiento de desempeño de pavimentos	X			X

5.5 EVALUACIÓN DE METODOLOGÍAS SOSTENIBLES EN COLOMBIA

En esta sección de la investigación se relacionan documentos realizados en Colombia y en el mundo para evaluar metodologías de sostenibilidad.

5.5.1 Sustainability criterio and sindicatos in té roads construcción subsector- Martha Melizza Ordoñez Díaz y Luis Carlos Meneses Silva, 2015.

En este espacio los diferentes autores de los artículos realizan una revisión técnica y legal de las metodologías empleadas a nivel mundial en infraestructura vial sostenible, evaluando los siguientes parámetros: concepto de desarrollo sostenible, criterios del transporte sostenible y carreteras sostenibles, tipos y características relevantes de indicadores e iniciativas internacionales de indicadores del transporte sostenible.

Adicionalmente, dan a conocer los diferentes indicadores, que definen la efectividad de estos métodos empleados en la construcción de los rangos establecidos por estos.

Por otra parte, hacen una revisión de la Guía Ambiental del 2011 aplicada para proyectos viales no licenciados en Colombia; desde el punto de vista de sostenibilidad; es decir en los sectores: ambiental, social y económico, se afirman que la guía es aplicada en un 90% para el control del medio ambiente y un 10% para la parte social; es decir, dejan a un lado el sector económico, lo que permite atestiguar que la guía no es una herramienta que permita definir el nivel de sostenibilidad de la construcción de una vía, sino por el contrario, es un requisito más que deben cumplir los contratistas de los proyectos viales. En Colombia no existe una herramienta o metodología que brinde una concepción sostenible para

los constructores y una ayuda para la toma de decisiones, lo cual es una desventaja frente a otros países que poseen metodologías que les dan la misma importancia a los 3 componentes de la sostenibilidad.

5.5.2 Diseño de un sistema de indicadores de sostenibilidad como herramienta en la toma de decisiones para la gestión de proyectos de infraestructura en Colombia- Paula Andrea Gaviria Gaviria, 2013.

La autora del proyecto de investigación ve la necesidad de crear un sistema de indicadores de sostenibilidad en proyectos de infraestructura con el fin de servir como herramienta a constructores e inversionistas del sector, teniendo en cuenta que en Colombia no existe más que la normatividad ambiental para aprobar ciertos procesos sostenibles.

Por el contrario, el método en el que se basa para la construcción de los indicadores es la investigación de algunas metodologías internacionales y una encuesta realizada a diferentes constructores de la región. Además, la autora tuvo en cuenta 2 pilares más para la construcción de los indicadores, evaluando así la sostenibilidad desde los siguientes componentes: ambiental, social, económico, institucional y tecnología e innovación, así mismo se definen fórmulas aplicables a cada sector que al mismo tiempo se comparan con una escala de colores la cual permite dar un resultado del nivel de sostenibilidad del proyecto. Además, se creó una hoja metodológica, la cual es estandarizada para cada sector y permite a los constructores que la adapten con facilidad en sus empresas, por último, un sistema de indicadores de sostenibilidad debe modificarse según las exigencias del proyecto, adicionalmente debe ajustarse a las condiciones cambiantes de los procesos constructivos que se implementan actualmente.

5.5.3 Metodologías sostenibles

Con el artículo, los autores plantean calcular la energía embebida en un sistema de construcción de una carretera para evaluar la sostenibilidad, teniendo en cuenta inicialmente la metodología del Análisis del Ciclo de Vida (ACV), utilizada para determinar el periodo de vida de la carretera y poder dividirlo por etapas, las cuales son: diseño y construcción, mantenimiento y explotación y desaparición, deconstrucción o desmantelamiento.

Adicionalmente crean escenarios y unidades funcionales las cuales les permiten definir las partes de la infraestructura vial para realizar un análisis ambiental general e independiente de la obra y las secciones que la componen. No obstante, la metodología hace necesario el uso de la base de datos BEDEC 2010, la cual contiene características técnicas y ambientales de los materiales empleados en la construcción. Es significativo mencionar que la base de datos es aprovechada para cada etapa del ciclo de vida de la carretera, teniendo en cuenta que en cada etapa se utilizan diferentes materiales y por ende son diferentes procesos.

La última parte de la investigación consiste en realizar una comparación entre las tres etapas del ciclo de vida, en lo que respecta a consumo energético; y poder establecer medidas que permitan tener una disminución de este, ya sea en una menor demanda de materiales o en alternativas de mitigación de impactos negativos ambientales para obtener un sistema sostenible.

5.5.4 Life cycle assessment for road construction and use – Charlottee Milachowski, Thorsten Stengel, Christoph Gehlen, 2011.

Los autores del artículo plantearon como objetivo la cuantificación del impacto ambiental de una autopista de un kilómetro, para una carretera construida en estructura de pavimento en asfalto y otra en concreto. La metodología que se implementó fue análisis del ciclo de vida (ACV). Adicionalmente, se utilizaron datos de base de datos “Ecoinvent”, la cual proporciona información sobre la producción, transporte e implementación de materiales utilizados en el sector de la construcción de vías.

Para la realización del inventario de materiales usados en el proceso de mantenimiento de la vía, se encontraron que algunos materiales no estaban contenidos dentro de la base de datos, así que el equipo de trabajo realizó modelos donde obtuvieron datos de consumo de materia prima, emisiones, energía y agua, necesarios para llevar a cabo la metodología del ACV.

Después de obtenidos los resultados y de tener en cuenta la influencia de la maquinaria dentro del proceso constructivo, se llegó a la conclusión que la autopista de un kilómetro construida a base de emulsión asfáltica produce un mayor impacto negativo al medio ambiente. Además, la recomendación de la investigación es que se pueden llegar a estrategias de mitigación del impacto al ambiente por medio de una reducción de materiales o por medio de una reutilización de ciertos componentes de los materiales.

5.5.5 Metodología para la evaluación de impacto ambiental aplicada al ciclo de vida de proyectos de infraestructura en Colombia - Margarita Vilorio, 2015.

El proyecto de investigación tiene como objetivo la construcción de una metodología que permita evaluar el impacto ambiental en el ciclo de vida de un proyecto de infraestructura. Es decir, en la vida útil de un determinado proyecto.

Inicialmente, se hace un reconocimiento y análisis de los aspectos ambientales que surgen en el momento de construcción, mantenimiento u operación de los proyectos, posteriormente se evalúan los aspectos ambientales para obtener los posibles impactos positivos o negativos al medio ambiente. Además, la autora, realiza una revisión bibliográfica sobre las distintas metodologías y prácticas con que se puede realizar una evaluación de impacto ambiental (EIA). No obstante,

realiza la investigación sobre indicadores o calificaciones que se dan a los impactos ambientales con metodologías desarrolladas a nivel mundial. En el momento del desarrollo de la nueva metodología, la autora selecciona los atributos que le permitirán darle una calificación a los impactos, cabe señalar que los atributos fueron recolectados de distintas metodologías.

Por otro lado, la autora decide utilizar la misma secuencia de métodos utilizados por metodologías tradicionales, los cuales son: descripción del proyecto, identificación del daño ambiental, valoración de impactos ambientales y priorización estemismo.

Por último, realiza un estudio de caso de un proyecto vial, donde desarrolla los métodos anteriormente descritos, y finalmente se llegó a la conclusión que en la etapa donde se produce mayor impacto negativo al medio ambiente es en la etapa de construcción, adicionalmente concluye que falta integrar nuevas variables a la evaluación de impacto ambiental, como es el caso de los componentes eucariota y procariotas pertenecientes al sistema biótico.

6. METODOLOGIAS

El desarrollo de proyectos viales y de infraestructura tiene como característica tener un alto grado de consumo de recursos y generar grandes impactos al ambiente de manera negativa. Por tal razón, la industria de la construcción en general ha venido desarrollando e implementando diversos métodos para la calificación sostenible, y lograr abordar y reducir los daños generados.

En la última década, diversas asociaciones y corporaciones han trabajado en la elaboración de sistemas para la calificación de la sostenibilidad aplicado a proyectos de infraestructura y en este caso específico a proyectos viales. En esta fase, revisamos cuatro metodologías y su sistema de evaluación: GreenLITES, GreenRoads, Invest (FHWA) y Sustainable Roads (ERF). Con la revisión de estas metodologías logramos evidenciar algunas afinidades entre sus criterios de evaluación, cada sistema tiene ítems relacionados con la energía, los materiales y gestión del agua. Con diferencias en implementación, enfoques y la más notoria la asignación de puntos por parámetro.

6.1 ¿Cómo se llegó a la nueva metodología?

El método utilizado de investigación fue el comparativo, comparando datos para hallar causas y profundizar en el conocimiento y después se realizó el siguiente procedimiento.

- a) Se realizó un estudio a las metodologías y modelos de sostenibilidad expuestos en la sección 5; los cuales tenían en cuenta los tres indicadores fundamentales como lo es: ambiente, social y económico.
- b) Se clasificaron criterios y créditos de evaluación y poder elaborar una metodología que sea aplicable al contexto local, esto debido a que estas metodologías están diseñadas para proyectos en sus países de origen como se muestra en las tablas 4, 5, 6, 7, lo cual muchos de estos criterios serían aplicables a nuestro sistema colombiano en la Tabla 8, se puede observar los 50 indicadores escogidos los cuales son viables para evaluación de la sostenibilidad en carretas en el país.

Tabla 4. Criterios de evaluación metodología FHWA

CRITERIOS DE PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA			
Criterio	Título	Puntos Posibles	Puntos Obtenidos
SP-1	Planificación integrada: desarrollo económico y uso del suelo	15	
SP-2	Planificación integrada: entorno natural	15	
SP-3	Planificación Integrada: Social	15	

SP-4	Planificación integrada: bonificación	10	
SP-5	Acceso y asequibilidad	15	
SP-6	Planificación de seguridad	15	
SP-7	Transporte Multimodal y Salud Pública	15	
SP-8	Transporte de mercancías y mercancías	15	
SP-9	Gestión de demanda de viajes	15	
SP-10	Calidad del aire	15	
SP-11	Energía y Combustibles	15	
SP-12	Sostenibilidad financiera	15	
SP-13	Métodos de análisis	15	
SP-14	Gestión de Sistemas de Transporte y Operaciones	15	
SP-15	Vinculación de gestión de activos y planificación	15	
SP-16	Resiliencia de infraestructura	15	
SP-17	Vinculación de planificación y NEPA	15	
PUNTOS TOTALES		250	
% PUNTOS RELEVANTES			
CRITERIOS DE DESARROLLO DEL PROYECTO			
Criterio	Título	Puntos Posibles	Puntos Obtenidos
PD-1	Análisis Económico	5	
PD-2	Análisis de costos del ciclo de vida	3	
PD-3	Desarrollo de proyectos sensibles al contexto	5	
PD-4	Seguridad vial	10	
PD-5	Alcance Educativo	2	
PD-6	Seguimiento de compromisos ambientales	5	
PD-7	Restauración del hábitat	3	
PD-8	Agua de tormenta	9	
PD-9	Conectividad ecológica	3	
PD-10	Acceso peatonal	2	
PD-11	Acceso a bicicletas	2	
PD-12	Tránsito y acceso	5	
PD-13	Movilidad de carga	7	
PD-14	Preservación histórica, arqueológica y cultural.	3	
PD-15	Cualidades escénicas, naturales o recreativas	3	
PD-16	Eficiencia energética	8	
PD-17	Vegetación del sitio	3	
PD-18	Reducir y reutilizar materiales	8	
PD-19	Reciclar materiales	8	
PD-20	Balance de movimiento de tierras	3	
PD-21	Diseño de pavimento de larga vida	5	
PD-22	Reducción de energía y emisiones en materiales de pavimento	3	
PD-23	Garantía del contratista	3	

PD-24	ambiental de construcción	1	
PD-25	Reducción de emisiones de equipos de construcción	2	
PD-26	Mitigación de ruido de construcción	2	
PD-27	Plan de aseguramiento de la calidad de la construcción	5	
PD-28	Gestión de residuos de construcción	3	
PUNTOS TOTALES		121	
% PUNTOS RELEVANTES			
CRITERIOS DE OPERACIONES Y MANTENIMIENTO			
Criterio	Título	Puntos Posibles	Puntos Obtenidos
OM-1	Plan de sostenibilidad interno	15	
OM-2	Eficiencia y uso de energía eléctrica	15	
OM-3	Eficiencia y uso del combustible del vehículo	15	
OM-4	Reutilizar y reciclar	15	
OM-5	Administración de Seguridad	15	
OM-6	Sistema de seguimiento de compromisos ambientales	15	
OM-7	Sistema de gestión de pavimento	15	
OM-8	Sistema de gestión de puentes	15	
OM-9	Sistema de gestión de mantenimiento	15	
OM-10	Preservación y mantenimiento de infraestructura vial	15	
OM-11	Mantenimiento de Infraestructura de Control de Tráfico	15	
OM-12	Programa de gestión del clima vial	15	
OM-13	Gestión y operaciones de transporte	15	
OM-14	Zona de trabajo de control de tráfico	15	
PUNTOS TOTALES		210	
% PUNTOS RELEVANTES			

Tabla 5. Criterios de evaluación metodología Green Lites

Selección de alineación			
Criterio	Título	Puntos Posibles	Puntos Obtenidos
S-1a	Evitar tierras previamente no desarrolladas (espacios abiertos o "campos verdes")	2	
S-1b	Seleccionar una alineación que establezca una zona de amortiguación mínima de 100 pies (30,5 m)	2	
S-1c	Alineamientos que minimizan la "huella" general de la construcción	2	
S-1d	Diseño alineaciones verticales que minimicen el movimiento de tierras total	1	

S-1e	Ajuste la alineación para evitar o minimizar los impactos sociales / ambientales	1	
S-1f	Alineaciones que optimizan los beneficios entre las restricciones de la competencia	1	
S-1g	Macroajustes que no comprometen la seguridad u operación	1	
S-1h	Zonas claras sembradas con mezclas de semillas que ayudan a reducir el mantenimiento	1	
S-1j	Proporcionar una alineación de carretera deprimida	1	
S-1i	Uso de clavos de tierra lanzados como una opción más rentable para estabilizar una pendiente	1	
Soluciones sensibles al contexto			
Criterio	Título	Puntos Posibles	Puntos Obtenidos
S-2a	Ajusta o incorpora características de carretera para responder al personaje único	2	
S-2b	Incorporar materiales locales o naturales para elementos visuales sustanciales	2	
S-2c	Mejoras visuales	2	
S-2d	Período mobiliario urbano / iluminación / accesorios.	1	
S-2e	Inclusión de peatones visualmente contrastantes (coloreados o texturizados)	1	
S-2f	Estética del puente (si tiene especificar)	1	
S-2g	Selección de materiales del sitio y detalles para reducir el efecto general de "isla de calor" urbano	1	
S-2h	Proteger permanentemente las cuencas visuales a través de servidumbres ambientales o de conservación.	1	
S-2i	Anodizado en color de elementos de aluminio	1	
S-2j	Cercas de puentes (si tiene especificar)	1	
S-2k	Uso de revestimientos de hormigón	1	
S-2l	Hormigón impreso / tiras de corte de asfalto, zócalos o áreas de almacenamiento de nieve	1	
Uso de la tierra / planificación comunitaria			
Criterio	Título	Puntos Posibles	Puntos Obtenidos
S-3a	Uso de técnicas de participación pública más atractivas	2	
S-3b	Esfuerzos de divulgación mejorados (por ejemplo, boletines informativos, página web específica del proyecto)	2	
S-3c	Proyectos que permiten un mejor uso del transporte público (p. Ej., Paradas de autobuses, 'Park & Ridi')	2	
S-3d	Proyectos que aplican "Comunidades transitables" o "Calles completas"	2	
S-3e	Proyectos que aumentan la eficiencia del transporte para el transporte de mercancías.	2	
S-3f	Acuerdo formal específico del proyecto con entidades públicas o privadas	2	

S-3g	El proyecto es consistente con los planes locales y regionales.	2	
S-3h	Informes de proyectos y materiales de divulgación comunitaria disponibles en línea	1	
S-3i	Establecimiento de una nueva instalación de acceso recreativo (por ejemplo, estacionamiento de senderos)	2	
S-3j	Establecimiento de una nueva instalación recreativa (parque de bolsillo, vista a la carretera)	2	
S-3k	Mejora de una instalación recreativa existente	1	
Proteger, mejorar o restaurar el hábitat de la vida silvestre			
Criterio	Título	Puntos Posibles	Puntos Obtenidos
S-4a	Mitigación de la fragmentación del hábitat.	3	
S-4b	Proporcionar mejoras al hábitat de vida silvestre existente (por ejemplo, casas de pájaros / murciélagos)	2	
S-4c	Mitigación parcial de la fragmentación del hábitat mediante técnicas	2	
S-4d	Uso de alcantarillas de fondo natural	2	
S-4e	Cruces de vida silvestre que son estructuras que permiten el paso seguro de la vida silvestre	2	
S-4f	Restauración, mejoramiento o establecimiento de humedales	2	
S-4g	Minimice el uso de las tierras que forman parte de un hábitat contiguo significativo de vida silvestre	1	
S-4h	Uso de medidas de reducción de mortalidad de vida silvestre	1	
S-4i	Restauración / mejora de la corriente	1	
S-4j	Instalación de marcadores de corte para proteger áreas naturales y humedales.	1	
S-4k	Inclusión de los requisitos de programación y logística para evitar la interrupción de la vida silvestre	1	
S-4l	Protege permanentemente el hábitat nuevo o expandido	1	
Proteger, plantar o mitigar la eliminación de árboles y comunidades vegetales			
Criterio	Título	Puntos Posibles	Puntos Obtenidos
S-5a	Evitación / protección de árboles establecidos / comunidades vegetales	2	
S-5b	Diseños que demuestran un aumento neto en la copa de los árboles	2	
S-5c	Restablecimiento o expansión de vegetación nativa en áreas de trabajo recuperadas	2	
S-5d	Uso de árboles, arbustos grandes u otra vegetación adecuada como cercas de nieve viva	2	
S-5e	Uso de especies nativas para mezclas de semillas y otras plantaciones	1	
S-5f	Evitación / protección de árboles significativos individuales / vegetación deseada	1	

S-5g	Diseños que demuestran que no hay pérdida neta de copa o mitigación de árboles	1	
S-5h	Plantar árboles, arbustos o material vegetal en lugar de césped tradicional	1	
S-5i	Eliminación de especies de plantas indeseables	1	
S-5j	Preservar, reemplazar o mejorar la vegetación asociada con la propiedad histórica	1	
W-1 Gestión de aguas pluviales (volumen y calidad)			
Criterio	Título	Puntos Posibles	Puntos Obtenidos
W-1a	Mejorar la calidad del agua o el hábitat cercano.	2	
W-1b	Detectar y eliminar cualquier descarga de aguas no pluviales	2	
W-1c	Demostrar una reducción de las cargas contaminantes a las fuentes de agua adyacentes	2	
W-1d	Reducción del área impermeable general	2	
W-1e	Requisitos para la construcción por etapas para minimizar la exposición al suelo desnudo	1	
W-1f	Detectar / documentar descargas de aguas no pluviales de fuentes no autorizadas	1	
W-2 Mejores prácticas de gestión (BMP)			
Criterio	Título	Puntos Posibles	Puntos Obtenidos
W-2a	Características de diseño que hacen uso de suelos altamente permeables.	2	
W-2b	Uso de otras BMP estructurales (p. Ej., Surcos húmedos o secos, filtros de arena, bolsas de filtro)	2	
W-2c	Inclusión de "pavimento permeable", como los adoquines de rejilla donde sea práctico	2	
W-2d	Minimice el aumento del área de superficie impermeable general del proyecto	1	
W-2e	Incluya canales de césped, cuando corresponda	1	
W-2f	Designar un monitor de construcción ambiental calificado para supervisar	2	
M-1 Reutilización de materiales			
Criterio	Título	Puntos Posibles	Puntos Obtenidos
M-1a	Especifique que el 75 por ciento o más de la capa superior del suelo eliminada para la osificación se reutiliza en el sitio	2	
M-1b	Diseño el proyecto de modo que los "cortes y rellenos" estén equilibrados dentro del 10 por ciento	2	
M-1c	Reutilización del exceso de relleno ("botín") dentro del corredor del proyecto	2	

M-1d	Especificar el roce o el agrietamiento y el asentamiento del concreto de cemento portland	2	
M-1e	Reutilización del pavimento anterior como subbase durante la reconstrucción completa	2	
M-1f	Organización para la reutilización de material excavado, molinos de asfalto, concreto viejo	2	
M-1g	Especificar el procesamiento de concreto demolido para recuperar chatarra	2	
M-1h	Recuperación de árboles removidos para madera o usos similares	2	
M-1i	Use material excavado sobrante en las carreteras estatales cercanas para aplanar pendientes	2	
M-1j	Use material excavado excedente, concreto demolido o molinos en una cantera abandonada cercana	2	
M-1k	Especifique que el 50 por ciento o más de la capa superior del suelo eliminada para la clasificación se reutiliza en el sitio	1	
M-1l	Diseño el proyecto de modo que los cortes y rellenos estén equilibrados dentro del 25 por ciento	1	
M-1m	Reutilice (es decir, elimine y restablezca versus elimine y reemplace) del encintado de granito	1	
M-1n	Reutilización de elementos de la estructura anterior (chapa de piedra, barandilla decorativa)	1	
M-1o	Diseño de una ubicación en el sitio para la eliminación de residuos de madera astillada	1	
M-1q	Especificar el reciclaje de residuos de madera sin tratar desconchados para usar como mantillo	1	
M-1r	Los documentos del proyecto hacen que los desechos de metales estén disponibles para su reutilización o reciclaje	1	
M-1s	Identificar los sitios aprobados, ambientalmente aceptables y permitidos para su eliminación.	1	
M-1t	Especifique la recuperación / mudanza de casas en lugar de la demostración para su eliminación en vertederos	1	
M-1u	Reutilización de elementos estructurales importantes como pilares de puentes, estructura de puentes, etc.	2	
Contenido reciclado M-2			
Criterio	Título	Puntos Posibles	Puntos Obtenidos
M-2a	Use pedazos de neumáticos en terraplenes	2	
M-2b	Utilice madera extruida de plástico reciclado o goma de neumáticos reciclada	2	
M-2c	Especifique el reciclado en caliente o en frío de pavimentos de asfalto de mezcla en caliente	2	
M-2d	Especificar el uso de vidrio reciclado en pavimentos y terraplenes.	2	
M-2e	Especificar mezclas de pavimento de asfalto que contengan pavimento de asfalto reciclado	2	
M-2f	Especificar mezclas de pavimento de PCC que contengan agregado de concreto reciclado	2	

M-2g	Use caucho desmenuzado o plástico reciclado para material de barrera contra el ruido	2	
M-2h	Uso de sistemas de pavimento poroso en situaciones de trabajo liviano (por ejemplo, aceras)	2	
Materiales locales M-3			
Criterio	Título	Puntos Posibles	Puntos Obtenidos
M-3a	Especifique el relleno de peso ligero natural disponible localmente	2	
M-3b	Especificar el stock local de semillas y plantas	2	
Técnicas de bioingeniería M-4			
Criterio	Título	Puntos Posibles	Puntos Obtenidos
M-4a	Diseños de proyectos que utilizan tratamientos de bioingeniería del suelo	2	
M-4b	Diseños de proyectos que utilizan tratamientos de ingeniería biotécnica del suelo	2	
M-4c	Proyectos que utilizan métodos de control biológico específicos para reducir las especies invasoras	2	
M-4d	Diseños de proyectos que utilizan tratamientos de ingeniería biotécnica del suelo	1	
M-4e	Diseños de proyectos que utilizan bioingeniería del suelo / tratamientos biotécnicas del suelo	1	
Minimización de materiales peligrosos M-5			
Criterio	Título	Puntos Posibles	Puntos Obtenidos
M-5a	El diseño del proyecto minimiza sustancialmente la necesidad de utilizar materiales peligrosos	2	
M-5b	El diseño del proyecto especifica materiales menos peligrosos o evita su generación	2	
M-5c	Remoción y disposición de suelos contaminados	2	
E-1 Flujo de tráfico mejorado			
Criterio	Título	Puntos Posibles	Puntos Obtenidos
E-1a	Carril de uso especial (HOV / Reversible / Bus Express)	3	
E-1b	Diseño innovador de intercambio o eliminación de cuellos de botella en autopistas.	3	
E-1c	Especificar nuevas rotondas	3	
E-1d	Implementación del Centro de Gestión de Tráfico / Sistema de Información al Viajero	3	
E-1e	Instalación de un sistema de señal coordinada de circuito cerrado	2	

E-1f	Instalación de un sistema expresas de tránsito (puente de cola, señales preventivas, etc.)	2	
E-1g	Ampliación de un Centro de gestión del tráfico / Sistema de información al viajero	2	
E-1h	Implementación de un plan de gestión de acceso en todo el corredor.	2	
E-1i	Limitar / consolidar puntos de acceso a lo largo de la autopista	1	
E-1j	Mejora de un sistema de señal coordinado y otros tiempos de señal y detección	1	
E-1k	Agregar desvíos de autobuses	1	
E-1l	Instalación de controladores de mayor capacidad para mejorar el flujo / reducir el retraso	1	
E-1m	Relleno o preparación para la Gestión del tráfico / Sistema de información del viajero	1	
E-1n	Inclusión del sistema integrado de información de tráfico / gestión de incidentes / viajero	1	
E-1o	Instalación de sistemas aislados para prever avisos	1	
E-1p	reducir de carretera (reducción en carriles para agregar carril de giro y acomodar el tráfico de bicicletas)	2	
E-2 Reduce el consumo eléctrico			
Criterio	Título	Puntos Posibles	Puntos Obtenidos
E-2a	Alumbrado público de energía solar / con batería o señales de advertencia	2	
E-2b	Reemplace la iluminación de señalización superior con paneles de señalización reflectantes de tipo superior	2	
E-2c	Uso de alumbrado público LED	2	
E-2d	Paradas de autobuses solares	2	
E-2e	Uso de señales de advertencia LED / balizas intermitentes	1	
E-2f	Adapte el alumbrado público existente con letreros de alta eficiencia	1	
E-3 Reduce el consumo de petróleo			
Criterio	Título	Puntos Posibles	Puntos Obtenidos
E-3a	Proporcionar nuevos lotes Park & Ridi	3	
E-3b	Proporcionar nuevas conexiones intermodales	3	
E-3c	Aumentar las comodidades para bicicletas en Park & Redes y estaciones de tránsito	2	

Tabla 6. Criterios de evaluación GreenRoads

Requerimientos del proyecto			
No.	Título	Puntos Posibles	Puntos Obtenidos
PR-1	Proceso de revisión ambiental	N/A	

PR-2	Análisis de costos del ciclo de vida	N/A	
PR-3	Inventario de ciclo de vida	N/A	
PR-4	Plan de garantía de calidad	N/A	
PR-5	Plan de mitigación de ruido	N/A	
PR-6	Plan de gestión de residuos	N/A	
PR-7	Plan de prevención de la contaminación	N/A	
PR-8	Desarrollo de bajo impacto	N/A	
PR-9	Sistema de gestión de pavimento	N/A	
PR-10	Plan de mantenimiento del sitio	N/A	
PR-11	Alcance Educativo	N/A	
Ambiente y agua			
No.	Título	Puntos Posibles	Puntos Obtenidos
EW-1	Sistema de gestión ambiental	2	
EW-2	Control de flujo de escorrentía	3	
EW-3	Calidad de escorrentía	3	
EW-4	Análisis de costos de aguas pluviales	1	
EW-5	Vegetación del sitio	3	
EW-6	Restauración del hábitat	3	
EW-7	Conectividad Ecológica	3	
EW-8	Contaminación de luz	3	
Actividades de construcción			
No.	Título	Puntos Posibles	Puntos Obtenidos
CA-1	Sistema de manejo de calidad	2	
CA-2	Entrenamiento Ambiental	1	
CA-3	Plan de reciclaje del sitio	1	
CA-4	Reducción de combustibles fósiles	2	
CA-5	Reducción de emisiones de equipos	2	
CA-6	Reducción de emisiones de pavimentación	1	
CA-7	Seguimiento del uso del agua	2	
CA-8	Garantía del contratista	3	
Materiales y recursos			
No.	Título	Puntos Posibles	Puntos Obtenidos
MD-1	Evaluación del ciclo de vida	2	
MD-2	Reutilización de pavimento	5	
MD-3	Balance de movimiento de tierras	1	
MD-4	Materiales reciclados	5	
MD-5	Materiales Regionales	5	
MD-6	Eficiencia energética	5	
Tecnologías de pavimento			
No.	Título	Puntos Posibles	Puntos Obtenidos
PT-1	Pavimento de larga vida	5	
PT-2	Pavimento permeable	3	
PT-3	Asfalto de mezcla caliente	3	

PT-4	Pavimento fresco	5	
PT-5	Pavimento tranquilo	3	
PT-6	Seguimiento del rendimiento del pavimento	1	
Acceso y equidad			
No.	Título	Puntos Posibles	Puntos Obtenidos
AL-1	Auditoria de seguridad	2	
AL-2	Sistemas Inteligentes de Transporte	5	
AL-3	Soluciones sensibles al contexto	5	
AL-4	Reducción de emisiones de tráfico	5	
AL-5	Acceso peatonal	2	
AL-6	Acceso a bicicletas	2	
AL-7	Tránsito y acceso HOV	5	
AL-8	Vistas panorámicas	2	
AL-9	Alcance cultural	2	

Tabla 7. Criterios de evaluación metodología ERF

ECONÓMICO		
No.	Título	Puntaje
E-1	Mejores Prácticas para el Mantenimiento Carretero y la Preservación de la Infraestructura	
SEGURIDAD		
No.	Título	Puntaje
S-1	Sistemas Inteligentes para el Transporte	
S-2	Mantenimiento de la Superficie Carretera	
SOCIAL		
No.	Título	Puntaje
SO-1	Pavimento Silencioso	
AMBIENTAL		
No.	Título	Puntaje
A-1	Evaluación del Impacto Ambiental	
A-2	Evaluación Ambiental Estratégica	
A-3	Fragmentación del Hábitat	
A-4	Consideraciones Especiales para Áreas con Alto Valor Ambiental	
A-5	Análisis del -ciclo de Vida	
A-6	Plan de Mitigación de Ruido	
A-7	Calidad de los Esguimientos Superficiales/ Prevención de la contaminación del Agua	
A-8	Control de los esguimientos Superficiales	
A-9	Reducción del Consumo de Combustibles Fósiles	
A-10	Paisaje/Vistas Escénicas	

A-11	Manejo del Agua Pluvial	
A-12	Sumideros de Carbono y Óxidos de Nitrógeno	
A-13	Protección de la Fauna	
TÉCNICO		
No.	Título	Puntaje
T-1	Diseño Geométrico	
T-2	Uso de Materiales Reciclados	
T-3	Reciclaje de Pavimentos	

Tabla 8. Tabla de indicadores y criterios nueva metodología

CATEGORÍA AMBIENTAL	
No.	Título
AM-1	Sistemas de gestión ambiental
AM-2	Paisaje/Visitas escénicas
AM-3	Evaluación del impacto ambiental
AM-4	Protección de la fauna
AM-5	Evaluación ambiental estratégica
AM-6	formación ambiental
AM-7	Fragmentación del hábitat/Conectividad ecológica
AM-8	Mantenimiento de la superficie carretera
AM-9	Vegetación nativa
AM-10	Consideraciones especiales para áreas con alto valor ambiental
AM-11	Restauración del hábitat
AM-12	Reducción del ruido
AM-13	Capacitación ambiental
AM-14	Plan de control de calidad
CATEGORÍA DE CALIDAD Y USO DEL AGUA	
No.	Título
A-1	Plan de prevención de la contaminación del agua
A-2	Manejo del agua pluvial
A-3	Sumidero de carbón y oxígeno
A-4	Control de los escurrimientos superficiales
A-5	Calidad de los escurrimientos superficiales/Prevención de la contaminación del agua
A-6	Análisis hidrológico
A-7	Registro del uso del agua en la construcción
CATEGORÍA DE ENERGÍA	
No.	Título

E-1	Reducción del consumo de combustibles fósiles
E-2	Eficiencia Energética
E-3	Reducción de emisiones vehiculares
E-4	Planeación en el contexto
E-5	Contaminación lumínica
E-6	planeación de contexto
E-7	Uso de energía alterna
CATEGORÍA DE MATERIALES Y CONSTRUCCION	
No.	Titulo
M-1	Análisis del costo del ciclo de vida
M-2	Análisis del ciclo de vida
M-3	Inventario del ciclo de vida
M-4	Garantía del contratista
M-5	Pavimentos de larga duración
M-6	Plan de reciclaje
M-7	Pavimiento silencioso
M-8	Mezclas asfálticas tibias (WMA)
M-9	Uso de materiales locales
M-10	Pavimento en frío
M-11	Pavimentos permeables
M-12	Sistema de gestión de la calidad
M-13	Plan de manejo de residuos
M-14	Mejores prácticas para el mantenimiento carretero y la preservación de la infraestructura
M-15	Equilibrio de movimiento de tierras
M-16	Movilidad para ciclistas
M-17	Movilidad para vehículos de alta ocupación
M-18	Auditoría de seguridad vial/Seguridad vial
M-19	Movilidad peatonal
M-20	Seguimiento del desempeño de pavimentos
M-21	Preservación de sitios históricos
M-22	Reducción de emisiones en la pavimentación

a) Luego de establecer los créditos y criterios se determinó el método de calificación. En esta fase se realizó un sistema práctico y eficaz para lograr que sea utilizada por cualquier persona con conocimientos básicos, sin necesidad de una extensa capacitación. Para esto cada criterio tiene un número de créditos, los cuales tendrán un valor de (uno)1 si cumple y (cero)0 si no lo cumple, en la Tabla 9, se puede observar el indicador con unos rangos en el que nos darán alertas del estado de sostenibilidad que estamos logrando.

Tabla 9. Tabla de indicadores y criterios nueva metodología evaluados

CATEGORÍA AMBIENTAL		
No.	Título	Puntaje
AM-1	Sistemas de gestión ambiental	
AM-2	Paisaje/Visitas escénicas	
AM-3	Evaluación del impacto ambiental	1
AM-4	Protección de la fauna	
AM-5	Evaluación ambiental estratégica	1
AM-6	formación ambiental	
AM-7	Fragmentación del hábitat/Conectividad ecológica	
AM-8	Mantenimiento de la superficie carretera	
AM-9	Vegetación nativa	
AM-10	Consideraciones especiales para áreas con alto valor ambiental	
AM-11	Restauración del hábitat	
AM-12	Reducción del ruido	1
AM-13	Capacitación ambiental	
AM-14	Plan de control de calidad	
		3
CATEGORÍA DE CALIDAD Y USO DEL AGUA		
No.	Título	Puntaje
A-1	Plan de prevención de la contaminación del agua	1
A-2	Manejo del agua pluvial	
A-3	sumidero de carbón y oxígeno	
A-4	Control de los escurrimientos superficiales	1
A-5	Calidad de los escurrimientos superficiales/Prevención de la contaminación del agua	
A-6	Análisis hidrológico	
A-7	Registro del uso del agua en la construcción	
		2
CATEGORÍA DE ENERGÍA		
No.	Título	Puntaje
E-1	Reducción del consumo de combustibles fósiles	
E-2	Eficiencia Energética	

E-3	Reducción de emisiones vehiculares	
E-4	Planeación en el contexto	
E-5	Contaminación lumínica	
E-6	planeación de contexto	
E-7	Uso de energía alterna	
		0
CATEGORÍA DE MATERIALES Y CONSTRUCCION		
No.	Título	Puntaje
M-1	Análisis del costo del ciclo de vida	
M-2	Análisis del ciclo de vida	
M-3	Inventario del ciclo de vida	
M-4	Garantía del contratista	1
M-5	Pavimentos de larga duración	
M-6	Plan de reciclaje	
M-7	Pavimiento silencioso	
M-8	Mezclas asfálticas tibias (WMA)	
M-9	Uso de materiales locales	1
M-10	Pavimento en frío	
M-11	Pavimentos permeables	
M-12	Sistema de gestión de la calidad	1
M-13	Plan de manejo de residuos	1
M-14	Mejores prácticas para el mantenimiento carretero y la preservación de la infraestructura	
M-15	Equilibrio de movimiento de tierras	
M-16	Movilidad para ciclistas	
M-17	Movilidad para vehículos de alta ocupación	
M-18	Auditoría de seguridad vial/Seguridad vial	
M-19	Movilidad peatonal	
M-20	Seguimiento del desempeño de pavimentos	
M-21	Preservación de sitios históricos	
M-22	Reducción de emisiones en la pavimentación	
		4

Se evaluará con un sistema de alertas en tres fases imitando los estados de un semáforo. Donde la alerta roja nos da un incumplimiento en la mayoría de los criterios, la alerta amarilla nos da un mejoramiento, pero no damos los créditos suficientes para determinarla como sostenible y verde para decir que el criterio se cumple y poder decir que tenemos criterios que nos ayudan a mejorar la sostenibilidad en la Tabla 10 se puede ver el resultado de la evaluación.

Tabla 10. Parámetros de evaluación metodología semáforo
Fuente: Autores

CATEGORIA	Créditos	no cumple	mejoras	cumple
CATEGORÍA AMBIENTAL	14	< de 5 créditos	> de 6 < 9	> de 10 créditos
CATEGORÍA DE CALIDAD Y USO DEL AGUA	7	< de 3 créditos	> de 4 < 6	> de 7 créditos
CATEGORÍA DE ENERGÍA	7	< de 3 créditos	> de 4 < 6	> de 7 créditos
CATEGORÍA DE MATERIALES	22	< de 8 créditos	> de 9 < 19	> de 20 créditos
TOTAL		50		

Como podemos ver en la Tabla 11, ninguna de las categorías evaluadas cumple.

Tabla 11. Resultados parámetros de evaluación metodología semáforo.

Fuente: Autores

CATEGORIA	
CATEGORÍA AMBIENTAL	no cumple
CATEGORÍA DE CALIDAD Y USO DEL AGUA	no cumple
CATEGORÍA DE ENERGÍA	no cumple
CATEGORÍA DE MATERIALES	no cumple

6.2 APLICACIÓN DE LA EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD EN EL CASO DE ESTUDIO.

Se aplicó los 50 indicadores de la nueva metodología al caso de estudio; en el cual se evaluó su nivel de sostenibilidad. Para esto, utilizamos el proceso Número: MN-LP-010 DE 2019, licitación pública con detalle “CONSTRUCCIÓN DE VÍAS NUEVAS EN URBANIZACIONES Y MEJORAMIENTO DE MALLA VIAL VIGENCIA 2019 EN EL MUNICIPIO DE NOBSA”, en la revisión del documento de estudios previos, realizamos la respectiva evaluación de la carretera.

6.3 ALTERNATIVAS SOSTENIBLES

En esta fase proponemos unas alternativas sostenibles para alcanzar el nivel de sostenibilidad especialmente en los indicadores donde no cumplieron con los requisitos, estas alternativas se podrán observar en el punto de resultados y discusión.

7. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se desarrolló en 3 sectores, el objetivo del proyecto fue la construcción de vías nuevas en urbanizaciones y mejoramiento de la malla vial vigencia 2019 en el municipio de Nobsa lo cual está planteado en el Plan de Desarrollo “NOBSA TERRITORIOS SIN LÍMITES”; en lo referido a la dimensión Institucional. De acuerdo, con lo consagrado en el artículo 311 de la Constitución Política de Colombia, al municipio como entidad fundamental de la división político administrativa del Estado, le corresponde prestar los servicios públicos que determine la ley, construir las obras que demande el progreso local, ordenar el desarrollo de su territorio, promover la participación comunitaria, el mejoramiento social, cultural y deportivo de sus habitantes y cumplir las demás funciones que le asignen la Constitución y las leyes.

Que conforme a lo establecido en el Artículo 2 de la Constitución Política de Colombia son fines esenciales del Estado servir a la comunidad, promover la prosperidad general y garantizar la efectividad de los principios derechos y deberes consagrados en la Constitución Política de Colombia y las autoridades de la República están instituidas para proteger a las personas residentes en Colombia en su honra, vida y bienes.

Se evidenció que por el constante tránsito de los diferentes medios de transporte las vías presentan un alto grado de deterioro, además de esto es necesario la construcción de nuevas vías que permitan el fácil desplazamiento de la población. Dado lo anterior es apremiante realizar la construcción y el mejoramiento de la malla vial existente, bajo parámetros técnicos acordes a las normas sobre construcción de carreteras vigentes y atender los requerimientos de ingeniería establecidas en las especificaciones particulares definidas por la misma administración a través de la Secretaria de Infraestructura y Gestión de Vivienda Social Municipal de Nobsa.

Para la creación de la vía nueva se desarrolla un proceso completo de construcción desde replanteo, descapote y la construcción de sus diferentes estructuras de bases y rodadura. Esta etapa del proyecto tendrá ubicación en el municipio de Nobsa-Boyacá, con unas coordenadas 5°45'59.7"N 72°56'22.6"W; en esta fase se realizará una excavación de 2,348.36 m³ de material común seco, y se le agregará el afirmado, base y subbase granular.

Figura 10. Localización de la vía 1
Fuente: Google earts



Figura 11. Localización vía 2
Fuente: Google earts



Las mejoras de la malla vial se realizarán en las coordenadas 5°45'52.0"N 72°54'20.4"W, donde tendrá una intervención de 95 m de longitud y un ancho de carril de 5,5 m.

Figura 12. Localización vía 3
Fuente: Google earts



La segunda fase se realizará en la entrada del polideportivo de Punta Larga- Nobsa- Boyacá, con unas coordenadas $5^{\circ}46'58.1''N$ $72^{\circ}58'53.8''W$,

Figura 13. Localización vía 4
Fuente: Google earts



Tabla 12. Plan de Desarrollo Municipal (Nobsa)

Fuente: Memorias de cálculo del proyecto

DIMENSION	Institucional
PROG ESTRATÉGICO	DI-NTSL 1 Movilidad segura y eficiente
SUBPROGRAM STRATEGIC	DI-NTSL 1.1 Mejores vías y movilidad para el progreso
OBJECTIVE SUBPROGRAM	Incrementar la red vial con el fin de fortalecer el progreso y desarrollo del mundo
SECTOR	Transporte
META 1	Realizar un (1) programa de mantenimiento de la malla vial urbana y rural a dos mil (2000) metros lineales durante el cuatrienio
META 2	Construir quinientos (500) metros de nuevas vías al finalizar el cuatrienio

El plazo mínimo para la ejecución del proceso fue (03) meses a partir de la suscripción del acta de inicio la modalidad de la contratación fue licitación pública, el valor del proyecto fue de cuatrocientos setenta y ocho millones cuatrocientos quince mil trescientos sesenta y nueve pesos m/cte. (\$478.415.369,00).

8. RESULTADOS Y DISCUISION

8.1 CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE PROCESOS DEL PROYECTO VIAL

Para llevar a cabo la caracterización del sistema se realizó una nueva metodología de evaluación en carreteras sostenibles basada en las 4 metodologías investigadas.

Muchos criterios que tenían estas no se acoplaban a las carreteras en Colombia, por eso escogimos los más relevantes y los cuales se adaptan a la vía.

Se sabe que en la construcción de una nueva obra vial se ven diferentes procesos los cuales se van adecuando dependiendo de las características que corresponda, en este tipo de vía se utilizaron métodos muy rudimentarios utilizados a nivel nacional. Cada una de las actividades tiene en su estructura unos sub procesos como lo es la extracción de materiales que antes de llegar a la obra pasan por una serie de transformaciones para tener a un producto final.

Para la construcción de la vía (estudio de caso) la cual se divide en tres sectores se llevaron a cabo los siguientes procedimientos como se muestra en la Tabla 13 y se describen en los siguientes numerales.

Tabla 13. Procedimientos de construcción de la vía (estudio caso) dividida en sus tres sectores de construcción.

Fuente: Memorias de cálculo del proyecto

Actividad	Vía urbanización Colinas de Guaquera	Vía urbanización Acacias.	Vía entrada principal urbanización Villa Colina.
Preliminar	X	X	X
Explanaciones 1	X	X	X
Afirmado, sub base y bases	X	X	X
Pavimento flexible	X	X	X
Sardineles y andantes			X
Plan de majeño de tránsito (PMT)			X
Explanaciones 2			X

8.1.1 Vía urbanización Colinas de Guaquera y Vía urbanización acacias.

a) Preliminar

En este capítulo se realiza los estudios preliminares los cuales son base fundamental para el diseño adecuado de las carreteras, ya que esto involucra las condiciones del relieve geográfico, el trazo de la vía que se va a seguir en el diseño de nuestra carretera; esto se lleva a cabo por las actividades de localización replanteo y topografía.

b) Explanaciones 1

El capítulo de explanaciones consta de una limpieza y desmonte del lugar donde se ocupará las obras del proyecto vial y una adecuación del sitio según lo requieran los estudios técnicos para poder llevar a cabo la construcción de la vía. Este se compone de las siguientes actividades: desmonte y limpieza en zonas no boscosas, demolición de estructuras (cabezotes, pocetas de alcantarillas existentes y cunetas), varias excavaciones mecánicas en el material común seco, remoción de derrumbes, terraplenes, mejoramiento de la subrasante con material granular y refuerzo de la subrasante y capas granulares con geomalla.

c) Afirmado, sub base y bases

El capítulo de subbases y bases consiste en suministro, extendida y compactación de material seleccionado para subbase granular (incluye acarreo libre de 5km), también tenemos en cuenta el cuneteo, perfilado y compactación de la banca existente. Trabajo previo a pavimentación el cual tiene la función de darle soporte a las cargas provenientes del tránsito.

d) Pavimento flexible

En este capítulo se mira el suministro e instalación de bordillo prefabricado a-80 el cual se va a utilizar en la construcción de la vía.

8.1.2 Vía entrada principal urbanización Villa Colina.

Además de las actividades anteriores, en este frente se ejecutaron las siguientes:

a) Pavimento flexible

En este capítulo se mira el riego de liga con emulsión asfáltica y la construcción de carpeta asfáltica en caliente, incluye barrido, suministro y compactación (con acarreo libre de 5 km) norma Invias.

b) Sardineles y andenes

En este capítulo involucra excavación manual en material común (incluye retiro) luego se realiza el mejoramiento de piso con material de afirmado compactado con plancha vibradora, incluye acarreo libre de 5 km. Luego se realiza la parte de solado de concreto con espesor $e = 0.05$ m y 14 MPa (2000 PSI); después de esto se hace el relleno arena de peña compactado con plancha vibradora (atraque tubería). Se sigue al paso de sumidero en ladrillo sol 100 y se finaliza con la de los pozos de inspección con un diámetro interior de 1.2 m, $1.0 < h < 1.5$ m.

c) Plan de manejo de tránsito (PMT)

En este capítulo se realizan obras que le brindarán seguridad a los usuarios que se benefician de la vía, donde se encuentran las siguientes actividades: plan de manejo de tráfico, señalización y desvíos.

d) Explanaciones 2

En este capítulo se realiza una revisión topográfica si esta tiene modificaciones, conlleva a movimientos de grandes volúmenes de tierras (excavaciones y relleno) con lo que se cuenta con las siguientes actividades: implementación de señal vial preventiva, tamaño 75x75 según normas Invia (transitoria), suministro paleta plástica pare-siga, instalación de barricada de listones, dotación de señalizador tubular base cono naranja tres reflectivos y cinta de demarcación cal. 3 (rollo 500 m * 0.10 m).

8.2 RESULTADOS OBTENIDOS NORMATIVIDAD AMBIENTAL

Al realizar la evaluación de las políticas ambientales concernientes al sector vial y al contextualizar la historia de estas, se puede evidenciar que cerca de los años 60 inicio la reglamentación con la ley 2 de 1959, la cual dicta normas en lo relacionado a economía forestal y conservación de recursos renovables. Sin embargo, al paso de los años esta ley fue derogada por nuevas leyes, decretos y resoluciones que en la actualidad se encuentran vigentes. En la Tabla 13, se presenta un recuento histórico de las principales políticas ambientales que son pioneras en la preservación del medio ambiente y el desarrollo sostenible en lo que respecta al sector vial. Adicionalmente, se muestra la descripción o dependencia de la normatividad.

Tabla 14. Contexto histórico de las políticas ambientales en el sector vial
Fuente: Políticas ambientales.

Normatividad	Descripción
Ley 2 de 1959	Economía forestal y conservación de recursos renovables

Decreto Ley 2811 de 1974	Regula la gestión ambiental y el manejo de los recursos naturales renovables (agua, bosques, suelos, fauna)
Decreto 1541 de 1978	Concesión e Intervención de cauces o depósitos de agua
Decreto 2655 de 1988	Código de Minas
Decreto 2462 de 1989	Se reglamenta parcialmente el Código de Minas
Numeral 8 del Artículo 95 de la constitución política de 1991	Las personas deben proteger y conservar los recursos culturales y naturales
Artículo 332 de la constitución política de 1991	Los recursos naturales no renovables y el subsuelo son propiedades del Estado
Artículo 79 de la constitución política de 1991	Todas las personas tienen el derecho a un ambiente sano
Artículo 80 de la constitución política de 1991	Planificar el manejo de los recursos naturales para un desarrollo sostenible
Ley 99 de 1993	Crea el ministerio de Medio Ambiente, se organiza el Sistema Nacional Ambiental(SINA)
Artículo 49 de la ley 99 de 1993	Consagra la obligatoriedad de la Licencia Ambiental para la ejecución de obras
Resolución 541 de 1994	Manejo, cargue, descargue y transporte de escombros al depósito final
Decreto 948 de 1995	Permiso para Emisiones Atmosféricas incluido Ruido
Decreto Reglamentario 1791 de 1996	Régimen de aprovechamiento forestal
Ley 373 de 1997	Programa para el uso eficiente y ahorro del agua
Ley 388 de 1997	Ley de desarrollo territorial
Decreto 4741 de 2005	Correlación e identificación de residuos peligrosos en la obra vial
Resolutos 0601 y 0627 de 2006	Normas de calidad del aire y estándares permisibles de niveles de ruido ambiental
Ley 1333 de 2009	Régimen calcinatorio Ambiental
Artículo 57 de la ley 1333 de 2009	Creación del Registro Único de Infractores Ambien tales (RUIA)
Decreto 4728 de 2010	Permisos para Vertimientos al Recurso Hídrico, suelo y alcantarillados
Ley 1382 de 2010	Se fomenta la explotación técnica de los recursos mineros
Ley 1382 de 2010	Licencia Minera y Ambiental para la Explotación de Materiales Pétreos en cantera
Decreto 2820 de 2010	Licencias ambientales
Decreto 3573 de 2011	Se crea la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA)
Ley 1523 de 2012	Se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres
Decreto 2041 de 2014	Licencias ambientales
Decreto 1076 de 2015	Sector ambiente y desarrollo sostenible
Resolución 0443 de 2015	Autoridad de licencias ambientales (ANLA)

En la Figura 14, se muestra una evolución de la normatividad ambiental colombiana aplicada al sector vial, representando las dependencias a las que pertenecían o aun

pertenecen, a continuación, se presenta una descripción de las más importantes.

Establecimiento de políticas de conservación y protección del recurso suelo: inicialmente, se parte de la ley 2 de 1959, la cual tuvo la finalidad de establecer políticas de economía forestal y la conservación de recursos

renovables, seguido se implementaron los decretos 2811, 2655 y 2462 en los años 1974, 1988 y 1989 respectivamente, los cuales hacen referencia al suelo, teniendo en cuenta su explotación y extracción.

Regulaciones, restricciones y sanciones del uso del suelo: Inicialmente se presenta la implementación de la Constitución Política de 1991, esta nos permite los primeros artículos que conlleva derecho a un ambiente sano, sanciones sobre el uso del suelo y algunas infracciones para quienes infrinjan la ley. Por otro, en 1993 nace la ley 99, la cual es una de las leyes más importantes hasta el momento, ya que le dio el inicio al Ministerio del Medio Ambiente, adicionalmente es la que regula la mayoría de procedimientos y requisitos para la construcción de los proyectos de infraestructura en Colombia.

Desarrollo sostenible y licencias ambientales: a inicios del 2010, con la aparición del decreto 2810 y la resolución 0443 de 2015, las licencias ambientales tomaron otro sentido, debido a que se creó la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), la cual es una entidad pública que se encarga de aprobar los proyectos de infraestructura en Colombia por medio de los permisos, los cuales se presentan como documento técnico a los constructores y deben estar ajustadas a las especificaciones de la ley.

Figura 14. Historias de la normatividad ambiental colombiana
Fuente: Normatividad ambiental colombiana aplicada al sector vial



8.3 APLICACIÓN DE LA NUEVA METODOLOGÍA

Al emplear la metodología desarrollada y la caracterización del sistema de procesos se obtuvo un diagrama general de la construcción de la carretera, donde se puede

evidenciar los flujos de materiales que intervienen dentro de cada capítulo de ejecución de la obra. Adicionalmente, se muestra los diferentes sistemas de producción de distintos materiales que hacen parte de la elaboración de la vía y que presentan un alto impacto al medio ambiente en su proceso de transformación.

Tabla 15. Cantidades de materiales utilizados en la construcción

Fuente: Memorias de cálculo del proyecto

DESCRIPCION	UND	CNTD
VIA COLINAS DE GUAQUIRA		
PRELIMINARES		
Localización y replanteo topográfico	KM	0.727
EXPLANACIONES		
excavaciones mecánicas varias en material común seco	M3	2348.36
AFIRMADO, SUB BASE Y BASES		
suministro, extendida y compactación de material seleccionado para subbase granular (incluye acarreo libre de 5km) (**)	M3	1223.10
suministro, extendida y compactación de material seleccionado para base granular (incluye acarreo libre de 5km) (**)	M3	733.83
cuneteo, perfilado y compactación de la banca existente. (trabajo previo a pavimentación)	KM	KM
PAVIMENTACION FLEXIBLE		
Suministro e instalación de bordillo prefabricado a-80	ML	1103.00
VIA URBANIZACION ACACIAS		
PRELIMINARES		
Localización y replanteo topográfico	KM	0.255
EXPLANACIONES		
Excavaciones mecánicas varias en material común seco	M3	654.31
AFIRMADO, SUB BASE Y BASES		
Suministro, extendida y compactación de material seleccionado para subbase granular (incluye acarreo libre de 5km) (**)	M3	304.33
suministro, extendida y compactación de material seleccionado para base granula (incluye acarreo libre de 5km) (**)	M3	228.25
Cuneteo perfilado y compactación de la banca existente. (trabajo previo a pavimentación)	KM	0.255
PAVIMENTACIÓN FLEXIBLE		
Suministro e instalación de bordillo prefabricado a-80	ML	438.00
VIA ENTRADA VILLA CAROLINA		
PRELIMINARES		
Localización y replanteo Topográfico	KM	0.0950

EXPLANACIONES		
Excavaciones mecánicas varía según material común seco, incluye capa menor en asfalto	M3	250.80
AFIRMADO, SUB BASE Y BASES		
suministro, extendida y compactación de material seleccionado para subbase granular (incluye acarreo libre de 5km) (**)	M3	130.62
suministro, extendida y compactación de material seleccionado para base granular (incluye acarreo libre de 5km) (**)	M3	78.37
cuneteo, perfilado y compactación de la banca existente. (trabajo previo a pavimentación)	KM	0.095
PAVIMENTACION FLEXIBLE		
Riego de liga con emulsión asfáltica crl1h	M2	521.83
Construcción de carpeta asfáltica en caliente incluye barrido suministro y compactación (incluye acarreo libre de 5 km) norma Invias (**)	M3	37.09
SARDINELES Y ANDENES		
Suministro e instalación de bordillo prefabricado a-80	ML	190.00
OBRAS DE DRENAJE, PROTECCIÓN Y ESTRUCTURAS		
Excavación manual en material común (incluye retiro)	M3	13.60
Mejoramiento de piso con material de afirmado compactado con plancha vibradora, incluye acarreo libre de 5 km.	M3	1.52
Solado concreto espesor e=0.05mts14mpa (2000psi)	M2	6.26
Relleno arena de peña compactado con plancha vibradora (atraque tubería)	M3	0.84
Sumidero-ladrillo sol 100	UND	2.00
Pozo de inspección, diámetro interior1.2m,1.0< h <1.5m	UN	1.00
PLAN DE MANEJO DE TRANSITO (PMT)		
DOCUMENTO PLANDE MANEJO DE TRANSITO		
Plan de manejo de tráfico, señalización desvíos	UND	1.00
EXPLANACIONES		
Suministro señal vial preventiva, tamaño75x75 según normas Invias (transitoria)	UND	10.00
Suministro paleta plástica pare siga	UND	2.00
Suministro de barricada de listones	UND	2.00
Suministro señalizador tubular base cono naranja tres reflectivos	UND	20.00
(Ref.) cinta de marcación a3(rollo500m*0.10m)	UND	6.00

8.4 RESULTADO DE LA NUEVA METODOLOGÍA

Ya haciendo la metodología común se evaluó la vía (estudio caso) y mirando los diferentes sistemas de producción de materiales que hacen parte de la construcción de la vía y que presentan un alto impacto al medio ambiente en su proceso de transformación; el resultado es que muchos indicadores evaluados no cumplían con el nivel de sostenibilidad, para esto basados en la bibliografía se buscó unas alternativas sostenibles en estos criterios, los cuales están visualizados en las

siguientes categorías Tabla 16, donde ambiental son de color verde, calidad y uso del agua azul, energía rojo y materiales gris.

Tabla 16. Categorías evaluadas
Fuente: Autores

CATEGORÍA AMBIENTAL
CATEGORÍA DE CALIDAD Y USO DEL AGUA
CATEGORÍA DE ENERGÍA
CATEGORÍA DE MATERIALES

8.5 ALTERNATIVAS SOSTENIBLES.

Realizada la evaluación de sostenibilidad en las vías de estudio, se puede considerar que los 50 criterios evaluados de la categoría no cumplen con el nivel de sostenibilidad adecuado. Por esta razón, se hace una revisión bibliográfica de alternativas sostenibles posibles para adaptarlas a cada uno de estos criterios las cuales se presentan en la Tabla 17 lo que nos permitió implementarlas en la calificación de la vía (estudio caso) dándole un nivel de sostenibilidad alto lo cual esto nos ayudaría a implementar esta metodología en más proyectos viales que se lleguen a desarrollar en el país. En el documento anexo se ve la explicación de estos criterios y algunas ventajas y desventajas de las alternativas.

Tabla 17. Indicadores de cada categoría con sus respectivas alternativas sostenibles
Fuente: Autores

Numero de indicador	Nombre del indicador	Alternativas		
		1	2	3
1	Evaluación del impacto ambiental	¿Cómo disminuir la subjetividad de la evaluación del impacto ambiental?	¿Cómo realizar la gestión para la evaluación del impacto ambiental?	Identificar las metodologías nacionales e internacionales avaladas para la evaluación de impactos ambientales respecto a la construcción y mantenimiento de carreteras

2	Evaluación ambiental estratégica	Aplicación de la evaluación ambiental estratégica en planes de construcción de nuevas vías alternativas	Planificación de evaluación estratégica	Evaluación del impacto ambiental estratégico
3	Fragmentación del hábitat/Conectividad ecológica	Pasos de fauna-ecoducto pasos elevados (overpasses)	Barreras para evitar el ruido	Pasos subterráneos (underpasses)
4	Consideraciones especiales para áreas con alto valor ambiental	Implementación de señalizaciones de precaución y cuidado de la fauna, en las vías que atraviesan zonas de alto valor ambiental del departamento de Boyacá.	Sistemas de compensación económica para las vías que atraviesan o se ubican en zonas de alto valor ambiental en el departamento de Boyacá.	Evaluar el posible control de tráfico pesado en las vías que atraviesan las zonas de alto valor ambiental en el departamento de Boyacá.
5	Plan de prevención de la contaminación del agua	Cambio de hábitos domésticos	Mantener espacios abiertos libre de contaminación	Concienciación y educación para evitar la contaminación del agua
6	Análisis del ciclo de vida	Identificación de materiales de larga duración amigables para el medio ambiente para la pavimentación de vías	¿Cómo los factores ambientales abióticos inciden negativamente en la vida útil de las vías?	Evaluación de las diferentes metodologías que pueden ser eficientes para disminuir el impacto ambiental en el ciclo de vida de las vías
7	Reducción del ruido	Control de los límites permisibles ambientales	No permitir la construcción de grandes industrias en zonas residenciales	Proteger la fauna cercana a zonas industriales
8	Calidad de los escurrimientos superficiales/Pre-mención de la contaminación del agua	humedales artificiales	zanjas filtrantes	Adoquines permeables
9	Control de los escurrimientos superficiales	Mantenimiento preventivo como estrategia económica para evitar el deterioro acelerado de las vías del departamento de Boyacá.	Diseño de reservorios de agua lluvia recolectada por escurrimiento superficial en las vías del departamento de Boyacá	Control de aguas superficiales con el uso de humedales artificiales en las vías que atraviesan las zonas de páramo en el departamento de Boyacá.

10	Restauración del hábitat	Qué alternativas son viables para mitigar los impactos negativos que genera la construcción de una vía sobre los hábitats naturales	¿Cuáles son las políticas ambientales que se deben seguir para obtener una mayor restauración en los hábitats naturales?	Identificación de los ciclos ecológicos antes y después de la construcción de la vía para poder reestablecer de la manera más adecuada el hábitat
11	Pavimentos permeables	Construcción de pavimentos permeables en áreas poco transitadas para ayudar con el desagüe de las aguas producto de escorrentía.	Implementación de suelos impermeables verdes con el fin de proporcionar un doble uso, mientras se puede caminar por ellos se garantiza la filtración del agua, para no provocar encharcamiento.	Utilización de suelos permeables en lugares donde el suelo no tenga buena filtración de agua, para que no se tengan problemas de inundaciones.
12	Pavimento en frío	Pavimento bituminoso en frío	Rehabilitación de pavimentos asfálticos mediante el fresado y reciclado en frío	Reciclado in situ en frío de pavimentos empleando emulsiones asfálticas
13	Paisaje/Visitas escénicas	Construcción de miradores y paraderos en zonas de valor escénico en las vías del departamento de Boyacá	Proyectos de recuperación paisajística en carillones y terrazas elaboradas en la construcción de vías del departamento de Boyacá	Diseño de barreras vivas como alternativa para la reducción de ruido en las zonas aledañas a vías departamentales.
14	Manejo del agua pluvial	Sistema de recuperación	Agua pluvial para lavar ropa	Mitiga efecto erosionado
15	Uso de energía alterna	Análisis de viabilidad para la inclusión de energías alternativas en una vía	¿Cuáles son las diferentes alternativas de energías que son más viables en la generación vial?	Normatividad respecto a la utilización de energías alternativas en la construcción de vías
16	Capacitación ambiental	Gestión ambiental relacionada con las obras de infraestructura vial	Plan de manejo ambiental en construcción de vías	Buenas prácticas para carreteras ambientalmente amigables

17	Protección de la fauna	Diseño de corredores biológicos subterráneos, como alternativa para la reducción en los índices de atropellamiento animal en las vías departamentales.	Diseño de reductores de velocidad en vías que se ubican en zonas de vida o de alto valor ambiental.	Centro de rehabilitación para especies endémicas afectadas por las construcciones de vías en el departamento de Boyacá.
18	Análisis del costo del ciclo de vida	Reciclar	Reutilizar	Reducir
19	Formación ambiental	Implementación de sanciones económicas a los encargados de las obras viales por la no aplicación de la formación ambiental al equipo de trabajo.	Evaluación de la eficiencia de la <i>“guía ambiental para las actividades de construcción, mejoramiento, rehabilitación y mantenimiento de la infraestructura vial”</i>	Análisis de los conocimientos impartidos en las universidades en cuanto a la formación ambiental para la construcción de obras como vías
20	Sistema de gestión de la calidad	¿Cómo realizar un sistema de gestión de la calidad con materiales y procesos amigables con el medio ambiente?	¿Cuáles son los principios que deberían ser indispensables para los sistemas de gestión de calidad?	Análisis de la calidad de las carreteras hechas con materiales reciclables (llantas) en comparación con las carreteras hechas con asfalto y concreto
21	Equilibrio de movimiento de tierras	Maquinaria ideal para excavaciones y movimiento de terrenos específicos	Biocombustibles para maquinaria pesada	Campaña de prevención e higiene de movimiento de tierras
22	Garantía del contratista	Contrato seguro	Fiducia mercantil de garantía	Garantías bancarias o cartas de crédito stand voy
23	Uso de materiales locales	Construcción de placa en concreto hidráulico	Caucho granulado como agregado	Plástico granulado como agregado
24	Pavimentos de larga duración	Pavimentos flexibles con adición de llantas trituradas	Derrabadas	Pavimentos rígidos (en concreto)
25	Planeación en el contexto	Plantas y seguridad	Agricultura y transporte de la mano	Planeación de mitigación de energía

26	Mejores prácticas para el mantenimiento carretero y la preservación de la infraestructura	Prácticas de reducción de recursos naturales para procesos de conservación vial	Gestión de residuos generados por el mantenimiento y conservación vial, para el aprovechamiento y reciclaje de estos.	Elaboración y utilización de herbicidas naturales en prácticas de mantenimiento de vías
27	Eficiencia energética	Asfalto radiante	Asfalto radiante	La utilización de vehículos eficientes

28	Seguimiento del desempeño de pavimentos	Desempeño de pavimentos estabilizado con asfalto espumado en una prueba de pavimentos a escala real y carga acelerada	Modelo de evaluación técnica del desempeño del mantenimiento de pavimentos flexibles	Metodología basada en el hdm-4 para la selección de metas de desempeño en la red federal de carreteras
29	Pavimento silencioso	Comparación de diversidad de aves en la construcción de vías por el método convencional y por el del asfalto silencioso	Identificación de cuáles son las ventajas que se debe considerar para el uso del pavimento silencioso	Análisis de diferentes técnicas que permitan controlar el ruido que emiten los carros que transitan por las carreteras
30	Contaminación lumínica	Implementación de lámparas poco contaminantes y sensores de movimiento para disminución de consumo de energía lumínica en vías residenciales.	Aprovechamiento de luz natural y orientación adecuada de puntos de iluminación en jornadas nocturnas.	Implementación de lámparas monocromáticas en puntos estratégicos
31	Reducción de emisiones vehiculares	Purificador de emisiones vehiculares	Biocombustibles	Gasolina y diésel de bajo azufre: la clave para disminuir las emisiones vehiculares
32	Movilidad peatonal	Ciclovías	Zonas verdes	Andenes verdes
33	Movilidad para vehículos de alta ocupación	Sistema Davao de la compañía Indra	Sensores para calcular la demanda	Control de tráfico centralizado
34	Movilidad para ciclistas	Construcción de ciclovías con materiales reciclables	Generación de mayor movilidad ciclista en las ciudades	Análisis del número y calidad de ciclo rutas en relación al número y calidad de vías a nivel nacional
35	Inventario del ciclo de vida	Construcción de vías sostenibles	Carreteras estabilizadas con polímeros	Estudio de efectos ambientales de la construcción de carreteras
36	Plan de control de calidad	Auditorías	Materiales de excelente calidad	Plan de seguimiento y monitoreo ambiental

37	Plan de manejo de residuos	Andenes o ciclo vías de plástico	Programa basura cero	Programa de capacitación visual
38	Análisis hidrológico	Modelación hidrológica para la viabilidad de la construcción de vías.	Evaluación de las variables climatológicas para la construcción de una vía	Mejora de las técnicas de drenaje en las carreteras
39	Sistema de gestión ambiental	Gestión ambiental en obras de infraestructura	Cobre señalización y seguridad vial	Propuesta e implementación de un plan de manejo ambiental, basado en la norma uso 14001, para una empresa de construcción de obras civiles: proyecto de carreteras, para la optimización de recursos"
40	Plan de reciclaje	Modelo de gestión de redes de distribución con fuentes convencionales y de generación distribuida	Implementar un plan de recolección y reciclaje de residuos sólidos en la comunidad como proyecto sustentable y de acción social para generar materia prima destinada a las pequeñas y medianas empresas	Incentivar a los estudiantes a la creación de empresas a través de la recolección y comercialización de residuos sólidos inorgánicos
41	Reducción del consumo de combustibles fósiles	Viabilidad del uso de energías renovables como fuente de energía de maquinaria pesada	Cuáles son las diferentes alternativas de energía sostenible para disminuir el consumo de combustibles fósiles	Análisis de viabilidad de la implementación de incentivos por la utilización de combustibles eco amigables
42	Reducción de emisiones en la pavimentación	Las carreteras controlan su huella de carbono	Prevención en utilización de nuevos materiales	Reutilización de materiales
43	Mezclas asfálticas tibias (WMA)	Comportamiento de una mezcla asfáltica tibia fabricada en una planta de asfalto	Diseño de mezcla asfáltica tibia a partir de la mezcla de asfalto y aceite crudo de palma	Aplicación de mezclas asfálticas tibias en México

44	Registro del uso del agua en la construcción	Desarrollar un programa para el uso eficiente del agua de una obra de construcción vial.	Establecer valores estándares de uso del agua en las construcciones de vías del país.	Desarrollar una metodología y formatos estándares para el registro del agua usada en la construcción; con las debidas sanciones por la no implementación.
45	Vegetación nativa	Políticas ambientales donde se establecen que especies nativas protege y cuida la ley	Uso de plantas nativas para la rehabilitación de bosques que se perdieron por alguna actividad humana.	Implementación de estrategias para la conservación y la restauración de ecosistemas
46	Preservación de sitios históricos	Fomentar la preservación histórica	El proyecto de conservación integral del patrimonio	Recuperación y revalorización de lugares históricos medievales de los siglos si y tv para una mayor comprensión de la formación de diferentes países europeos
47	Seguimiento del desempeño de pavimentos	Desempeño de pavimentos estabilizado con asfalto espumado en una prueba de pavimentos a escala real y carga acelerada	Modelo de evaluación técnica del desempeño del mantenimiento de pavimentos flexibles	Metodología basada en el hdm-4 para la selección de metas de desempeño en la red federal de carreteras
48	Mantenimiento de la superficie carretera	Materiales alternativos para el mantenimiento carretero teniendo en cuenta la preservación de la infraestructura	Evaluación de cuáles son los parámetros que se deben seguir para la conservación de la infraestructura carretera	Efectividad de los mantenimientos preventivos para la preservación de la infraestructura vial
49	Sumideros de carbono y óxidos de nitrógeno	Implementación de estrategias de protección contra la flora cercana a las zonas de explotación de carbono, ya que son muy importantes para la recepción del dióxido de carbono.	Plantación de flora en los lugares de explotación de carbono que no cuenten con flora, para la recepción del dióxido de carbono.	Medidas necesarias para el control de óxidos de nitrógeno, ya que son unos grandes actores del cambio climático y el efecto invernadero.

50	Auditoría de seguridad vial	Diseño o mejoramiento del manual de auditoría de seguridad vial para su aplicación obligatoria en Colombia.	Analizar la importancia que le da el estado a la realización de las auditorías de seguridad vial	Implementar sanciones económicas a las obras viales y vías en general que no se les realice las auditorías de seguridad vial periódicas
----	------------------------------------	---	--	---

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Colombia no cuenta con un sistema de indicadores que evalúen la sostenibilidad en carreteras, y las nuevas disposiciones globales nos piden un adecuado manejo ambiental, económico y social. Con esta herramienta queremos contribuir a usar la sostenibilidad, no como una obligación, sino como un sistema de buenas prácticas, el cual se conoce como desarrollo sostenible.

Con el sistema de evaluación que se diseñó podemos medir la sostenibilidad, pues los fundamentos ambientales, económicos y sociales; están integrados en el sistema.

Este sistema de evaluación para carreteras sostenibles nos da la oportunidad de no solo evaluar el consumo de materiales; sino también los residuos, el gasto energético, nuevas tecnologías y otros aspectos que nos permiten innovar y desarrollar nuevas obras anexas que mejoren el ciclo de vida de la infraestructura.

Por medio de los indicadores podemos evaluar el impacto al entorno natural de la zona de influencia de la carretera; los cuales miden y evalúan los daños potenciales generados por estas obras; con estos indicadores determinamos el impacto generado a lo largo del tiempo en su ciclo de vida.

Se podría llegar a sugerir al gremio de la construcción el replantear la norma para integrar y ampliar los conceptos y definiciones de las opciones de sostenibilidad para que el medio las conozca. La evolución de sostenibilidad en carreteras en Colombia es muy baja y se hace necesario involucrar todos los procesos que hacen parte de la construcción de una vía en la implementación de la metodología. Es decir, analizar el comportamiento de los materiales a lo largo de su vida útil, lo cual genera un plan de acciones de reutilización o tratamiento de estos.

Por medio de este sistema podremos verificar las buenas prácticas en todas las fases del ciclo de vida de la carretera, esto nos lleva hacia una construcción más sostenible que en ocasiones con un esfuerzo consciente de la situación global, influye en una protección de nuestro futuro y del planeta que heredamos y que ahora transferimos a nuestros sucesores.

Teniendo presente los desarrollos en pavimentos sostenibles, como lo son pavimentos de larga duración, pavimentos reciclados y mezclas calientes con caucho; donde se destaca los beneficios generados al medio ambiente y menores costos. Podemos promover de manera masiva el uso de estas tecnologías.

Para futuras investigaciones sobre este tema, se recomienda añadir un mayor número de indicadores para ir mejorando en los criterios evaluados. Así mismo, que

se profundice en nuevas tecnologías que se estén desarrollando e implementando y soportes técnicos para tener una evaluación más estricta.

Este trabajo es un avance en el desarrollo de carreteras sostenibles en Colombia, de igual forma espera que en el futuro se perfilen investigaciones de este tema.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ASAMBLEA NACIONAL CONSTITUYENTE. 1991. Bogotá, 1991. Constitución Política de Colombia

ALCÁNTARA, Escudero. Restauración de hábitats. 2002. Artículo de investigación. Revista Ecosistemas

Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA. Resolución 0443 de 2015. Bogotá, 2015.

Banco Mundial. Infraestructura en América Latina y el Caribe: Nuevo motor de crecimiento. Recuperado. {En línea}. {2017} disponible en: (<http://www.bancomundial.org/es/news/infographic/2017/04/13/infraestructura-en-América-latina-y-el-caribe-nuevo-motor-de-crecimiento>)

CLAVIJO, H; ÁLZATE, M Y MEZA L. Análisis del sector de infraestructura en Colombia. PMI Bogotá Colombia Captar. {En línea}. {2015} disponible en: (<http://www.pmicolombia.org/wp-content/uploads/2015/06/PMIBogota-Analisis-sobre-el-sector-de-infraestructura-en-Colombia.pdf>)

CLAVIJO, S; VERA, N Y VERA A. La inversión en infraestructura en Colombia 2012-2020. {En línea}. {2015} disponible en: (<http://www.cvc.com.ve/docs/2016219124559Inversion%20en%20infraestructura%20Colombia%202013-2020.pdf>)

COPINA, M. V. Fragmentación de hábitats: Problemática, indicadores y soluciones. Territorio Geo innova - SIG y Medio Ambiente. {En línea}. {15 de marzo 2019} disponible en: (<https://geoinnova.org/blog-territorio/fragmentacion-de-habitats/>)

CORREIA, M. Teoría de la conservación y su aplicación al patrimonio en tierra. Apuntes: Revista de Estudios sobre Patrimonio Cultural - Jornal o Cultural Hermitage Studies, 20(2), 202-219.

DÍAZ, V; SANZ, S. Reducción de emisiones de dióxido de carbono en el sector automovil. 6. 2009.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Proyectos viales bajo el esquema de asociaciones público privadas: cuarta generación de concesiones viales. Bogotá. 2013. Documento CONPES. Consejo Nacional de Política Económica y Social República de Colombia.

EDUARDO, JOSÉ. Esguerrimiento e infiltración [Ingeniería]. {En línea}. {15 de marzo 2019} disponible en: (<https://es.slideshare.net/3duardoJose/3-esguerrimiento-e-infiltracin>)

ESCOBAR LLANOS, J. La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. 2002. CEPAL, División de Recursos Naturales e Infraestructura.

ESPINOSA, M. Pavimentos permeables como alternativa de drenaje urbano. 90. 2011.

EDIL, TB. Construcción de carreteras, infraestructura, transporte ambiental y económicamente sostenible. {En línea}. {15 de marzo 2019} disponible en: (<http://rmrc.wisc.edu/wp-content/uploads/2012/09/BEST-for-Colorado.pdf>)

FAY M; MORRISON M. Infraestructura en américa latina y el caribe acontecimientos recientes y desafíos principales. Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/Banco Mundial. Bogotá, Colombia.

Federal Highway Administration (FHWA). Table HM12 Public Road Length, Miles by Type of Surface and Ownership/Functional System, National Summary. Highway Statistics 2013.

Federal Highway Administration (FHWA). Life Cycle Assessment of Pavements. (2014)

Federal Highway Administration (FHWA). Life Cycle Assessment of Pavements (2014).

Federal Highway Administration (FHWA) En línea {Abril 29, 2015} disponible en: <http://www.fhwa.dot.gov/infrastructure/materialsgrp/flyash.htm>

FHWA (2012a). INVERTIR [documento WWW]. UR <https://www.sustainablehighways.org/1/home.html>

FHWA (2012b). INVEST- [document WWW] URL <http://mp125118.cdn.mediaplatform.com/125118/wc/mp/4000/5592/5599/18858/Archive/default.htm?ivt=%7B6d0eccff-4ff1-bba1-c102-d80de1a4a7f5%7D>

Gambaste, JA. Construcción de carreteras sostenibles: consumo de energía y generación de residuos materiales de Caminos. *Congreso de Investigación de la Construcción* 183. (2005)

Gaviria P. Diseño de un sistema de indicadores de sostenibilidad como herramienta en la toma de decisiones para la gestión de proyectos de infraestructura en Colombia. Trabajo de Grado. Universidad EAFIT.

Green Glover sostenibilidad. La contaminación lumínica, un problema cada vez más visible | Compromiso Empresarial. En línea {04-2018} disponible en: <https://www.compromisoempresarial.com/rsc/2018/04/la-contaminacion-luminica-un-problema-cada-vez-mas-visible/>

Green Streets and Highways (pigs. 495-503) 2010.

GreenRoads Foundation. Final Review Results – Bagboy Street Reconstruction Project: Houston, TX. October 16, 2013.

GreenRoads Foundation. GreenRoads Errata. October 7, 2013.

GreenRoads Foundation. GreenRoads Project Directory – Filter for: Bronze Certified. En línea {abril 15 2014} disponible en: <https://www.greenroads.org/1679/bronze-certified.html> Accessed

Greenroads Foundation. Greenroads Project Directory – Filter for: Texas. En línea {Oct.20, 2014.} disponible <https://www.greenroads.org/1679/state-TX.html> Accessed on April15,2014.

GreenRoads Foundation. Todd Lane Improvements Version 1.5 Pilot Project. June 2, 2014.

GreenRoads Foundation. GreenRoads Errata. En March 10, 2015.

GreenRoads. GreenRoads Abridged Manual v1.5 [document WWW]. URL disponible en: <http://www.greenroads.org/1/home.html>

Gregory J Material Flow Analysis. Recuperate de:
<https://ocw.mit.edu/courses/engineering-systems-division/esd-123j-systems-perspectives-on-industrial-ecology-spring-2006/lecture-notes/lec14.pdf>

Guevara-Martínez, F. análisis y ejecución de movimiento de tierras en una obra empleando el diagrama de curva masa.

IDOT y IJSG I-Las - Guía y sistema de clasificación de transporte sostenible y habitable de Illinois disponible en: <http://www.dot.state.il.us/green/documents/I-LASTGuidebook.pdf>

Heider, M. Investigación y clasificación de pavimentos silenciosos de hormigón. Carreteras: Revista técnica de la Asociación Española de la Carretera, 176, 40-52.
Henao, J. C. S. Interventoría de proyectos y obras. Universidad Nacional de Colombia.

Hugues, R. T., & Hugues, R. T. La captación del agua de lluvia como solución en el pasado y el presente. Ingeniería Hidráulica y Ambiental, 40(2), 125-139.
Infraestructura-legiscomex/colombia-apuesta-modernizar-infraestructura-legiscomex.asp? Consecución

International Organization for Standardization. ISO 14040: 2006(E) Environmental INVIAS. (2016). Objetivos y Funciones. Recuperado de: <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/objetivos-y-funciones>
Ramírez A. (2015). Inversión en infraestructura vial y su impacto en el desarrollo económico: Un análisis al caso Colombia (1993-2014). Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia.

INVIAS. Reciclado del pavimento, una técnica viable y económica para las vías. {En línea}. {6 de septiembre 2012} disponible en: <https://www.invias.gov.co/index.php/sala/noticias/831-reciclado-del-pavimento-una-tecnica-viable-y-economica-para-las-vias>

ISI. Instituto de Infraestructura Sostenible: En visión Rating Sistema. {En línea}. {2012} disponible en: <http://www.sustainableinfrastructure.org/index.cfm>.

Jerónimo vida manzano. (PDF) Planes de acción contra el ruido para el control y gestión sostenible de la contaminación acústica urbana. En línea {2013, octubre}

disponible en:
[https://www.researchgate.net/publication/264166615 Planes de accion contra el ruido para el control y gestion sostenible de la contaminacion acustica urbana.](https://www.researchgate.net/publication/264166615_Planes_de_accion_contra_el_ruido_para_el_control_y_gestion_sostenible_de_la_contaminacion_acustica_urbana)

Jorge prefiere ¿Cómo se hace un Plan de Control de Calidad? - Artículo en línea {2005, noviembre 10}. Disponible en http://www.portalcalidad.com/articulos/53-como_hace_plan_control_calidad

Katzian S. Material Flow Analysis as a Tool for Sustainable Management of the built environment, 2013

Knuth, D. y Forman, JEI desarrollo de I-LAST Illinois: transporte habitable y sostenible, 2011

Kogan J. y Bondorevsky D. Latín América Development Infrastructure. Economía y desarrollo, 2016. vol.156 no.1.

Kristjansdottir, O. Warm mix asphalt for cold weather paving. Thesis (M.S.C.E.), 2006.

Lardé J. La Inversión en infraestructura en América Latina y el Caribe, CEPAL Naciones Unidas, 2016.

Legis Comex. (2013) Colombia le apuesta a modernizar su infraestructura vial. Recuperado de: <https://www.legiscomex.com/BancoConocimiento/C/colombia-apuesta-modernizar-Lamina>, N. R., & Aja, A. H. (2010). Análisis del ciclo de vida. <http://habitat.aq.upm.es/temas/a-analisis-ciclo-vida.html>

Mario molina Reducir consumo de combustibles fósiles para reducir emisiones de CO₂: Mario Molina en línea {2019, junio 20}. disponible en <https://energiahoy.com/2019/08/20/reducir-consumo-de-combustibles-fosiles-para-reducir-emisiones-de-co2-mario-molina/>

M.M. Ordoñez Díaz, L.C. Meneses Silva. Criterios de sostenibilidad en el subsector vial. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 25 (2), pp. 81 – 98, 2015.

Management – Life Cycle Assessment – Requirements and Guidelines. 1st ed. Geneva.

Milachowski C. Stengel T. Gehlen C. (a disconnection) Life cycle assessment for road construction and use. Europea concrete pavón asociación (EUPAVE)

Ministerio de minas y energía de Colombia. (1988). Decreto 2655 de 1988.
Congreso de la República de Colombia. (1997). Ley 388 de 1997.

Ministerio de Transporte de Colombia. (año desconocido). ¿Qué es el Ministerio de Transporte? Disponible en [:https://www.mintransporte.gov.co/mintraninos/Publicaciones/que es el ministerio de transporte](https://www.mintransporte.gov.co/mintraninos/Publicaciones/que_es_el_ministerio_de_transporte)

Ministerio de Transporte-Instituto Nacional de Vías. Guía Ambiental para las actividades de Construcción, Mejoramiento, Rehabilitación y Mantenimiento de la Infraestructura Vial Colombiana. Bogotá D.C, 2013.

Muñoz W. Concesiones viales en Colombia. historia y desarrollo. 2002.

Naciones Unidas. Población {En línea}. {2018} disponible en: [http://www.un.org/es/sections/issues- Depth/Population/index.html](http://www.un.org/es/sections/issues-Depth/Population/index.html).

Opinión, D. Uso de materiales locales, clave para la construcción. La Opinión. En línea {2019, julio 27}. Disponible en <https://www.laopinion.com.co/economia/uso-de-materiales-locales-clave-para-la-construccion-181234>

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, ONUDI (Año desconocido). Análisis del flujo de materiales. Disponible en: http://www.unido.org/fileadmin/import/71402_3Slides.pdf

Orozco, J. F. R., & Briceño, E. F. Mejoramiento de la movilidad peatonal y espacio público en el sector centro de la ciudad de Bucaramanga. 45, 2010.

Padilla, A. C. C., & Tovar, D. A. C. Análisis de los métodos de reciclaje en caliente y frío aplicados a concreto asfáltico, para la utilización en carpeta de rodadura en vías terciarias entre los años 2011-2017 en Colombia. 20, 2019.

Puentes, D. R. G., & Quiñonez, F. E. M. las garantías constitucionales del particular – contratista frente a la derogatoria del aparte del inciso 2 del artículo 3o de la ley 80 de 1993. 71. 2012.

Repolle M. Ríos R. Porter C. Tao W. Lanerillo M. Nutt G. Estrategias de mitigación y métodos para la estimación de las emisiones de gases efecto invernadero en el sector transporte. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). 2013.

Revista ARQHYS.com Historia de las carreteras. {En línea}. {Desconocido} disponible en: <http://www.arqhys.com/contenidos/carreteras-historia.html>.

Stipple H. Life Cycle Assessment of Road a Pilot Study for Inventory Analysis. Reporte. Seis Nacional Road Administración, 2011.

TFM_Virginia_Diaz_de_la_Cruz. {En línea}. {3 de junio de 2020} disponible en: https://eprints.ucm.es/38292/1/TFM_Virginia_Diaz_de_la_Cruz%20%281%29.pdf