

**EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE LOS PROCESOS
CONSTRUCTIVOS DE PROYECTOS VIALES, ESTUDIO DE CASO: VÍA
TIMBÍO – PAISPAMBA, MUNICIPIO DE SOTARÁ, DEPARTAMENTO DEL
CAUCA**

**FABIÁN ANDRÉS PIRACOCA CONTRERAS
MIGUEL ÁNGEL SARMIENTO SARMIENTO**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SECCIONAL TUNJA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
TUNJA
2017**

**EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE LOS PROCESOS
CONSTRUCTIVOS DE PROYECTOS VIALES, ESTUDIO DE CASO: VÍA
TIMBÍO – PAISPAMBA, MUNICIPIO DE SOTARÁ, DEPARTAMENTO DEL
CAUCA**

**FABIÁN ANDRÉS PIRACOCA CONTRERAS
MIGUEL ÁNGEL SARMIENTO SARMIENTO**

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIEROS CIVILES

**DIRECTOR: ING. CAMILO ANDRÉS LESMES FABIÁN
ING. JUAN RICARDO PÉREZ CUERVO**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SECCIONAL TUNJA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

TUNJA

2017

Nota de aceptación

Firma del jurado

Firma del jurado

Tunja, 29 de Agosto de 2017

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: Libardo Piracoca y María Contreras; Miguel Sarmiento y Nidia Sarmiento pues ellos fueron los que siempre brindaron su apoyo incondicional para que este proyecto se hiciera realidad.

Agradecemos al ingeniero Camilo Lesmes Fabián, quien por medio de su gran conocimiento, nos guio, orientó y animó en el proceso este proyecto. Además de darnos a entender la verdadera razón de investigar.

Agradezco a la ingeniera Lina María por el ánimo que me brindo y por los conocimientos brindados de su gran experiencia.

INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	13
2. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	15
2.1. Infraestructura a nivel mundial.	15
2.2. Infraestructura en Latinoamérica.	18
2.3. Infraestructura en Colombia.	21
2.3.1 Plan de inversión en vías de cuarta generación (4G).	23
2.3.2 Instituciones a cargo de los proyectos viales en Colombia.	24
2.3.3 Red vial en Colombia	25
3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	27
4. JUSTIFICACIÓN	28
5. OBJETIVOS	29
5.1. Objetivo General	29
5.2. Objetivos Específicos	29
6. ESTADO DEL ARTE	30
7. MATERIALES Y MÉTODOS	34
7.1. Identificación de los procesos que intervienen en la construcción del proyecto vial.	34
7.2. Análisis de flujo de materiales (AFM)	35
7.3. Análisis del ciclo de vida (ACV)	36
7.4. Identificación de la normatividad ambiental	37
7.5. Evaluación de sostenibilidad	38

7.5.1 Metodología Green LITES	39
8. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	43
9. RESULTADOS	44
9.1. Caracterización del sistema de procesos del proyecto vial	44
9.1.1 Explanaciones	44
9.1.2 Subbases y bases	45
9.1.3 Pavimentos asfálticos	45
9.1.4 Estructuras y drenajes	45
9.1.5 Señalización y control de tránsito	45
9.1.6 Obras varias	46
9.1.7 Transportes	46
9.1.8 Obras no previstas	46
9.2. Resultados obtenidos al aplicar la metodología AFM	46
9.3. Resultados obtenidos al aplicar la metodología ACV	50
9.3.1 Subbase granular	50
9.3.2 Base granular	51
9.3.3 Mezcla densa en caliente (MDC-2)	51
9.3.4 Cemento	52
9.3.5 Arena	52
9.3.6 Grava	53
9.3.7 Acero	53
9.3.8 Concreto	54
9.3.9 Pintura	55
9.3.10 Tubería PVC	55
9.4. Distribución porcentual aplicada en diferentes aspectos	56
9.4.1 Volumen de material requerido para cada actividad en el	56

capítulo de explanaciones	
9.4.2 Volumen de material requerido para cada actividad en el capítulo de estructura de pavimento	57
9.4.3 Volumen de material requerido para cada actividad en el capítulo de estructuras en concreto	58
9.4.4 Volumen de material transportado en el capítulo de transporte de material de explanación	59
9.4.5 Volumen de emisiones de CO2 en la producción de materiales empleados en la construcción de la vía	60
9.5. Resultados obtenidos identificación de la normatividad ambiental	61
9.6. Resultados de la evaluación de la sostenibilidad	64
9.6.1 GreenLITES de Diseño	65
9.6.2 Aplicación de la metodología GreenLITES para la planificación sostenibles	78
10. DISCUSIÓN	84
11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	85
12. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	86
13. ANEXOS	92

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Proyección de la población mundial (World Population Prospects)	15
Figura 2. Proyección de carreteras pavimentadas para los próximos años (IEA, 2013)	16
Figura 3. Emisiones de CO2 en diferentes sectores (IEA, 2016).	17
Figura 4. Inversión en infraestructura (Mckinsey, 2013 y Calderón y Servén, 2010)	18
Figura 5. Kilómetros de vías pavimentadas por cada 1000 habitantes (CEPAL, 2004)	19
Figura 6. Emisiones de CO2 de diferentes sectores en Latinoamérica (AIE, 2011)	20
Figura 7. Inversión en infraestructura como porcentaje del PIB (ANIF, 2013)	21
Figura 8. Instituciones del estado de infraestructura vial (Andrés Ramírez, 2015)	24
Figura 9. Red vial en Colombia (Ministerio de transporte)	25
Figura 10. Entradas, salidas y flujos del proceso de construcción de una vía.	35
Figura 11. Análisis del ciclo de vida de una vía	36
Figura 12. Representación del flujo de materiales para la construcción del proyecto vial	48
Figura 13. ACV del proceso “Subbase Granular” y cuantificación de entrada y salidas de materiales del sistema de subbase granular empleada en el proyecto	49
Figura 14. ACV del proceso “Base Granular” y cuantificación de entrada y salidas de materiales del sistema de base granular empleada en el proyecto	50
Figura 15. ACV del proceso “Mezcla densa en caliente” y cuantificación de entrada y salidas de materiales del sistema de mezcla densa en caliente empleada en el proyecto	50

Figura 16.	ACV del proceso “Cemento” y cuantificación de entrada y salidas de materiales del sistema de cemento empleado en el proyecto	51
Figura 17.	ACV del proceso “Arena” y cuantificación de entrada y salidas de materiales del sistema de arena empleada en el proyecto	51
Figura 18.	ACV del proceso “Grava” y cuantificación de entrada y salidas de materiales del sistema de grava empleada en el proyecto	52
Figura 19.	ACV del proceso “Acero” y cuantificación de entrada y salidas de materiales del sistema de acero empleado en el proyecto	52
Figura 20.	ACV del proceso “Concreto” y cuantificación de entrada y salidas de materiales del sistema de concreto empleado en el proyecto	53
Figura 21.	ACV del proceso “Pintura” y cuantificación de entrada y salidas de materiales del sistema de pintura empleada en el proyecto	54
Figura 22.	ACV del proceso “Tubería PVC” y cuantificación de entrada y salidas de materiales del sistema de tubería PVC empleada en el proyecto	54
Figura 23.	Distribución porcentual del material utilizado en la explanación	56
Figura 24.	Distribución porcentual del material utilizado en la estructura de pavimento	57
Figura 25.	Distribución porcentual del concreto utilizado en el capítulo de estructuras	58
Figura 26.	Distribución porcentual del volumen de material transportado	59
Figura 27.	Distribución porcentual en las emisiones de CO2 por parte de los materiales empleados en obra	60
Figura 28.	Historia de la normativa ambiental colombiana	63
Figura 29.	Puntajes obtenidos en la categoría Sitios Sostenibles (S)	73
Figura 30.	Puntajes obtenidos en la categoría Materiales y Recursos (M)	74
Figura 31.	Puntajes obtenidos en la categoría Energía y Atmosfera (E)	75
Figura 32.	Puntajes obtenidos en las 5 categorías que conforman Green LITES Diseño	77

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Metodologías de sostenibilidad en vías (Ordóñez y Meneses, 2015)	40
Tabla 2. Cantidades de material para ser utilizados en la construcción de la vía	49
Tabla 3. Consumo de material en el capítulo de explanaciones	58
Tabla 4. Consumo de material en el capítulo de estructura de pavimento.	59
Tabla 5. Consumo de material en el capítulo de estructuras.	60
Tabla 6. Volumen de material en transportado a la zona de deposito	61
Tabla 7. Emisiones de CO2.	62
Tabla 8. Contexto histórico de las políticas ambientales en el sector vial	64
Tabla 9. Puntuación categoría Sitios Sostenibles (S), Selección de Alineación (S-1), Contexto Soluciones Sensibles (S-2)	67
Tabla 10. Puntuación categoría Sitios Sostenibles (S), Planificación de uso de la Tierra/Comunidad (S-3) Proteger, mejorar o restaurar hábitat de vida silvestre (S-4)	68
Tabla 11. Puntuación categoría Sitios Sostenibles (S), Proteger, Plantar o Mitigar para la Remoción de Árboles y Comunidades de Plantas (S-5); categoría Calidad de Agua (W), Gestión de Aguas Pluviales (W-1), Mejores Prácticas de Manejo (W-2)	69
Tabla 12. Puntuación categoría Materiales y Recursos (M), Reutilización de Materiales (M-1)	70

Tabla 13.	Puntuación categoría Materiales y Recursos (M), Contenido Reciclado (M-2) y Materiales Locales (M-3), Las Técnicas de Bioingeniería (M-4) y Minimización de Materiales Peligrosos (M-5)	71
Tabla 14.	Puntuación categoría Energía y Atmosfera (E), Flujo de Tráfico Mejorado (E-1), Reducir el consumo eléctrico (E-2)	72
Tabla 15.	Puntuación categoría Energía y Atmosfera (E), Reducir el consumo de petróleo (E-3), Mejorar las instalaciones para bicicletas y peatones (E-4)	73
Tabla 16.	Puntuación categoría Energía y Atmosfera (E), Mejorar las instalaciones para bicicletas y peatones (E-4), Reducción del ruido (E-5), Reducción de la luz artificial (E-6)	74
Tabla 17.	Puntuación categoría Innovación/No listado (I), Innovación (I-1), No listados (I-2) Y manual de diseño de carreteras NYCDOT (I-3)	75
Tabla 18.	GreenLITES. Resumen de Calificación de la Sostenibilidad Ambiental del Diseño del Proyecto	75
Tabla 19.	Puntajes obtenidos en la categoría Calidad de Agua (W).	77
Tabla 20.	Puntajes obtenidos en la categoría Innovación/No listado (I)	79
Tabla 21.	GreenLITES plan integral local	80
Tabla 22.	GreenLITES principios de habitabilidad	81
Tabla 23.	GreenLITES protección y mejoramiento del medio ambiente	82
Tabla 24.	GreenLITES vitalidad económica e impactos ambientales	82

RESUMEN

En los últimos 60 años la población mundial ha tenido un aumento significativo en las grandes urbes, lo cual es un factor importante para la planificación y construcción de nuevos espacios y servicios para el abastecimiento de las nuevas generaciones. Esta problemática afecta principalmente tres sectores: ambiental, económico y social, los cuales son protagonistas del desarrollo sostenible. El siguiente trabajo consiste en realizar la evaluación de la sostenibilidad de los procesos constructivos del proyecto vial denominado: Construcción de pavimento flexible en la vía Timbío – Paispamba, Municipio de Sotará, Departamento del Cauca, desde el punto de vista ambiental, social y económico, enfocado en la problemática actual sobre la construcción de nuevos proyectos de infraestructura vial en Colombia y los altos índices de impactos ambientales negativos que estos generan.

Inicialmente se propone hacer la caracterización del sistema, el cual estará guiado por los procesos constructivos en la fase de ejecución de la vía, y se determinará mediante las metodologías: Análisis de Flujo de Materiales (AFM), y Análisis del Ciclo de Vida de los materiales (ACV), seguido se realizará la evaluación de la normatividad ambiental aplicada al sector vial, haciendo énfasis en el contexto histórico, fundamental en la identificación de procedimientos sostenibles. Por último, se dará paso a la aplicación de la metodología GreenLITES, programa de autocertificación utilizado por el Departamento de Transporte del Estado de Nueva York (NYSDOT), para evaluar proyectos del sector del transporte desde un enfoque sostenible. Los resultados obtenidos de la investigación, fueron una caracterización total del sistema de procesos en la etapa de construcción de la vía teniendo en cuenta la aplicación de la metodología Analisis de Flujo de Materiales (AFM), por otro lado, al aplicar la metodología del ACV se obtuvieron los diagramas de evaluación ambiental de la producción de ciertos materiales utilizados en obra, los cuales son los causantes de los mayores impactos negativos al medio ambiente. Finalmente, en el empleo de la metodología GreenLITES se obtuvo una calificación que certifica el nivel de sostenibilidad en que se encuentra el proyecto vial.

1 INTRODUCCIÓN

A través de la historia las carreteras se han convertido en un medio 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 hacer más vías, ya que por medio de éstas es impulsada la economía y el crecimiento cultural de una región. De igual forma, después de esta invención se han probado infinidad de materiales para darle gran resistencia a la capa de rodadura de la vía y adicionalmente darle estética. En la actualidad, y por el gran crecimiento poblacional mundial, los gobiernos nacionales planifican la construcción de cientos de kilómetros de vías para cerrar la brecha que existe entre las economías emergentes y las que están en proceso de crecimiento.

En Colombia, actualmente el gobierno nacional en su plan de desarrollo (2014 – 2018), dio a conocer un mega proyecto denominado: Programa de vías de cuarta generación (4G), donde se plantearon los siguientes proyectos: construcción de 141 túneles, 130 viaductos y más de 7000 kilómetros de vías nuevas, lo cual es sinónimo de crecimiento económico para el país, reducción en los tiempos de movilización de los vehículos y generación de miles de empleos; sin embargo, la extracción y el consumo de miles de toneladas de materiales para llevar a cabo la construcción del ambicioso proyecto, causaran un gran impacto negativo al medio ambiente. Así mismo los cuerpos de agua serán interceptados y se verán altamente contaminados. Es por tal razón que el concepto de desarrollo sostenible 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 causan un gran daño y no se les da la importancia necesaria. Por otro lado al medir la energía que hay implícita en las etapas de construcción, mantenimiento y rehabilitación de una carretera, permite evaluar la contribución de la carretera al agotamiento de recursos, donde 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 renovables que provienen de fuentes minerales cuya extracción tiende a la alteración de los ecosistemas (Inyim, P. 2016).

Es por esto que es necesario evaluar la sostenibilidad desde el punto de vista ambiental, económico y social en los procesos constructivos de proyectos viales. En esta evaluación se incluyen los procesos que hacen parte de la fase de construcción de la vía. Adicionalmente la metodología aplicada para la evaluación de la sostenibilidad es la GreenLITES, la cual evalúa los procesos que hacen parte de la construcción de la carretera dentro de cinco categorías y 178 indicadores que certifican al final el índice de sostenibilidad: no certificado, certificado, plata, oro y hojas perennes.

2 REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

2.1 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 millones (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 partes de la infraestructura que tiene mayor impacto en la economía, la sociedad y lo ambiental es el sector del transporte de carga y pasajeros por carretera, el cual es el más usado en todo el mundo. La infraestructura vial genera un mayor crecimiento en las economías emergentes que en los países desarrollados, los cuales son afectados por la crisis económica, en 2013, no logran alcanzar los volúmenes de 2008 (ITF, 2015). Sabiendo los altos costos de construcción de obras de infraestructura vial, se proyecta que el gasto de consumo de transporte se cuadruplicará para 2035 en la india, china y otras partes de las economías emergentes de Asia (WEF, 2017).



Figura 1: Proyección de la población mundial (World Population Prospects)

Los países con economías emergentes tienen mayor longitud de kilómetros de vías pavimentadas, frente a los países desarrollados, pero, los primeros necesitan hacer una mayor inversión, teniendo en cuenta que su crecimiento poblacional es más alto. Así mismo, bajo el escenario de políticas del Producto Negociado en Bolsas ETP 2012 (4DS), se espera que la actividad global de tráfico vial se incremente a más del doble, a casi 43 billones de vehículos para 2050 (IEA, 2013). Del mismo autor se proyecta que para dar cabida a este crecimiento, se espera que la infraestructura vial aumente en un 60% por encima de los niveles de 2010 - 2050 para un aumento de aproximadamente 14 millones de carriles pavimentados en 2030 y otros 11 millones de carriles pavimentados en 2050, como es apreciable en la figura 2. Por otra parte, países como China e India representan casi la mitad de las adiciones esperadas a las carreteras. Por el contrario, algunos países de la OCDE como Alemania y Japón, se espera que reduzcan ligeramente el número total de los viajes nacionales de vehículos, los cuales comienzan a disminuir con el tiempo.

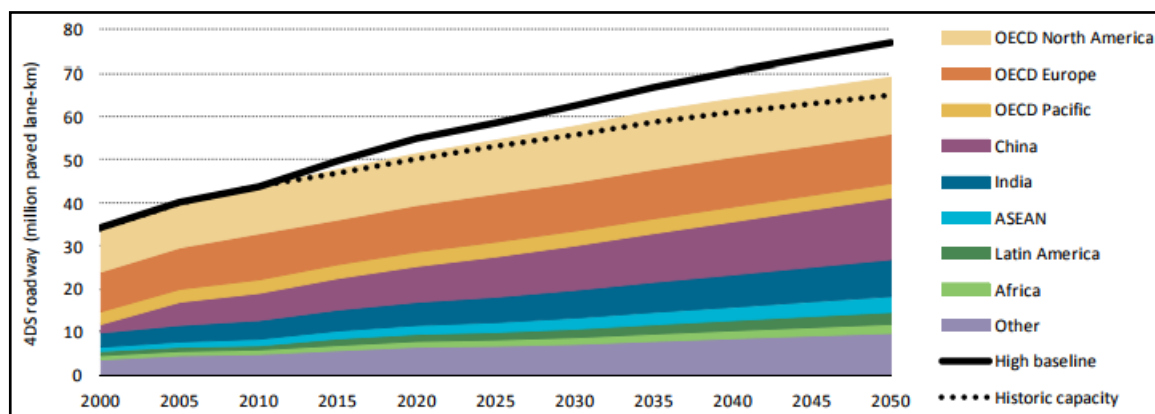


Figura 2: Proyección de carreteras pavimentadas para los próximos años (IEA, 2013)

Indudablemente, las proyecciones para los próximos años demuestran que la cantidad de carreteras nuevas a construir será de gran magnitud, lo cual obedecerá a una gran demanda de materia prima, con efectos en cambios en el paisaje, interrupción de causas 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 los hábitats, (Primak, 1998). Así mismo, la extracción de material, la producción de nuevos 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, es un importante factor que impulsa el cambio climático (Banco Mundial, 2015). En la figura 3 se evidencia las emisiones de CO₂ del transporte frente a otros sectores. Sin embargo, las afectaciones generadas al medio 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, para varios países de la región (CAA, 2012).

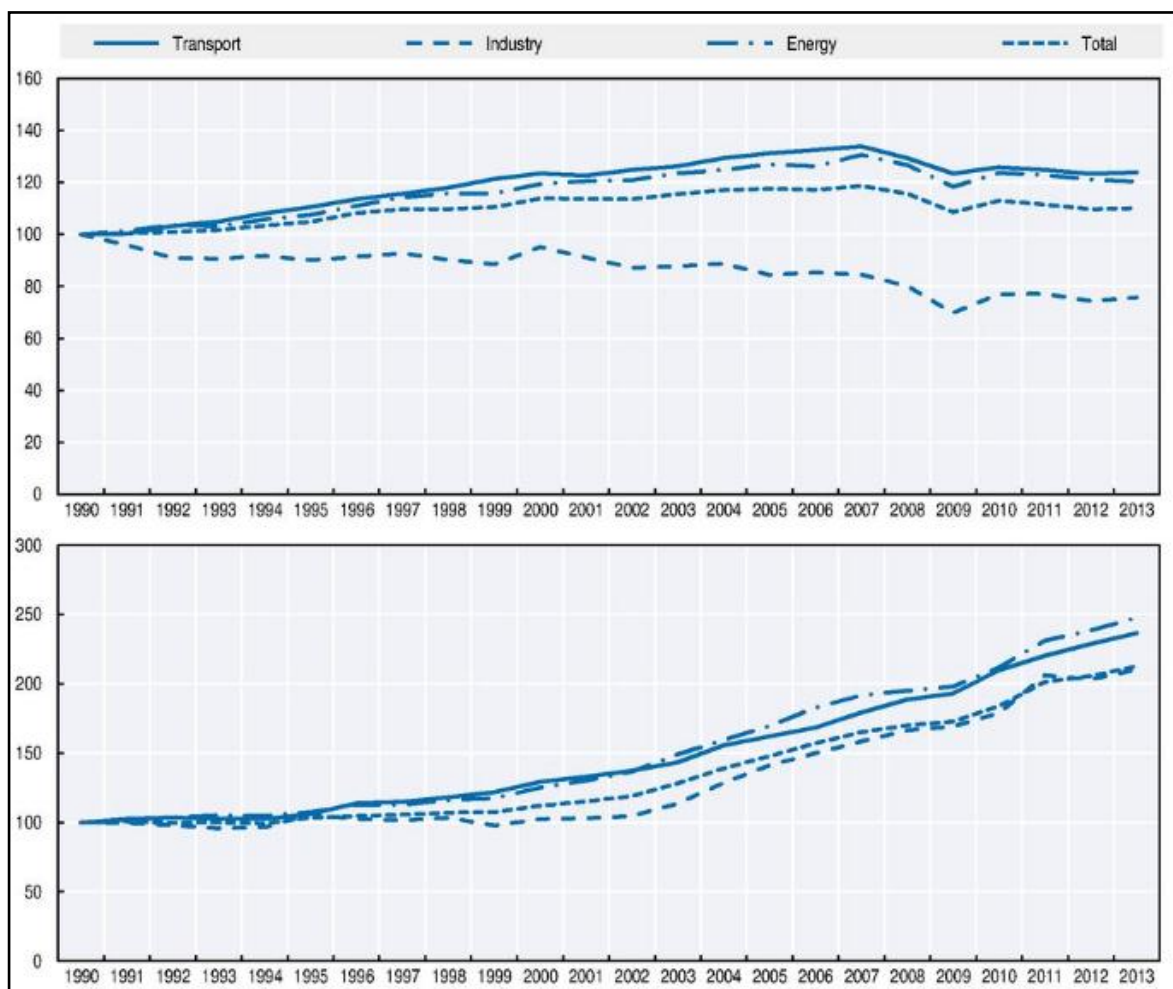


Figura 3: Emisiones de CO2 en diferentes sectores (IEA, 2016)

2.2 Infraestructura en Latinoamérica

La inversión en infraestructura en Latinoamérica ha disminuido notoriamente después de la crisis económico-financiera del 2008, lo cual le produjo un menor desarrollo frente 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 muchos países dedican más del 4% (Banco Mundial, 2017). En la figura 4 se muestra la inversión en infraestructura como porcentaje del 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).

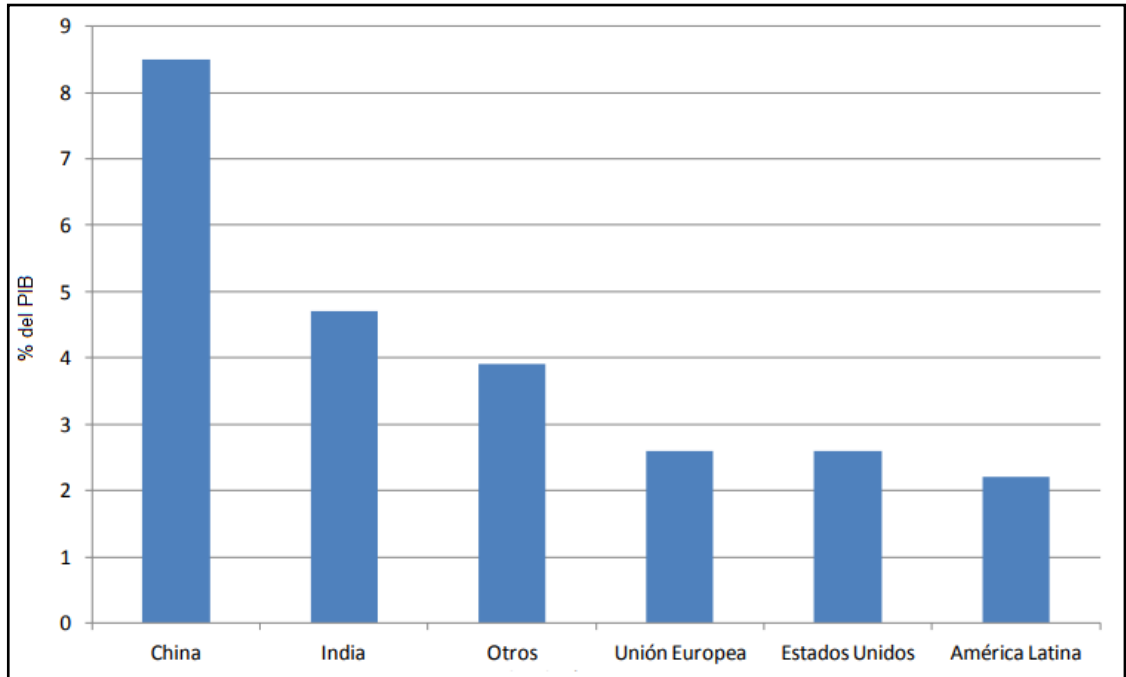


Figura 4: Inversión en infraestructura (McKinsey, 2013 y Calderón y Servén, 2010)

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 decir, las obras de infraestructura, como por ejemplo las carreteras, son construidas a base de estos 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 kilómetros de carreteras (246 concesiones) (CEPAL, 2004). Se hace necesario involucrar todos los procesos que hacen parte de la construcción de una vía en la implementación de la metodología ACV, 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. Así mismo, el mismo autor mencionó 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.

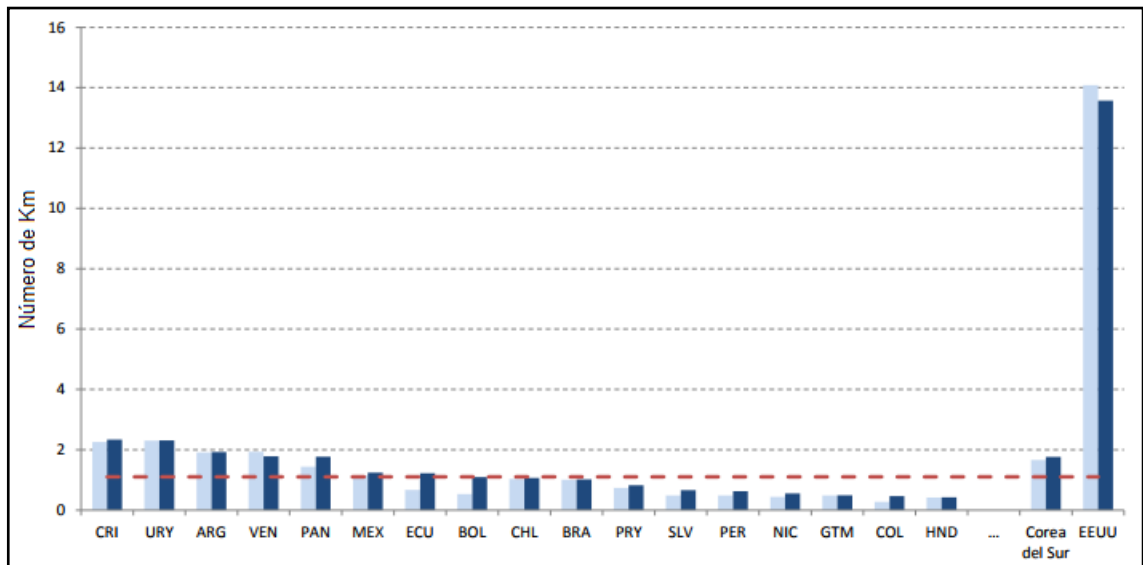


Figura 5: Kilómetros de vías pavimentadas por cada 1000 habitantes (CEPAL, 2004)

Debido a la construcción de nuevos proyectos viales en la región de Latinoamérica, se tiene que tener en cuenta que el sector ambiental y social no se deben 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 las emisiones de 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).

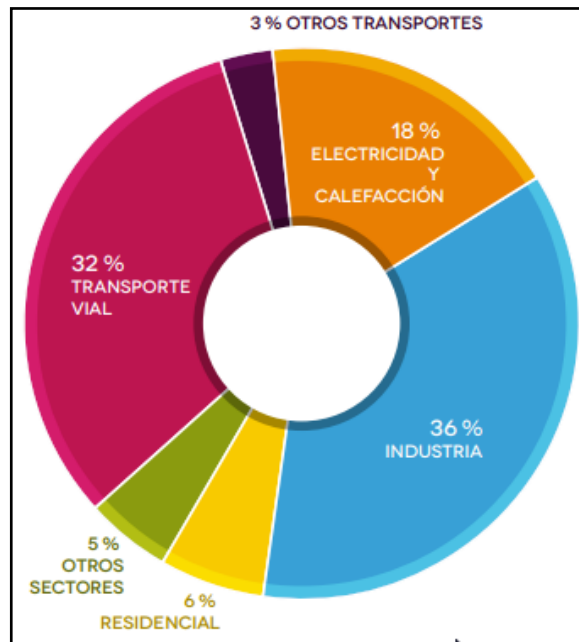


Figura 6: Emisiones de CO2 de diferentes sectores en Latinoamérica (AIE, 2011)

2.3 Infraestructura en Colombia

Colombia es uno de los principales proveedores de commodities o materias primas en Latinoamérica. Por tal razón, se ve obligado a mantener un alto flujo de carga en movimiento principalmente por carretera (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 del país es movilizada por carretera, el 28% se moviliza por vías férreas, el 1% se hace mediante ríos y tan solo el 0.5% se hace en avión (Fededesarrollo, 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 medio rural está a 2.5 kilómetros de la carretera que usan durante todo el año.

En vista del déficit en inversión de los diferentes 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 donde presentan 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 (TIC's) tendrá 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 del país.

En la figura 7, se presenta una proyección de inversión en infraestructura en diferentes sectores productores del país, teniendo en cuenta el porcentaje del Producto Interno Bruto (PIB), para los años 2009 – 2020. Además, se encuentra 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 países latinoamericanos y también a los países desarrollados.

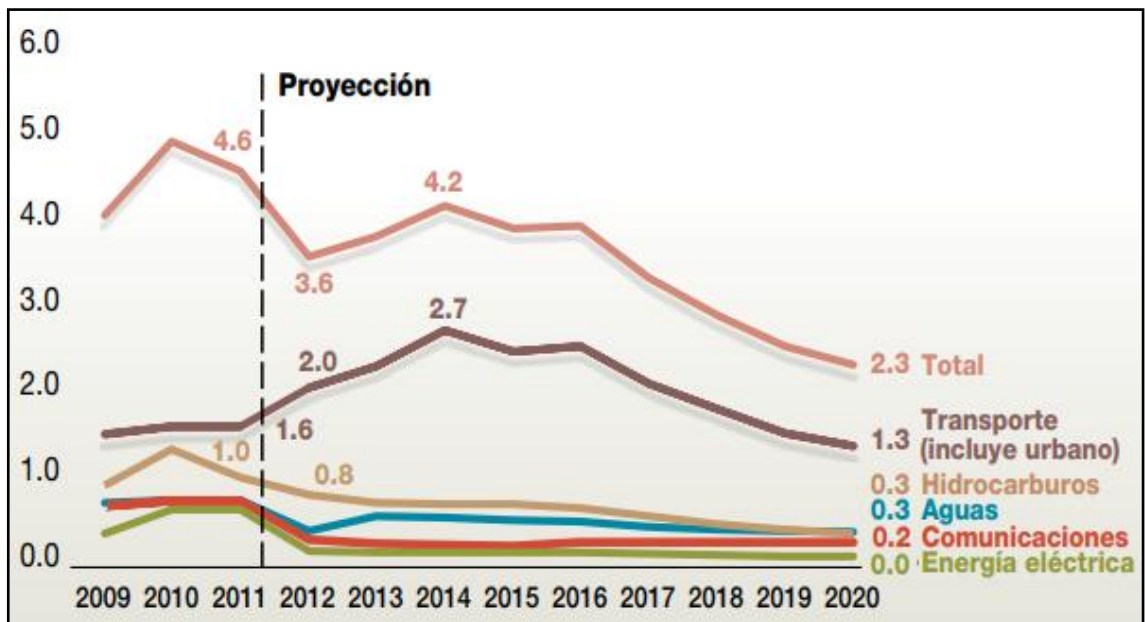


Figura 7: Inversión en infraestructura como porcentaje del PIB (ANIF, 2013)

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.

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

Según el plan de desarrollo nacional (2014 – 2018) y el documento Conpes, en el sector de infraestructura del transporte, se ha puesto en marcha un plan 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:

- a) Ola 1: En la primera ola de ejecución de los proyectos viales de cuarta generación se encuentran los siguientes proyectos: vía conexión pacifico 1, la cual se encuentra ubicada entre Ancón Sur y Bolombolo. Consta de 49 km de doble calzada y su inversión será de 1.79 billones COP. Dentro de la misma ola se encuentra el siguiente proyecto denominado “Vía conexión Pacifico 2”, la cual está ubicada entre Bolombolo y La primavera. Consta de 98 km de calzada libre y su inversión estará alrededor de los 0.91 billones COP. Otro proyecto es la “Vía conexión Pacifico 3”, la cual se encuentra situada entre La Pintada y La Virginia. Consta de 146 km de calzada libre y su inversión será de 1.3 billones COP. Así mismo constara de los siguientes proyectos: Girardot – puerto salgar, Ocaña – Gamarra y el corredor Perimetral de Oriente.
- b) Ola 2: Para la segunda ola de ejecución del mega proyecto de vías de cuarta generación se tienen los siguientes proyectos: Santana – Neiva, consta de la construcción de 22 km de doble calzada, 32 km de calzada sencilla, 422 km rehabilitados. Para la construcción la inversión será de 1.5 billones COP y para los trabajos de mantenimiento y rehabilitación la inversión será de 1.5 billones COP. El siguiente proyecto es la construcción de 80 km de doble calzada entre Rumichaca y Pasto, con una inversión de 1.6 billones COP y 0.683 Billones COP para la etapa de mantenimiento. Otro proyecto es la construcción de 76 km de doble calzada entre

Santander de Quilche y Popayán, con una inversión de 1.1 billones COP y 0.511 billones COP para la etapa de mantenimiento, también hacen parte los siguientes tramos: Neiva – Girardot, Villavicencio – Yopal, Autopista Mar1, Autopista Mar 2.

- c) 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.

2.3.2 Instituciones a cargo de los proyectos viales en Colombia

Los diferentes proyectos presentados anteriormente, no están a cargo en un 100% del 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 instituciones 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).

- a) Ministerio de transporte: Es una organización del estado encargada de administrar las actividades de la infraestructura, el transporte y el tránsito en Colombia. Entre las muchas funciones que tiene están las siguientes: planes 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 etc.
- b) Instituto Nacional de vías (INVIAS): Es un establecimiento público nacional que ejecuta los proyectos 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.

- c) Agencia Nacional de Infraestructura (ANI): Es una Agencia Nacional 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 diferentes 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 reemplazado por la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), creada en el 2013.

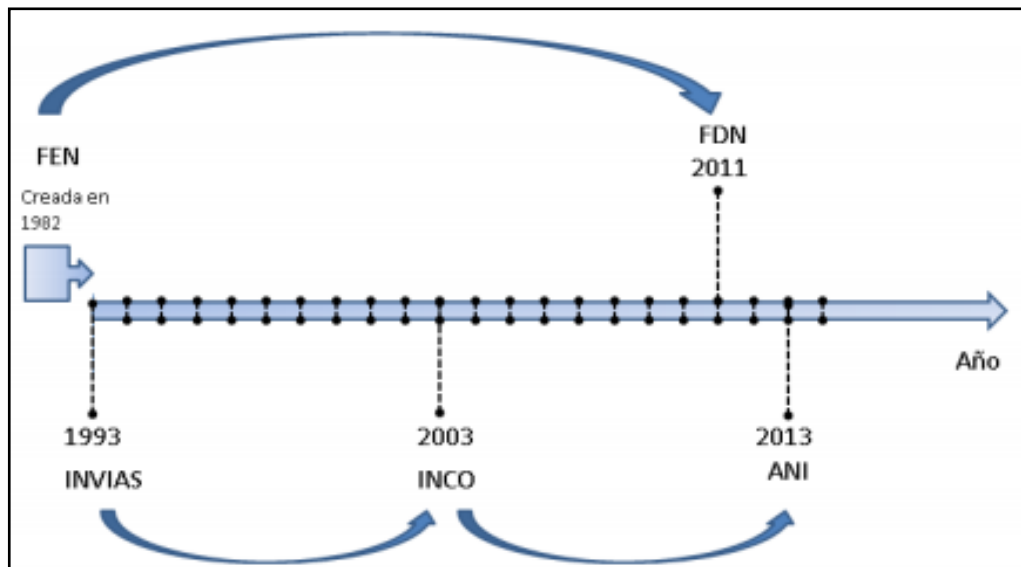


Figura 8: Instituciones del estado de infraestructura vial (Andrés Ramírez, 2015)

2.3.3 Red vial en Colombia

Según el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), y la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), el país cuenta con una red vial de 214.399 kilómetros, de los cuales 17.249

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, pero, la entidad pública es la que 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, donde se indican los kilómetros que tienen cada 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.

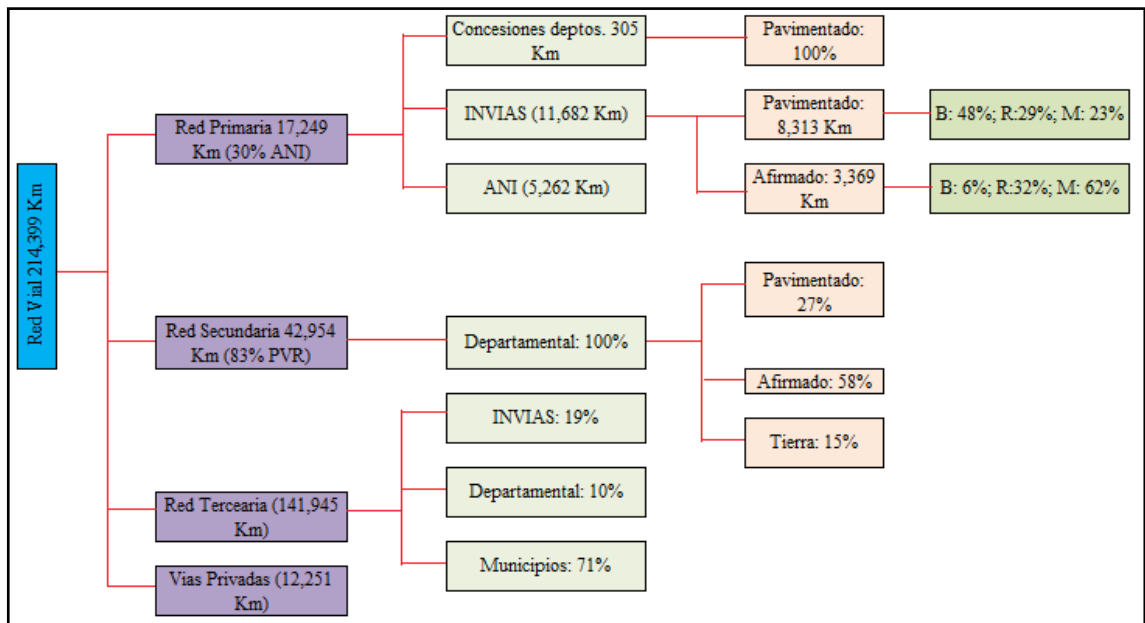


Figura 9: Red vial en Colombia (Ministerio de transporte)

3 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Debido al aumento de la población en el país, y 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 mayor competitividad al país, teniendo como beneficios un mayor crecimiento económico y disminución en tiempo y costos de transporte de personas y carga. La construcción de carreteras representa una de las actividades de mayor 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. Teniendo en cuenta que los impactos más graves, no son necesariamente los más evidentes. En consecuencia, el deterioro 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.

4 JUSTIFICACIÓN

La construcción de proyectos de infraestructura vial a nivel mundial trae beneficios importantes, como también consecuencias irreparables. Uno de los grandes beneficios 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 la construcción de dichos proyectos, 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 la caracterización de los materiales utilizados dentro de la fase de construcción, generando esquemas de la evaluación ambiental de la producción de los materiales que generan mayor impacto negativo al medio ambiente. 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 impacto ambiental es la guía ambiental del 2011 exigida por el INVIAS para aplicarla en proyectos de construcción vial. Sin embargo, ésta 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. 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.

5 OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluación de la sostenibilidad ambiental, económica y social de los procesos constructivos en proyectos viales, estudio de caso: Pavimento Flexible vía Timbío – Paispamba, departamento del Cauca.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 5.2.1 Caracterizar el proyecto vial, Pavimento Flexible vía Timbío – Paispamba, teniendo en cuenta los procesos constructivos con el fin de realizar un análisis de flujo de materiales y un análisis del ciclo de vida de estos materiales.
- 5.2.2 Identificar la normatividad ambiental aplicada a los proyectos viales en Colombia.
- 5.2.3 Evaluación de la sostenibilidad del proyecto vial Timbío – Paispamba.

6 ESTADO DEL ARTE

En esta sección de la investigación se relacionan los principales estudios realizados en Colombia y en el mundo para evaluar metodologías de sostenibilidad, AFM y ACV.

6.1 Sustainability criteria and indicators in the road construction subsector- Martha Melizza Ordoñez Díaz y Luis Carlos Meneses Silva, 2015.

Los autores del artículo 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 lo cerca o lejano que están métodos empleados en la construcción de los rangos establecidos por estos. Por otro lado 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, y afirman que la guía es aplicada en un 90% para el control de la parte ambiental 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, es decir, 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.

6.2 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 formulas 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.

6.3 Methodology for the evaluation of sustainability in motorways: calculation of infrastructure energetic balance – J. García – Navarro, M.J. González-Díaz, E. Martínez, I. Redruello

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 infraestructura y las partes 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 importante 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 un menor consumo de materiales o en medidas de mitigación de impactos negativos ambientales para obtener un sistema sostenible.

6.4 Life cycle assessment for road construction and use – Charlotee 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.

6.5 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 hacer 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 de impactos ambientales, valoración de impactos ambientales y priorización de impactos ambientales. 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 procariota pertenecientes al sistema biótico.

7 MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo lo programado en los objetivos, en este capítulo se desarrolla una síntesis de los diferentes métodos utilizados para llegar a dichos objetivos.

7.1 Identificación de los procesos que intervienen en la construcción del proyecto vial

Para realizar la caracterización del sistema de procesos de la construcción de la vía, se hizo una indagación en la página del SECOP, donde se encontró el proyecto: Construcción de pavimento flexible en la vía Timbio – Paispamba Municipio de Sotará, Departamento del Cauca, el cual fue elegido porque ya se encontraba liquidado y contaba con la información necesaria para el desarrollo del proyecto en estudio. Entre los diferentes documentos que se encuentran en la página oficial del SECOP, se hizo necesaria la revisión del documento: Acto de liquidación unilateral o de mutuo acuerdo, donde se encontró información relevante relacionada con un orden consecutivo de los capítulos o que se llevaron a cabo para la ejecución del proyecto vial. En dichos capítulos están contenidas las actividades requeridas para llevar a cabo la construcción. Los procesos encontrados para dicho proyecto son: explanaciones, subbases y bases, pavimentos asfálticos, estructuras y drenajes, señalización y control de tránsito, obras varias, transportes y obras no previstas.

Adicionalmente, se revisó la guía de manejo ambiental de proyectos de infraestructura del INVIAS implementada en el 2011, donde se encontraron los procesos básicos para llevar a cabo la construcción de una obra vial en Colombia, y la mayoría de estos coinciden con los encontrados en el proyecto. No obstante, todos los proyectos son diferentes, teniendo en cuenta factores como la clasificación de la vía (primaria, secundaria o terciaria) y el servicio que prestara. Es por eso que la caracterización del sistema que se realizara aplica únicamente para la vía en estudio. Sin embargo, puede ser aplicada para otros proyectos haciéndose los pertinentes ajustes en lo que respecta al flujo de materiales.

Después de realizada la caracterización del sistema de procesos, se procede a realizar el Análisis de Flujo de Materiales (AFM) y el Análisis del Ciclo de Vida (ACV), ya que estas dos metodologías dependen de la buena caracterización del sistema.

7.2 Análisis de flujo de materiales (AFM).

La metodología de análisis de flujo de materiales consiste en realizar una evaluación de los flujos de materiales existentes dentro de un sistema definido en el espacio y el tiempo (Brunner y Rechberger, 2004). Esto permite dar una descripción detallada sobre el ciclo de vida natural o económica de los diferentes materiales que pertenecen al sistema, teniendo así un inventario sistemático.

La metodología además presenta diversidad de aplicaciones, lo que la convierte en una de las metodologías más sencillas para poder entender un sistema. Entre sus aplicaciones se encuentran: delimitar el sistema de flujo de materiales y sus existencias, reducir la complejidad del sistema con el propósito de servir como herramienta para tomar mejores decisiones, realizar una evaluación cuantitativa de los flujos y existencias más convenientes y balances de masas. Los resultados son una base para generar un documento de gestión ambiental o un Estudio de Impacto Ambiental (EIA). De igual manera una de sus aplicaciones que tiene más relevancia es la realización de un inventario que predice la acumulación o agotamiento de los materiales utilizados en el proyecto. Por último, permite realizar el diseño de procesos que intervienen en la construcción de un sistema.

En la figura 10 se presenta un esquema general del sistema de construcción de una vía, teniendo en cuenta los flujos de materiales y energía que hacen parte del sistema. Los diferentes flujos están representados mediante flechas, las cuales indican: flujo de energía y flujo de materiales, en las cuales se presentan diferente nomenclatura para tener una mejor comprensión del sistema. En el proceso general de construcción de infraestructura vial existen ciertos subprocesos, como por ejemplo Mantenimiento, Reparación y Revisión (MOR), por sus siglas en inglés, los cuales se llevan a cabo por dos fuentes, las cuales son: cantidad de material y cantidad de dinero. Estos deben estar en equilibrio, ya que si alguna se encuentra escasa la otra va a estar igualmente afectada, es decir, si en la obra no hay una

buena inversión económica, no se podrán comprar materiales, o por el contrario puede tener buena inversión el sistema, pero no sirve si no existe una disponibilidad del material. Igualmente, el parámetro que encierra todo el sistema y que hace parte de cada uno de los procesos existentes es el proveedor de energía, ya que en la transformación y el uso de los materiales en obra se necesita el servicio de energía.

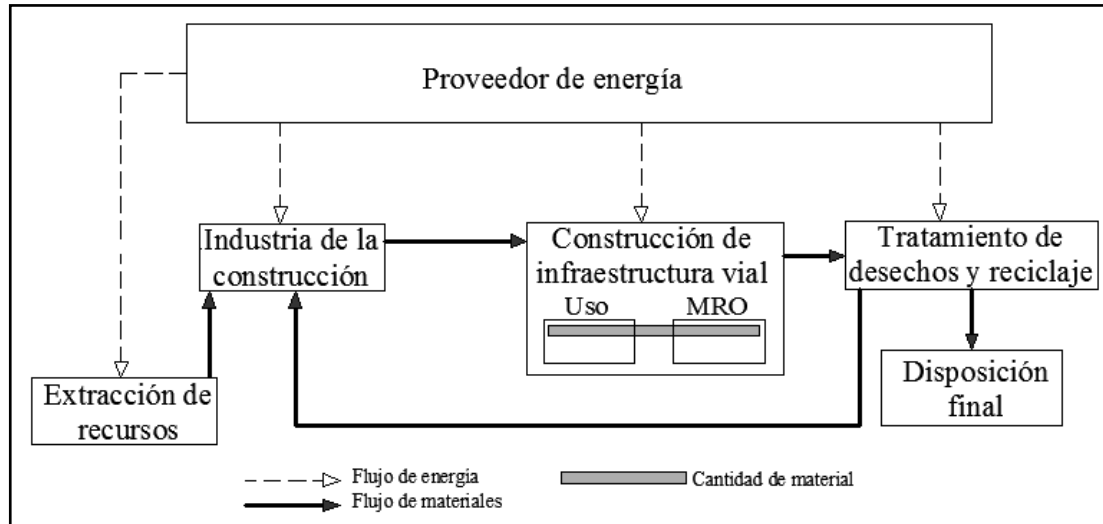


Figura 10: Entradas, salidas y flujos del proceso de construcción de una vía.

7.3 Análisis del ciclo de vida (ACV).

La metodología del análisis del ciclo de vida (ACV), consiste en realizar una evaluación del impacto ambiental que genera la producción de un material o una actividad. En dicha evaluación se tienen en cuenta todos los parámetros que hacen parte del ciclo de producción del material, entre los que se encuentran: uso de materias primas, explotación de recursos naturales, emisiones al aire y energía utilizada en el proceso. Por otro lado, la metodología del ACV permite tomar decisiones en el momento de reducir o modificar procesos que tengan un gran impacto negativo al medio ambiente. Para una mejor comprensión del método, la norma ISO 14040 y 14044 estipula los requisitos para que un sistema emplee la metodología. Al igual que la metodología del AFM, el ACV también presenta las diferentes situaciones donde se puede aplicar, las cuales son: construcción de conocimiento detallado de los diferentes procesos de una actividad y el desarrollo de estrategias que promuevan

una minimización en el deterioro ambiental. También se pueden mejorar los procesos de la construcción, y obtención de productos amigables con el medio ambiente. En el proceso de monitoreo de las actividades se puede aprovechar la metodología del ACV para identificar medidas de mejora así mismo como encontrar puntos críticos presentes en los procesos. Por otro lado, se pueden definir medidas de minimización de todo tipo de residuos.

En la figura 11 se presenta una ilustración de análisis del ciclo de vida de una carretera, y como es visible el ACV de la vía se compone de 3 grandes procesos: construcción de la vía, operación y mantenimiento de la vía y demolición y disposición final de los residuos de la vía; pero cada etapa se subdivide en varias actividades y están acompañadas varios materiales, los cuales tienen su propio ACV, ya sea para su producción o su extracción.

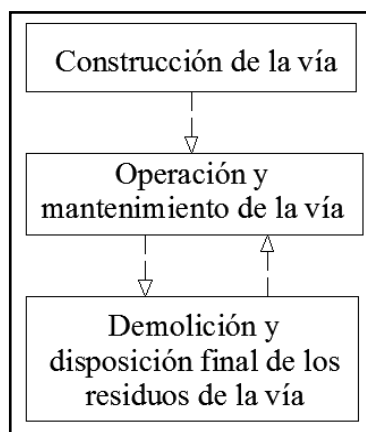


Figura 11: Análisis del ciclo de vida de una vía

7.4 Evaluidentificación de la normatividad ambiental

El análisis de las políticas medioambientales consiste en realizar una revisión de la normatividad colombiana que aplica específicamente a los procesos o actividades desarrollados dentro de la construcción de una carretera. Así mismo, se realizará un contexto histórico sobre las leyes, decretos, resoluciones etc., que existían en años anteriores y que ahora fueron revocadas o tomaron otras iniciativas. Además se hará una clasificación de la normativa que le concierne a cada una de las actividades que le competen al sector vial en Colombia.

7.5 Evaluación de la sostenibilidad

Para la evaluación de la sostenibilidad se realizó una investigación de las metodologías existentes a nivel mundial, donde se resaltan los objetivos y los parámetros que califican. A continuación, se presentan las más importantes a nivel mundial:

Tabla 1: Metodologías de sostenibilidad en vías (Ordonez y Meneses, 2015)

Nombre	Autor	Objetivo	Categorías (criterios)
CEEQUAL – 2004 (CEEQUAL Ltd.) Esquema de adjudicación y evaluación de la calidad ambiental en ingeniería civil	Instituto de Ingenieros Civiles y el Gobierno del Reino Unido.	Evaluar el desempeño ambiental y la sostenibilidad en proyectos de ingeniería civil y de paisajismo durante las etapas de diseño, construcción y mantenimiento.	Estrategia del Proyecto. Gestión de Proyectos. Población y comunidades. Uso del Suelo y Paisaje. Medio Ambiente. Ecología y Biodiversidad. Medio Acuático. Recursos Físicos. Transporte
Infrastructure Sustainability – 2009 (AGIC, 2009) Carreteras Sostenibles y Movilidad Optima.	Consejo Australiano de Infraestructura Verde- AGIC.	Evaluar la sostenibilidad en el diseño, construcción y operación de la infraestructura de transporte.	Gestión y Gobernabilidad. Uso de los Recursos. Emisiones, Contaminación y Residuos. Ecología. Comunidad. Innovación.
GreenLITES – 2008 (NYSDOT, 2008) Liderazgo en el transporte y la sostenibilidad ambiental.	Federación de Carreteras de la Unión Europea.	Promover el transporte y carreteras sostenibles como una alternativa para reducir los impactos negativos.	Sitios Sostenibles. Calidad del Agua. Materiales y Recursos. Energía y Medio Ambiente. Innovación.
Greenroads – 2010 (Greenroads, 2011) Carreteras Verdes.	Universidad de Washington (UW) y CH2M Hill.	Reconocer la aplicación de buenas prácticas sostenibles en el diseño y construcción de carreteras.	Requerimientos del Proyecto de Carreteras. Medio Ambiente y Agua. Acceso y Equidad. Actividades de Construcción. Materiales y Recursos. Tecnología de Pavimentos.
INVEST – 2012 (FHWA, 2012) Herramienta voluntaria de evaluación de la sostenibilidad en la infraestructura	Administración Federal de Carreteras (FHWA) de Estados Unidos.	Proporcionar orientación a los profesionales para evaluar la sostenibilidad de sus proyectos y programas de transporte	Planificación del sistema. Desarrollo del Proyecto. Operaciones y Mantenimiento.

Envision – 2012 (ISI & Zofnass, 2012) Sistema de calificación de sostenibilidad de la infraestructura civil	Instituto de Infraestructura Sostenible de Washington y el Programa Zofnass de Infraestructura Sostenible de la Universidad Harvard.	Calificar y evaluar los aspectos sociales, ambientales y económicos, a través del análisis del ciclo de vida de cualquier tipo y tamaño de proyecto de infraestructura civil.	Calidad de vida. Liderazgo. Asignación de recursos. Mundo natural. Clima y riesgo.
Sustainable Roads and Optimal Mobility (ERF, 2009) Carreteras Sostenibles y Movilidad Óptima.	Federación de Carreteras de la Unión Europea	Promover el transporte y carretas sostenibles como una alternativa para reducir los impactos negativos sobre el ambiente, en Europa y sus estados miembros	Planificación y Diseño de la Carretera. Construcción, Operación y Mantenimiento de la Carretera.

Con el propósito de darle respuesta a la problemática relacionada con la evaluación de la sostenibilidad de los procesos constructivos de proyectos viales en Colombia, se realizó una comparación entre las la metodología y se seleccionó la metodología GreenLITES, la cual es la que ofrece mayor facilidad para su aplicación. Así mismo, la herramienta es de acceso libre, lo que la hace acreedora del proyecto. Además utiliza un sistema de calificaciones de categorías empleadas en el sector ambiental, social y económico y que dan un concepto del nivel de sostenibilidad en que se encuentra el proyecto, permitiendo así obtener una certificación que entrega únicamente la metodología.

7.5.1 Metodología Green LITES

La metodología GreenLites (Liderazgo Verde en Transporte y Sostenibilidad Ambiental), fue desarrollada e implementada por del Departamento de Estado de Nueva York (NYSDOT) en sus siglas en inglés, la cual tiene como objetivo evaluar la sostenibilidad desde el enfoque ambiental, social y económico. Se basa en cinco categorías las cuales son: a) calidad de agua, b) materiales y recursos, c) energía, d) ambiente; e) innovación. Utiliza un sistema de calificadores por categoría, dando una calificación total de 175 puntos. A continuación, se describen las certificaciones a las que pueden aplicar los proyectos de infraestructura en la etapa de evaluación de diseño:

- a) GreenLITES no certificado: esta certificación es obtenida por un proyecto que no ha incorporado situaciones o actividades que lo acerque a la sostenibilidad. Se encuentra entre la puntuación 0 – 14. La máxima puntuación es 175.
- b) GreenLITES certificado: esta certificación es obtenida por un proyecto que ha incorporado algunas opciones sostenibles, se encuentra entre la puntuación 15 – 29, sabiendo que la máxima puntuación es 175.
- c) GreenLITES Plata: la certificación de plata es destacable debido a que el proyecto utiliza varias opciones sostenibles que a su vez tienen un elevado nivel de impacto. Se encuentra entre la puntuación 30 – 44. La máxima puntuación es 175.
- d) GreenLITES Oro: en la certificación oro, el proyecto ha implementado un gran número de opciones sostenibles, las cuales generan un impacto positivo al proyecto. Se encuentra entre la puntuación 45 – 59. La máxima puntuación es 175.
- e) GreenLITES Hojas perennes: La certificación Hojas perennes o Evergreen, pertenecen a un proyecto que ha implementando una gran cantidad de opciones sostenibles, de las cuales en su totalidad generan un nivel extremadamente alto de impacto al proyecto. Son proyectos que tienen la posibilidad de avanzar en el estado de la práctica y adicionalmente presentan excelente innovación. Se encuentra entre la puntuación 60 – 175.

Las cinco categorías mencionadas anteriormente las componen unas subcategorías. Las calificaciones de cada subcategoría se realizan en una plantilla de Excel, obtenida en la página oficial de GreenLITES. A continuación, se realiza la descripción de cada categoría y sus respectivas subcategorías:

- a) Sitios sostenibles (S): La categoría representa el ajuste del proyecto. Se incorporan los parámetros que le dan una protección o mejora al paisaje para regulación del clima, aire más limpio, agua y mejora en la calidad de vida. Las subcategorías son: Selección de alineación, contexto de soluciones sensibles, planificación de los usos de la tierra, proteger, mejorar o restaurar el hábitat de la vida silvestre y proteger, plantar o mitigar acciones en contra de la eliminación de árboles y plantas.

- b) Calidad de agua (W): La categoría busca proteger los cuerpos de agua, mejorar la calidad de agua y reducir la escorrentía de aguas pluviales cercanas al sitio del proyecto, lo cual puede ser tratado mediante el tratamiento de las aguas de escorrentía, utilizando procesos físico-químicos. Las subcategorías son: Gestión de aguas pluviales, reducción de la escorrentía mediante el tratamiento de aguas.
- c) Materiales y recursos (METRO): La categoría es fundamentada principalmente a la reducción de residuos sólidos y líquidos, mediante la implementación de procesos de reciclado y reutilización de materiales, adicionalmente la fuente de extracción de los materiales debe estar lo más cercana posible al sitio del proyecto para minimizar las distancias de acarreo. Las subcategorías son: Reutilización de materiales, contenido reciclado, materiales proporcionados localmente, técnicas de bioingeniería y minimización de materiales peligrosos.
- d) Energía y ambiente (MI): la categoría hace referencia a los impactos generados por el cambio climático y los objetivos del proyecto para la conservación y la eficiencia energética. Adicionalmente se añaden las mejoras de calidad de aire, el compartimiento del automóvil, el transporte público y el transporte no motorizado. Las subcategorías son: Mejorar el flujo de tráfico, reducir el consumo eléctrico, reducir el consumo de petróleo, mejorar las instalaciones para bicicletas y peatones, reducir el ruido y reducir la luz artificial.
- e) Innovación (YO): La categoría hace referencia a los diseños o las incorporaciones innovadoras significativas en la sostenibilidad del sector del transporte, enfocada en el medio ambiente, y que no han sido utilizadas en otros proyectos.

La metodología GreenLITES, también evalúa la sostenibilidad desde la etapa de planificación del proyecto, donde se busca que los proyectos aseguren un entorno más sostenible, vibrante y saludable. Además, se tiene en cuenta el sector social, es decir que el proyecto tenga excelentes beneficios a la comunidad. En esta etapa se realiza el diligenciamiento de una encuesta, la cual sirve como herramienta para determinar la eficiencia del proyecto en términos de sostenibilidad. La puntuación máxima es de 26 puntos. El formulario se divide en 7 categorías, las cuales son:

- a) Plan integral local del proyecto, el cual consta de 6 puntos.
- b) El proyecto apoya principios de habitabilidad, donde la puntuación es 4 puntos.
- c) Protección y mejora del medio ambiente con el proyecto, donde consta de 5 puntos.
- d) Apoyo del proyecto a la vitalidad económica de la zona afectada, en la cual puntuación es de 4 puntos
- e) Contribución del proyecto a incrementar accesibilidad y movilidad, la cual consta de 3 puntos.
- f) Empleo de mecanismos de financiación, la cual tiene puntuación de 3 puntos.
- g) Observaciones de las opciones sostenibles que no se tienen en cuenta en el formulario y que son importantes para el proyecto.

8 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La carretera Timbio – Paispamba – Cruce Ruta 25cc15 ubicada en la zona central del Departamento del Cauca, consta de una longitud de 13,814 kilómetros. En la figura 12 se presenta la localización de la vía.

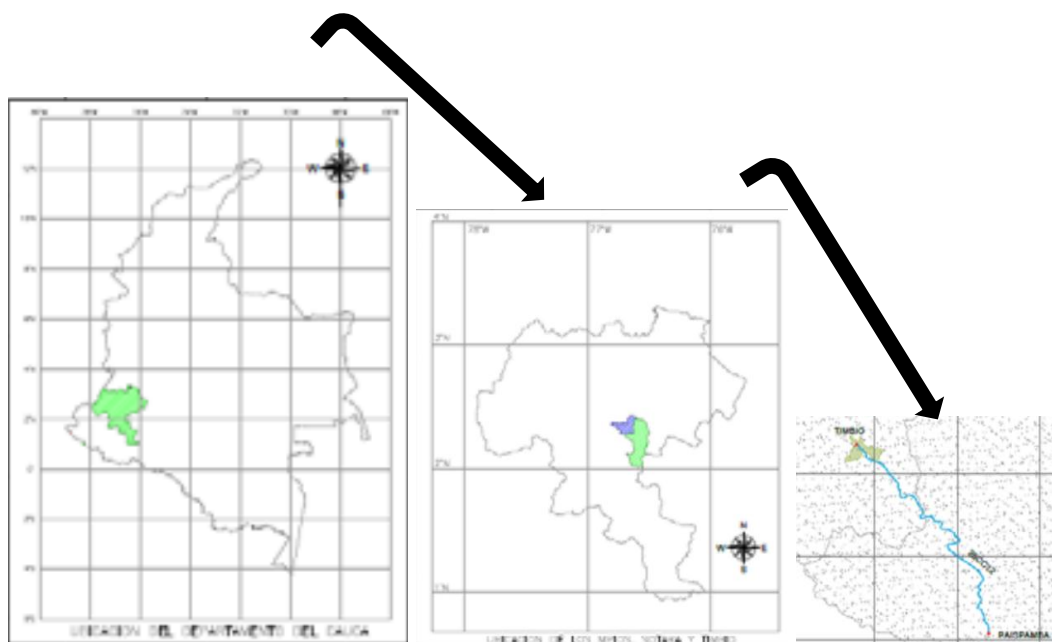


Figura 12: Localización de la vía.

El proyecto de estudio se denomina: construcción de pavimento flexible de la vía Timbio – Paispamba municipio de Sotará, departamento del Cauca, el cual consta de la construcción de 13 km de calzada sencilla, el proyecto se realizó mediante la contratación de obra pública en modalidad de licitación pública, según los requisitos de la ley 80 de 1993. Por otro lado, el plazo de ejecución de la obra es de siete meses, los cuales se cuentan a partir del perfeccionamiento del contrato, el contrato esta por una cuantía de \$ 6'538.764,061 millones de pesos.

9 RESULTADOS

9.1 Caracterización del sistema de procesos del proyecto vial.

Para llevar a cabo la caracterización del sistema, se utilizó la metodología del análisis de flujo de materiales (AFM), y en análisis del ciclo de vida (ACV), donde los resultados se encuentran contenidos en este capítulo.

En la construcción de una nueva obra vial, se tienen definidos ciertos procesos, los cuales aumentan o disminuyen dependiendo del tipo de vía que corresponda. Para el estudio de caso se tienen en cuenta procesos muy rudimentarios utilizados a nivel nacional. Cada procedimiento llevado a cabo en la construcción lleva a su vez unos subprocesos, como es el caso de materiales que antes de llegar a obra han pasado por una serie de transformaciones para llegar a un producto final y por otro lado otros materiales que son extraídos y en ese mismo estado llegan al lugar de construcción.

Para la construcción de la vía (estudio de caso) se llevaron a cabo los siguientes procedimientos:

9.1.1 Explanaciones

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), excavación sin clasificar de la explanación canales y préstamos, remoción de derrumbes, terraplenes, mejoramiento de la subrasante con material granular de río y refuerzo de la subrasante y capas granulares con geomalla.

9.1.2 Subbases y bases

El capítulo de subbases y bases consiste en suministrar, conformar y compactar material granular, el cual tiene la función de darle soporte a las cargas provenientes del tránsito. Este capítulo lo conforman las siguientes actividades: Subbase granular y base granular.

9.1.3 Pavimentos asfálticos

En este capítulo se realizan las funciones de suministrar y compactar el material proveniente de una planta. Es de gran importancia realizar un buen extendido y compactado del material ya que éste es el que recibe directamente las cargas proporcionadas por los vehículos. Además, se compone de las siguientes actividades: imprimación con emulsión asfáltica y mezcla densa en caliente (MDC).

9.1.4 Estructuras y drenajes

En el capítulo de estructuras y drenajes se construyen las obras que evacuarán las aguas por escorrentía presentes en la vía. Esto con el fin de prevenir inundaciones y evitar la filtración del fluido a la estructura de pavimento. Se compone de las siguientes actividades: excavaciones varias sin clasificar, relleno para estructuras, estructuras en concretos, tubería en concreto reforzado, acero de refuerzo, construcción de cunetas, extendido de geotextil, relleno con material granular filtrante, construcción de gaviones y drenes con tubería perforada.

9.1.5 Señalización y control de tránsito

En este capítulo se realizan obras que le brindarán seguridad a los usuarios que se beneficien de la vía, donde se encuentran las siguientes actividades: Línea de demarcación con pintura en frío, señales de tránsito, delineadores de curvas horizontales y captafaros.

9.1.6 Obras varias

El capítulo de obras varias consiste en la conservación de los espacios aledaños en la vía, definido por las siguientes actividades: cerca de alambre de púas con postes de madera, conformación y compactación de la zona de depósito y empedrado de taludes con bloques de césped.

9.1.7 Transportes

El capítulo de transportes se basa en el transporte de la obra a la zona de depósito de materiales resultantes de las excavaciones, así como de la limpieza que se hace inicialmente al lugar, y el transporte de material de plantas o canteras al sitio de obra. Este capítulo contiene las siguientes actividades: Transporte de materiales de explanaciones, canales y préstamos, transporte de materiales provenientes de derrumbes.

9.1.8 Obras no previstas

Al ejecutar un proyecto siempre se van a tener algunos inconvenientes lo que va a generar que existan modificaciones en el contrato y por tal razón se deben incluir nuevas actividades o realizar un ajuste de los volúmenes de materiales a utilizar.

9.2 Resultados obtenidos al aplicar la metodología AFM

Al emplear la metodología del análisis de flujo de materiales (AFM), y la caracterización del sistema de procesos, se obtuvo un diagrama general de la construcción de la vía, donde se puede evidenciar los flujos de materiales que intervienen dentro de cada capítulo de ejecución de la obra. Adicionalmente al usar la metodología del análisis de ciclo de vida (ACV), se construyeron esquemas a base de investigaciones que muestran el sistema de producción de distintos materiales que hacen parte de la construcción de la vía y que presentan un alto impacto al medio ambiente en su proceso de transformación.

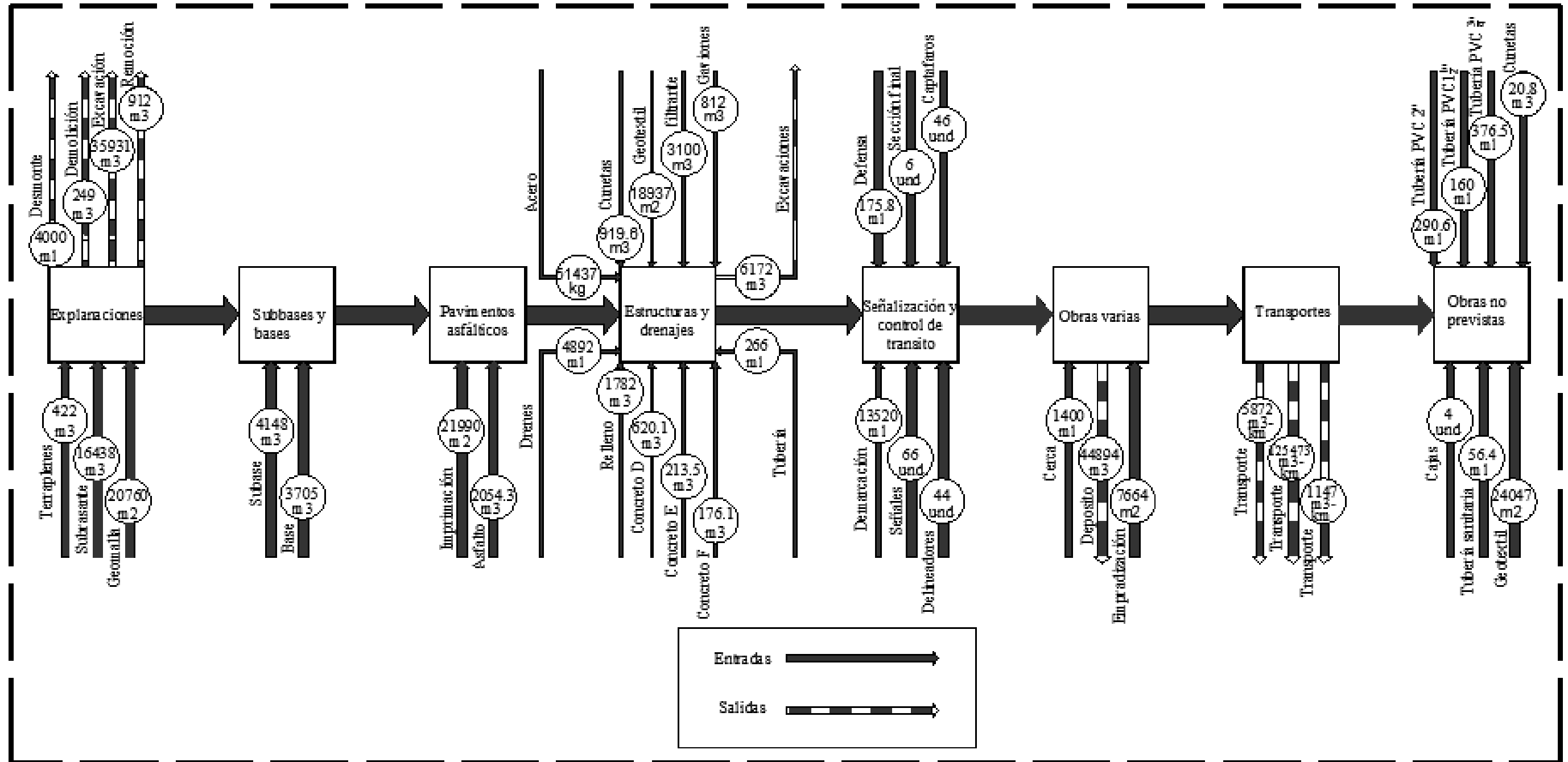
En la figura 12 se muestra el diagrama general de procesos para la construcción de una vía, acompañado de las diferentes actividades que intervienen en la ejecución de cada capítulo. El sistema general de procesos por capítulo se encuentra demarcado por una línea punteada, las entradas y salidas a cada sección se identifican con una flecha entrando o saliendo a cada recuadro. En cada flecha se encuentra una circunferencia la cual contiene los volúmenes a utilizar de cada material. Además, cuenta con las respectivas unidades. Por último, se muestra la descripción de las actividades que se encuentran descritos en la tabla 1. En la misma tabla se encuentra las respectivas cantidades con sus determinadas unidades y los nombres de los capítulos y actividades para el proyecto vial en estudio.

Tabla 2: Cantidades de material para ser utilizados en la construcción de la vía.

Descripción	Unidad	Cantidad
Explanaciones		
Desmante y limpieza en zonas no boscosas	ml	4000,00
Demolición de estructuras (cabezotes, pocetas de alcantarillas existentes y cunetas)	m3	249,00
Excavación sin clasificar de la explanación canales y prestamos	m3	35931,00
Remoción de derrumbes	m3	912,00
Terraplenes	m3	422,00
Mejoramiento de la subrasante con material granular de río	m3	16438,00
Refuerzo de subrasante y capas granulares con geomalla biaxial LBO 202	m2	20760,00
Subbases y bases		
Subbase granular	m3	4148,00
Base granular	m3	3705,00
Pavimentos asfálticos		
Imprimación con emulsión asfáltica	m2	21990,00
Mezcla densa en caliente MDC-2	m3	2054,30
Estructuras y drenajes		
Excavaciones varias sin clasificar	m3	6172,00
Relleno para estructuras	m3	1782,00
Concreto clase D (3000 psi)	m3	620,10
Concreto clase E (2500 psi)	m3	213,50

Tubería de concreto reforzado de diámetro 900 mm (36")	ml	266,00
Acero de refuerzo grado 60	Kg	51437,10
Cunetas bordillos en concreto clase D	m3	919,64
Geotextil	m2	18937,70
Material granular filtrante	m3	3100,80
Gaviones	m3	812,00
Drenes horizontales tubería perforada 4"	ml	4892,50
Señalización y control de tránsito		
Línea de demarcación con pintura en frio	ml	13520,00
Señales de tránsito grupo I (75cm*75cm)	und	66,00
Señal grupo IV (delineadores de curvatura horizontal)	und	42,00
Defensa metálica (perfil W-calibre 12)	ml	175,80
Sección final (Perfil W-calibre 12)	und	6,00
Captafaros	und	46,00
Obras varias		
Cerca de alambre de púas con postes de madera	ml	1400,00
Conformación y compactación de la zona del deposito	m3	44894,00
Empradización de taludes con bloques de cespced	m2	7664,80
Transportes		
Transporte de materiales de explanación, canales y prestamos entre 100 y 1000m	m3-km	5872,00
Transporte de materiales de explanación distancia > a 1000m	m3-km	125473,80
Transporte de materiales provenientes de derrumbes	m3-km	1147,00
Obras no previstas		
Suministro e instalación tubería PVC presión diámetro 2"	ml	290,60
Suministro e instalación tubería PVC presión diámetro 1 1/2"	ml	160,00
Suministro e instalación tubería PVC presión diámetro 3/4"	ml	376,50
Cunetas fuera de la vía en concreto clase D	m3	20,80
Cajas de inspección 0.6x0.6	und	4,00
Suministro e instalación tubería 10" sanitaria	ml	56,40
Geotextil NT4000 para separación de mejoramiento de la subrasante	m2	24047,80

Figura 12: Representación del flujo de materiales para la construcción del proyecto vial.



Fuente: Autores

9.3 Resultados obtenidos al aplicar la metodología ACV

La metodología del Análisis del ciclo de vida (ACV) se aplicó únicamente para la etapa de construcción de la vía. Es decir, se tuvieron en cuenta los materiales que intervienen en esta etapa y los que representan un mayor impacto negativo al medio ambiente. Se realizaron investigaciones de los materiales que más causan un deterioro al medio ambiente, visto de su producción hasta el momento en que es usado en obra. Así mismo, el ACV tiene una gran relación con el AFM, de manera que permite tener un concepto más amplio y al detalle de todos los materiales que pueden circular en el momento de construcción de una obra vial, y también de la energía que es utilizada para la producción de estos mismos. Los diagramas que se presentarán a continuación, representan la materia prima, la energía, los combustibles, las emisiones y los vertimientos que se generan al producir una unidad de volumen o medida de cada material. Adicionalmente cada diagrama viene acompañado con una tabla, la cual contiene en resumen las cantidades utilizadas para cada material y también las cantidades utilizadas para el proyecto vial, obtenidas de la tabla 1.

9.3.1 Subbase granular

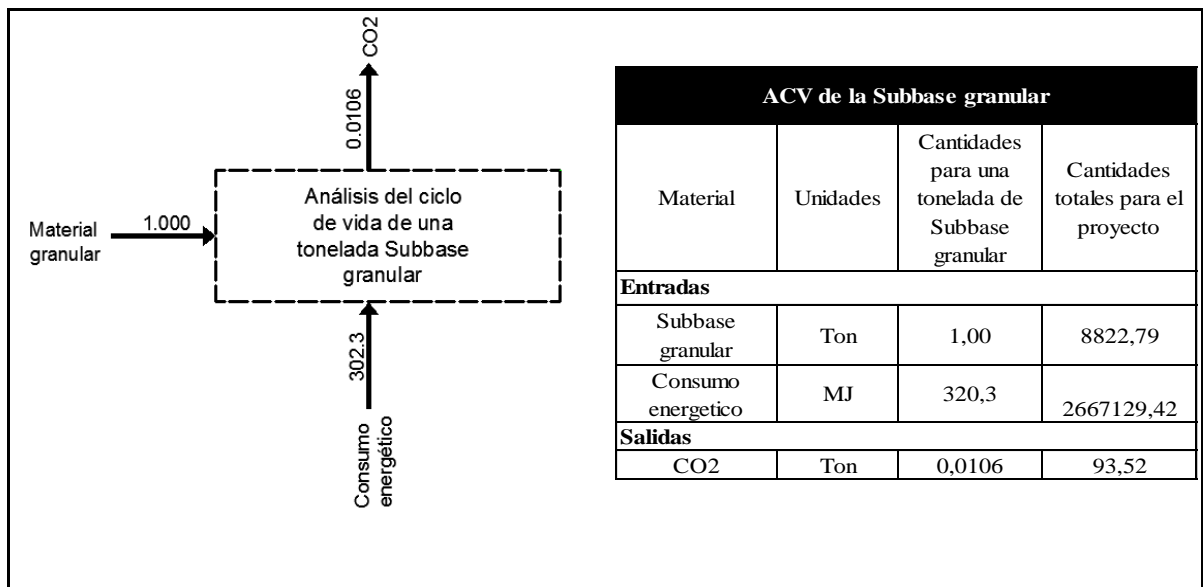


Figura 13: ACV del proceso “Subbase Granular” y cuantificación de entrada y salidas de materiales del sistema de subbase granular empleada en el proyecto.

9.3.2 Base granular

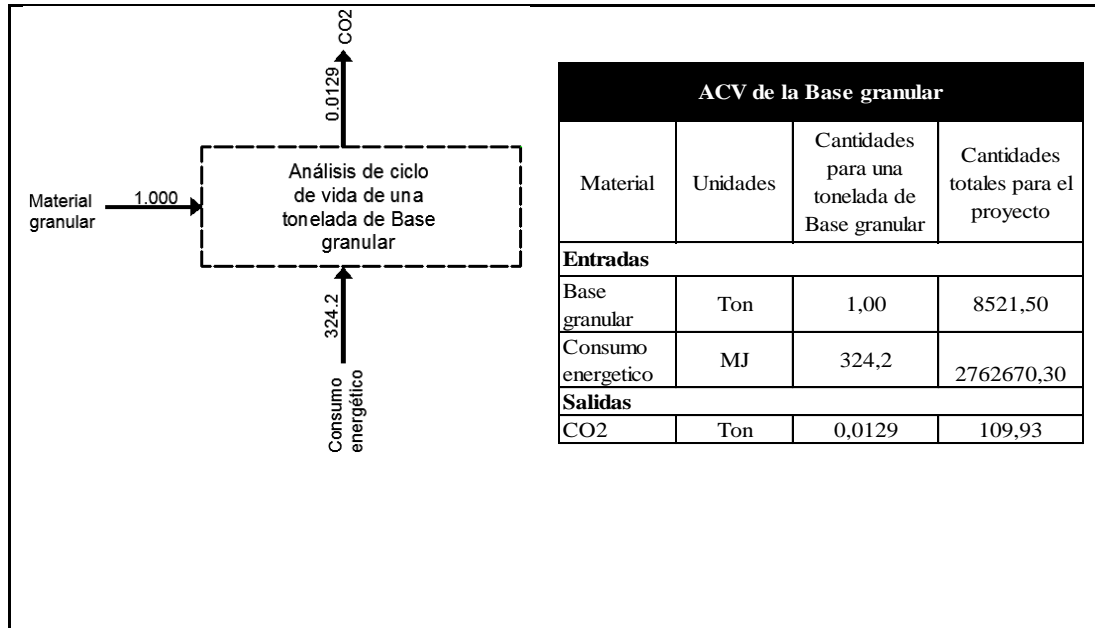


Figura 14: ACV del proceso “Base Granular” y cuantificación de entrada y salidas de materiales del sistema de base granular empleada en el proyecto.

9.3.3 Mezcla densa en caliente (MDC-2)

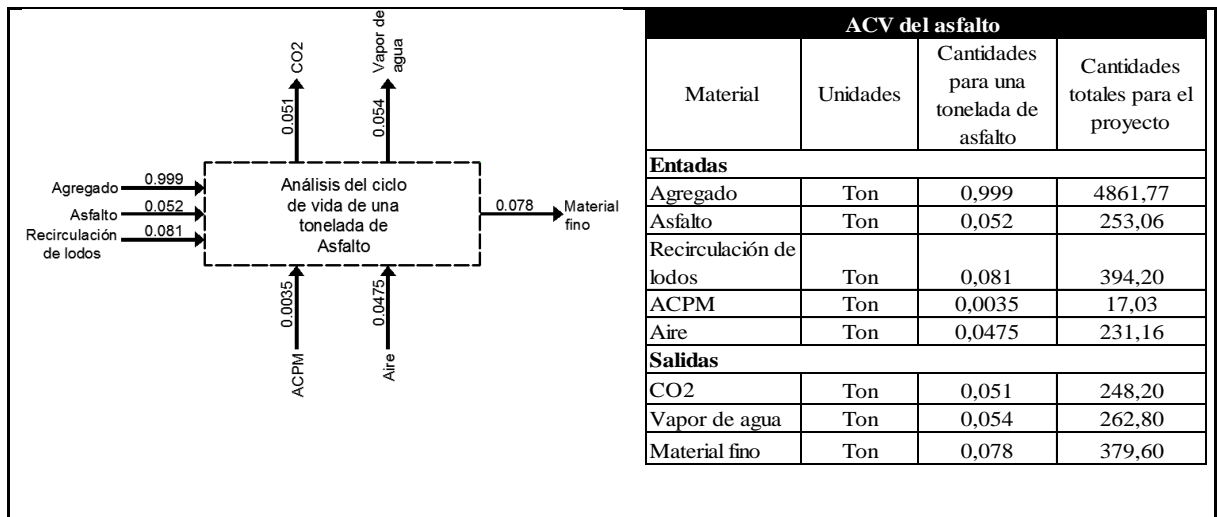


Figura 15: ACV del proceso “Mezcla densa en caliente” y cuantificación de entrada y salidas de materiales del sistema de mezcla densa en caliente empleada en el proyecto.

9.3.4 Cemento

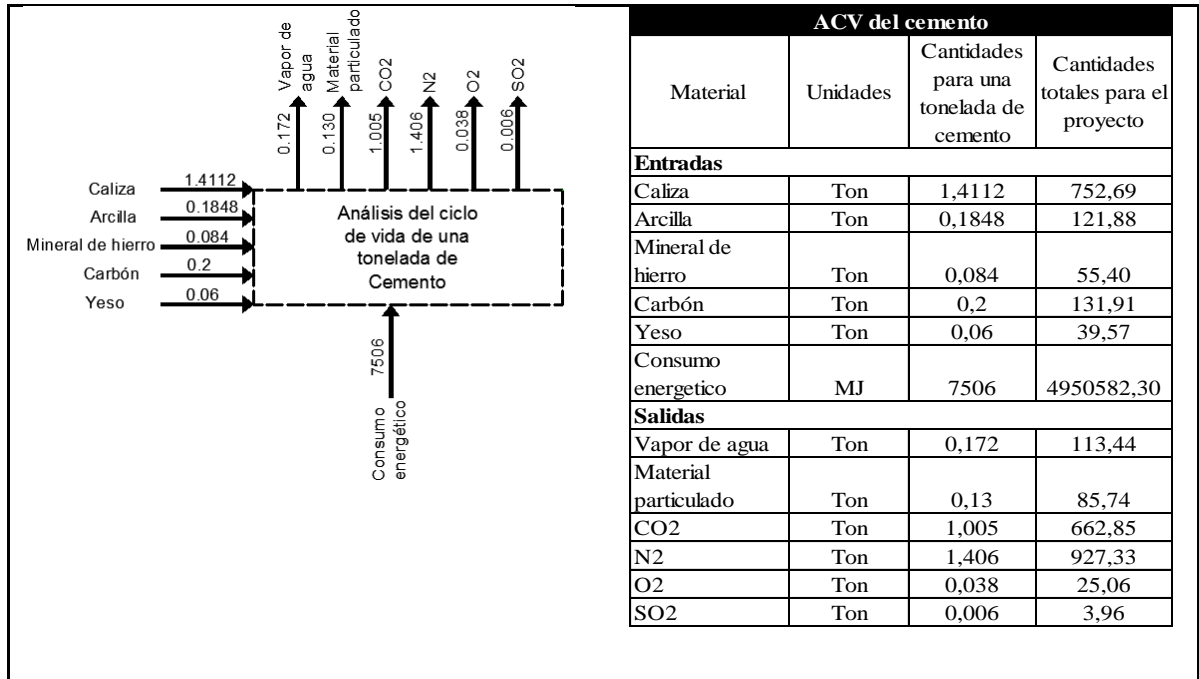


Figura 16: ACV del proceso “Cemento” y cuantificación de entrada y salidas de materiales del sistema de cemento empleado en el proyecto.

9.3.5 Arena

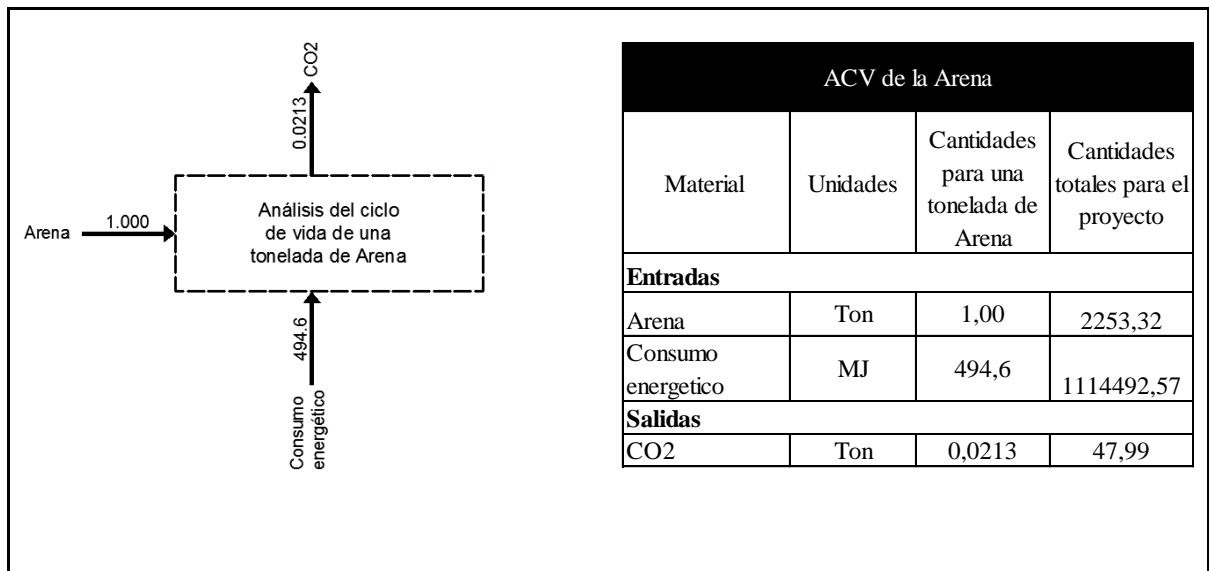


Figura 17: ACV del proceso “Arena” y cuantificación de entrada y salidas de materiales del sistema de arena empleada en el proyecto.

9.3.6 Grava

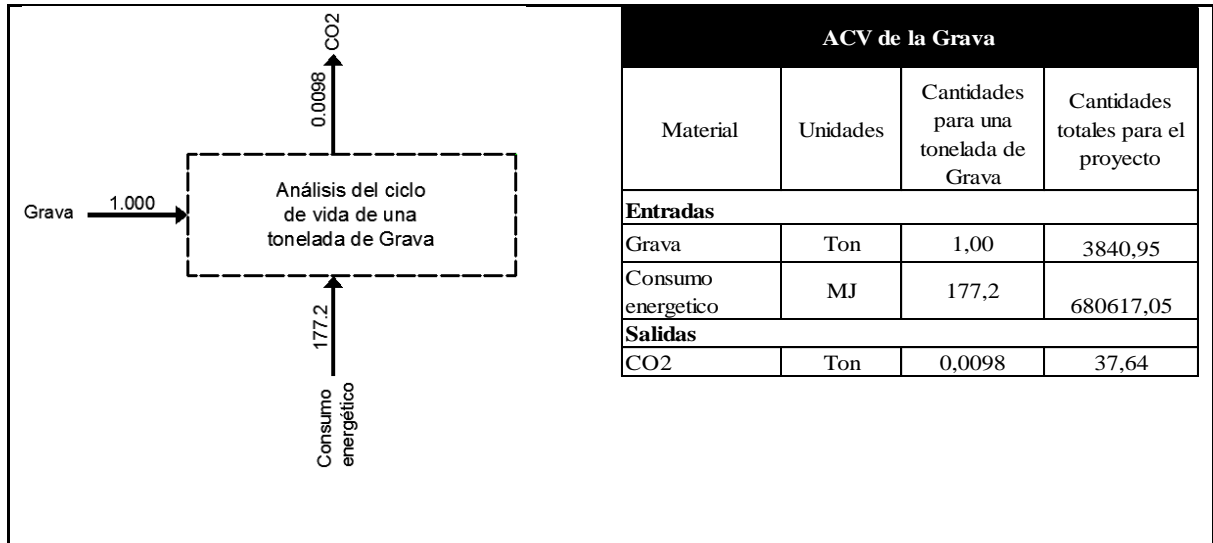


Figura 18: ACV del proceso “Grava” y cuantificación de entrada y salidas de materiales del sistema de grava empleada en el proyecto.

9.3.7 Acero

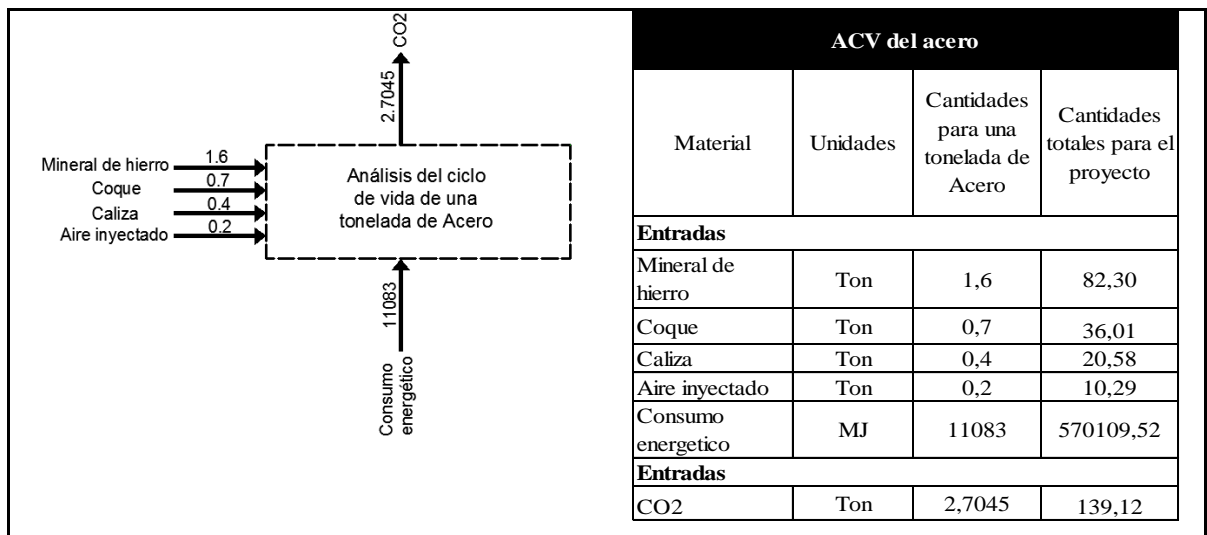


Figura 19: ACV del proceso “Acero” y cuantificación de entrada y salidas de materiales del sistema de acero empleado en el proyecto.

9.3.8 Concreto

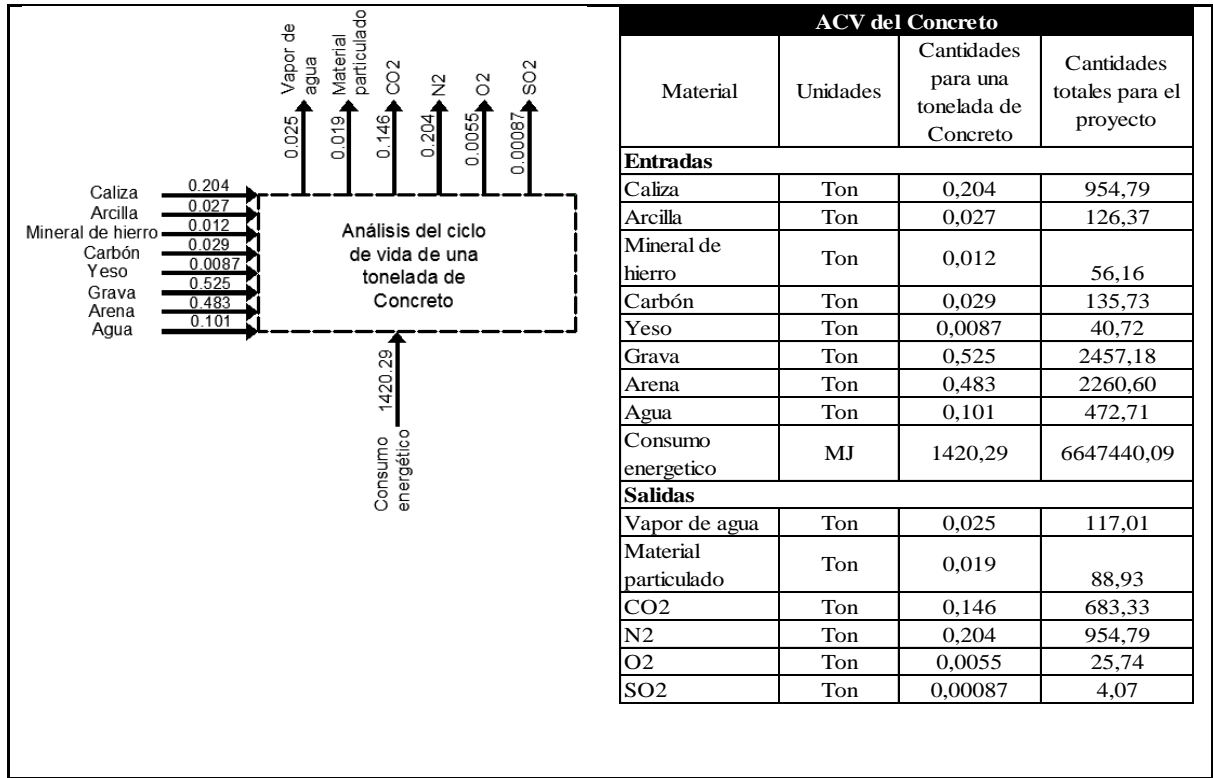


Figura 20: ACV del proceso “Concreto” y cuantificación de entrada y salidas de materiales del sistema de concreto empleado en el proyecto.

9.3.9 Pintura

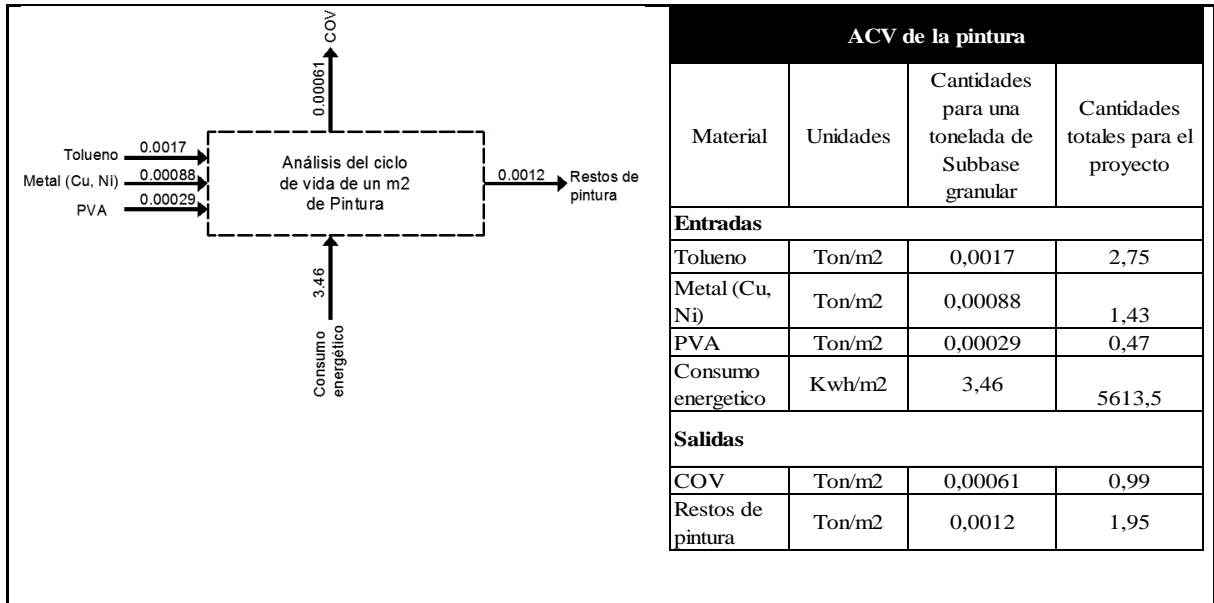


Figura 21: ACV del proceso “Pintura” y cuantificación de entrada y salidas de materiales del sistema de pintura empleada en el proyecto.

9.3.10 Tubería PVC

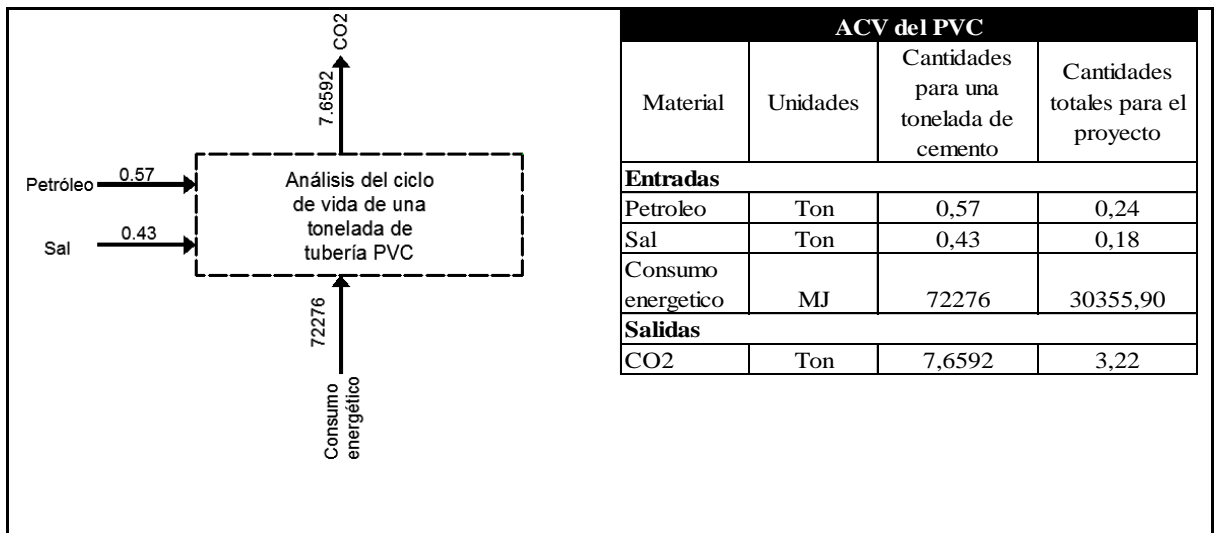


Figura 22: ACV del proceso “Tubería PVC” y cuantificación de entrada y salidas de materiales del sistema de tubería PVC empleada en el proyecto.

9.4 Distribución porcentual aplicada en diferentes aspectos

Adicional a las metodologías empleadas se hizo necesario realizar una distribución porcentual para identificar que volumen de materiales son los más utilizados dentro de la construcción del proyecto vial. Así mismo cuales son los que tienen mayores emisiones de CO₂ al medio ambiente y cuales tienen mayor consumo de energía en su producción. Cabe resaltar que los siguientes esquemas y tablas fueron construidos utilizando la información proporcionada por las dos metodologías anteriormente aplicadas.

9.4.1 Volumen de material requerido para cada actividad en el capítulo de explanaciones

Tabla 3: Consumo de material en el capítulo de explanaciones

Item	Descripción	m ³	%
Explanaciones	Demolición de estructuras	249,00	0,46
	Excavación sin clasificar	35931,00	66,60
	Remoción de derrumbes	912,00	1,69
	Terraplenes	422,00	0,78
	Mejoramiento de la subrasante	16438,00	30,47
Total		53952,00	100

En la figura 23 se presenta un diagrama circular que permite identificar cual es la actividad dentro del capítulo de explanaciones que tiene un mayor gasto de material. Para el caso de estudio, la excavación sin clasificar es la que mayor porcentaje de material movido representa con un 67% del total de todas las actividades, mientras que por otro lado la actividad en la que se requiere un menor movimiento de material es en la construcción del terraplén aproximadamente con un 1% del total de las actividades, lo que quiere decir que se necesita extraer un gran volumen de material de excavación para remplazarlo por un reducido volumen para la construcción del terraplén.

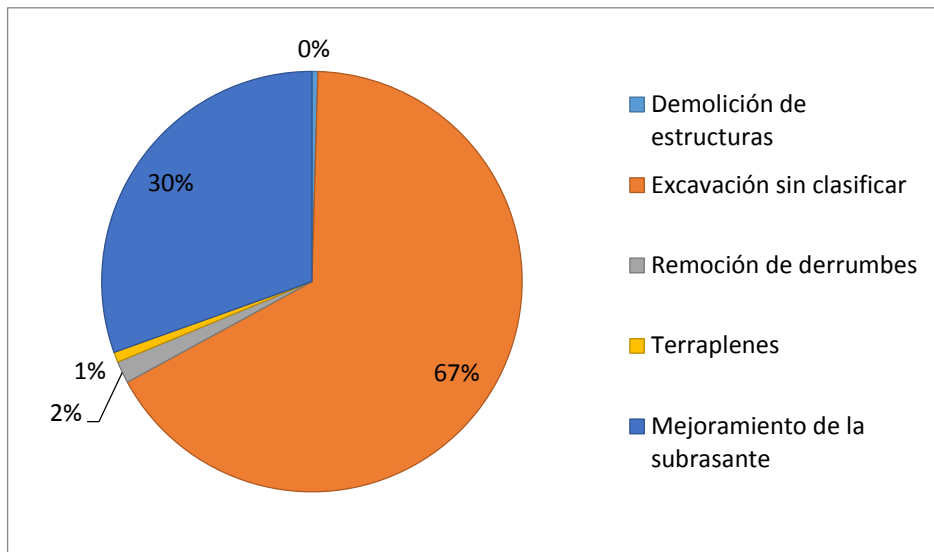


Figura 23: Distribución porcentual del material utilizado en la explanación

9.4.2 Volumen de material requerido para cada actividad en el capítulo de estructura de pavimento

Tabla 4: consumo de material en el capítulo de estructura de pavimento

Ítem	Descripción	m3	%
Estructura de Pavimento	Subbase granular	4148,00	41,87
	Base granular	3705,00	37,40
	Mezcla densa en caliente MDC-2	2054,30	20,74
Total		9907,30	100,00

Como se observa en la figura 24 para conformar la estructura de pavimento se necesita una gran cantidad de subbase granular, a diferencia de la mezcla densa en caliente (MDC-2), que equivale casi a la mitad, esto es debido a las especificaciones técnicas realizadas por el ingeniero diseñador.

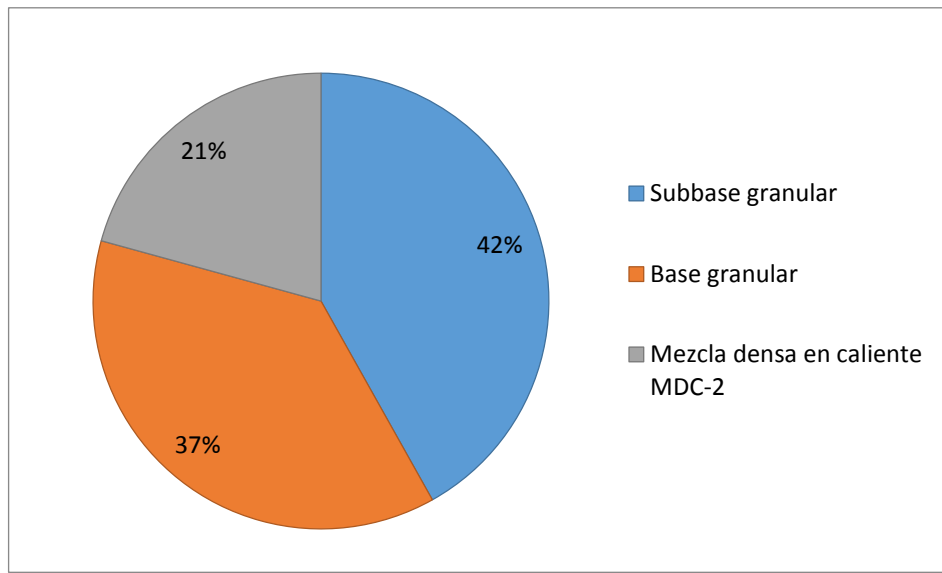


Figura 24: Distribución porcentual del material utilizado en la estructura de pavimento

9.4.3 Volumen de material requerido para cada actividad en el capítulo de estructuras en concreto.

Tabla 5: Consumo de material en el capítulo de estructuras

Item	Descripción	m3	%
Estructuras	Concreto clase D	620,10	31,80
	Concreto clase E	213,50	10,95
	Concreto clase F	176,10	9,03
	Cunetas bordillos en concreto	919,64	47,16
	Cunetas fuera de la vía en concreto	20,80	1,07
Total		1950,14	100,00

En la figura 25, se presenta la distribución porcentual de concreto utilizado en el capítulo de estructuras, y como era de esperarse donde se tiene un mayor consumo de concreto es en la actividad de cuentas bordillos en concreto, y es debido a que estas son construidas a lo largo de todo el eje de la vía en ambos sentidos, permitiendo hacer un buen drenaje de las aguas lluvia.

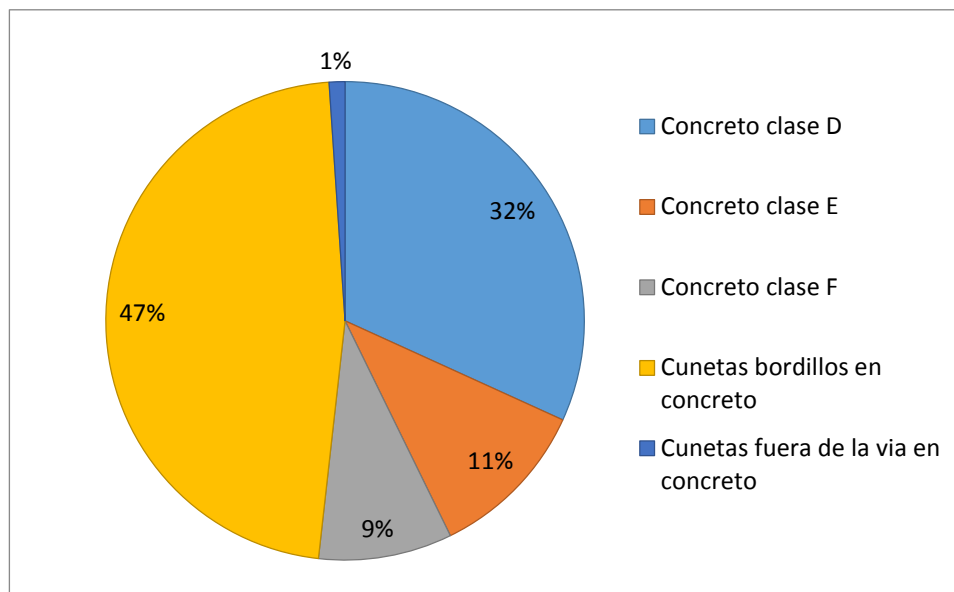


Figura 25: Distribución porcentual del concreto utilizado en el capítulo de estructuras

9.4.4 Volumen de material transportado en el capítulo de transporte de material de explanación

Tabla 6: Volumen de material en transportado a la zona de deposito

Item	Descripción	m3-km	%
Transporte de material de Explanación	Transporte de material de explanación entre 100-1000m	620,10	61,41
	Transporte de material de explanación >1000m	213,50	21,14
	Transporte de material de derrumbe	176,10	17,44
Total		1009,70	100,00

Es de vital importancia definir un sitio de depósito de materiales adecuado para suplantar la cantidad de escombros y tierra provenientes de la explanación, adicionalmente la zona de debe estar lo más cercano a la construcción de la vía, evitando demora de los viajes y disminuyendo de cierta forma las emisiones de material particulado, como es evidente en la distribución porcentual de la figura 23, el 61% del transporte de material de explanación corresponde a una zona de depósito ubicada entre los 100 y 1000m de distancia de la vía, lo cual es muy favorable para su construcción.

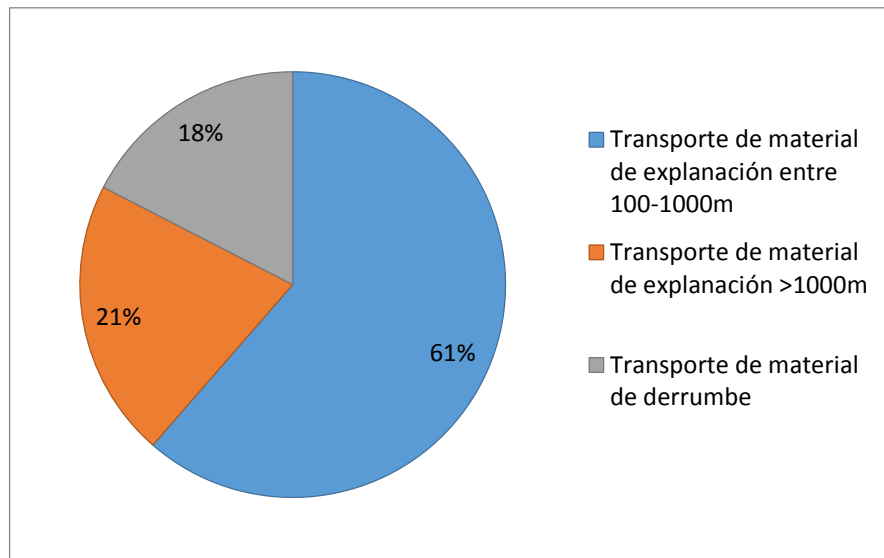


Figura 26: Distribución porcentual del volumen de material transportado

9.4.5 Volumen de emisiones de CO₂ en la producción de materiales empleados en la construcción de la vía

Tabla 7: Emisiones de CO₂

Item	Descripción	Ton	%
Emisiones de CO ₂	Asfalto	248,2	12,25
	Cemento	662,85	32,72
	PVC	3,22	0,16
	Grava	37,64	1,86
	Arena	47,99	2,37
	Base granular	109,93	5,43
	Subbase granular	93,52	4,62
	Acero	139,12	6,87
	Concreto	683,33	33,73
	Total		2025,80

En la figura 27, se presenta la diferencia significativa de emisiones de CO₂ en la producción de los materiales que mayor impacto negativo tienen sobre el medio ambiente, la distribución porcentual realizada esta basada en las cantidades empleadas en el proyecto y de los resultados de la aplicación de la metodología del análisis del ciclo de vida (ACV) y permiten definir cuál material es el que tiene mayor incidencia en el deterioro al medio ambiente, que en el caso de estudio es el concreto con un 33% frente a los otros materiales.

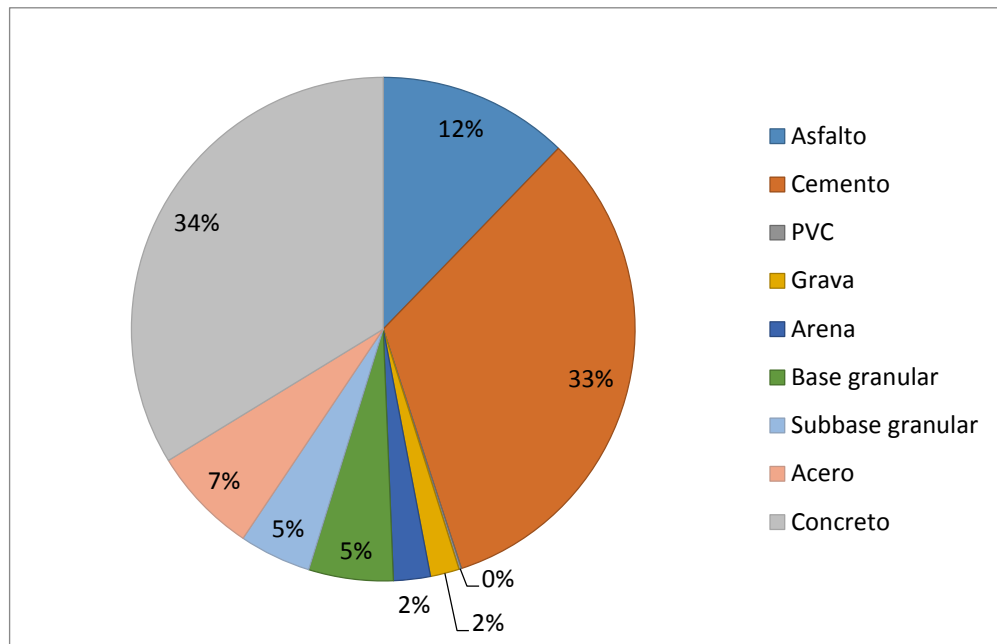


Figura 27: Distribución porcentual en las emisiones de CO2 por parte de los materiales empleados en obra

9.5 Resultados obtenidos de la identificación de la normatividad ambiental

Al realizar la identificación 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 está ley fue derogada por nuevas leyes, decretos y resoluciones que en la actualidad se encuentran vigentes. En la tabla 17 se presenta un recuento histórico de las principales políticas ambientales que son pioneras en la conservación del medio ambiente y el desarrollo sostenible en lo que respecta al sector vial. Adicionalmente se presenta la descripción o dependencia de la normatividad.

Tabla 8: Contexto histórico de las políticas ambientales en el sector vial

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 depositos 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 deposito final
Decreto 948 de 1995	Permiso para Emisiones Atmosféricas incluido Ruido
Decreto Reglamentario 1791 de 1996	Regimen 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

Resoluciones 0601 y 0627 de 2006	Normas de calidad del aire y estándares permisibles de niveles de ruido ambiental
Ley 1333 de 2009	Regimen sancionatorio ambiental
Artículo 57 de la ley 1333 de 2009	Creación del Registro Único de Infractores Ambientales (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 28 se presenta 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.

- a) 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 a recurso suelo, teniendo en cuenta su explotación y extracción.
- b) Regulaciones, restricciones y sanciones del uso del suelo: Inicialmente se presenta la implementación de la constitución política de 1991, la cual emite los primeros artículos sobre 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.

- c) Desarrollo sostenible y licencias ambientales: desde el 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 las licencias ambientales, las cuales deben presentar como documento técnico los constructores y deben estar ajustadas a las especificaciones de la ley.



Figura 28: Historia de la normativa ambiental colombiana

9.6 Resultados de la evaluación de la sostenibilidad

A continuación, se presenta el cuadro de calificación de la metodología GreenLITES Diseño, teniendo en cuenta que se presenta por las categorías anteriormente mencionadas y con la puntuación obtenida para el estudio de caso.

9.6.1 GreenLITES de Diseño

Tabla 9: Puntuación categoría Sitios Sostenibles (S), Selección de Alineación (S-1), Contexto Soluciones Sensibles (S-2)

Sistema GreenLITES de Calificación de la Sostenibilidad Ambiental de Proyectos Scorecard v 2.1.0			PUNTOS		Proyecto: Construcción de Pavimiento Flexible en la vía Timbío-Paispamba, municipio de Sotará de partamento del Cauca
CATEGORÍA	ID	DESCRIPCIÓN	Disponible	anotó	3 - Reconstrucción y nueva construcción
					EXPLICACIÓN o comentarios (Opcional)
S-1 Selección de alineación	S-1a	Evitar tierras previamente no desarrolladas (espacios abiertos o "campos verdes").	2	0	Según el Estudio de Diseño Geométrico y Señalización, fue necesaria la intervención de tierras previamente no desarrolladas.
	S-1b	Selección de una alineación que establezca una zona de amortiguación mínima de 100 pies entre el borde del pavimento y un curso de agua natural o un humedal natural de tamaño significativo, con el propósito de filtrar aguas pluviales.	2	0	Según el Dec. 3600 del 2007, Art. 11. En corredores viales suburbanos se debe delimitar una franja mínima de quince (15) metros (49,21 pies) de aislamiento, contados a partir del borde de la vía.
	S-1c	Alineaciones que minimizan la "huella" global de la construcción. Ejemplos: uso de muros de contención, selección de la opción de diseño con huella mínima.	2	0	Según el Estudio del Componente Ambiental no se tiene en cuenta
	S-1d	Diseñar alineaciones verticales que minimicen el movimiento de tierra total. (Aplicable sólo para proyectos que modifican alineaciones verticales existentes.)	1	0	De acuerdo al Estudio de Estabilidad y Estabilización de Taludes, no se cumple a cabalidad.
	S-1e	Ajustar la alineación para evitar o minimizar los impactos a los recursos ambientales y sociales (evitación de terrenos del parque, humedales, sitios históricos, tierras de cultivo, edificios residenciales y comerciales, etc.).	1	0	No se evitan tierras de cultivo.
	S-1f	Alineamientos que optimizan los beneficios entre las restricciones competitivas. (La meta no siempre es la alineación de longitud mínima, sino la que tiene el mejor beneficio en general.)	1	0	para la elección del alineamiento primo el factor económico sobre el beneficio general.
	S-1g	Micro-ajustes que no comprometen la seguridad o el funcionamiento, sino que hacen la diferencia en proporcionar suficiente espacio libre para la plantación de árboles.	1	1	Concordante al Plan de Manejo Ambiental en su ítem de Recuperación de áreas intervenidas y compensación forestal
	S-1h	zonas sembradas con semillas mezcladas que ayudan a reducir la necesidad de mantenimiento y aumentar la retención de carbono.	1	1	Coherente al Plan de Manejo Ambiental en su ítem de Recuperación de áreas intervenidas y compensación forestal.
	S-1i	Proporcionar una alineación calzada deprimida.	1	0	N/A
	S-1j	El uso de clavos de suelo lanzados como una opción más rentable para estabilizar una pendiente en lugar de, por ejemplo, cerrar una carretera para construir un muro de contención que pueda afectar negativamente el flujo de tráfico y propiedades vecinas.	1	0	N/A
S-2 Contexto soluciones sensibles	S-2a	Ajustar o incorporar las características de la carretera para responder al carácter único o sentido de lugar (tanto natural como construido) de la zona ("carácter único" significa cualquier elemento identificable que hace un lugar distintivo, memorable, importante para la comunidad, Vistas panorámicas, puentes y edificios históricos, autopistas, uso característico de los materiales, una notable planta de árboles, etc.).	2	0	N/A
	S-2b	Incorporar materiales locales o naturales para elementos sustanciales visuales (por ejemplo, la fascia de puentes, muros de contención).	2	2	Según los estudios técnicos, los materiales necesarios para el desarrollo del proyecto se extraen de fuentes cercanas a la ubicación del proyecto.
	S-2c	mejoras visuales (ocultar vistas desagradables, la colocación estratégica de la vegetación, la mejora de las vistas panorámicas, enterrando los servicios públicos, etc.).	2	0	N/A
	S-2d	Mobiliario urbano de calle / iluminación / dependencias.	1	0	N/A
	S-2e	La inclusión de paso de peatones visualmente contrastantes (paso de peatones y / o textura de color).	1	0	N/A
	S-2g	Incorpora la guía de la Sección 23 - Estética del Manual del Puente del Estado de Nueva York.	1	0	N/A
	S-2h	Selección de materiales y detalles del sitio para reducir el efecto de "isla de calor" en general.	1	0	N/A
	S-2i	Proteger permanentemente las cuencas por medio de voluntariado ambiental o de conservación.	1	0	N/A
	S-2j	Color anodizado de elementos de aluminio (cabinas ITS, postes de luz no decorativos, etc.)	1	0	N/A
	S-2k	cercado de puente decorativo (en el lugar de la conexión de cadena estándar).	1	0	N/A
	S-2l	El uso de revestimientos de hormigón (en barreras de aproximación de puentes, muros de parapeto, muros de contención, muros antruido, pilares de puentes y pilares, etc.)	1	0	N/A; ninguno de los elementos mencionados son empleados en este proyecto
	S-2m	Hormigón fundido / recortes de asfalto, gomas y/o áreas de almacenamiento de nieve.	1	0	N/A

Tabla 10: Puntuación categoría Sitios Sostenibles (S), Planificación de uso de la Tierra/Comunidad (S-3) Proteger, mejorar o restaurar hábitat de vida silvestre (S-4)

Sistema GreenLITES de Calificación de la Sostenibilidad Ambiental de Proyectos Scorecard v 2.1.0				PUNTOS		Proyecto:	Construcción de Pavimiento Flexible en la vía Timbío-Paispamba, municipio de Sotará de departamento del Cauca
				Disponible	añadido	3 - Reconstrucción y nueva construcción	
CATEGORÍA	ID	DESCRIPCIÓN				EXPLICACIÓN o comentarios (Opcional)	
S-3 Planificación de Uso de la Tierra / Comunidad	S-3a	Uso de técnicas de participación pública más atractivas (por ejemplo, Charette, grupo de trabajo).	2	2		Mediante el sistema electrónico para la contratación pública (secop) se evidencia en los diseños el trabajo interdisciplinar de los diferentes profesionales a cargo del diseño del proyecto.	
	S-3b	Mejora de los esfuerzos de divulgación (por ejemplo, boletines informativos, página web específica del proyecto, comunicaciones emitidas en varios idiomas).	2	2		Aunque el proyecto no tiene página web propia, es posible obtener información sobre este en el sistema para la contratación pública (SECOP) implementado por el gobierno.	
	S-3c	Proyectos que faciliten el uso del transporte público (por ejemplo, paradas de autobuses, 'Park & Ride').	2	0		N/A	
	S-3d	Proyectos que aplican los conceptos de "comunidades peatonales" y / o "Calles completas".	2	0		N/A	
	S-3e	Proyectos que aumentan la eficiencia del transporte para transportar mercancías a través de características tales como instalaciones ferroviarias o intermodales dedicadas o el uso de trenes unitarios para retirar camiones de las carreteras y ahorrar combustible.	2	0		N/A	
	S-3f	Acuerdo formal específico del proyecto con entidades públicas o privadas que permita el mejoramiento del medio ambiente, adelanto tecnológico o asistencia financiera o alivio al Departamento.	2	0		N/A	
	S-3g	El proyecto es consistente con los planes locales y regionales más allá de los generados por la MPO; (Por ejemplo, planes de revitalización frente al mar, planes de vías verdes, el programa Scenic By Way y otros planes estatales de no transporte con componentes regionales) y / o planes maestros / integrales basados en el crecimiento inteligente local.	2	2		Requerimiento legal para la aprobación del proyecto es el cumplimiento ambiental según los requerimientos de las autoridades ambientales.	
	S-3h	informes de proyectos y materiales de alcance comunitario disponibles en línea que no sea la página web específica proyecto.	1	1		La publicación de la información referente al proyecto se realiza en el sistema electrónico para la contratación pública (secop) el cual es actualizado constantemente y de	
	S-3j	Establecimiento de una nueva facilidad de acceso recreacional (sendero de aparcamiento, lanzamiento de la parte superior del coche, información / mapa del quiosco).	2	0		N/A	
	S-3k	Establecimiento de una nueva instalación recreativa (parque, vista al borde de la carretera, zona de descanso para picnic en la carretera, etc.).	2	0		N/A	
S-3L	Mejora de una instalación recreativa existente o la mejora de un acceso a las instalaciones de recreo existentes.	1	0		N/A		
S-4 Proteger, mejorar o restaurar hábitat de vida silvestre	S-4a	Mitigación de la fragmentación del hábitat a través del uso de técnicas significativas como áreas consolidadas de arroyos, humedales o mitigación ecológica, o creación de viaductos ecológicos dedicados. (Caminos elevados que sirven para evitar impactos en áreas ecológicamente importantes como comunidades de plantas raras y Corredores de migración de vida silvestre.).	3	0		Según el Plan de Manejo Ambiental en su programa de Manejo de vegetación; Se debe planificar cuidadosamente la intervención de los bosques de galería, tal manera que la cobertura conserve su continuidad, reduciendo procesos de fragmentación; pero no se fomentan técnicas significativas, similares a las	
	S-4b	Proporcionar mejoras al hábitat de vida silvestre existente (por ejemplo, casas de aves y murciélagos, cajas nido áreas de anidación de tortugas, evitando el hábitat de tuberías).	2	0		N/A	
	S-4c	Mitigación parcial de la fragmentación del hábitat a través de técnicas (condiciones regionales del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (USACE)), tales como alcantarillas de sobre dimensionamiento para acomodar el paso de especies acuáticas y no acuáticas.	2	0		N/A	
	S-4d	El uso de alcantarillas de fondo natural.	2	0		N/A	
	S-4e	Cruces de fauna que son estructuras que permiten el paso seguro de la vida silvestre a través de carreteras sin su cruce directamente en la carretera. Los ejemplos incluyen paso elevado de la fauna / paso subterráneo y túneles anfibios.	2	0		N/A	
	S-4f	Restauración, mejoramiento o establecimiento de humedales que supera y excede lo requerido para obtener un permiso relacionado con humedales.	2	0		las acciones de restauración, mejoramiento o establecimiento de humedales no supera ni excede lo requerido para un permiso	
	S-4g	Minimizar el uso de las tierras que forman parte de un importante hábitat de vida silvestre contiguo.	1	1		Se implementan programas de revegetación y empradización, pero no se minimiza el uso de tierras	
	S-4H	Uso de medidas de reducción de la mortalidad de la fauna silvestre tales como vallas de acceso directo, letreros de alce, etc.	1	0		N/A	
	S-4k	restauración/ mejora de arroyos .	1	0		N/A	
	S-4L	Instalación de marcas de siega para proteger áreas naturales y humedales.	1	0		N/A	
S-4m	Inclusión de la programación y los requisitos logísticos para evitar la interrupción de las actividades de anidación o cría de vida silvestre.	1	0		N/A		
S-4n	Protege permanentemente el hábitat nuevo o expandido a través de una enfoque ambiental o de conservación.	1	0		N/A		

Tabla 11: Puntuación categoría Sitios Sostenibles (S), Proteger, Plantar o Mitigar para la Remoción de Árboles y Comunidades de Plantas (S-5); categoría Calidad de Agua (W), Gestión de Aguas Pluviales (W-1), Mejores Prácticas de Manejo (W-2)

Sistema GreenLITES de Calificación de la Sostenibilidad Ambiental de Proyectos Scorecard v 2.1.0			PUNTOS		Proyecto:	Construcción de Pavimiento Flexible en la vía Timbio-Paispamba, municipio de Sotará de partameto del Cauca
CATEGORÍA	ID	DESCRIPCIÓN	Disponibles	Anotó	3 - Reconstrucción y nueva construcción	
					EXPLICACIÓN o comentarios (Opcional)	
Sitios sostenibles (S)	S-5 Proteger, planta o mitigar de eliminación de los árboles y de las plantas Comunidades	S-5a	Prevención / protección de grupos significativos contiguos de comunidades de árboles y hortalizas establecidas y deseables, especialmente aquellas que muestran signos de auto-regeneración.	2	2	De acuerdo a lo estipulado en la ficha de Manejo de Vegetación del Plan de Adaptación de la Guía De Manejo Ambiental-Paga.
		S-5b	Diseños que demuestran, a través de una combinación de preservación y nueva siembra, un incremento neto previsto (nuevos árboles en la madurez proyectada) en la cobertura de la copa de los árboles dentro de los límites del proyecto.	2	2	De acuerdo a lo estipulado en la ficha de Manejo de Vegetación del Plan de Adaptación de la Guía De Manejo Ambiental-Paga.
		S-5c	Reestablecimiento o expansión de vegetación nativa en áreas de trabajo recuperadas o alineamientos abandonados. (Por ejemplo, mezclas de semillas nativas, enfoque de re-forestación con plántulas múltiples en lugar de viveros tradicionales de gran tamaño, etc.).	2	2	Concordante con lo formalizado en la ficha de Manejo de Vegetación del Plan de Adaptación de la Guía De Manejo Ambiental-Paga. en su Proyecto 2. Recuperación de áreas intervenidas y compensación forestal.
		S-5d	El uso de árboles, arbustos grandes u otra vegetación adecuada (rosa de la playa, madre selva y sauces arbustivos) como cercas vivas de la nieve.	2	0	N/A
		S-5e	Uso de especies nativas para mezclas de semillas y otras plantaciones.	1	1	Conforme a lo concertado en la ficha de Manejo de Vegetación del Plan de Adaptación de la Guía De Manejo Ambiental-Paga. en su Proyecto de Recuperación de Áreas Intervenidas y Compensación Forestal.
		S-5f	Evitación / protección de árboles significativos individuales y áreas localizadas de vegetación deseable establecida.	1	1	Coherente a lo estipulado en la ficha de Manejo de Vegetación del Plan de Adaptación de la Guía de Manejo Ambiental-Paga en su ítem: Traslado de Especies en Veda (Bromelias o quiche)
		S-5g	Los diseños que demuestren, a través de una combinación de conservación y nueva siembra, una pérdida neta de árboles en los límites del proyecto (reemplazo mínimo de uno a uno de los árboles perdidos) o, si el área total de siembra disponible se ha reducido, la mitigación con árboles en la medida de lo posible (ya sea dentro o fuera del sitio) para los árboles perdidos.	1	0	Concordante con lo formalizado en la ficha de Manejo de Vegetación del Plan de Adaptación de la Guía De Manejo Ambiental-Paga. en su Proyecto 2. Recuperación de áreas intervenidas y compensación forestal. N/A
		S-5h	La plantación de árboles, arbustos y / o material vegetal en lugar de la tradicional hierba del césped.	1	1	De acuerdo a lo formalizado en la ficha de Manejo de Vegetación del Plan de Adaptación de la Guía De Manejo Ambiental-Paga; en su Proyecto 2. Recuperación de Áreas Intervenidas y Compensación Forestal
		S-5i	Eliminación de especies vegetales indeseables, en particular remoción / entierro de especies invasoras, para preservar la diversidad global deseada de especies.	1	1	Concordante a lo concertado en la ficha de Manejo de Vegetación del Plan de Adaptación de la Guía De Manejo Ambiental-Paga
		S-5j	Preservar, en sustitución de, o mejorar la vegetación asociada a propiedades o centros históricos, o que mantienen el carácter de áreas únicas.	1	1	Conforme a lo estipulado en la ficha de Manejo de Vegetación del Plan de Adaptación de la Guía De Manejo Ambiental-Paga.
Calidad del Agua (W)	W-1 Gestión de aguas pluviales (volumen y calidad)	W-1a	Mejorar la calidad del agua y / o el hábitat cercano a través del uso de sistemas de adaptación de aguas pluviales, estrategias de acreditación de aguas pluviales, restauración de arroyos, protección adicional de humedales e inclusión de prácticas permanentes de manejo de aguas pluviales.	2	0	N/A
		W-1b	Detectar y eliminar cualquier descarga de aguas pluviales no de fuentes sanitarias o de otro tipo residencial, comercial o industrial no permitidas que entran en el derecho de vía o en los flujos que en última instancia la descarga de la fila.	2	2	De acuerdo a lo contemplado en el programa de manejo integral de aguas y residuos líquidos.
		W-1c	Mostrar, mediante el uso de modelos, una reducción de las cargas contaminantes a los recursos hídricos adyacentes mediante el uso de las Mejores Prácticas de Manejo (BMPs).	2	0	N/A
		W-1d	Reducción en el área impermeable total (la superficie impermeable después del proyecto es menor que la existente).	2	0	N/A
		W-1F	Requisitos para la construcción escalonada de modo que se expongan menos de cinco acres de suelo desnudo en un momento dado y se controle la escorrentía del sitio.	1	0	N/A
		W-1g	Detectar y documentar descargas de aguas no pluviales de fuentes sanitarias no autorizadas u otras fuentes residenciales, comerciales o industriales que entran en el derecho de vía o flujos que finalmente se descargan en el derecho de vía pero que no pueden eliminarse por razones fuera de nuestro control.	1	1	Concordante a lo contemplado en el Programa de Manejo Integral de Aguas y Residuos Líquidos.
	W-2 Mejores Prácticas de Manejo (BMPs)	W-2a	Las características de diseño que hacen uso de los suelos altamente permeables para eliminar los contaminantes de la superficie de la escorrentía a través de zanjas de infiltración o cuencas, células biorretención o jardines de lluvia, tampones hierba y humedales de aguas pluviales que tratan la calidad del agua y los requisitos de cantidad de agua de acuerdo con NYSDOT carretera Manual de diseño Capítulo 8, Apéndice B, apartados 2.3.2 y 2.3.3.	2	0	N/A
		W-2b	El uso de otras BMPs estructurales, incluyendo filtros de aire, filtros de arena, bolsas de filtro, sistemas de tratamiento de aguas pluviales, sistemas de retención de agua y sistemas de hidrodinámicos, sistemas de retención subterráneos o contenedores.	2	0	N/A
		W-2c	Inclusión de "pavimento permeable" tal como pavimentadores de la rejilla donde sea práctico.	2	0	N/A
		W-2d	Minimizar el aumento área de superficie impermeable general del proyecto.	1	0	N/A
W-2e	Incluya canales de hierba, donde sea apropiado.	1	0	N/A		
W-2F	Designar un monitor de construcción ambiental calificado para supervisar la construcción en áreas ambientales sensibles.	2	2	Conforme al Programa de Desarrollo y Aplicación de la Gestión Ambiental		

Tabla 12: Puntuación categoría Materiales y Recursos (M), Reutilización de Materiales (M-1)

Sistema GreenLITES de Calificación de la Sostenibilidad Ambiental de Proyectos Scorecard v 2.1.0			PUNTOS		Proyecto:	Construcción de Pavimnto Flexible en la vía Timbio-Pais pamba, municipio de Sotará de partamento del Cauca
CATEGORÍA	ID	DESCRIPCIÓN	Disponible	anotó	3 - Reconstrucción y nueva construcción	
					EXPLICACIÓN o comentarios (Opcional)	
Materiales y Recursos (M)	M-1 Reutilización de Materiales	M-1a	Especifique que el 75% o más del suelo removido para la clasificación se reutiliza en el sitio	2	0	N/A
	M-1b	Diseñe el proyecto para que los "cortes y rellenos" se equilibren en un 10 por ciento.	2	0	N/A	
	M-1c	Reutilización del exceso de relleno ("spoil") dentro del corredor del proyecto para minimizar el material del sitio del proyecto y eliminarlo.	2	0	N/A	
	M-1d	Especificar grietas y asientos de pavimento de hormigón.	2	0	N/A	
	M-1e	Reutilización del pavimento anterior como subbase durante los proyectos de reconstrucción a profundidad.	2	0	N/A, no hay estructura de pavimento anterior	
	M-1f	Disposición para la reutilización del exceso de material excavado, fresados pavimento de asfalto o de hormigón demolido por otro municipio o agencia estatal.	2	0	N/A	
	M-1g	Especifique el procesamiento de hormigón demolido para recuperar metales y para crear un material agregado utilizable.	2	0	N/A	
	M-1h	Recuperación de los árboles retirados de la madera de construcción o usos similares distintos de la astilladura estándar de madera (por ejemplo, moler el corazón valioso de los árboles de ceniza cuya madera externa fue infectada por los barrenadores de cenizas, lo que obligó a la remoción).	2	0	N/A	
	M-1i	Use el material excedente excavado en las carreteras estatales cercanas para aplanar la pendiente para eliminar el riel de guía o como áreas de relleno designadas por los funcionarios del Parque como aceptables para la eliminación del desecho.	2	2	Concordante con lo expuesto en el Programa Control de Erosión, Estabilidad de Taludes y de Laderas	
	M-1j	Utilice el excedente de material excavado, hormigón demolido o fresado en canteras abandonadas cercanas para ayudar a cumplir con un plan de recuperación de DEC aprobado.	2	0	N/A	
Materiales y Recursos (M)	M-1 Reutilización de Materiales	M-1k	Especifique que el 50% o más de la capa superficial removida para la clasificación se reutiliza en el sitio.	1	0	N/A
	M-1l	Diseñe el proyecto para que el corte y los rellenos se equilibren en un 25 por ciento.	1	1	Concordante con lo expuesto en el Programa Control de Erosión, Estabilidad de Taludes y de Laderas	
	M-1m	Reutilizar (es decir, quitar y reajustar frente a eliminar y reemplazar) el rectificad de granito.	1	0	N/A	
	M-1n	Reutilización de elementos de la estructura previa (chapa de piedra, barandilla decorativa, etc.).	1	0	N/A, no hay estructura de pavimento anterior	
	M-1o	Diseñar una ubicación in situ para la eliminación de desechos de madera astillada de las operaciones de limpieza y arranque.	1	0	N/A	
	M-1p	Especificación del reciclado de desechos de madera aserrada sin tratar para su uso (La madera tratada pintada / revestida no se puede usar como cobertura vegetal y se debe desechar correctamente).	1	0	N/A	
	M-1q	Los documentos del proyecto ponen a disposición metales para su reutilización o reciclado.	1	0	N/A	
	M-1r	Identificar aprobado, ambientalmente aceptable y permitido sitios en los pliegos de condiciones para la eliminación de material excedente excavado.	1	1	Concordante con lo expuesto en el Programa Control de Erosión, Estabilidad de Taludes y de Laderas	
	M-1s	Obtener e implementar una el Uso Beneficioso DEC específica para el proyecto para la reutilización innovadora de materiales de otro tipo procedentes de una ubicación dentro de NYS.	1	0	N/A	
	M-1t	Identifique los sitios aprobados, ambientalmente aceptables y permitidos en los documentos del contrato para la disposición del excedente de material excavado.	1	1	De acuerdo Plan de Adaptación de la Guía De Manejo Ambiental-Paga.	
M-1u	Reutilización de los principales elementos estructurales, tales como pilares de puentes, la estructura del puente, etc., si sea conveniente y adecuado y no compromete la función del ciclo de vida.	2	0	N/A		

Tabla 13: Puntuación categoría Materiales y Recursos (M), Contenido Reciclado (M-2) y Materiales Locales (M-3), Las Técnicas de Bioingeniería (M-4) y Minimización de Materiales Peligrosos (M-5).

Sistema GreenLITES de Calificación de la Sostenibilidad Ambiental de Proyectos Scorecard v 2.1.0				PUNTOS		Proyecto:	Construcción de Pavimiento Flexible en la vía Timbío-Paispamba, municipio de Sotará de partamento de Cauca
				Disponible	anotó	3 - Reconstrucción y nueva construcción	
CATEGORÍA	ID	DESCRIPCIÓN				EXPLICACIÓN o comentarios (Opcional)	
M-2 Contenido reciclado	M-2a	Utilizar trozos de llanta en terraplenes.	2	0		N/A	
	M-2b	Utilizar madera extruida de plástico reciclado o caucho de neumático reciclado (por ejemplo, para barreras de ruido).	2	0		N/A	
	M-2c	Especifique el reciclado en caliente o en el lugar frío de los pavimentos de asfalto de mezcla caliente.	2	0		N/A	
	M-2d	Especifique el uso de vidrio reciclado en pavimentos y terraplenes, como material de drenaje o medio filtrante donde se puedan obtener fuentes locales adecuadas.	2	0		N/A	
	M-2e	Especifique mezclas de pavimento de asfalto que contengan Asfalto Reciclado (RAP).	2	0		N/A	
	M-2f	Especifique mezclas de pavimento de PCC que contengan Agregado de Concreto Reciclado (RCA).	2	0		N/A	
	M-2g	Usar polvo de neumático o de plástico reciclado para el material de barrera contra el ruido.	2	0		N/A	
	M-2h	Uso de sistemas de pavimento poroso en situaciones de poca carga (por ejemplo, aceras, cambios de camiones, paradas de descanso, estacionamientos, turnos de la policía).	2	0		N/A	
M-3 Materiales locales	M-3a	Especifique el relleno de peso natural disponible localmente. Póngase en contacto con el personal geotécnico para ayudar en la localización de estos materiales.	2	2		Concordante con lo expuesto en el Programa Control de Erosión, Estabilidad de Taludes y de Laderas	
	M-3b	Especifique el stock de semilla local y las plantas.	2	2		De acuerdo a lo estipulado en la ficha de Manejo de Vegetación del Plan de Adaptación de la Guía De Manejo Ambiental-Paga.	
M-4 Las técnicas de bioingeniería	M-4a	Diseños de proyectos que utilizan tratamientos de bioingeniería del suelo (la dependencia del material vegetal para la protección de taludes, reconstrucción, estabilización y control de la erosión) a lo largo de los cuerpos de agua / humedales.	2	2		Concordante con lo expuesto en el Programa Control de Erosión, Estabilidad de Taludes y de Laderas	
	M-4b	Diseños de proyectos que utilizan tratamientos de ingeniería biotécnica de suelo (combinación de materiales vegetales y elementos estructurales para lograr la protección de taludes, reconstrucción, estabilización y control de la erosión) a lo largo de los cuerpos de agua / humedales. Algunos ejemplos son: muro de cuna con vegetación, gaviones con vegetación y esteras de vegetación.	2	0		N/A	
	M-4c	Proyectos utilizando métodos de control biológico dirigidos a reducir las especies invasoras, tales como la liberación de tipos específicos de escarabajos para controlar salicaria.	2	0		N/A	
	M-4d	El diseño del proyecto que utilizan tratamientos biotécnicos de ingeniería del suelo (combinación de materiales vegetales y elementos estructurales para lograr la protección de taludes, reconstrucción, estabilización y control de la erosión) NO a lo largo de los cuerpos de agua o humedales. Los ejemplos incluyen: paredes de vegetación, gaviones, sistemas geosintéticos reforzados con la Tierra (Gres), geoceldas, y esteras.	1	0		N/A	
	M-4e	Empleo de tratamientos de bioingeniería o biotecnológicos de suelos en zonas de montaña.	1	0		N/A	
M-5 Minimización de materiales peligrosos	M-5a	El diseño del proyecto minimiza sustancialmente la necesidad de utilizar materiales peligrosos (por ejemplo, acero o madera concéntrica en vez de madera tratada), o aumenta el plazo antes de que la reconstrucción se realice usando materiales peligrosos o tóxicos o mejore la durabilidad de los componentes que contienen sustancias peligrosas.	2	0		N/A	
	M-5b	El diseño del proyecto especifica materiales menos peligrosos o evita la generación de desechos contaminados mediante la reducción de los compuestos orgánicos volátiles (COV) o contaminantes peligrosos del aire (HAP) emitidos durante la construcción del proyecto (por ejemplo, el uso de pinturas no disolventes, más bajo VOC / contaminante del aire no peligrosos selladores de cubierta de puente) y eliminando o reduciendo los metales / componentes tóxicos.	2	0		N/A	
	M-5c	remoción y disposición de suelos contaminados excede de lo necesario para la construcción del proyecto.	2	0		N/A	

Tabla 14: Puntuación categoría Energía y Atmosfera (E), Flujo de Tráfico Mejorado (E-1), Reducir el consumo eléctrico (E-2)

Sistema GreenLITES de Calificación de la Sostenibilidad Ambiental de Proyectos Scorecard v 2.1.0			PUNTOS		Proyecto:	Construcción de Pavimnto Flexible en la vía Timbío-Paispamba, municipio de Sotará de partameno de I Cauca
			Disponibles	encontrados	3 - Reconstrucción y nueva construcción	
CATEGORÍA	ID	DESCRIPCIÓN			EXPLICACIÓN o comentarios (Opcional)	
Energía y Atmosfera (E) E-1 Flujo de tráfico mejorado	E-1a	Carril de uso especial (HOV / Reversible / Bus Express).	3	0	N/A	
	E-1b	El diseño innovador y / o la eliminación de cuellos de botella de la autopista (divergente diamante, punto unico urbano).	3	0	N/A	
	E-1c	Especificar nueva rotonda (s).	3	0	N/A	
	E-1d	Implementación de un Sistema de Gestión de Tráfico / Información del Viajero (por ejemplo, TMC, CCTV, detección de autopista VMS, medición de rampa, sistema de información meteorológica del camino y / o dispositivos de pesaje en movimiento).	3	0	N/A	
	E-1e	La instalación de un sistema coordinado de circuito cerrado de señales.	2	0	N/A	
	E-1F	La instalación de un sistema de tránsito expreso (puente de cola, señales preventivas, etc)	2	2	De acuerdo al estudio de tránsito, capacidad y niveles de servicio	
	E-1g	Ampliación del Sistema de Gestión de Operación, Tráfico / Información del Viajero; Por ejemplo, aumentar significativamente la cobertura del sistema (instalación de nuevos CCTV, VMS, detección de autopistas, medidores de rampa, sistema de información meteorológica y / o dispositivos de pesaje en movimiento, señales de tiempo de viaje, etc.).	2	0	N/A	
	E-1h	Implementación de un plan de gestión de accesos en todo el corredor.	2	0	N/A	
Energía y Atmosfera (E) E-1 Flujo de tráfico mejorado	E-1i	Limitar el / la consolidación de los puntos de acceso a lo largo de la carretera.	1	0	N/A	
	E-1j	La mejora de un sistema de señal coordinada y otros sistemas de temporización de señal y de detección.	1	0	N/A	
	E-1k	La adición de los desvíos de autobuses.	1	0	N/A	
	E-1l	Instalación de controladores de mayor capacidad (década de 2070 modelo) con características para mejorar el flujo y reducir el retardo en las intersecciones.	1	0	N/A	
	E-1m	(Instalación de VMS, CCTV, etc.) con la cobertura del sistema existente para aumentar o mejorar la densidad de los dispositivos, la instalación de conductos en previsión de la futura Gestión del Tráfico / Sistema de Información del Viajero, Etc.	1	0	N/A	
	E-1n	La inclusión de un sistemas integrados de tráfico / incidentes de gestión / información o estrategias para gestionar el tráfico durante la construcción (cola o aviso de velocidad, VMS con información en tiempo real de construcción, vehículos de remolque / HELP en el lugar / en espera, la vigilancia CCTV de la zona de construcción, etc.).	1	0	N/A	
	E-1o	Instalación de sistemas aislados para proveer avisos puntuales (advertencia de cola, vuelco de camiones, puente bajo, camiones no permitidos, etc.).	1	0	N/A	
E-1p	Road Diet (reducción de carriles de viaje para incorporar un solo carril bidireccional de viraje en el centro y carriles de mano derecha más anchos para acomodar bicicletas).	2	0	N/A		
Energía y Atmosfera (E) E-2 Reducir el consumo eléctrico	E-2a	Iluminación de calles o señales de advertencia alimentadas por energía solar / batería.	2	0	N/A	
	E-2b	Reemplace la iluminación de las señales aéreas con paneles de señales retrorreflectantes de tipo superior.	2	0	N/A	
	E-2c	El uso de alumbrado público LED.	2	0	N/A	
	E-2d	Paradas de autobuses solares.	2	0	N/A	
	E-2e	El uso de señales de advertencia / luces intermitentes LED	1	0	N/A	
	E-2e	Modernizar el alumbrado público / señal existente con los tipos de alta eficiencia.	1	0	N/A	

Tabla 15: Puntuación categoría Energía y Atmosfera (E), Reducir el consumo de petróleo (E-3), Mejorar las instalaciones para bicicletas y peatones (E-4)

Sistema GreenLITES de Calificación de la Sostenibilidad Ambiental de Proyectos Scorecard v 2.1.0			PUNTOS		Proyecto:	
			Disponible	anotó	Construcción de Pavimiento Flexible en la vía Timbio-Paispamba, municipio de Sotará departamento del Cauca	
					3 - Reconstrucción y nueva construcción	
CATEGORÍA	ID	DESCRIPCIÓN	EXPLICACIÓN o comentarios (Opcional)			
Energía y Atmosfera (E)	E-3 Reducir el consumo de petróleo	E-3a	Proporcionar nuevos estacionamientos Park & Ride.	3	0	N/A
	E-3b	Proporcionar nuevas conexiones intermodales.	3	0	N/A	
	E-3c	Aumentar instalaciones para bicicletas y estaciones de transporte público (taquillas para bicicletas / refugios, sistema de reservas basado en la Web para los lockers, proporcionando duchas o asociaciones con clubes de salud para estos servicios).	2	0	N/A	
	E-3e	Mejoras significativas operacionales de estaciones Park & Ride.	1	0	N/A	
	E-3f	Mejorar una conexión intermodal existente (por ejemplo, añadir la estación de BRT, quioscos, etc.).	1	0	N/A	
	E-3g	"Reduzca las zonas de siega fuera de la zona despejada, restableciendo la cubierta natural del suelo y / o sembrando con especies de semillas de bajo mantenimiento. Ejemplo: Incorporación de técnicas / orientación de Prácticas Alternativas de Secado de Conservación (CAMPS) en los planes de diseño".	1	0	N/A	
	E-3h	El uso de asfalto de mezcla en caliente.	1	1	Concordante con el Estudio Geotécnico para el Diseño de Pavimento	
	E-3i	Análisis documentado que demuestra el diseño del proyecto reduce la huella de carbono de la comunidad local del Departamento (Enviar análisis al administrador de programas GreenLITES para la determinación de la elegibilidad).	1	0	N/A	
	E-3j	El análisis documentado que demuestra que el esquema de Control de Tráfico de la Zona de Trabajo elegido es la alternativa que en general requiere la menor cantidad de petróleo (Enviar análisis al Gerente del Programa GreenLITES para determinar la elegibilidad).	1	0	N/A	
	E-3k	Mejora de sombreado través de la vegetación en el Park & Ride para reducir el efecto de isla de calor y el uso de aire acondicionado del automóvil esperando.	1	0	N/A	
Energía y Atmosfera (E)	E-4 Mejorar las instalaciones para bicicletas y peatones	E-4a	Nueva estructura de cruce de bicicletas / peatones separada por un grado (puente o subterráneo) (este artículo no es para reemplazos o rehabilitaciones).	3	0	N/A
	E-4b	carril bici separado en la intersección.	2	0	N/A	
	E-4c	Nuevo camino de bicicleta separado o ensanchamiento de hombros para proporcionar carril bici en carretera.	2	0	N/A	
	E-4d	Crear nueva o ampliar las aceras existentes.	2	0	N/A	
	E-4e	Nuevas señales para peatones.	2	0	N/A	
	E-4f	Alinear la calzada y otras características / estructuras de autopistas dentro de ROW para permitir el desarrollo futuro de caminos separados de uso múltiple u otras instalaciones de bicicleta / ped.	2	0	N/A	
	E-4g	Trabajar con las comunidades locales para crear rutas para bicicletas paralelos donde las carreteras estatales no son adecuados para los ciclistas menos experimentados.	2	0	N/A	
	E-4h	Acera o ciclo vía de rehabilitación, ampliación, reestructuración o reparación.	1	0	N/A	
	E-4i	Actualización de las señales peatonales - inclusión de botones peatonales y / o adición de señal acústica, temporizadores de cuenta regresiva.	1	0	N/A	
	E-4j	Instalación de letreros para bicicletas, letreros "Comparta la carretera", y / o (carril compartido).	1	0	N/A	
	E-4k	la restauración del carril para montar en bicicleta.	1	0	N/A	
	E-4l	Inclusión de sistema de riel de puente de cinco vías para ciclistas.	1	0	N/A	
	E-4m	La instalación de bastidores de bicicletas permanentes.	1	0	N/A	
E-4n	Los nuevos pasos de peatones.	1	0	N/A		

Tabla 16 : Puntuación categoría Energía y Atmosfera (E), Mejorar las instalaciones para bicicletas y peatones (E-4), Reducción del ruido (E-5), Reducción de la luz artificial (E-6)

Sistema GreenLITES de Calificación de la Sostenibilidad Ambiental de Proyectos Scorecard v 2.1.0			PUNTOS		Proyecto: Construcción de Pavimiento Flexible en la vía Timbio-Paispamba, municipio de Sotará departamento del Cauca
CATEGORÍA	ID	DESCRIPCIÓN	Disponible	anotó	3 - Reconstrucción y nueva construcción
					EXPLICACIÓN o comentarios (Opcional)
Energía y Atmosfera (E) E-4 Mejorar las instalaciones para bicicletas y peatones	E-4o	Nuevos bordillos de borde.	1	0	N/A
	E-4p	Nueva islas de refugio medianas / peatonales.	1	0	N/A
	E-4q	Velocidad nueva / tabla de velocidad / intersección elevada.	1	0	N/A
	E-4r	Nuevo frenado (donde no existía previamente), para definir mejor el borde de una carretera y para proporcionar separación vertical de las instalaciones peatonales; No incluye aclarado, montaje o puente.	1	0	N/A
	E-4s	Nuevas o reubicadas barreras de autopista o la repetición con elementos verticales (árboles, farolas, bolardos, buzones rurales, etc.) entre la calzada y los senderos peatonales; para separar y mejorar las maneras de viaje / motorizados y no motorizados.	1	0	N/A
	E-4t	La instalación de detectores de bicicleta (cuadrupolos) en las intersecciones con semáforos.	1	0	N/A
	E-4u	"Todo Stop" fase programada en una señal de tráfico y / o el botón accionado "prohibido girar en rojo" señal LED.	1	0	N/A
	E-4v	Señales de lector de radar de velocidad Permanente digital "Su Velocidad es XX".	1	0	N/A
	E-4W	Señal intermitente iluminando el signo "paso de peatones",	1	0	N/A
	E-4x	Advertencia avanzada del paso de peatones con señales y marcas de pavimento (triángulos blancos).	1	0	N/A
	E-4y	Postes de plástico "Ley estatal - Ceda el paso a los peatones en sus respectivas señales".	1	0	N/A
	E-4Z	Uso de unidades de advertencia detectables de hierro fundido incrustadas en hormigón (en lugar de poliuretano/Ado en superficie, hormigón estampado, ladrillo de hormigón, etc.).	1	0	N/A
	E-4AA	Añadir / sustituir los pasos de peatones con alta visibilidad, menor desgaste, pasos de peatones barra de escala escalonados (un tipo modificado L que evita los caminos de rueda, y refiere a veces como una 'tecla del piano' Tipo de paso de peatones	1	1	Conforme al Estudio de Diseño Geométrico y Señalización
	Energía y Atmosfera (E) E-5 Reducción del ruido	E-5a	Construcción de una nueva barrera acústica.	2	0
E-5b		Incorporar técnicas de gestión de sistema de tráfico para reducir los niveles de ruido anteriores (por ejemplo, uso de rutas de camiones, señales de tráfico progresivas, bajando velocidades).	2	0	N/A
E-5c		Proporcionar una zona de amortiguación para receptores adyacentes.	2	0	N/A
E-5d		Proporcionar un aislamiento de sonido a las escuelas públicas.	2	0	N/A
E-5e		Rectificado de pavimento de hormigón (PCC) existente.	1	0	N/A
E-5F		Rehabilitación de una pared acustica existente.	1	0	N/A
E-5g		Bermas diseñadas para reducir el ruido.	1	0	N/A
E-5h		Proporcionar siembra para mejorar la percepción del impacto del ruido.	1	0	N/A
Energía y Atmosfera (E) E-6 Reducción de la luz parásita	E-6a	Reajuste los cabezales de luz existentes con interrupciones totales.	2	0	N/A
	E-6c	Utilice interrupciones en los nuevos cabezales de luz.	1	0	N/A

Tabla 17: Puntuación categoría Innovación/No listado (I), Innovación (I-1), No listados (I-2) Y manual de diseño de carreteras NYCDOT (I-3)

Sistema GreenLITES de Calificación de la Sostenibilidad Ambiental de Proyectos Scorecard v 2.1.0			PUNTOS		Proyecto:	Construcción de Pavimnto Flexible en la vía Timbío-Paispamba, municipio de Sotará de partamento del Cauca
			Disponible	anexo	3 - Reconstrucción y nueva construcción	
CATEGORÍA	ID	DESCRIPCIÓN			EXPLICACIÓN o comentarios (Opcional)	
Innovación / Unilisted (I)	I-1	Incorporación de nuevas o mejoradas formas de proveer un sistema de transporte ambiental, económica y / o socialmente sostenible (sujeto a revisión por el Equipo de Revisión de GreenLITES).	4	0	N/A	
	I-2	Incorporación de elementos / métodos en el proyecto que podrían contribuir a la sostenibilidad pero no específicamente enumerados anteriormente (sujeto a revisión por el Equipo de Revisión de GreenLites). Hasta 2 pts cada uno, sin limite total.	2	0	N/A	
	I-3	Incorporación de artículos del Manual de Diseño de Carreteras NYCDOT que no están específicamente cubiertos bajo los items enumerados anteriormente (en la descripción de la página de la lista y de la Sección #). Hasta 3 pts en total.	1	0	N/A	
				0	N/A	
			0	N/A		
el total de puntos marcados:			43		Rating: 'Silver'	

Tabla 18: GreenLITES. Resumen de Calificación de la Sostenibilidad Ambiental del Diseño del Proyecto

GreenLITES. Calificación de la Sostenibilidad Ambiental del Diseño del Proyecto		
	Categoría	Puntos
Sitios Sostenibles	S-1 Selección de alineación	2
	S-2 Contexto soluciones sensibles	2
	S-3 Planificación de Uso de la Tierra / Comunidad	7
	S-4 Proteger, mejorar o restaurar hábitat de vida silvestre	1
	S-5 Proteger, planta o mitigar de eliminación de los árboles y de las plantas Comunidades	11
	Sub-Total	23
Calidad del Agua	W-1 Gestión de aguas pluviales	3
	W-2 Mejores Prácticas de Manejo (BMPs)	2
	Sub-Total	5
Materiales y recursos	M-1 Reutilización de Materiales	5
	M-2 Contenido reciclado	0
	M-3 Materiales locales	4
	M-4 Las técnicas de bioingeniería	2
	M-5 Minimización de materiales peligrosos	0
	Sub-Total	11
Energía y atmosfera	E-1 Flujo de tráfico mejorado	2
	E-2 Reducir el consumo eléctrico	0
	E-3 Reducir el consumo de petróleo	1
	E-4 Mejorar las instalaciones para bicicletas y peatones	1
	E-5 Reducción del ruido	0
	E-6 Reducción de la luz parásita	0
	Sub-Total	4
Innovación/ No listado	I-1 Innovación	0
	I-2 No estante en la lista	0
	I-3 Manual NYCDOT Street Design	0
	Sub-Total	0
	Total	43

9.6.2 Evaluación de la sostenibilidad en la categoría sitios sostenibles (ss)

De la calificación de los 55 parámetros que conforman la categoría sitios sostenibles (S), el proyecto obtuvo: 2 puntos en la subcategoría selección de alineación (S-1), 2 Puntos en contexto de soluciones sensibles (S-2), 7 puntos en planificación de uso de la tierra/comunidad (S-3), 1 punto en proteger, mejorar o restaurar hábitat de vida silvestre (S-4) y 11 puntos en Proteger, Plantar o Mitigar para la Remoción de Árboles y Comunidades de Plantas (S-5), para un total de 23 puntos.

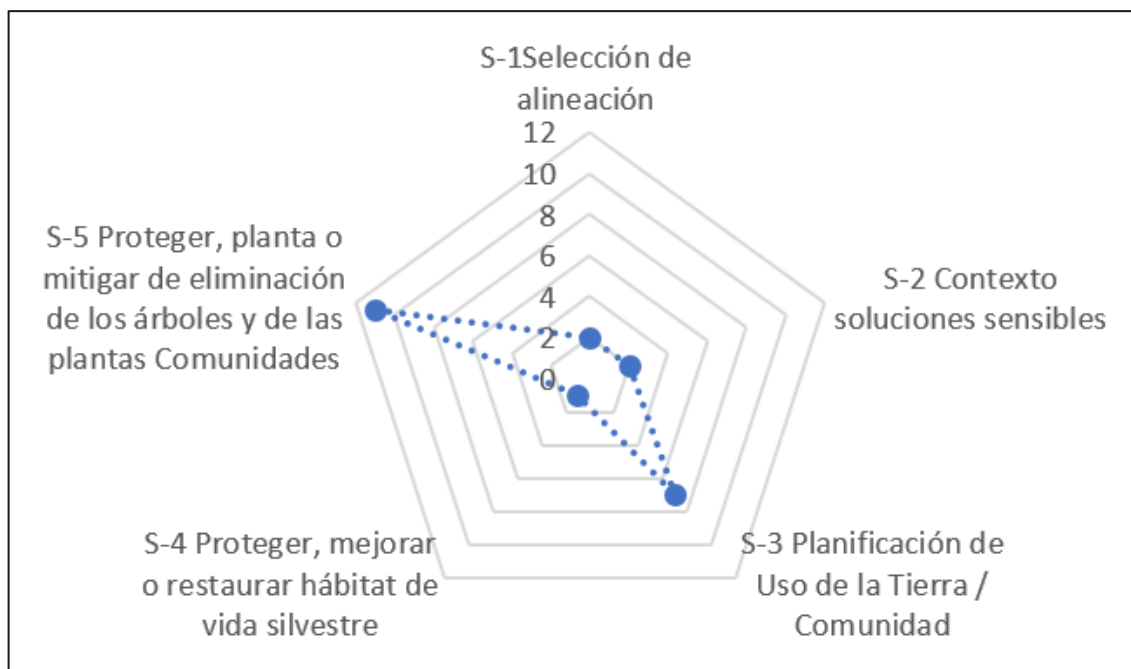


Figura 29: Puntajes obtenidos en la categoría Sitios Sostenibles (S).

9.6.2.1 Evaluación de la Sostenibilidad en la categoría Calidad de Agua (w).

De la calificación de los 12 parámetros que conforman la categoría Calidad de Agua (W), el proyecto obtuvo: 3 puntos en Gestión de aguas pluviales (volumen y calidad) (W-1), 2 puntos en Mejores prácticas de manejo (BMPs) (w-02) para un total de 5 puntos.

Tabla 19: Puntajes obtenidos en la categoría Calidad de Agua (W).

Calidad del agua (W)	Puntuación
W-1 Gestión de aguas pluviales	3
W-2 Mejores Prácticas de Manejo (BMPs)	2
Total	5

9.6.2.2 Evaluación de la Sostenibilidad en la categoría Materiales y Recursos (M)

De la calificación de los 39 parámetros que conforman la categoría Materiales y recursos (M), el proyecto obtuvo: 5 puntos en Reutilización de materiales (M-01), 0 puntos en Contenido reciclado (M-02), 4 puntos en Materiales proporcionados localmente (M-03), 2 puntos en Técnicas de bioingeniería (M-04) y 0 puntos en Minimización de materiales peligrosos (M-05), para un total de 11 puntos.

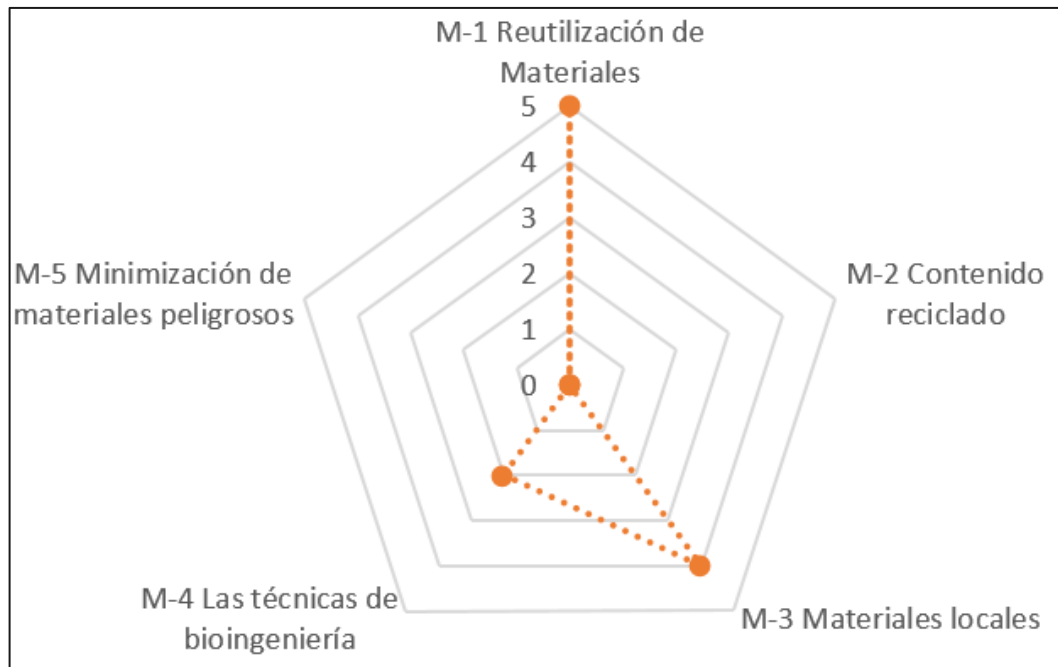


Figura 30: Puntajes obtenidos en la categoría Materiales y Recursos (M)

9.6.2.3 Evaluación de la Sostenibilidad en la categoría Energía y Atmosfera (E).

De la calificación de los 69 parámetros que conforman la categoría Energía y Atmosfera (E), el proyecto obtuvo: 2 puntos en Mejorar el flujo de tráfico (E-01), 0 puntos en Reducir el consumo eléctrico (E-02), 1 punto en Reducir el consumo de petróleo (E-03), 1 puntos en Mejorar las instalaciones para bicicletas y peatones (E-04), 0 puntos en Reducción del ruido (E-05), y 0 puntos Reducción de la luz artificial (E-06), para un total de 4 puntos en dicha categoría.

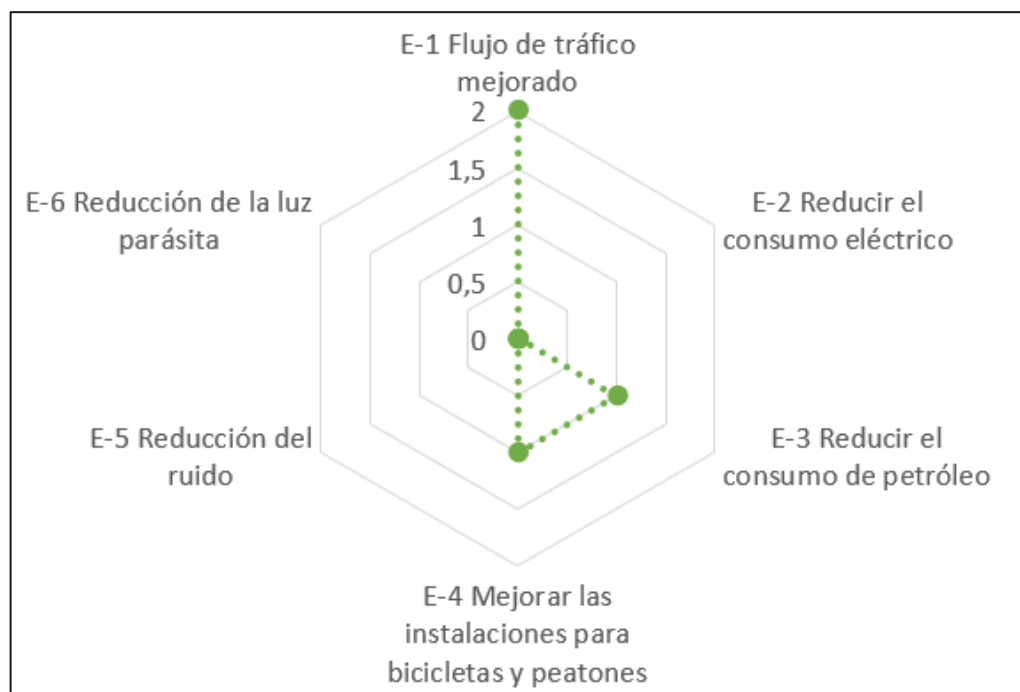


Figura 31: Puntajes obtenidos en la categoría Energía y Atmosfera (E)

De la calificación de los 69 parámetros que conforman la categoría Energía y Atmosfera (E), el proyecto obtuvo: 2 puntos en Mejorar el flujo de tráfico (E-01), 0 puntos en Reducir el consumo eléctrico (E-02), 1 punto en Reducir el consumo de petróleo (E-03), 1 puntos en Mejorar las instalaciones para bicicletas y peatones (E-04), 0 puntos en Reducción del ruido (E-05), y 0 puntos Reducción de la luz artificial (E-06), para un total de 4 puntos en dicha categoría.

9.6.2.4 Evaluación de la Sostenibilidad en la categoría Innovación/No listado (I)

En la calificación de la categoría Innovación/No listado (I), el proyecto obtuvo un puntaje de 0 puntos; no presenta acciones innovadoras más allá de los requerimientos de la normativa ambiental vigente colombiana, y debido a que la metodología Green LITES, es implementada conforme a parámetros descritos en el manual de diseño de Nueva York, el tercer parámetro no aplica para el presente proyecto, el cual fue diseñado de acuerdo a lo estipulado en los manuales de diseño del INVIAS.

Tabla 20: Puntajes obtenidos en la categoría Innovación/No listado (I)

Innovación/No listado (I)	Puntuación
I-1 Innovación	0
I-2 No estante en la lista	0
I-3 Manual NYCDOT Street Design	0
Total	0

9.6.2.5 Evaluación de la Sostenibilidad en las 5 categorías que conforman Green LITES Diseño

De la calificación de los 178 parámetros que conforman la metodología Green LITES para la evaluación del diseño del proyecto en cuanto se refiere a sostenibilidad ambiental, se obtuvo: 23 puntos en Sitios sostenibles (S), 5 puntos en Calidad del agua (W), 11 puntos en Materiales y recursos (M), 4 puntos en Energía y atmosfera (E) y 0 puntos en Innovación/no listado (I), para un total de 43 puntos; puntaje que según los rangos de clasificación de certificaciones se ubica en Green LITES SILVER (Plata).

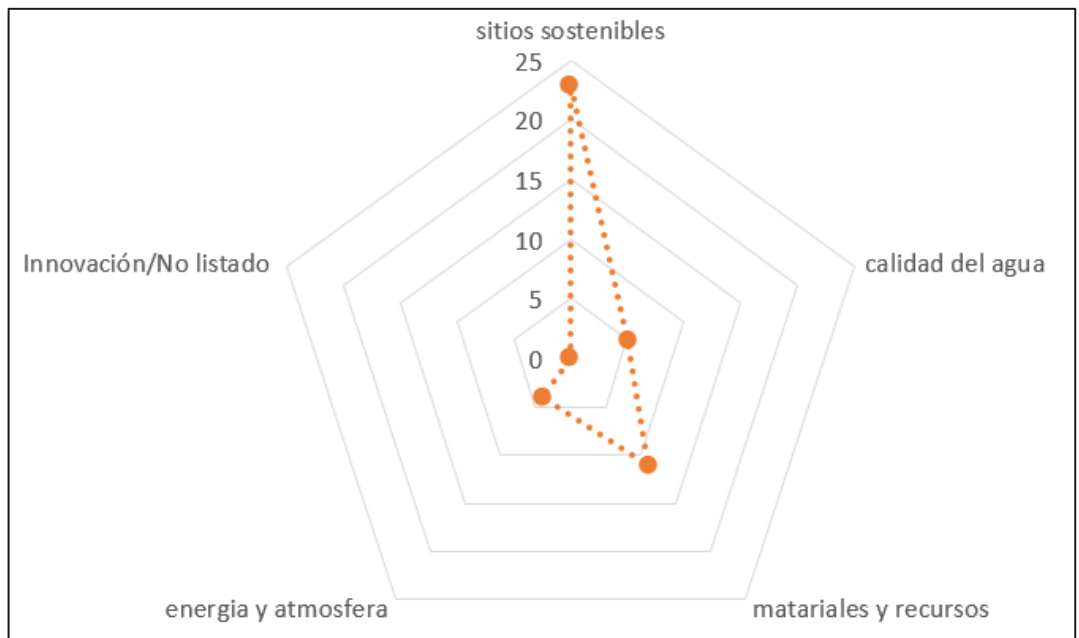


Figura 32: Puntajes obtenidos en las 5 categorías que conforman Green LITES Diseño

A continuación, se presenta el cuadro de calificación de la metodología GreenLITES Planificación sostenible, teniendo en cuenta que se presenta por las categorías anteriormente mencionadas y con la puntuación obtenida para el estudio de caso.

9.6.3 Aplicación de la metodología GreenLITES para la de Planificación Sostenible

- a) ¿El proyecto actual es consistente con el plan integral local? Si la comunidad no tiene un plan, la respuesta es “no” a las preguntas.

Tabla 21: GreenLITES plan integral local

		SÍ	NO	Comentarios
1a.	¿Se ha desarrollado el Plan dentro de los últimos 10 años?		X	La comunidad no ha implementado un plan integral local.
1b.	¿El plan proporciona una visión de los objetivos y prioridades de la comunidad?		X	N/A

1c.	¿El plan de incorporar “comunidades peatonales” y / o “calles completas” conceptos?		X	N/A
1d.	¿Se ha desarrollado el Plan a través de un esfuerzo de divulgación pública mejorada? Esto implicaría llegar a todos los miembros de la comunidad.		X	N/A
1e.	¿El plan de promoción de la densidad de población y desarrollo que son suficientes para justificar el transporte público?		X	N/A
1f.	¿Es el proyecto es coherente con los objetivos del Plan?		X	N/A

Puntos totales (puntos máximos = 6) **0 puntos**

b) ¿Apoya este proyecto muchos de los “principios de habitabilidad?

Tabla 22: GreenLITES principios de habitabilidad

		SÍ	NO	Comentarios
2a.	¿El proyecto prevé más Opciones de transporte (modos) que son seguros, fiables y asequibles?	X		En el momento de puesta en operación de la vía aumentarán las opciones de transporte, debido a que se podrán movilizar personas, carga y mercancía.
2b.	¿El proyecto mejorar la competitividad económica a través de un acceso fiable y oportuno a los centros de empleo, la vivienda, las oportunidades de educación, y el acceso a los mercados de negocios ampliado?	X		Los proyectos de infraestructura vial impulsan la economía de una región por medio del acercamiento a otros centros poblados.

2c.	¿Contribuye el proyecto hacia la rehabilitación de las comunidades existentes a través de, el desarrollo de uso mixto orientado al tránsito?		X	N/A
2d.	¿El proyecto mejora las características únicas de la comunidad mediante la inversión en los barrios saludables, seguros y transitables?		X	N/A

Puntos totales (puntos máximos = 4) **2 puntos**

c) ¿Tiene este proyecto medidas de protección y mejoramiento del medio ambiente?

Tabla 23: GreenLITES protección y mejoramiento del medio ambiente

		SÍ	NO	Comentarios
3a.	<p>¿El proyecto fomenta el uso eficiente de los recursos energéticos renovables y alternativas? Los ejemplos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Energía y Atmósfera - reducir el consumo de petróleo y las emisiones al aire, mejorando el flujo de tráfico a través de los sistemas de señales coordinadas, la instalación de un sistema expreso de tránsito, y la limitación de los puntos de acceso a lo largo de una carretera. • El consumo eléctrico - utilizar el alumbrado 		X	N/A

	<p>público y semáforos LED LED.</p> <ul style="list-style-type: none"> • el consumo de petróleo - reducir el consumo de petróleo, proporcionando nueva estación de tren o lotes; el aumento de los servicios de la bicicleta en el parque y paseos y estaciones de tránsito; la incorporación de su tecnología para mejorar el flujo de tráfico. 			
3b.	¿El proyecto considera la estética en el diseño - diseño sensible al contexto, el paisajismo, servidumbres visuales, etc.?		X	N/A
3c.	¿Incluye el proyecto Ecología y mejoras del hábitat, tales como la protección de especies, la protección de los humedales y las comunidades nativas?	X		Minimizar el efecto de la fragmentación de hábitat mediante la facilitación del desplazamiento de la fauna.
3d.	¿Involucra el proyecto de reurbanización o reutilización de terrenos baldíos? La remodelación de terrenos baldíos conduce a beneficios públicos a través de la eliminación de desechos peligrosos.		X	N/A
3e.	¿El proyecto contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)?		X	N/A

Puntos totales (puntos máximos = 5) **1 punto**

- d) ¿Apoya el proyecto de la vitalidad económica de la zona afectada, y al mismo tiempo, minimizar los impactos ambientales adversos?

Tabla 24: GreenLITES vitalidad económica e impactos ambientales

		SÍ	NO	Comentarios
6a.	¿El proyecto utiliza asociaciones públicas / privadas para financiar el costo inicial, o algún aspecto de este proyecto (gastos de funcionamiento)?		X	N/A
6b.	Es el proyecto ubicado en un distrito especial de evaluación, y es que se financia a través de impuestos o cánones cobrados a los desarrollos en el distrito?		X	N/A
6c.	¿El proyecto utilizar otros mecanismos de financiación innovadores?		X	N/A

Puntos totales (puntos máximos = 3) **0 puntos**

- e) Otras consideraciones - ¿En el proyecto se abordan otras prácticas de transporte sostenibles que no están incluidos en esta guía? Por ejemplo, ¿el proyecto emplea métodos que conduzcan a una vida más larga de esa instalación, (es decir, un ahorro de costes de ciclo de vida)?

En el proyecto actual no se disponen de prácticas de transporte sostenible. Únicamente se tienen en cuenta métodos tradicionales que no están bajo el contexto de desarrollo sostenible.

Puntos totales (puntos máximos = 1) **1 punto**

Total de puntos (puntos máximos = 26) **4 puntos**

La herramienta de GreenLITES de planificación sostenible, es un instrumento cuantitativo. Sin embargo, el análisis de sus resultados es subjetivo, es decir, no establecen el grado de sostenibilidad que tiene el proyecto. En el estudio de caso se obtuvo un puntaje muy bajo, lo cual quiere decir que la etapa de planificación de la obra vial no está en un contexto sostenible.

10 DISCUSIÓN

La caracterización de los procesos presentes en el sistema de construcción vial, determinado mediante la metodología Análisis de Flujo de Materiales (AFM), tiene gran relevancia en todas las actividades de producción de materiales y en las obras de construcción civil. Por tal razón, de los resultados obtenidos en la presente investigación se presenta un panorama general de los procesos que intervienen en la construcción de una carretera y de los materiales y actividades que la componen. Además, el flujo de materiales permite dar acertadas decisiones para inconvenientes que diariamente se presentan en una obra. En el caso de los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la metodología Análisis del Ciclo de Vida (ACV), su importancia radica en que se cuantificaron las cantidades totales de materia prima, consumos de energía y emisiones que aporta la producción de los materiales empleados en la obra. Sin embargo, la cuantificación solo se realizó para los materiales que aportan más impactos negativos al medio ambiente en la fase de construcción, quedando pendiente la fase de mantenimiento y demolición.

En la evaluación de la normatividad colombiana ambiental, se evidenció que existen requisitos muy bien elaborados y que están acordes con los aspectos ambientales presentes en las obras de construcción, pero, en algunas ocasiones los constructores no les dan cumplimiento y reiteran en causar los mismos daños al medio ambiente. Por otra parte, dentro de las políticas ambientales en Colombia no existe una metodología que permita definir el nivel de sostenibilidad de una construcción, lo cual es un grave problema.

Los resultados obtenidos de la metodología Green LITES Diseño y GreenLITES para la planificación sostenible; tienen un nivel adecuado de exactitud e información acertada. Debido a que la metodología fue diseñada para ser aplicada en el estado de Nueva York con procesos constructivos, políticas y normas propias de Estados Unidos, reflejado en parámetros no aplicables a contexto del estudio de caso; de 178 parámetros de las distintas categorías, 29 obtuvieron calificación diferente de cero, que en sumatoria se clasifica en SILVER (Plata) considerándose una calificación intermedia, en el marco de las 5 categorías posibles a otorgar. Aunque el nivel de sostenibilidad pudo determinarse con esta

metodología, existe un amplio campo de investigación en el futuro con el objetivo de modificar la metodología para estudios de caso en Colombia.

La inclusión del gran número de parámetros de evaluación se debe a que la metodología evalúa 11 modalidades de proyecto constructivo como obra nueva, rehabilitaciones, mejoras, entre otras; resaltando en su rigurosidad el nivel de sostenibilidad exigido en el Estado de Nueva York. Es por esto, que se recomienda, para futuras investigaciones adaptar la metodología, conforme los aspectos de diseño y normatividad propios de estudio, contribuyendo a la evaluación veras de la sostenibilidad y a la toma de decisiones asertivas.

11 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La metodología de Análisis de Flujo de materiales (AFM) aplicada para el proyecto, presentó un panorama detallado de los materiales presentes en la construcción de una vía de 13 kilómetros en pavimento flexible. Lo cual permite realizar un plan de actividades sostenibles en la etapa de planificación y construcción del proyecto. Además, se convierte en una herramienta vital en la toma de decisiones y en el cumplimiento de las políticas ambiental que rigen al sector vial en Colombia.

Al aplicar la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) se obtuvo una estimación de consumos de materia prima, emisiones y vertimientos del ciclo productivo ambiental de los materiales que tienen mayor incidencia en la afectación al medio ambiente. Aunque lo ideal es aprovechar las estimaciones para tomar mejores decisiones en el momento de fabricar los materiales, es decir, modificar o reemplazar actividades que minimicen las emisiones y vertimientos contaminantes al medio ambiente. Del mismo modo darles un manejo adecuado en obra que permita desarrollar una construcción bajo los límites de la sostenibilidad.

Se hace necesario involucrar todos los procesos que hacen parte de la construcción de una vía en la implementación de la metodología ACV, 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.

Con la aplicación de las metodologías Green LITES Diseño y Green LITES Planificación Sostenible, programas de autocertificación diseñados e implementados por el Departamento de Transporte del Estado de Nueva York (NYSDOT) para la evaluación de la sostenibilidad de los proyectos, el estudio de caso en su etapa de diseño se certificó como Green LITES SILVER, donde las categorías sitios sostenibles y materiales y recursos obtuvieron mayor puntuación y las categorías calidad de agua; energía y atmosfera e innovación/No listado registran la menor puntuación.

En la evaluación GreenLITES de la planificación sostenible, donde se tiene en cuenta la incorporación de prácticas de planificación que promueven comunidades más habitables y

al mismo tiempo, preserven el medio ambiente. Y contemplando que una puntuación más alta no necesariamente equivale a un proyecto más sostenible; Se obtuvo el 15.38% de la puntuación total; demostrando que el proyecto ha sido examinado a través de una evaluación de planificación integral, teniendo en consideración, factores ambientales, sociales y económicos; que según el contexto y el propósito del proyecto, y la forma cómo se dirige a las necesidades de la comunidad y de transporte, se considera que la puntuación es negativa.

12 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Kogan J. y Bondorevsky D. (2016). Latin America Development Infrastructure. Economía y desarrollo vol.156 no.1.

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

Fay M. y Morrison m. (2007). Infraestructura en américa latina y el caribe acontecimientos recientes y desafíos principales. Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/Banco Mundial. Bogotá, Colombia.

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

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

Kytzia S. (2013). Material Flow Analysis as a Tool for Sustainable Management of the built environment.

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

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

Legiscomex. (2013) Colombia le apuesta a modernizar su infraestructura vial. Recuperado de: <https://www.legiscomex.com/BancoConocimiento/C/colombia-apuesta-modernizar->

infraestructura-legiscomex/colombia-apuesta-modernizar-infraestructura-legiscomex.asp?CodSeccion

Clavijo H. Álzate M. Meza L. (2015). Análisis del sector de infraestructura en Colombia. PMI Bogotá Colombia Chapter. Recuperado de: <http://www.pmicolombia.org/wp-content/uploads/2015/06/PMIBogota-Analisis-sobre-el-sector-de-infraestructura-en-Colombia.pdf>

Clavijo S. Vera N. Vera A. (2013). La inversión en infraestructura en Colombia 2012-2020. Bancoldex. Recuperado de: <http://www.cvc.com.ve/docs/2016219124559Inversion%20en%20infraestructura%20Colombia%202013-2020.pdf>

Ministerio de Transporte de Colombia. (año desconocido). ¿Qué es el Ministerio de Transporte? Recuperado de: https://www.mintransporte.gov.co/mintraninos/Publicaciones/que_es_el_ministerio_de_transporte

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.

Departamento Nacional de Planeación. (2013). Proyectos viales bajo el esquema de asociaciones público privadas: cuarta generación de concesiones viales. Documento CONPES. Consejo Nacional de Política Económica y Social República de Colombia.

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

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

Gaviria P. (2013). 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.

Milachowski C. Stengel T. Gehlen C. (año desconocido) Life cycle assessment for road construction and use. European concrete paving association (EUPAVE)

Viloria M. Award G. (2015). Metodología para la Evaluación de Impacto Ambiental aplicada al ciclo de vida de proyectos de infraestructura en Colombia. Departamento de geociencias y Medio Ambiente.

Ministerio de minas y energía de Colombia. (1988). Decreto 2655 de 1988.

Congreso de la República de Colombia. (1997). Ley 388 de 1997.

Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA. (2015). Resolución 0443 de 2015.

Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (1989). Decreto 2462 de 1989.

Stripple H. (2001). Life Cycle Assessment of Road a Pilot Study for Inventory Analysis. Reporte. Swedish National Road Administration.

Ministerio de Transporte-Instituto Nacional de Vías. (2003). Guía Ambiental para las actividades de Construcción, Mejoramiento, Rehabilitación y Mantenimiento de la Infraestructura Vial Colombiana. Bogotá D.C.

Asamblea Nacional Constituyente. (1991). Constitución Política de Colombia de 1991.

Revista ARQHYS.com. (2012). Historia de las carreteras. Recuperado de: <http://www.arqhys.com/contenidos/carreteras-historia.html>.

Naciones Unidas (2017). Población. Recuperado de: <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/population/index.html>.

Asociación Nacional de Instituciones Financieras, ANIF. (2014). Concesiones de Infraestructura de Cuarta Generación (4G): Requerimientos de Inversión y Financiamiento Público-Privado.

Presidente de la república de Colombia. (1974). Decreto 2811 de 1974

Ministerio de Minas Y Energía. (1988). Decreto 2655 de 1988.

Congreso de la República de Colombia, (2009). Ley 1333 de 2009.

Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA. (Año desconocido). Listado de Normativa ambiental. Recuperado de: http://www.anif.co/sites/default/files/investigaciones/anif-cci-4gfinan1114_1.pdf. ley 2 de 1959.

Congreso de la República de Colombia. (1959). Ley 2 de 1959.

García-Navarro J. González-Díaz M.J. Martínez E. Redruello I. (2012). Metodología para la evaluación de la sostenibilidad en autopistas: cálculo del balance energético de la infraestructura.

Fernández R. (2015). Implementación de medidas de Cuantificación y Comunicación de la Sostenibilidad en Obra Civil. ACP y DAP. Acciona Infraestructuras.

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

Autor desconocido (año desconocido). Metodología del Análisis del Ciclo de Vida.

Ingeniería de Vías S.A. (2013). Construcción de Pavimento Flexible en la Vía 25cc12 Timbío - Paispamba Municipio de Sotará, Departamento del Cauca. Sistema Electrónico de Contratación Pública. SECOP. Recupedado de: <https://www.contratos.gov.co/consultas/detalleProceso.do?numConstancia=13-1-88604>.

Instituto Nacional de Vías. (2007). Artículo 673 – 07. Subdrenes Con Geotextil Y Material Granular. Documento Técnico.

Instituto Nacional de Vías. (2007). Artículo 681-07. Gaviones. Documento Técnico.

Instituto Nacional de Vías. (2007). Artículo 630-07. Concreto Estructural. Documento Técnico.

Instituto Nacional de Vías. (2007). Artículo 661-07. Tubería de Concreto Reforzado. Documento Técnico.

Instituto Nacional de Vías. (2007). Artículo 674-07. Drenes Horizontales en Taludes. Documento Técnico.

Universidad Centroamericana. (Año desconocido). Determinación del Peso Específico del Cemento. Tomado de: <http://www.uca.edu.sv/mecanica-estructural/materias/materialesCostruccion/guiasLab/ensayoCemento/DETERMINACION%20DEL%20PESO%20ESPECIFICO%20DEL%20CEMENTO.pdf>

Garraín D. Vidal R. Martínez P. Muñoz C. (2010). Análisis del Ciclo de Vida de los Procesos de Recubrimiento Metálico de Termoplásticos.

Alvarado J. (año desconocido). Tabla Materiales: Pesos volumétricos. Construaprende. Recuperado de: <http://www.construaprende.com/docs/tablas/pesos-materiales>.

Instituto Nacional de Vías. (2007). Artículo 700-07. Líneas de Demarcación y Marcas Viales.

Mauro P. (2017). Los consumidores de las economías emergentes determinan las necesidades de infraestructura. Artículo de opinión. Foro Económico Mundial.

Arreola J. (2017). Infraestructura: the new sexy, otra vez. Artículo de opinión. Foro Económico Mundial.

Pérez C. Yanovich D. (1999). Sector Carreteras. Corporacion Financiera del Valle S.A. Recuperado de: <http://www.corfivalle.com.co/webcorfivalle2/Repositorio/informes/IS01021999.PDF>.

Gil D. (2016). La Ciencia de la Sostenibilidad: una necesaria revolución científica.

Miranda T. Suset A. Cruz A. Machado H. Campos M. (2007). El Desarrollo sostenible. Perspectivas y enfoques en una nueva época.

Arroyave M. Gómez C. Gutiérrez M. Múnera D. Zapata P. Vergara I. Andrade L. Ramos K. (2006). Impactos de las Carreteras sobre la Fauna Silvestre y sus Principales Medidas de Manejo.

Dulac J. (2013). Global land transport infrastructure requirements. Internacional Energy Agency.

ITF Transport Outlook (2017). The transport sector today. Recuperado de: http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/transport/itf-transport-outlook-2017/the-transport-sector-today_9789282108000-4-en#page21.

Segura P. (2007). Transporte y cambio climático. Ecologistas en acción. Recuperado de: <http://www.ecologistasenaccion.org/article20911.html>.

Dubourthoumieu G. (2015). Bancos multilaterales de desarrollo aumentarán su apoyo a los países en desarrollo que inviertan en transporte sostenible. Banco Mundial. recuperado de : <http://www.bancomundial.org/es/news/feature/2015/12/02/multilateral-development-banks-join-forces-to-support-climate-friendly-transport-in-developing-countries>.

Corpoema. (2014). Determinación y priorización de alternativas de eficiencia energética para los subsectores manufactureros códigos CIIU 19 a 31 en Colombia a partir de la caracterización del consumo energético para sus diferentes procesos, usos y equipos de uso final. Contrato UPME C006 – 2014.

13 ANEXOS

ANEXO 1.

Evaluación de la Sostenibilidad GreenLITES – Diseño. Hoja de cálculo Excel.