



Agencia Nacional de
Infraestructura



**CONCESIÓN RUTA DEL CACAO
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL CONSTRUCCIÓN
CORREDOR VIAL BUCARAMANGA – BARRANCABERMEJA – YONDO**

CONTRATO DE CONCESIÓN APP 013 DE 2015

CONSULTOR

CAPITULO 10. EVALUACION ECONOMICA AMBIENTAL

BOGOTÀ

AGOSTO 2016

AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA

CONTRATO DE CONCESIÓN BAJO EL ESQUEMA DE ASOCIACIÓN PÚBLICO

CAPITULO 10. EVALUACION ECONOMICA AMBIENTAL

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL CONSTRUCCIÓN
CORREDOR VIAL BUCARAMANGA – BARRANCABERMEJA –YONDO**

LISTA DE DISTRIBUCIÓN

DEPENDENCIA	No. DE COPIAS
INTERVENTORÍA	ORIGINAL
CONCESIONARIO	COPIA

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

Título Documento		ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL CONSTRUCCIÓN CORREDOR VIAL BUCARAMANGA – BARRANCABERMEJA –YONDO		
Documento No.		AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA CÓDIGO CONCESIÓN- CONTRATO -ESPECIALIDAD- VERSIÓN		
A P R O B A C I Ó N	Número de Revisión			
	Responsables por elaboración	NOMBRE		
		FIRMA		
		MAT:		
	Responsable por revisión y aprobación	FECHA		
		NOMBRE		
		FIRMA		
	MAT:			
	FECHA			

AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA

CONTRATO DE CONCESIÓN BAJO EL ESQUEMA DE ASOCIACIÓN PÚBLICO

CAPITULO 10. EVALUACION ECONOMICA AMBIENTAL

**CONCESIÓN RUTA DEL CACAO
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL CONSTRUCCIÓN
PROYECTO BUCARAMANGA – BARRANCABERMEJA –YONDO**

CONTROL DE MODIFICACIÓN DEL DOCUMENTO

REVISIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN	OBSERVACIONES

AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA

CONTRATO DE CONCESIÓN BAJO EL ESQUEMA DE ASOCIACIÓN PÚBLICO

CAPITULO 10. EVALUACION ECONOMICA AMBIENTAL

**CONCESIÓN RUTA DEL CACAO
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL CONSTRUCCIÓN
PROYECTO BUCARAMANGA – BARRANCABERMEJA –YONDO**

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
10. EVALUACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL	1
10.1 MARCO CONCEPTUAL	2
10.2 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL	8
10.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS DEL PROYECTO	10
10.4 VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.....	14
10.4.1 Cambios en las características de los suelos.....	15
10.4.2 Modificación de la cobertura vegetal.....	25
10.4.3 Valoración impactos: Modificación del hábitat, Cambios en la composición y estructura de la fauna silvestre, Cambios en la estructura ecológica del paisaje.....	31
10.4.4 Generación de conflictos con la comunidad.....	36
10.5 VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS AMBIENTALES.....	37
10.5.1 Cambios en los costos generalizados del transporte	37
10.5.2 Beneficio por la generación de empleo	41
10.5.3 Efecto proyecto en la dinámica económica local.....	45
10.6 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO	46
10.7 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	47

AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA

CONTRATO DE CONCESIÓN BAJO EL ESQUEMA DE ASOCIACIÓN PÚBLICO

CONCESIÓN RUTA DEL CACAO

CAPITULO 10. EVALUACION ECONOMICA AMBIENTAL

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL CONSTRUCCIÓN
PROYECTO BUCARAMANGA – BARRANCABERMEJA –YONDO**

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 10–1 Interpretación del indicador VPNE.....	8
Tabla 10–2 Etapas del Análisis evaluación económica impactos ambientales.....	9
Tabla 10–3 Matriz resultado de la calificación de impactos no internalizables	11
Tabla 10–4 Metodologías propuestas para la valoración económica ambiental de impactos negativos residuales	12
Tabla 10–5 Área de suelo objeto de intervención	15
Tabla 10–6 Promedios ponderada carbono orgánico por unidades taxonómicas de suelo identificadas en el área del proyecto	16
Tabla 10–7 Capacidad de fijación de carbono según temperatura y carbono orgánico de los suelos.....	18
Tabla 10–8 Cuantificación de la capacidad de fijación de carbono de los suelos.....	18
Tabla 10–9 Perdida estimada del servicio control de captura de carbono.....	19
Tabla 10–10 Promedios ponderados de nutrientes por unidades taxonómicas de suelo identificadas en el área del proyecto	20
Tabla 10–11 Calculo necesidades de fertilizante	21
Tabla 10–12 Precios del mercado nutrientes equivalentes producidos por las coberturas de herbazales y pastos	21
Tabla 10–13 Valor económico del impacto alteración producción de nutrientes.....	22
Tabla 10–14 Áreas afectación del proyecto de acuerdo al uso actual y potencial.....	22
Tabla 10–15 Costo por afectación de la actividad ganadera.....	23
Tabla 10–16 Valoración de los impactos por afectación de la actividad agrícola por intervención del proyecto	24
Tabla 10–17 Consolidado de costos por afectación al suelo.....	24
Tabla 10–18 Valoración del impacto de uso directo de las coberturas afectadas.....	26
Tabla 10–19 Valoración económica de la alteración en el régimen de escorrentía	28
Tabla 10–20 Valoración económica de las pérdidas por alteración en el régimen de retención de sedimentos	29
Tabla 10–21 Costo ambiental por disminución en la capacidad de captura de CO2.....	30
Tabla 10–22 Valor presente de las pérdidas de servicios y bienes ambientales coberturas arbóreas.....	30
Tabla 10–23 Coberturas potencialmente afectadas por la construcción de la calzada	

nueva UFC 5 y UFC7	32
Tabla 10–24 Valor estimado de los impactos: Modificación del hábitat, Cambios en la composición y estructura de la fauna silvestre, Cambios en la estructura ecológica del paisaje.....	34
Tabla 10–25 valoración económica del impacto en la generación de conflictos	36
Tabla 10–26 Ahorro en costos de operación.....	38
Tabla 10–27 Ahorro en Tiempos promedio de viaje (horas) en el corredor con proyecto .	39
Tabla 10–28 Valoración ahorros en tiempo de viaje	40
Tabla 10–29 Valor presente Beneficios por ahorro en los costos generalizados del transporte.....	41
Tabla 10–30 Estimación de los beneficios económicos por generación de empleo	41
Tabla 10–31 Estimación del beneficio generado a personas que se encontraban anteriormente laborando– contemplándose costo de oportunidad	43
Tabla 10–32 Estimación del beneficio generado a personas que se encontraban anteriormente desempleadas	44
Tabla 10–33 Flujo fondos ambiental proyecto Ruta del Cacao	46
Tabla 10–34 Tipo de distribución y rango de fluctuación de las variables que generan incertidumbre respecto del valor del VPN	47

AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA

CONTRATO DE CONCESIÓN BAJO EL ESQUEMA DE ASOCIACIÓN PÚBLICO

CAPITULO 10. EVALUACION ECONOMICA AMBIENTAL

**CONCESIÓN RUTA DEL CACAO
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL CONSTRUCCIÓN
PROYECTO BUCARAMANGA – BARRANCABERMEJA –YONDO**

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 10–1 Grafico de sensibilidad del VAN –Contribución de las externalidades.....	50
Figura 10–2 Grafico de sensibilidad del flujo de caja	51
Figura 10–3 Distribución de probabilidad del VPN del proyecto.....	52

10. EVALUACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL

En este capítulo se presentan los resultados de la evaluación económica de los impactos ambientales asociados al proyecto construcción de la vía entre Barrancabermeja (Sector la Virgen) y el Municipio de Lebrija en el Departamento de Santander, que forma parte del proyecto de asociación público privada Bucaramanga – Barrancabermeja –Yondo– contrato APPA-013. La evaluación se desarrolla de acuerdo con los parámetros y lineamientos establecidos en los términos de referencia para la Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental para la construcción de carreteras y/o túneles M-M-INA-02 definidos mediante la Resolución 0751 del 26 de Marzo de 2015.

El proyecto de construcción vial corresponde a una iniciativa pública privada -APP- presentada para mejorar la conexión del oriente con los centros de producción petrolera más importantes del país, mejorando las condiciones del tráfico de la región, potenciando el desarrollo económico e impulsando el empleo y la cadena de suministro local de los municipios de Bucaramanga, Barrancabermeja y Yondó; no obstante la construcción también tendrá consecuencias importantes sobre el medio ambiente, relacionadas con la pérdidas de coberturas y fragmentación de ecosistemas, deterioro de la calidad del aire, las emisiones de efecto invernadero, el ruido, pérdida sobre la disponibilidad del recurso agua son algunas de las externalidades negativas asociadas al proyecto.

La disyuntiva entre la necesidad desarrollo social y económico de la región, y por otra parte, la importancia de la conservación de los bienes y servicios ambientales, pone de manifiesto la necesidad de analizar y proponer acciones paralelas para lograr ambos objetivos.

Para esclarecer este balance entre las pérdidas y las ganancias que resultan de la ejecución de proyectos, la Economía Ambiental ha planteado la necesidad de realizar un procedimiento convencional de Análisis Costo - Beneficio (ACB), en el que se lleve un registro y estimación de todos los efectos ambientales que en términos de pérdidas y ganancias pueda generar un proyecto, mediante el cálculo de indicadores financieros tales como el Valor Presente Neto (VPN) o la relación beneficio costo (B/C) que permiten averiguar el grado de rentabilidad del proyecto.

Sin embargo, el paso previo al ACB supone la internalización en el sistema económico de todos aquellos bienes y servicios ecosistémicos que utilizan y/o se y todos los residuos o contaminantes que desecha a la naturaleza, etapa que no todas las veces resulta fácil de aplicar debido a la complejidad de los impactos generados, a la falta de información para valorar tales impactos o a la misma incertidumbre acerca de la verdadera dimensión de las modificaciones ambientales causadas por el proyecto a través del tiempo.

Debe aclararse que las características que interesa evaluar son las directamente relacionadas con los daños o efectos del proyecto. O sea, no se tratará de evaluar todas las características de los ecosistemas, ni se valorará factores que no hayan sido alterados. En este contexto se parte de los resultados de la evaluación ambiental donde se estableció la magnitud e incidencia de los potenciales impactos que genera el proyecto sobre los diferentes elementos ambientales a lo largo del trazado.

Por esta razón las valoraciones de los impactos ambientales resultan ser ejercicios aproximados y parciales, acordes con la complejidad e integralidad que guardan las estructuras sociales y naturales.

El siguiente, es un ejercicio para determinar económicamente la viabilidad ambiental del proyecto de construcción vial, para lo cual, se exponen inicialmente los planteamientos teóricos y metodológicos de la valoración económica de los impactos calificados en el proceso de la Evaluación de Impacto Ambiental, en segunda instancia se realizan las cuantificaciones y valoraciones de los bienes y servicios ecosistémicos afectados y de los beneficios ambientales causados, y por último, se realiza el Análisis Beneficio- Costo para establecer la viabilidad ambiental del proyecto de construcción de infraestructura.

El objetivo principal de la evaluación, consiste en asignar un valor monetario a los impactos ambientales potenciales identificados para las actividades del proyecto, los cuales se han descrito previamente en el capítulo 8, considerando los principios microeconómicos básicos en el análisis de externalidades positivas y negativas.

Es importante destacar que el análisis parte de los resultados presentados de la evaluación de impactos ambientales, y reconoce las obras y actividades que se realizan en el proceso de construcción y operación de la vía, concentrándose en la valoración de Impactos ambientales significativos residuales de acuerdo con su magnitud ya que sólo aquellos con un alto grado de relevancia deben monetizarse e ingresarse o internalizarse en el análisis económico.

10.1 MARCO CONCEPTUAL

La valoración económica de bienes y servicios ambientales ha sido estudiada y desarrollada por diversos autores y escuelas de economía neoclásica, los cuales han desarrollado una serie de metodologías, con el fin de facilitar los procesos de valoración.

Estas metodologías de valoración pueden basarse en la creación de mercados hipotéticos, (valoración contingente), en mercados existentes (valoración con base en los precios del mercado), en los costos operacionales (método basado en costos), en los gastos que se incurren para disfrutar de un Bienes y Servicios Ambientales BySA (método del coste de viaje), en las diferencias existentes entre un mismo BySA (precios hedónicos) entre otros.

El marco teórico o conceptual en el cual se sustenta la valoración económica de los impactos ambientales y sociales, así como el análisis costo beneficio que hace parte del objeto del estudio de Evaluación Económica de Impactos. Los conceptos y las metodologías aquí mencionadas ayudarán a entender las razones que soportan las decisiones sobre las metodologías implementadas para la valoración de los impactos socio-ambientales del proyecto que son significativos y residuales.

A continuación se presentan las definiciones de los principales conceptos de la economía ambiental que serán utilizados a lo largo del presente apartado.

Externalidad: son decisiones de consumo, producción e inversión que toman los agentes económicos afectando a terceros que no participan directamente en la transacción. Son efectos secundarios positivos (beneficios) o negativos (costos) de la producción y el consumo que el individuo no considera en su función de utilidad o producción y que afecta a otro individuo (MAVDT, 2010)

Impactos internalizables: son aquellos impactos que se pueden corregir a través de la implementación de planes de manejo ambiental efectivos en revertir las afectaciones (MAVDT, 2010), cuyo valor económico equivale al costo de oportunidad de los recursos que serán invertidos en el Plan de Manejo Ambiental – PMA (Mendieta, 1999).

Impactos no internalizables: aquellos que no se pueden revertir totalmente en términos de la afectación generada. Es decir, se manifiestan en términos de externalidades que generan importantes costos para la sociedad y que amenazan con garantizar la sostenibilidad del capital natural, indispensable para la existencia de las futuras generaciones (MAVDT, 2010)

Impacto residual: se consideran impactos residuales aquellos que luego de la aplicación de las medidas de manejo se infiere de manera prospectiva que pueden quedar pasivos ambientales o sociales que no son cubiertos con las medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación. (Martínez Prada, 2010)

Disponibilidad a pagar (DAP): concepto usado en microeconomía y teoría económica para expresar la cantidad máxima que pagaría un consumidor por adquirir un determinado bien, o un usuario para disponer de un determinado servicio. Lo que los consumidores o usuarios de un servicio están dispuestos a pagar mide la valoración personal de ese bien¹.

Disponibilidad a aceptar (DAA): Método directo que permite obtener información sobre el valor de los bienes y servicios ambientales a partir de observaciones del comportamiento de los individuos en diferentes escenarios. Con su implementación se obtiene valoraciones personales frente al crecimiento o disminución de un bien dado.²

Métodos directos para conocer la DAP de los individuos: aluden a preferencias declaradas³ en la que a través de la creación de un mercado hipotético y se pregunta por medio de encuestas o aproximaciones experimentales por la DAP o la DAA por cierto bien o servicio, obteniendo el valor económico total. Entre estos se destacan la valoración contingente, experimentos de elección y ordenación contingente (Rodríguez Romero & Cubillos González, 2012).

¹ Fundamentos de gestión ambiental. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.

² Ídem., Valoración contingente y costo de viaje aplicados al área recreativa laguna de Mucujabi. José Miguel Sánchez. Economía, XXXIII, 26, pp. 119-150

³ Metodología que consiste en la recopilación de datos o información acerca de las preferencias de selección de un usuario sobre opciones que no existen en realidad, dicho de otra manera, elección que hace un usuario frente a algo que nunca ha experimentado.

Métodos indirectos para conocer la DAP de los individuos: Consisten en conocer las preferencias de los individuos a través de sus decisiones de consumo, por medio de un mecanismo de preferencias reveladas⁴ dentro de un mercado real. Los métodos indirectos de valoración incluyen métodos como los costes de reposición, la función de producción, el coste de viaje y los precios hedónicos (Rodríguez Romero & Cubillos Gonzalez, 2012).

Servicios ecosistémicos: Procesos mediante los que los ecosistemas y las especies mantienen y satisfacen la vida humana, es decir, son los beneficios que los seres vivos reciben de los ecosistemas para su existencia⁵.

Tasa social de descuento: La Tasa Social de Descuento, TSD, es uno de los parámetros más importantes en la evaluación socioeconómica de proyectos, por ser el factor que permite comparar los beneficios y los costos económicos del proyecto en diferentes momentos del tiempo y con relación al mejor uso alternativo de esos recursos. Para Colombia, este indicador es del 12% anual⁶.

Valor Económico Total (VET): Se define como la medida monetaria del cambio en el bienestar de un individuo derivado de un cambio en la calidad ambiental (Georgiou, Whittington, Pearce, & Moran, 1997). Resulta de una estimación basada en la agregación de los valores de usos directos e indirectos más los valores de no-uso (Motto, 2007).

Valor de uso: Se refiere a los beneficios que se derivan del uso de un recurso para el cual, generalmente existe un mercado. Se puede desglosar en el valor de uso directo (VUD), valor de uso indirecto (VUI) y valor de opción (VO, opción de uso futuro).

Valor de uso directo – VUD: Valor que se asigna a los bienes o servicios que pueden ser producidos, extraídos, consumidos o disfrutados del ambiente (madera, actividades de recreo, alimentos, etc.). (MAVDT, 2010)

Valor de uso indirecto – VUI: se deriva de los servicios que el medio ambiente provee (control de inundaciones, protección de humedales, etc.) (MAVDT, 2010)

Valor de opción -VO: valor que se asigna a la posibilidad (opción) de hacer uso del bien o servicio directa o indirectamente en el futuro (la “recompensa” asociada al mantenimiento de los servicios de los ecosistemas para posibles usos futuros) (MAVDT, 2010)

Valores de no uso – VNU: derivan de los beneficios que el ambiente puede proveer sin involucrar uso del bien o servicio en ninguna forma. El valor que se asigna al conocimiento de la existencia de un bien ambiental, aunque nunca se planee usarlo, se denomina valor de existencia. El valor de legado surge de asignar un valor a la conservación de un bien ambiental para que pueda ser utilizado por las generaciones futuras. Los diferentes componentes en cuanto al valor económico total se muestran en la (MAVDT, 2010).

4 Método en el cual se logra deducir la opción de escogencia a partir del comportamiento del consumidor

⁵ webs.uvigo.es/revistaecosistemas/miniecosistemas/

⁶ Departamento Nacional de Planeación.

Valores de existencia o intrínseco – VEl: Surge al asignar un determinado valor a un recurso simplemente porque éste existe, aun cuando los individuos nunca han tomado contacto con él, ni lo harán en el futuro.

Valor Actual o valor Presente Neto (VNA): es el indicador más conocido a la hora de evaluar proyectos de inversión a largo plazo. Permite determinar si una inversión cumple con el objetivo básico financiero: MAXIMIZAR la inversión (MAVDT, 2010). El VNA es la diferencia del valor actual de la inversión menos el valor actual de la recuperación de fondos de manera que, aplicando una tasa que corporativamente consideremos como la mínima aceptable para la aprobación de un proyecto de inversión, pueda determinarnos, además, el índice de conveniencia de dicho proyecto⁷.

Metodologías basadas en precios de mercado: Estas metodologías estiman el valor económico de los bienes y servicios ecosistémicos que son comercializados en el mercado, con el fin de determinar el cambio del valor o la calidad del recurso afectado. Los métodos basados en precios de mercado son: cambios en la productividad, costos de enfermedad y costos de capital humano. (MAVDT, 2003)

Método de cambios en la productividad: Este método estima el valor de los bienes y servicios ecosistémicos por medio del cambio en las ganancias de la producción que depende de los recursos ambientales, cuando la calidad de los mismos cambia. Esta técnica considera el bien o servicio ambiental como un insumo en la producción del bien o servicio privado, y generalmente se asocia al grado de erosión del suelo, contaminación, entre otros. (MAVDT, 2010)

Método de costo de enfermedad (morbilidad): Dado que los cambios en la calidad de los bienes y servicios ambientales como el aire limpio y el agua generan cambios en el estado de salud de los seres humanos, este método estima el valor económico de dichos bienes y servicios por medio de la variación en el gasto total de los individuos para tratar una enfermedad en particular, que resulta de un cambio en la incidencia de la misma sobre la población. (MAVDT, 2003)

Método de costo de capital humano: El valor económico puede ser estimado por medio de los cambios en la productividad de los individuos, asociadas a cambios en la calidad o cantidad de un recurso ambiental. De esta forma, la productividad puede verse afectada por una muerte prematura o por un aumento de la expectativa de vida. Así, el flujo descontado de los ingresos devengados por una persona que muere de forma prematura puede indicar los costos de la variación en el estado del recurso ambiental. (MAVDT, 2010)

Metodologías basadas en el enfoque de gastos: Entre los métodos de valoración basados en enfoque de costos, se destacan los costos de reemplazo, los proyectos sombra y el análisis costo – efectividad. (CEDE, 2010)

⁷<http://www.eco-finanzas.com>

Método de costos de reemplazo: El método de costos de reemplazo constituye una metodología para realizar valoración económica de impactos ambientales y se sustenta en la premisa de que el costo de mantenimiento de un beneficio ambiental constituye una aproximación razonable de su valor. (MAVDT, 2010)

La principal ventaja de este método radica en que cuando los bienes y servicios no se comercializan, es más fácil medir los costos de producción de los beneficios, que los beneficios propiamente dichos. Este enfoque tiene coeficientes más bajos de utilización de datos y recursos, y la estimación corresponde al límite superior de los daños, pero no mide los beneficios reales de protección ambiental.

Método de proyectos sombra: Este método se basa en la estimación de los costos de reemplazar todos los bienes y servicios ambientales afectados por un proyecto, con el fin de mantener las condiciones iniciales de los recursos ambientales ante el desarrollo de un proyecto que genere impactos significativos. (MAVDT, 2010)

Metodologías basadas en preferencias reveladas: Las principales metodologías de valoración basadas en preferencias reveladas son precios hedónicos, costos de viaje, precios de mercado. (MAVDT, 2003)

Método de precios hedónicos: El método de los precios hedónicos (MPH) es un método de valoración de intangibles, que utiliza la variación del precio de algunos activos relacionados con las características ambientales propias del lugar de la valoración, como la finca raíz, los salarios, entre otros. Lo anterior bajo el supuesto de que una de las características que influye sobre la decisión compra de bienes y servicios es la calidad ambiental. (MAVDT, 2003)

Método de costo de viaje: Se utiliza principalmente para valorar bienes y servicios ecosistémicos asociados lugares destinados a la recreación, con base en los costos asociados a visitar tales sitios. Se asume que los individuos valoran los ecosistemas del sitio recreacional, como mínimo en la cantidad que deben pagar para visitarlo. (MAVDT, 2003)

Metodologías basadas en preferencias declaradas: A diferencia de las metodologías de preferencias reveladas, el enfoque de preferencias declaradas parte de la creación de mercados hipotéticos, permitiendo así estimar valores de uso y de no uso. Los principales métodos de valoración basados en preferencias declaradas son valoración contingente y elección contingente.

Valoración contingente: Se trata de valorar por medio de una alteración hipotética (contingente) de algún bien o servicio ambiental, basado en preguntas directas sobre DAP o DAA por aquellos bienes o servicios ambientales que posiblemente serían afectados con el desarrollo de un proyecto en particular. (MAVDT, 2003)

Método de elección contingente (Conjunto): Este método comparte algunas características similares con el método de valoración contingente, al partir de la creación de mercados hipotéticos para bienes y servicios ambientales no transados en un

mercado. Sin embargo, la diferencia principal radica en que por medio de la elección contingente las personas no manifiestan de forma directa su DAP en términos monetarios, sino que esta se deduce de las elecciones que los individuos hacen sobre diferentes combinaciones de características de un bien ambiental en diferentes niveles. (MAVDT, 2003)

Transferencia de beneficios: El método de transferencia de beneficios consiste en aplicar valores estimados, funciones, datos o modelos desarrollados en algún contexto, para realizar la valoración de un recurso similar en un contexto alternativo, y se utiliza principalmente en ocasiones que requieren enfoques poco demandantes de tiempo y de recursos para estimar el valor de los daños o las pérdidas asociadas a un proyecto, como lo indica Petersen y Unsworth. Esta no corresponde a una metodología en sí misma, pero es considerada como tal y permitida en la valoración económica de impactos ambientales y sociales.

Análisis Costo Beneficio- ACB-

Es una herramienta que permite evaluar la relación entre los costos y beneficios asociados a proyectos de inversión con el fin de evaluar su rentabilidad; es un indicador determinante en la toma de decisiones para la ejecución del mismo. Se conoce también como el índice neto de rentabilidad. Se obtiene de dividir todos los beneficios obtenidos durante la vida útil del proyecto con la totalidad de los costos incurridos. Si el resultado es superior a uno el proyecto es viable, si el resultado es igual a uno la ejecución del mismo es indiferente para el evaluador, si el resultado es inferior a uno el proyecto no es viable.

Según (Pearce, 1998) el análisis costo – beneficio consiste esencialmente en comparar las ganancias y las pérdidas asociadas al desarrollo de un proyecto o una política, reflejadas principalmente en el cambio del bienestar de los seres humanos, o en sus niveles de utilidad individual, donde los beneficios son medidos como la disponibilidad a pagar por una ganancia o la disponibilidad a pagar por evitar una pérdida, respectivamente.

Adicionalmente, (Arrow, 1996) propone que aunque el análisis costo – beneficio debe enfocarse principalmente en la relación entre las ganancias y las pérdidas de manera general, un buen análisis costo – beneficio debe identificar los efectos distributivos de un proyecto o política.

Sin embargo, existen algunas desventajas para este tipo de análisis. Primero, el análisis costo – beneficio no es el marco de decisión más eficiente cuando existe incertidumbre acerca del nivel de las pérdidas o las ganancias. Segundo, es equivocado pensar que el análisis costo – beneficio se puede aplicar a cualquier decisión social, puesto que las creencias, o las instituciones políticas y las leyes pueden ir en contra de resultados socialmente no deseables al aplicar el método.

Es necesario aclarar que el ACB no es convencional, sino que hace referencia a los beneficios netos generados a la sociedad por las afectaciones en el flujo de bienes y servicios ambientales impactados.

El cálculo del VPNE se obtiene aplicando la fórmula:

$$VPNE = \sum_i \frac{B_i - C_i}{(1 + r)^i} = \sum_i \frac{B_i}{(1 + r)^i} - \sum_i \frac{C_i}{(1 + r)^i}$$

Dónde:

- Bi Beneficios: Corresponde a la valoración de los impactos positivos en el año i;
Ci Costos: El valor de los impactos negativos en el año i;
r: Es la tasa social de descuento;
i: Es el indicador del año.

El criterio de aceptación, rechazo o indiferencia en la viabilidad de un proyecto, consiste en un VPNE mayor a cero, menor a cero, e igual a cero, respectivamente, como se indica en la Tabla 10–1.

Tabla 10–1 Interpretación del indicador VPNE

VALOR PRESENTE NETO	INTERPRETACIÓN
VPNE > 0	Los beneficios del proyecto son mayores que sus costos ,por tanto se acepta el proyecto y se dice que éste genera ganancias en bienestar social
VPNE = 0	El proyecto no produce beneficios ni costos. Por tanto, se debe rechazar el proyecto ya que provoca pérdidas en bienestar social
VPNE < 0	Los costos del proyecto son mayores que sus beneficios. Por tanto, se debe rechazar el proyecto ya que provoca pérdidas en bienestar social.

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

10.2 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL

La evaluación económica parte de los resultados de la identificación y evaluación de los impactos ambientales que potencialmente pueden atribuirse a la construcción de la vía para conectar la Ciudad de Barrancabermeja con el Municipio Lebrija en el Departamento de Santander. Una vez identificados y evaluados los impactos ambientales, se deben expresar en términos monetarios aquellos impactos más significativos, definidos como aquellos impactos que no pueden ser internalizados (residuales) luego de la aplicación de estrategias de manejo del PMA de acuerdo con la Metodología General para la presentación de Estudios Ambientales (MAVDT, 2010).

En este contexto en el análisis se presenta una estimación del valor económico de beneficios y costos ambientales potenciales y considerados relevantes, sobre los flujos de bienes y servicios de la zona de influencia directa del proyecto en el escenario de línea base y desde una perspectiva ex ante. Se identificarán además, los valores (de uso y de no uso) que serán impactados, con el fin de aplicar criterios de asignación del grado de importancia para el control de las afectaciones.

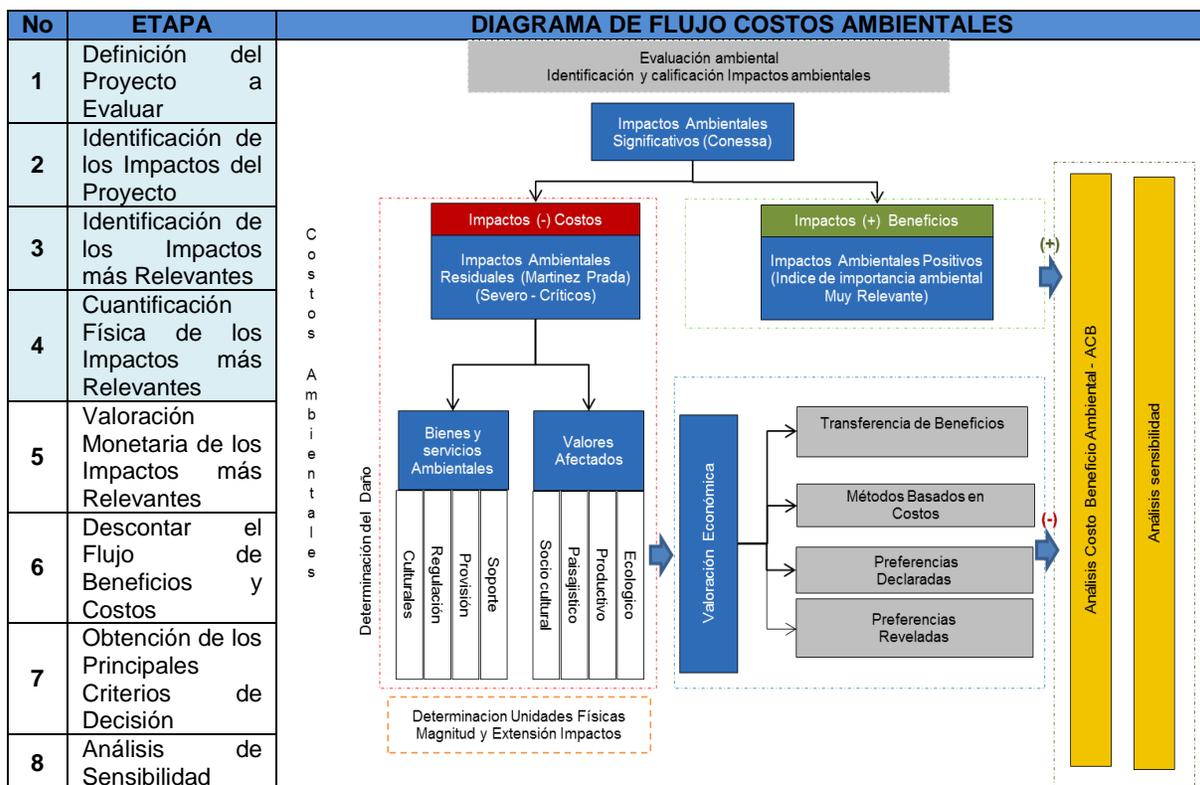
Para la determinación de las magnitudes físicas de los impactos ambientales identificados como significativos y residuales se desarrolló un ejercicio de análisis de los potenciales receptores del daño ambiental generado, con los cuales además se determina el método de valoración más apropiado de acuerdo con la disponibilidad de información.

En este mismo sentido con base en la información de los capítulos de generalidades del proyecto, caracterización del área de influencia, demanda, uso y aprovechamiento de recursos naturales y de los reportes de información geográfica, se extrae información de la magnitud y extensión física de los impactos ambientales asociados a la construcción y operación del proyecto.

Finalmente se podrá valorar todos los impactos tan solo será viable realizar una valoración cuantitativa de una parte de los bienes y servicios, puntualmente de aquellos cuyas funciones ecológicas de producción se conozcan relativamente bien y de las que se disponga de información suficiente.

Las fases de este análisis se presentan en la Tabla 10–2 en donde cabe acotar que ya han sido desarrolladas las cuatro primeras etapas, por lo tanto, en este numeral se abordarán las fases restantes.

Tabla 10–2 Etapas del Análisis evaluación económica impactos ambientales



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

Los beneficios corresponden al valor de las acciones de prevención y compensación o externalidades positivas, la generación de empleo y las compensaciones por pagos de impuestos, etc. Sin embargo también se consideró los beneficios obtenidos por la sociedad a través de la disminución del precio generalizado del transporte por la implementación del corredor vial propuesto.

Una vez obtenidos los valores de los impactos y beneficios en términos monetarios, se procede a realizar el flujo económico (ACB) y se calculan los principales criterios de decisión, tales como son el valor presente neto económico (VPNE o VNA) y la relación beneficio costo económico (RBC).

En este sentido, la evaluación económica de impactos ambientales pretende determinar si la sociedad experimentará una mejoría parcial o total en su bienestar económico y calidad de vida derivado de la ejecución del proyecto y para tal efecto, se parte de la premisa de que este proyecto sea bueno para la sociedad. Es decir, que los beneficios sean mayores a sus costos y en caso contrario tomar las decisiones que sean necesarias para lograr este objetivo, las cuales podrían consistir en modificar actividades del proyecto para minimizar los impactos ambientales o modificar las medidas de manejo ambiental, de manera que la mitigación, prevención o compensación sea mayor que el valor del impacto ambiental.

10.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS DEL PROYECTO

Con base en la matriz de valoración (Ver Anexo Evaluación Ambiental) del presente estudio, se identificaron un total de 354 relaciones entre actividades e impactos; de estos sesenta dos (62) fueron catalogados como severos o críticos dada su incidencia sobre el medio, las cuales en conjunto están asociadas o son determinantes en la materialización de 13 impactos.

Para la selección de los impactos ambientales del proyecto sujetos a la valoración monetaria o económica, se han considerado los impactos severos y críticos derivados del análisis de residualidad el cual se fundamentó en la propuesta metodológica de Martínez Prada (Martines Prada, 2010), la cual se basa en la evaluación de los impactos en función de la eficacia de la medida de manejo a implementar y el tiempo de recuperación del elemento afectado; a partir de los resultados se reevaluó el Índice de Importancia Ambiental obteniendo los impactos que aun implementando la medida de manejo tienen el potencial de generar alteraciones al medio (Ver capítulo 8 Numeral 8.5.3 Análisis de residualidad). Dichos impactos se consideraron cómo residual o no internalizables y se utilizaron para la valoración económica ambiental.

La Tabla 10–3 presenta el resultado del análisis de residualidad, la cual refleja la existencia de 6 impactos considerados como no internalizables, es decir, impactos que aun implementando la medida de manejo tienen el potencial de generar alteraciones al medio.

Tabla 10–3 Matriz resultado de la calificación de impactos no internalizables

Impacto	Medio	Componente	Actividades	Sin medidas de manejo		Análisis de Residualidad				
				I	Importancia	TR	E	I(RB)	I(NETA)	Importancia
Cambios en las características de los suelos	Abiótico	Suelo	Excavaciones, cortes, rellenos y compactación Excavaciones Rellenos o terraplenes Manejo de sobrantes y escombros Portales de entrada y salida	-67	SEVERO	1	0	1	-67	SEVERO
Modificación del hábitat	Biótico	Fauna	Adecuación de vías de acceso Desmante, descapote, demoliciones, remoción de sobrantes Obras de estabilidad geotécnica y protección de taludes Excavaciones, cortes, rellenos y compactación Construcción de estructuras de pavimento Portales de entrada y salida	-75	SEVERO	1	5	8	-52	SEVERO
Cambios en la composición y estructura de la fauna silvestre	Biótico	Fauna	Adecuación de vías de acceso Plantas de triturado, concreto y asfalto Desmante, descapote, demoliciones, remoción de sobrantes Excavaciones, cortes, rellenos y compactación Construcción de estructuras de pavimento Portales de entrada y salida Operación	-75	SEVERO	3	1	4	-64,3	SEVERO
Modificación de la cobertura vegetal	Biótico	Flora		-69	SEVERO	1	0	1	-69	SEVERO
Cambio en la estructura ecológica del paisaje	Biótico	Flora	Desmante, descapote, demoliciones, remoción de sobrantes Portales de entrada y salida	-68	SEVERO	1	0	1	-68	SEVERO
Generación de conflictos con la comunidad	Socioeconómico	Dimensión político-organizativa	Reubicación de población Reubicación infraestructura de servicios públicos y/o infraestructura social Contratación y capacitación del personal Adecuación de vías de acceso Construcción de estructuras de concreto	-60	SEVERO	3	1	4	-51	SEVERO

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

Tal y como se expresó en el marco conceptual, la evaluación económica para los impactos residuales se realiza a partir de metodologías de precios de mercado (cambio en la productividad), gastos actuales y potenciales (costos de reemplazo y precios sombra) y preferencias declaradas (análisis conjoint); las cuales permiten establecer los costos sobre los bienes ambientales y sus servicios ecosistémicos asociados, a través de valores de uso directo e indirecto, y valores de no uso.

En la Tabla 10–4 se relaciona las metodologías específicas de valoración económica utilizadas para la monetización de los impactos no internalizables y el instrumento de valoración seleccionado. Cabe anotar que algunos impactos no tienen una valoración monetaria específica, puesto que sus efectos recaen sobre un mismo bien ambiental, por tanto, su monetización duplicaría los efectos sobre el bien. De igual forma, se presentan impactos sobre los ecosistemas para los cuales no existen usuarios directos o indirectos, por tanto, la puesta en marcha del proyecto, no prevé cambios significativos en el bienestar social y por ello no son monetizados.

Tabla 10–4 Metodologías propuestas para la valoración económica ambiental de impactos negativos residuales

Impacto	Medio	Componente	Metodología de valoración
Cambios en las características de los suelos	Abiótico	Suelo	Valoración de los servicios ambientales directos e indirectos que provee el suelo dentro de ellos: retención de gases, producción de nutrientes y producción de bienes y servicios.
Modificación del hábitat	Biótico	Fauna	Las actividades que generan una disminución del tamaño de las coberturas naturales, a parches de diferente tamaño y con un nivel de aislamiento cada vez mayor. Entre las consecuencias del cambio en la estructura ecológica del paisaje, encontramos principalmente la fragmentación, la cual conduce a la pérdida de hábitat para especies de flora y por ende la fauna asociada, lo que se traduce en pérdida de biodiversidad.
Cambios en la composición y estructura de la fauna silvestre	Biótico	Fauna	
Cambio en la estructura ecológica del paisaje	Biótico	Flora	Teniendo en cuenta las características de los impactos la valoración económica de este, se hace uso de las variaciones compensatorias preestablecidas en la legislación nacional para la conservación y protección de los ecosistemas naturales boscosos, como proxy de disponibilidad a pagar del estado colombiano por la conservación de los bosques.

Impacto	Medio	Componente	Metodología de valoración
Modificación de la cobertura vegetal	Biótico	Flora	Para valorar este impacto se debe tener en cuenta el valor de uso directo (madera) e indirecto como son los servicios ambientales prestados por el bosque dentro de ellos: control de la erosión, regulación hídrica y captura de carbono. En el caso de este último servicio y la madera se cuenta con precios de mercado para hacer la valoración pero los servicios de regulación hídrica y control de erosión requieren de estudios muy específicos.
Generación de conflictos con la comunidad	Socio-económico	Dimensión político-organizativa	Valoración en función de los costos inducidos por las manifestaciones o expresiones de descontento de la comunidad, los cuales se traducen en pérdidas económicas en la construcción.

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

Respecto a los beneficios, de acuerdo al modelo propuesto en la Metodología para la presentación de Estudios Ambientales (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010) estos corresponden al valor de las acciones de prevención y compensación o externalidades positivas, la generación de empleo y las compensaciones por pagos de impuestos, etc. Sin embargo, dadas las características del proyecto y conforme a los resultados de la evaluación ambiental, para la identificación de los beneficios se tomaron como referencia los impactos valorados como Muy relevantes, no obstante se evidencian impactos positivos que si bien modifican el bienestar de la sociedad, no generan cambios en la calidad o suministro de un bien o servicio ambiental, ni se derivan de ellos, por tanto, no se consideran objeto de valoración económica, como es el caso de los impactos relacionados con la generación de expectativas y la modificación de la participación comunitaria.

Por otro lado varios de los impactos positivos calificados en la evaluación ambiental están asociados a las actividades propias del plan de manejo o el plan de abandono, las cuales son una obligación derivada de las obras y afectación del proyecto, las cuales debe desarrollar el concesionario para dar cumplimiento a las normatividad legal vigente con el fin de disminuir los impactos o efectos negativos del proyecto.

En este contexto se determinó que los beneficios sociales y ambientales del proyecto corresponde a: la generación de empleo, la reducción de los costos por ahorro de tiempo de viaje de los vehículos, los efectos económicos por la demanda de bienes y servicios en el área de influencia y el incremento en el valor de los predios.

Finalmente los supuestos bajo los cuales se realiza la valoración económica para el proyecto se listan a continuación:

- 1) La evaluación económica toma como referencia los potenciales impactos generados por el proyecto de interconexión vial entre la ciudad de Bucaramanga con la zona occidente del Departamento de Santander, así como con el Municipio de Yondó en el Departamento de Antioquia.

- 2) Las características técnicas con las que se procede a realizar el análisis de evaluación de los efectos ambientales que potencialmente están asociados a la construcción del proyecto, fueron extraídas del capítulo 3 “Descripción del proyecto”, no obstante en términos generales se contempla la intervención 100,4 km de vía, de los cuales 25 km aproximadamente son de vía nueva, 6,73 km de construcción de túneles y el restante corresponde al mejoramiento de la calzada existente.
- 3) El trazado de vía atraviesa dos áreas declaradas como distrito de manejo integrado regional del Santander correspondientes al DMI Humedal San-silvestre y DMI parque Yariquies, no obstante, por tratarse de la construcción de una vía adosada a la vía existente y dadas las características del área de intervención se prevé, que no se van afectar ecosistemas sensibles teniendo en cuenta que predominan las coberturas agrícolas y pecuarias. Bajo este escenario la concesión realizó la consulta de la procedencia de sustracción de reserva a la Corporación Regional de Santander.
- 4) El análisis costo beneficio -ACB- desarrollado responde al modelo propuesto en la Metodología para la presentación de Estudios Ambientales (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010), donde se establecen como beneficios: los valores de las acciones de prevención, corrección, mitigación y compensación de los impactos negativos generados por el proyecto, impuestos, el empleo generado y los ahorros en los costos generalizados del transporte. En cuanto a los costos se toman como referencia los valores económicos de los impactos ambientales residuales asociados al proyecto, evaluados en el presente estudio.
- 5) Para efectos de los cálculos se consideró la tasa social de descuento (TSD) establecida por el Departamento Nacional de Planeación DNP equivalente al 12%.
- 6) Se selecciona un horizonte de análisis temporal de 30 años para efectos de la estimación de beneficios y costos. El horizonte de análisis de los impactos corresponden a 1 año de pre-construcción, 3 años de construcción y 26 años de operación.
- 7) En los flujos de fondos no se tuvieron en cuenta los efectos inflacionarios. Es decir que los costos y beneficios se manejaron a precios constantes.
- 8) Todos los valores presentados corresponde a pesos colombianos (COP).
- 9) En el Anexo 14 se adjunta la hoja de cálculo de la evaluación económica de impactos ambientales residuales

10.4 VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

En este numeral se desarrolla la valoración económica de los impactos ambientales residuales, a través de la aplicación de técnicas de valoración económicas que se utilizan para determinar en términos monetarios el valor de los potenciales impactos asociados a la construcción de la conexión vial entre la ciudad de Bucaramanga con la zona occidente del Departamento de Santander, así como con el Municipio de Yondó en el Departamento de Antioquia.

10.4.1 Cambios en las características de los suelos

El suelo es un componente que sustenta la producción primaria de los ecosistemas terrestres, ya que en él se llevan a cabo procesos esenciales para el sostenimiento de la vida en el planeta (Universidad Tadeo Lozano, 2002).

Según (Brejda, Moorman, Karen, & Dao, 2000), citado por (DOSSMAN, 2009), todos los procesos que integran la fauna y microbiota del suelo, como componentes fundamentales de la diversidad al nivel funcional de los sistemas agrícolas, determinan los servicios del suelo. Sus funciones principales (regulación de plagas y enfermedades, ciclaje y retención de nutrientes, y mantenimiento de la estructura del suelo) permiten mantener una alta calidad del suelo.

El desarrollo del proyecto vial entre Barrancabermeja y Bucaramanga, puede generar cambios en las características de los suelo, en la etapa de construcción por las actividades descapote, excavaciones, los rellenos y terraplenes, en el emplazamiento de los campamentos, plantas de asfalto y en la disposición del material sobrante de la construcción de la obra. En la tabla se presentan las áreas de suelo sujetas de intervención por el proyecto.

Tabla 10–5 Área de suelo objeto de intervención

Actividades	Área de suelo Ha	Área m ²	Área m ²	Área Ha
Área a sustraer vías en superficie	196,60	1.966.019	3.105.944	310,59
Obras complementarias (Zodmes, escombreras, campamentos)	113,99	1.139.925		

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

Dentro de los indicadores más importantes relativos a la calidad y la estabilidad de los suelos, se encuentra su contenido de carbono orgánico e inorgánico, contenidos que representan y confirman la importancia de los servicios ecosistémicos que presta el suelo, en cuanto a la regulación de ciclos biogeoquímicos y el sostenimiento de la productividad primaria.

Las propiedades de estructura, textura y composición química y biológica del suelo, son determinantes a la hora de cuantificar la cantidad de carbono orgánico presente en el mismo. Dado que el carbono interviene en la constitución del suelo al aportar en los siguientes aspectos: a) Macronutrientes; b) Sustrato de la actividad microbiana; c) igualmente ayuda al aumento de capacidad en la retención de agua y a la estructuración y estabilidad del suelo (Julca Otiniano , Meneses Florian , & Blas Sevillano, 2006). En este sentido, se puede argumentar que gran parte de los bienes y servicios ecosistémicos que brindan los suelos, están relacionados con la porción de carbono almacenada en ellos.

Para cuantificar los costos ambientales generados por un cambio en las características de los suelo, a causa de la ejecución de actividades de descapote, excavación, rellenos y

terraplenes entre otras actividades asociadas a la construcción de la interconexión vial, se determinó el cálculo de pérdidas del carbono contenido en el suelo y de nutrientes, así mismo también se consideraron los cambios de productividad que se generan en las áreas afectadas con el fin de capturar el valor de uso directo del suelo. La valoración de la pérdida potencial de captura de carbono y cambios de productividad se aborda con una metodología de precios de mercado, mientras que el impacto de pérdida de nutrientes con un método de gastos actuales y potenciales.

- **Pérdida del carbono contenido en el suelo**

Para estimar la concentración de carbono en los suelos hay un sinnúmero de metodologías, destacándose las basadas en el tipo de suelo y en la materia orgánica contenida ((FAO-UNESCO, 1974), Citado por (FAO, 2009)). Otra metodología, propuesta por (Ortega D , 1987), incorpora la variable de temperatura de suelo en la estimación de la cantidad de carbono que contiene el suelo. Para este cálculo, es pertinente saber las relaciones numéricas entre la concentración de carbono orgánico y la temperatura ambiente (DOSSMAN, 2009). El cálculo se fundamenta en la identificación de los valores de CO₂ en los índices de porcentaje de carbono orgánico y toneladas de dióxido de carbono por hectárea de suelo, con base en los valores aproximados de temperatura y carbono orgánico.

La temperatura promedio mensual para el área de estudio es de 28,3°C, la cual fue estimada a partir de los valores medios mensuales multianuales registrados en cinco estaciones de referencia localizadas en el área de influencia y operadas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2016).

Por su parte, el valor de la concentración de carbono orgánico aproximado de los suelos del área de influencia, proviene de los resultados obtenidos en los análisis de parámetros fisicoquímicos del suelo registrados en el Estudio General de suelos de Santander desarrollado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Codazzi, 2000), complementado con los resultados de las unidades de suelos que fueron muestreadas para el desarrollo del estudio de impacto ambiental. En el Capítulo 5 numeral 5.1.4 se describieron las unidades cartográficas de suelo y los componentes taxonómicos encontrados en el área de influencia del proyecto, no obstante, la Tabla 10–6 se presenta el consolidado del unidades muestreadas, tomando como referencia el promedio ponderado de carbono orgánico a para la estimación de la perdidas del potencial de retención de carbono.

Tabla 10–6 Promedios ponderada carbono orgánico por unidades taxonómicas de suelo identificadas en el área del proyecto

UNIDAD	Categoría Taxonómica	% de Área	Área ha	Clase textural	Densidad aparente	Carbono orgánico	MO%
CCh3.1.2d2	Lithic Udorthent	0,0911	505,374517	FArA	1,5	0,24	0,41
CCh31.1c2	Oxic Dystropepts	0,0053	29,401591	FArA	1,5	0,00	0,01
CCh3.5.1bp	Fluventic Endoaquepts	0,0075	41,606025	FArA	1,5	0,02	0,04

UNIDAD	Categoría Taxonómica	% de Área	Área ha	Clase textural	Densidad aparente	Carbono orgánico	MO%
CCh3.1.3c2	Typic Dystrudepts	0,0999	554,192253	FArA	1,5	0,10	0,17
CCh3.1.5 ^a	Oxiaquic Eutrudepts	0,0023	12,759181	FAr	1,45	0,01	0,01
DCh5.1.1 ^a	Fluventic Endoaquepts	0,016	88,75952	FAr	1,45	0,05	0,08
CCh3.5.2a	Fluvaquentic Endoaquepts	0,0061	33,839567	FArA	1,5	0,01	0,02
CCh3.1.4e3	Typic Cuartzipsamments	0,0288	159,767136	FArA	1,5	0,02	0,04
DCh4.1.1b2	Aeric Humaquepts	0,0116	64,350652	FAr	1,45	0,04	0,07
CCh3.3.2e3	Oxic Dystrudepts	0,0023	12,759181	FArA	1,5	0,00	0,01
CCh3.3.3e2	Lithic Troporthent	0,0323	179,183281	FArA	1,5	0,05	0,09
CCh3.3.4e	Typic Dystrudepts	0,0165	91,533255	FArA	1,5	0,03	0,04
DCh6.2.1ap	Lithic Udorthents	0,0895	496,498565	FArA	1,5	0,24	0,41
DCh6.2.2a	Oxic Dystrudepts	0,002	11,09494	FArA	1,5	0,00	0,01
DCh6.1.1a	Fluventic Endoaquepts	0,0307	170,307329	FArA	1,5	0,09	0,15
CCh2.1.4e2	Lithic Udorthents	0,2013	1116,70571	FAr	1,45	0,63	1,09
CCh2.1.1c2p	Typic Dystrudepts	0,0271	150,336437	FArA	1,5	0,05	0,09
CCh2.1.3cp	Lithic Dystrudepts	0,0038	21,080386	FAr	1,45	0,01	0,01
CCh2.1.2e	Humic Lithic Eutrudepts	0,0729	404,410563	Arcillosa	1,4	0,27	0,46
CMh1.1.2g	Typic Dystrudepts	0,0287	159,212389	FAr	1,45	0,07	0,12
CMh1.1.1e	Lithic Udorthents	0,0107	59,357929	FAr	1,45	0,02	0,04
CMh2.3.1a	Typic Endoaquepts	0,0019	10,540193	FAr	1,45	0,01	0,02
CMh2.1.4e2	Lithic Udorthents	0,0424	235,212728	FArA	1,5	0,07	0,13
CMh2.1.3e	Typic Eutrudepts	0,0353	195,825691	FArA	1,5	0,08	0,14
CCh1.2.1g2	Typic Udorthents	0,0429	237,986463	FAr	1,45	0,20	0,34
CMh2.1.1e2	Typic Dystrudepts	0,0073	40,496531	FAr	1,45	0,01	0,02
CMh2.1.2f2	Typic Dystrudepts	0,0603	334,512441	FAr	1,45	0,13	0,23
CCs2.1.3e	Typic Udorthents	0,0037	20,525639	FArA	1,5	0,01	0,01
CCs2.1.2e2	Lithic Udorthents	0,0187	103,737689	FAr	1,45	0,03	0,04
CMh2.2.1e2	Typic Dystrudepts	0,0011	6,102217	FAr	1,45	0,00	0,00
Promedios ponderados por área			5547,47		1,475	2,50	4,31

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

Con base en los resultados se determina el índice de aproximación de acuerdo a su potencial como sumideros de CO₂; realizándose cálculos pertinentes, en los que se toman como base los valores calculados para cada clima y para cada categoría de abundancia de materia orgánica en los suelos a partir de los datos generados por (Daniel, 1995) y referenciados por (DOSSMAN, 2009).

El cálculo consiste en la identificación de los valores de CO₂ en los índices de porcentaje de carbono orgánico y toneladas de dióxido de carbono por hectárea de suelo, según los valores aproximados de temperatura y carbono orgánico, como se señala en la Tabla 10–7.

Tabla 10–7 Capacidad de fijación de carbono según temperatura y carbono orgánico de los suelos.

Carbono Orgánico %					
Clima Cálido	Intervalo				
	<0,20	0,20 – 0,50	0,51 – 1,70	1,71 – 2,90	>2,90
Apreciación	Muy baja	Baja	Moderada	Alta	Muy alta

Fuente: (DOSSMAN, 2009)

Con base en este razonamiento metodológico, los suelos poseen un potencial de captura de carbono “alta”. El valor aproximado de la captura de carbono se presenta en la Tabla 10–8.

Tabla 10–8 Cuantificación de la capacidad de fijación de carbono de los suelos.

CO ₂ Ton / Ha - año					
Clima Cálido	<55,05	93,59	311,95	403	>495,5
Apreciación	Muy baja	Baja	Moderada	Alta	Muy alta

Fuente: (DOSSMAN, 2009)

Al situar los indicadores, se obtiene un valor promedio aproximado de 403 Ton/ha CO₂ para el área de estudio.

De esta manera, dentro de los parámetros establecidos para el análisis de los impactos por efectos directos sobre el suelo, se establece que la extensión total a afectar es de 310,59 Ha. De igual manera para su cuantificación se establecen precios promedios del carbono, inferidos con base al indicador de precio de carbono promedio de Enero del 2016 a Junio del 2016/ GS VER/CER Premiun y traído a pesos en función del precio del Euro para el día 20/06/2016 (\$3.369,3 pesos) (Centro Andino para la Economía en el Medio Ambiente - Asociación Científica y Profesional sin animo de lucro, 2016) (La bolsa de SENDECO₂, 2016).

Para calcular el valor económico del impacto de alteración en las características del suelo, que se relaciona con la erosión y pérdida de suelo, específicamente en el servicio de captura de carbono, se utilizó la siguiente ecuación:

$$VEC_S = (AP * CCO_2) * DE$$

Dónde:

VECS = Corresponde al valor económico de la pérdida en la captura de carbono en suelo por la ejecución del proyecto

AP = Es el área total de suelo utilizada en la construcción de la vía.

CCO₂ = Corresponde al índice de captura de carbono para los suelos de la

zona equivalente a 403 Ton/Ha de CO₂.

DE = Precio promedio de los Derechos de Emisión en pesos entre los meses de Enero 2016 – Junio del 2016, ubicados en \$1.403,89/ Ton CO₂.

Substituyendo los valores para el proyecto se obtiene que:

$$VEC = 310,59Ha * \frac{403 Ton}{Ha} * \$1403,89 = \$175.724.207$$

Podría de esta manera concluirse, que la pérdida anual por los cambios en las características de los suelos, generada por las actividades de excavaciones, rellenos y terraplenes corresponde a \$175.724.207 pesos. Considerando un horizonte de análisis de 30 años los costos producto del impacto alcanzarían una cifra de \$ 1.585.349.716 de pesos en valor presente neto (Ver Tabla 10–9).

Tabla 10–9 Perdida estimada del servicio control de captura de carbono

Ruta del Cacao	Carbono secuestrado	Hectáreas a afectar	VEC
Ruta del Cacao	403	54,96	\$ 175.724.207
VPN(TSD 12%; 30 años)			\$ 1.585.349.716

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

- **Alteración a la producción de nutrientes**

La remoción de suelo para la construcción de la vía, campamentos, plantas de asfaltos, concreto y demás infraestructura asociada al proyecto, así como con la conformación de la zonas de disposición de sobrantes de construcción, generan alteraciones de los procesos estructurales del suelo, que impiden que este cumpla sus propiedades de regulación y provisión, de manera especial afecta el reciclado de nutrientes y la formación de suelos, y por ello la capacidad del suelo para mantener la fertilidad a través del ciclo de nutrientes, lo cual incluye almacenamiento, reciclado interno, procesamiento y adquisición de sustentos tales como nitrógeno, fósforo y potasio, entre otros.

La valoración del impacto, se desarrolla a partir de la estimación de la pérdida potencial de macronutrientes del suelo, a través de un modelo de costos de reemplazo o costos de sustitución. El enfoque de costos de reemplazo parte del supuesto que es posible medir los costos incurridos para reemplazar los daños en activos generados por un proyecto. En el caso particular del proyecto se consideran las cantidades y el costo de los fertilizantes requeridos para reemplazar los nutrientes identificados en las unidades muestreadas, los cuales podrían perderse como consecuencia de la alteración de las propiedades FQ y microbiológicas del suelo. En la Tabla 10–10 se presenta el inventario de nutrientes disponible en las cuatro unidades cartográficas, en el área a intervenir por el proyecto, con base en los análisis químicos de caracterización de suelos.

Tabla 10–10 Promedios ponderados de nutrientes por unidades taxonómicas de suelo identificadas en el área del proyecto

UNIDAD	% de Área	Área ha	Calcio (cmol(+)/Kg)	Magnesio (cmol(+)/Kg)	Potasio (cmol(+)/Kg)	Sodio (cmol(+)/Kg)	Azufre	Fosforo (ppm)
CCh3.1.2d2	0,091	505,4	0,68	0,29	0,03	0,01	1,28	1,18
CCh31.1c2	0,005	29,4	0,01	0,00	0,00	0,00	0,12	0,01
CCh3.5.1bp	0,008	41,6	0,11	0,01	0,00	0,00	0,18	0,02
CCh3.1.3c2	0,100	554,2	0,16	0,02	0,01	0,01	0,68	0,20
CCh3.1.5ª	0,002	12,8	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04
DCh5.1.1ª	0,016	88,8	0,07	0,02	0,00	0,00	0,32	0,67
CCh3.5.2a	0,006	33,8	0,01	0,00	0,00	0,00	0,08	0,10
CCh3.1.4e3	0,029	159,8	0,05	0,02	0,00	0,00	0,18	0,18
DCh4.1.1b2	0,012	64,4	0,22	0,04	0,01	0,00	0,26	1,46
CCh3.3.2e3	0,002	12,8	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,04
CCh3.3.3e2	0,032	179,2	0,06	0,02	0,01	0,00	0,39	0,32
CCh3.3.4e	0,017	91,5	0,13	0,04	0,00	0,00	0,13	0,10
DCh6.2.1ap	0,090	496,5	0,28	0,03	0,03	0,01	0,90	0,67
DCh6.2.2a	0,002	11,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01
DCh6.1.1a	0,031	170,3	0,41	0,01	0,00	0,01	0,20	0,20
CCh2.1.4e2	0,201	1116,7	0,33	0,80	0,05	0,03	1,37	1,59
CCh2.1.1c2p	0,027	150,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,21
CCh2.1.3cp	0,004	21,1	0,02	0,01	0,00	0,00	0,03	0,02
CCh2.1.2e	0,073	404,4	2,57	0,06	0,02	0,01	0,58	23,91
CMh1.1.2g	0,029	159,2	0,13	0,01	0,02	0,00	0,23	1,29
CMh1.1.1e	0,011	59,4	0,09	0,01	0,00	0,00	0,33	0,14
CMh2.3.1a	0,002	10,5	0,02	0,00	0,00	0,00	0,25	0,04
CMh2.1.4e2	0,042	235,2	0,26	0,03	0,02	0,01	0,51	0,89
CMh2.1.3e	0,035	195,8	0,12	0,02	0,01	0,00	0,35	0,12
CCh1.2.1g2	0,043	238,0	0,25	0,01	0,01	0,01	0,43	0,51
CMh2.1.1e2	0,007	40,5	0,01	0,00	0,00	0,00	0,06	0,04
CMh2.1.2f2	0,060	334,5	0,49	0,14	0,09	0,01	1,21	46,13
CCs2.1.3e	0,004	20,5	0,06	0,00	0,00	0,00	0,29	0,13
CCs2.1.2e2	0,019	103,7	0,04	0,01	0,00	0,00	0,14	0,15
CMh2.2.1e2	0,001	6,1	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05
Promedios ponderados por área		5547,5	6,60	1,60	0,34	0,14	10,83	80,44

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

Siguiendo la metodología (Cotler, López, & Martínez , 2011) se parte del supuesto que los milímetros más superficiales del suelo son los más ricos en nutrientes y humus y los primeros que se pierden al iniciarse la erosión acelerada del suelo o al presentarse pérdida del mismo por cambio en el uso. Dichos nutrientes podrían ser restituidos por fertilizantes comúnmente utilizados en el mercado tales como el Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Potasio (K₂O), Fósforo (P₂O₅) y Nitrógeno (N) asimilable. Por tanto, se aproxima el valor de los nutrientes disponibles en el suelo, al valor comercial de dichos fertilizantes.

Teniendo que los resultados de la Tabla 10–10 representan la cantidad de nutrientes en el suelo en forma elemental se desarrolla la transformación o equivalencia a los requerimientos forma de fertilizantes. En tabla se presentan los resultados del balanceo de nutriente naturales a requerimiento de fertilizantes, anotando que se presentan varias alternativas de compuestos químicos disponibles en el mercado para sustituir o reemplazar los nutrientes del suelo. Para el cálculo del valor económico, se parte del Inventario físico de nutrientes para cada unidad muestreada y del valor comercial de los fertilizantes, Carbonato de calcio, Cloruro de potasio, Urea y Fosforita, considerando su composición o fórmula comercial, se estima el valor económico del impacto.

Tabla 10–11 Calculo necesidades de fertilizante

Valor (g)	Conversión		Resultado gr	Resultado kg/ha
49000	N	(NH ₄)NO ₃	131903	13,19
285000	K	KCl	543446	54,34
2916000	Ca	CaCO ₃	7281990	728,20
178000	P	P ₂ O ₅	407826	40,78
422000	Mg	MgO	699746	69,97
24000	S	SO ₂	47955	4,80

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

Con base en los resultados del cálculo de requerimiento de fertilizante en la Tabla 10–12 se referencia el valor comercial de los nutrientes, aproximándolos al valor de mercado de los fertilizantes, teniendo en cuenta su composición o fórmula comercial, y considerando que dichos fertilizantes entrarían en reposición de los macronutrientes perdidos al alterarse las propiedades del suelo y sus servicios ecosistémicos asociados.

Tabla 10–12 Precios del mercado nutrientes equivalentes producidos por las coberturas de herbazales y pastos

Nombre comercial	Unidad	Precio \$
Carbonato de calcio	50kg	\$7.500
Cloruro de potasio	Ton	\$868.732,95
Urea	Ton	\$713.674,84
Fosforita	Ton	\$ 369.857,01
Magnesio	Ton	\$208.000

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016, con base en información descargada de los sitios web Agronet, 2016, Indexmundi 2016.

Teniendo en cuenta los precios del mercado, y de acuerdo con la metodología del costo de reposición, se concluye que el valor de impacto sobre los servicio ecosistémico de ciclado de nutrientes, aproximado a la pérdida potencial de macronutrientes dispuestos en el mismo, asciende a \$ 91.412 por hectárea. Teniendo en cuenta las 310,59 hectáreas objeto de intervención el valor del impacto se aproxima a \$ 28.392.271 anuales y \$256.149.566,31 teniendo en cuenta un horizonte de 30 años (Ver Tabla 10–13).

Tabla 10–13 Valor económico del impacto alteración producción de nutrientes

Unidad cartográfica	Carbonato de calcio	Cloruro de potasio	Urea	Fosforita	Magnesio
Total Inventario físico de nutrientes (Kg/ha)	34,33	54,34	13,19	40,78	69,97
Valor comercial	\$ 150,00	\$ 868,73	\$ 713,67	\$ 369,86	\$ 208,00
Valor económico por hectárea (kg)	\$ 5.149,68	\$ 47.210,96	\$ 9.413,61	\$ 15.083,72	\$ 14.554,72
Valor económico total por hectárea	\$ 91.412,68				
Valor económico total del impacto (\$)	\$ 28.392.271,47				
VPN(TSD 12%; 30 años)	\$ 256.149.566,31				

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

- **Cambios en la productividad**

Para la estimación del valor económico del cambio en el uso del suelo se parte del enfoque de cambios en la productividad a través del cual se pretende estimar el costo de oportunidad de la actividad que constituye el mejor uso alternativo en el área de estudio.

La medición de la magnitud de las afectaciones se desarrolló con base en lo reportes de Uso actual del suelo señalados en el capítulo 5 Caracterización del Área de Influencia del respectivo EIA, y específicamente las potenciales áreas de sustracción requeridas para dar paso al eje de la vía y otra para de infraestructura de apoyo y suministro de la obra (Zodmes, campamentos). En la Tabla 10–14 se señalan las áreas de acuerdo al uso actual, las cuales determinan los parámetros para la valoración monetaria del impacto, precisando que la base de cálculo para el cambio de productividad es menor que la utilizada en el cálculo de la perdida de nutrientes y captura de carbón, dado que tan solo se tuvieron en cuenta las áreas identificadas coberturas no naturales.

Tabla 10–14 Áreas afectación del proyecto de acuerdo al uso actual y potencial

USO_ACTUAL	COBERTURA	TIPO_DE_USO	Área Trazado/ ha	% Área
Agrícola y pecuario	Agrícola (todo tipo de cultivo)	Producción	14,72	11%
Ganadero	Pastos (todo tipo pastos)	Producción	117,68	89%
Totales			132,39	100%

Fuente; Consultoría Colombiana S.A 2016.

Con el propósito de medir las afectaciones a la actividad pecuaria en el área de influencia directa y particularmente en la franja del corredor se establecieron parámetros basados en la caracterización contenida en el EIA y se valoró el área en pastos, la capacidad de carga en UGG, los costos de producción, la inversión total y la ganancia por animal.

Se utilizaron los indicadores usuales en la evaluación de la producción pecuaria, como el número de animales y el peso promedio por cada uno, se estableció el precio /kg para animal en pie, y luego se obtuvo el valor por animal y finalmente el valor de hatos ubicado en el área de influencia.

Una vez aplicados se obtuvo el valor económico de la producción pecuaria que se dejará de obtener a raíz de la ejecución del proyecto. El valor del impacto que representa el costo de oportunidad del recurso suelo para la actividad ganadera alcanza un monto de \$1.700.782.090, teniendo en cuenta un horizonte temporal de 30⁸ años. Los resultados de las estimaciones se presentan en Tabla 10–15.

Tabla 10–15 Costo por afectación de la actividad ganadera

VALORACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL (AFECTACIÓN DE LA ACTIVIDAD GANADERA)					
PASTOS					
TIPO DE CULTIVO	ÁREA Ha*	CAPACIDAD DE CARGA (UGG)**	COSTOS DE PRODUCCIÓN (Ha/año)***	INVERSIÓN TOTAL	
Pastos	117,68	94.14	\$1.275.950	\$ 150.153.206	
AFECTACIÓN DE LA ACTIVIDAD GANADERA					
CABEZAS DE GANADO				VALOR PRODUCCIÓN EXISTENTE	
GRUPO	N° ANIMALES	PESO PROMEDIO (Kg.)	VALOR ANIMAL EN PIE (Kg.)****	VALOR/ ANIMAL (\$)	VALOR TOTAL PESOS (\$)
UGG	30	388	3775	\$1.275.950	38.278.500
GRUPO	N° ANIMALES	PRODUCCION PROMEDIO (Lit.)*****	PRODUCCION TOTAL (Lit.)	VALOR LITRO LECHE (\$)*****	VALOR TOTAL PESOS(\$)
UGG	30	3,49	105	834	87.320
VALOR TOTAL PERDIDA EN PRODUCCION GANADERA					\$ 188.519.026
VNA(TSD 12%; 30 años)					\$ 1.700.782.090

* Extraído de la tabla de cobertura.

** El valor de Kg. de animal en pie se obtuvo de la base de FEDEGAN Federación de ganaderos para la región de Santander en diciembre /2016.

*** Los valores de costos productivos en pasturas se obtuvieron del Banco de la República 2003.

**** El inventario ganadero se establece a partir del cálculo de carga animal de una explotación extensiva (0.8 UGG Unidades de Gran Ganado), esto ajustado a las áreas en pastos correspondientes a cada tramo.

*****El Dato peso promedio en (388) Kg y valor en kg en pie (\$3775), se obtuvo del Sistema de Información de Precios del Sector Agropecuario, SIPSA, sector de Santander (Frigorífico Rio Frio Bucaramanga).

*****El valor promedio del litro 3,49L para el Departamentos Santander se obtuvo del Sistema de Información de Precios del Sector Agropecuario, SIPSA y FEDEGAN

⁸ 4 Años de construcción y 26 operación

Para medir las afectaciones a la actividad agrícola en el área de afectación, se establecieron parámetros basados en la caracterización contenida en el EIA, y teniendo en cuenta que el tipo de cultivo predominante y de mayor rentabilidad corresponde a la palma de aceite, se valoró el área cultivada y el rendimiento promedio en la región de acuerdo a información de FEDEPALMA.

Una vez aplicados dichos parámetros se obtuvo el valor económico de la producción agrícola que se dejará de percibir a raíz de la ejecución del proyecto. El valor del impacto que representa el costo de oportunidad del recurso suelo para esta actividad, alcanza para la totalidad del área un monto de \$ 264.768.354 pesos. Los resultados de las estimaciones se presentan en la Tabla 10–16.

Tabla 10–16 Valoración de los impactos por afectación de la actividad agrícola por intervención del proyecto

Tipo de cultivo	Área sembrada Ha *	Rendimiento Ton/Ha ***	Producción /Ton	Precio por Ton (Palmiste)***	Perdida pesos (\$)
Palma	14,72	2,77	40,76	\$ 720.000,00	\$ 29.347.599,99
Valor Presente del Costo					\$ 29.347.599,99
VNA(TSD 12%; 30 años)					\$ 264.768.354

* Extraído de la tabla de cobertura no naturales afectadas.

** El rendimiento por Ha de la Palma del informe de Palma de Aceite por departamento en Colombia <http://web.fedepalma.org/la-palma-de-aceite-en-colombia-departamentos> FEDEPALMA

*** Dato de precio panela al productor 720 mil pesos por tonelada. Sistema de precios <http://sispaweb.fedepalma.org/SitePages/precios.aspx> FEDEPALMA

Finalmente el valor total por la pérdida de productividad de las coberturas del suelo afectado alcanza un monto de \$ \$ 1.965.550.446 pesos considerando un horizonte de análisis de 30 años, y el cual es equivalente a la suma de la afectación en los suelos con coberturas agrícolas y ganaderas (Ver tablas Tabla 10–16 y Tabla 10–15).

- **Consolidado de la Valoración económica del impacto generado con los cambios en las características de los suelos.**

Con base en las estimaciones de costos realizadas para cada uno de los servicios socio-ambientales, potencialmente perturbados con la afectación del suelo, se llegó al consolidado de la Tabla 10–17, el cual alcanzó un costo total por afectación a las características físico químicas del suelo de \$ \$ 3.807.049.728 de pesos.

Tabla 10–17 Consolidado de costos por afectación al suelo

Servicios y Bienes Ambientales	Ruta del Cacao
Servicio de los suelos captura de carbono	\$ 1.585.349.716
Cambio en producción de nutrientes del suelo	\$ 256.149.566
Efectos en la productividad agrícola por cambio de uso	\$ 1.965.550.446
VALOR PRESENTE	\$ 3.807.049.728

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

10.4.2 Modificación de la cobertura vegetal

Como consecuencia directa de las actividades de desmonte y descapote del área requerida para el derecho de vía, se afectaran diferencialmente coberturas arbóreas del área de influencia. Como tal este impacto consiste en la eliminación de la vegetación y por tanto incluye el efecto negativo que se genera por la desaparición esa cobertura y otros impactos conexos⁹.

Para la valoración del impacto se tomaron como referencia los tipos de coberturas del suelo señalados en el capítulo 5 de Caracterización del Área de Influencia del respectivo EIA, y específicamente las coberturas definidas para sustracción en el análisis en el capítulo de demanda, uso y aprovechamiento de recursos naturales (Capítulo 7), con el propósito de establecer y aplicar los diferentes parámetros de medición para el impacto producto de la remoción de cobertura arbóreas y obtener así las respectivas cuantificaciones monetarias que exige la valoración económica.

De acuerdo al trazado definido para la construcción de la infraestructura vial potencialmente se van a ver afectadas 117,46 hectáreas de coberturas de corte arbóreo correspondientes a reductos de Bosques de Galería, bosques fragmentados, vegetación secundaria alta y baja.

Para la valoración del impacto se utilizó la metodología basada en la transferencia de función de beneficios que generan los bosques aplicados al Programa SINA I y que en este caso su lectura inversa permite contabilizar la pérdida de estos beneficios, y por tanto las cifras reflejan los costos ambientales.

El enfoque de identificación de los servicios ecosistémicos se definieron en función de las características socioambientales del área de estudio y con base en la disponibilidad de información científica que posibilitara la monetización de los servicios de las coberturas boscosas objeto de eliminación como proxy del valor de las pérdidas ambientales. En este contexto la monetización del impacto de las coberturas boscosas se desprende la de los efectos en los servicios ecosistémicos: regulación hídrica, reducción de la erosión, captura de CO₂, producción de madera y leña con valor comercial o de uso doméstico.

- **Valor de uso directo de las coberturas afectadas: Valor de la madera**

En el Capítulo 7, Demanda de Recursos Naturales se establece que se solicita permiso de aprovechamiento forestal para la construcción de la vía incluyendo la adecuación de las vías industriales, zonas de disposición de estériles, campamentos y demás infraestructura requerida durante la etapa de construcción.

En total se estima que por la ejecución del proyecto se intervendrá 117,46 hectáreas en términos de cobertura arbóreas. Para valorar este impacto se utiliza el precio de la madera comercial de la especie de mayor abundancia y de valor comercial identificado en

⁹ Tal como está mencionado en distintos apartes de este capítulo los impactos a valorar guardan una estrecha relación entre sí, pues la fragmentación del ecosistema y la modificación del hábitat de la fauna terrestre es resultado del cambio en la cobertura vegetal.

el censo forestal, que para el caso del área corresponden a la especie Jacaranda caucana, el cual es un árbol muy apreciado en ebanistería y carpintería por las características de la madera. La Jacaranda también es apreciada por las propiedades medicinales de la flor y su valor estético como especie ornamental.

Para valorar este impacto, se utiliza el precio de la madera comercial de acuerdo a los registros de FEDEMADERAS. El valor proxy de m3 de madera leña se obtuvo del Resolución 1196 del 2009 de la CAR, en el cual determinan que en promedio la madera leña se comercializa a un precio de \$131.240 pesos, a un valor equivalente a 9 m3 de madera. Cabe aclarar que dicho valor es traído a precios de 2016 (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR, 2009). En la Tabla 10–13, se presentan el estimado de los recursos maderables el cual se estima en \$7.141.866.477 asumiendo un único pago en el primer año del proyecto.

Tabla 10–18 Valoración del impacto de uso directo de las coberturas afectadas

Unidad	Nº Hectáreas	Volumen m ³ /Ha	Volumen Total (m ³)	Valor Madera Comercial (\$)/m ³ **	Valor Madera leña 9m ³ ***	Valor Total Anual (\$)
Bosques de Galería	12,41	1062,05	13180	\$ 325.634	\$ 131.240	\$ 1.812.844.863
Bosques Fragmentado	21,03	237,55	4996	\$ 325.634	\$ 131.240	\$ 687.128.881
Vegetación secundaria alta	52,11	623,22	32476	\$ 325.634	\$ 131.240	\$ 4.466.901.240
Vegetación secundaria baja	31,91	39,87	1272	\$ 325.634	\$ 131.240	\$ 174.991.493
TOTAL	117,46	1962,69	51923,96	VNA(TSD 12%; 1 año)		\$ 7.141.866.477

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

*Precio metro cúbico de madera Jacaranda FEDEMADERAS.

- **Valoración por alteración en el régimen de escorrentía**

La cobertura vegetal permite regular la escorrentía de tal manera que evita la estacionalidad drástica del suministro de agua en fuentes utilizadas para acueductos y otros usos. Una cobertura arbórea (comparada con un área desprotegida en una microcuenca) tiene una función reguladora de la escorrentía, mejora el almacenamiento de agua y reduce su velocidad de evacuación a un cauce natural. Al aumentar el caudal en el período seco y reducirlo en el lluvioso, se mejora la disponibilidad de agua para consumo humano, riego y otros usos.

En una cuenca determinada hay una disponibilidad de agua superficial que depende del patrón de precipitación, el área de la cuenca o del área de afluencia a un punto determinado o “punto de entrega” y las “pérdidas” naturales a través de evaporación, evapotranspiración e infiltración.

Esta disponibilidad se traduce en oferta, cuando el recurso natural se convierte en insumo

de una actividad económica y la cuenca se convierte en un bien de capital natural productivo. Este bien, que puede incluir, componentes naturales y obras de protección (plantaciones forestales, conservación de suelos), requiere mantenimiento con el fin de sostener su capacidad productiva, lo cual tiene un costo en términos principalmente de mano de obra del beneficiario y asistencia técnica de la corporación.

La cantidad del recurso natural está disponible a una tasa natural y estocástica, concentrada durante el período lluvioso del año y muy baja en el período seco, mientras que la cantidad de agua como bien económico se requiere entregar a una tasa preferiblemente constante durante el año. Convertir el primer patrón en el segundo puede ser costoso en términos de obras de regulación, almacenamiento (embalses) y mantenimiento.

Bajo este concepto, la medida pertinente para la cantidad de agua disponible en un área determinada no es, entonces, un volumen o caudal sino una distribución de caudales o un volumen de agua distribuido durante el ciclo hidrológico anual.

De acuerdo con lo anterior, se establecieron los siguientes criterios:

- ✓ *Una hectárea que recibe, determinados mm/año de precipitación puede aportar una fracción de esta (metros cúbicos m³) durante tres meses secos del año. El valor de este volumen de agua es el beneficio del proyecto, que se dejaría de percibir y por tanto se constituye en un costo ambiental.*
- ✓ *Para una precipitación media anual en el proyecto de 2274.84¹⁰ mm/año (milímetros de agua año), se ha estimado que sería equivalente a 22.748 m³/ha-año, y 5687.6 m³/ha tomado como referencia los tres meses secos del año.*
- ✓ *El número de hectáreas y las características de bosques afectados se obtuvo del Capítulo 7 Demanda Uso y Aprovechamiento de Recursos Naturales.*

El valor del metro cúbico de agua es de \$ 1605,72 (Tarifa consumo básico para el estrato cuatro) corresponde a la tarifa promedio en pesos por m³ vigentes en el año 2016 para el área Metropolitana de Bucaramanga, (Tarifas ajustadas año 2016 Acueducto Metropolitano de Bucaramanga E.S.P)

Desde el punto de vista teórico el valor de la tasa representa el valor de la productividad marginal del recurso o el valor del impacto por extracción, y dado que el monto de pago mínimo fue definido por la autoridad ambiental competente, la tasa representa un buen indicador del valor de uso del recurso agua.

Se considera un periodo de treinta (30) años, correspondiente al término de la vigencia de la concesión vial, tiempo que sirve como referencia para calcular los beneficios perdidos por la regulación hídrica. Es importante anotar que si bien en la normatividad nacional el concesionario debe compensar por las coberturas sustraídas o afectadas por el desarrollo

¹⁰ Promedio mensual multianual registros de 17 estaciones IDEAM localizada en el área de influencia (ver capítulo 5 numeral 5.1.1.1 Precipitación)

del proyecto, en la evaluación se consideran los servicios perdidos hasta que las coberturas compensadas alcancen una fase sucesional de vegetación arbustiva consolidada.

Los resultados se presentan enseguida en la Tabla 10–19, en la cual se puede observar que el costo ambiental anualizado por la pérdida de los beneficios de la regulación hídrica para los cuatro tipos de vegetación arbórea a intervenir. Aplicando la tasa social de descuento del 12% el Valor presente de la pérdida del servicio por regulación hídrica asciende para la totalidad a \$ 7.043.745.082 pesos.

Tabla 10–19 Valoración económica de la alteración en el régimen de escorrentía

COBERTURA VEGETAL	Bosques de Galeria	Bosques Fragmentado	Vegetación secundaria alta	Vegetación secundaria baja	VALOR TOTAL(\$)
Nº Hectáreas	12,41	21,03	52,11	31,91	117,46
Regulación hídrica 22,748 m ³ /ha/año	\$ 70.577	\$ 119.600	\$ 296.355	\$ 181.475	\$ 668.007
Valor m ³ (\$) *	\$ 1.605	\$ 1.605	\$ 1.605	\$ 1.605	\$ 1.605
Valor anual Pesos (\$)	\$ 113.256.181	\$ 191.924.051	\$ 475.566.444	\$ 291.217.141	\$ 780.746.676
Años establecimiento**	30	30	30	30	30
VNA(TSD 12%; 30 años)					\$ 7.043.745.082

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

* El valor del m³ de agua se obtuvo de la página web de la empresa de Acueducto Metropolitano de Bucaramanga, tarifas ajustadas 2016 <http://www.amb.com.co/frmlInformacion.aspx?inf=32>.

- **Alteración del régimen de retención de sedimentos**

El manejo apropiado de los bosques contribuye a reducir la erosión y la carga de sedimentos a las fuentes de agua potable, lo que se traduce en ahorros en costos de tratamiento para mejorar los índices de turbiedad. La reforestación de una hectárea puede reducir la sedimentación de cauces mediante una reducción de la pérdida de suelo, lo cual se puede reflejar en una reversión de la tendencia decreciente en la capacidad de los cauces para evacuar caudales (inundaciones) y en la entrega de agua de mejor calidad (menos turbiedad) a los acueductos y sistemas de riego.

Si solo se utiliza la mitad del volumen disponible actualmente y el costo de tratamiento por turbiedad (sedimentación) es de \$61,52¹¹ por m³ (Comisión de Regulación de Agua potable y Saneamiento Básico -CRA-, 2013), se obtienen los resultados que se muestran en la Tabla 10–20.

¹¹ Valor presente, puesto que la tarifa referenciada en el documento CRA corresponde a \$56 pesos.

Tabla 10–20 Valoración económica de las pérdidas por alteración en el régimen de retención de sedimentos

COBERTURA VEGETAL	Bosques de Galería	Bosques Fragmentado	Vegetación secundaria alta		Vegetación secundaria baja	VALOR TOTAL(\$)
Nº Hectáreas	12,41	21,0	52,1		31,9	117,5
Regulación hídrica	105.485	178.755	442.935		271.235	\$ 998.410,00
22,748 m ³ /ha/año						
Valor m ³ (\$) *	61,52	61,52	61,52		61,52	61,52
Valor anual Pesos (\$)	6.489.437	10.997.008	27.249.361		16.686.377	\$ 61.422.183,20
	Años establecimiento**	30	30	30	30	\$ 25,00
VNA(TSD 12%; 30 años)						\$ 554.139.024

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

El costo ambiental de la alteración del régimen de retención de sedimentos en valor presente para un horizonte de 30 años, corresponde a \$ 554.139.024 pesos.

- Disminución en la capacidad de captura de CO₂

Este indicador reconoce el valor del servicio de captura de carbono generado por las coberturas arbóreas que serán intervenidas para la construcción del desarrollo vial. Para su valoración se parte de resultados de diferentes estudios donde se han definido factores de captura anuales que oscilan entre 5 y 10 TC/Ha con un valor medio de 7 TC/Ha.

Con el fin de establecer el valor en dólares del CO₂ capturado por los bosques plantados, se consultó los precios de los certificados de reducción de carbono CER, que son bonos emitidos por la Junta Ejecutiva del MDL para las reducciones de emisiones logradas por los proyectos del MDL con arreglo a las normas del Protocolo de Kyoto. El sistema de negociación de bonos de carbono señala que el precio ha fluctuado desde 0.38 € hasta los 0,17 € Euros por tonelada de CO₂ (datos a Enero a Junio de 2016). Luego de revisar las Cifras del mercado de Carbono, se adoptó el precio promedio (0.42 € Ton-1 = \$1403 ton COP) de los últimos 6 meses para estimación del valor de los beneficios por captura de carbono (CO₂).

Calculando la pérdida de árboles en 25% por hectárea, la captura de carbono será de 75 ton/ha, equivalente a 2.6 ton de CO₂ por año y por hectárea.¹² Se considera el mismo periodo que toma la fase sucesional de los bosques. Este es de cinco (5) años, de acuerdo con Marwin Melga, mencionado anteriormente. Se consideró que después de 5 años, la plantación bien mantenida estará desarrollada para absorber CO₂ y ese criterio se aplicó a los cálculos de los costos.

Considerando parámetros establecidos para el cálculo de la perdida de servicio de

¹²J. Alexl 2007. Captura de carbono CO₂

captura de carbono de acuerdo a las potenciales áreas a afectar por la construcción de la de la infraestructura, se procedió a la estimación del costo generado por la alteración a la captura de carbono, como se muestran en la Tabla 10–21. En total el costo ambiental de la pérdida por disminución en la capacidad de captura de CO₂ alcanza un monto en Valor presente de \$3.868.031 pesos.

Tabla 10–21 Costo ambiental por disminución en la capacidad de captura de CO₂

Disminución capacidad de Captura CO ₂	CRITERIOS					
	COBERTURA VEGETAL	Bosques de Galería	Bosques Fragmentado	Vegetación secundaria alta	Vegetación secundaria baja	VALOR TOTAL(\$)
	Nº Hectáreas	12,41	21,0	52,1	31,9	117,5
Pérdida Anual	Captura de CO ₂ - 2,6 Ton/Ha/año*	32	55	135	83	\$ 305,40
	Valor/Ton -					
	\$1403,89/Ton*	1403,89	1403,89	1403,89	1403,89	\$ 1.403,89
	Valor anual	45.298	76.762	190.207	116.475	\$ 428.742,39
	Años establecimiento***	30	30	30	30	30
VNA(TSD 12%; 30 años)						\$ 3.868.031

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

Finalmente se presenta el valor presente de las pérdidas de servicios y bienes ambientales asociados a eliminación de las coberturas de bosque ripario equivalen a \$14.743.618.613 de pesos. Este costo está determinado principalmente por el valor de la pérdida por regulación hídrica y el valor de la madera y en una menor proporción por la disminución en la capacidad de captura de CO₂ dado los precios del mercado de los bonos de carbono.

Tabla 10–22 Valor presente de las pérdidas de servicios y bienes ambientales coberturas arbóreas

Servicios y Bienes Ambientales	
Valor de uso directo de las coberturas afectadas: Valor de la madera	\$ 7.141.866.477
Valoración económica de las pérdidas por alteración en el régimen de retención de sedimentos	\$ 7.043.745.082
Valoración económica de las pérdidas por alteración en el régimen de retención de sedimentos	\$ 554.139.024
Costo ambiental por disminución en la capacidad de captura de CO ₂	\$ 3.868.031
VNA(TSD 12%; 30 años)	\$ 14.743.618.613

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

10.4.3 Valoración impactos: Modificación del hábitat, Cambios en la composición y estructura de la fauna silvestre, Cambios en la estructura ecológica del paisaje

En la evaluación del impacto ambiental, se estimó que se pueden presentar alteraciones en las condiciones actuales de la fauna y la flora, a raíz de obras constructivas especialmente en los tramos de la unidades funcionales UFC 5 y UFC 7, en donde se plantea la construcción de un trazado nuevo, el cual atravesará una zona con presencia de bosques fragmentados, bosques riparios , vegetación secundaria alta y vegetación secundaria baja, la cual a pesar de estar presionada en algunos sectores con el incremento de la frontera agrícola y pecuaria, y por la extracción de especies a través de la tala selectiva, aún está altamente conservada, por lo tanto el proyecto va a generar un impacto fuerte por la pérdida de hábitats y fragmentación de los ecosistema y como consecuencia disminución de la abundancia y riqueza de especies florísticas y faunísticas.

Si bien en todo el trayecto se afectaran en distintos grados coberturas naturales, estas no se incluyen en la valoración, en la medida que la infraestructura existente (UFC2, UFC4¹³, UFC8¹⁴ y UFC9) ya generó la fragmentación de los ecosistemas y los subsecuentes efectos barrera y de borde, por lo tanto el impacto de perdida de hábitat queda contenidas en la valoración económicas de perdida de cobertura.

Teniendo en cuenta que establecimiento del viaducto fragmenta reductos de bosques Riparios presentes en el área de intervención es posible que se limite o entorpezca el paso y encuentro de algunos individuos.

La pérdida de hábitat es uno de los primeros impactos que sufren las poblaciones animales debido a la construcción del viaducto. Otros procesos derivados de la construcción y presencia de infraestructura son la invasión de especies foráneas, ruido, sedimentación y contaminación química de cuerpos de agua, los cuales, pueden dispersarse cientos de metros desde la carretera hacia los ecosistemas circundantes y así, afectar ecosistemas a escala regional.

Por otra parte, las actividades que generan un cambio en los niveles de ruido y aumentan las vibraciones del suelo generan que los parches boscosos remanentes no sean adecuados para el establecimiento de la fauna. Aunque los bosques presenten una composición y estructura florística apropiados, es decir, que ofrezcan recursos alimenticios y de refugio, las condiciones no son las adecuadas para el establecimiento de las poblaciones.

En general la conservación de los hábitats es de importancia no solo para el mantenimiento de los ecosistemas sino también para la supervivencia humana, se debe entender, que el hecho de tener una gran variedad de especies en un ecosistemas es más importante que tener un gran número de individuos de una misma especie, pues como se evidencia, diferentes especies tienden a ocupar mayor número de nichos cumpliendo así, un mayor número de funciones ecológicas.

¹³ La UFC 3 corresponde a tramo de rehabilitación.

¹⁴ La UFC 6 se plantea la construcción de un túnel por lo tanto no se generan impactos sobre los hábitats naturales

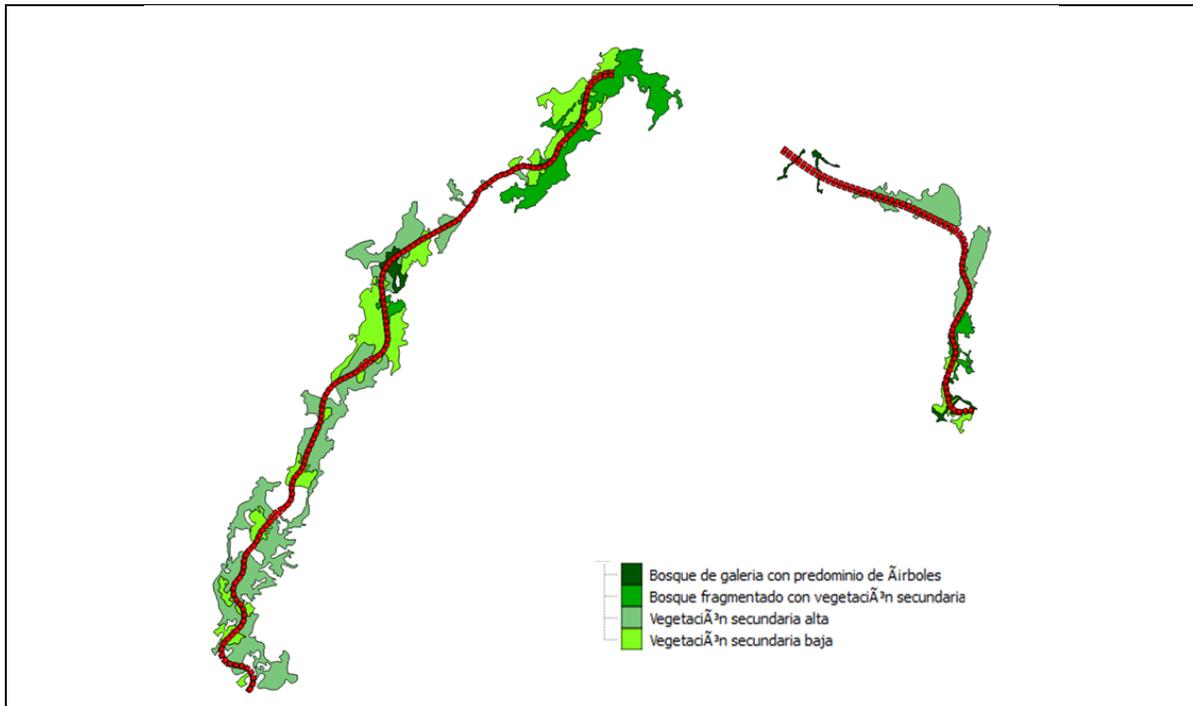
Por ende para la valoración económica de este impacto se hace uso de las variaciones compensatorias preestablecidas en la legislación nacional para la conservación y protección de los ecosistemas naturales boscosos. Se asume que el impacto sobre los hábitats está asociado al cambio a la pérdida de área, fragmentación y generación de ruido.

Con base en lo anterior, para la estimación del costo de estos impactos se toma como proxy las acciones preestablecidas en el Decreto 900 de 1997 por el cual se reglamenta el Certificado de Incentivo Forestal para Conservación. Considerando que dichas tasas presupuestales representan para la sociedad, lo que estarían dispuestos a pagar por conservar o evitar la afectación de los hábitats.

Con base el estimativo de las coberturas a intervenir por la ejecución del proyecto, se obtienen los Hábitats naturales o seminaturales afectados por la construcción de la obra, para los cuales se calculan el valor base del certificado de incentivo forestal de conservación. En la Tabla 10–23 se presentan las hectáreas por coberturas de bosques potencialmente afectadas por el desarrollo del viaducto, se incluye la figura de coberturas de la tierra presentes en el área de influencia del trazado con el fin de ilustrar los efectos del trazado en cuento a la fragmentación de los ecosistemas.

Tabla 10–23 Coberturas potencialmente afectadas por la construcción de la calzada nueva UFC 5 y UFC7

Ámbito de Manifestación Individuos	Unidad medida	Cantidad (Ha)
Hábitats naturales o seminaturales afectados por el trazado (UFC5 y UFC7)	Hectáreas de bosques riparios	32
	Hectáreas de bosques fragmentados	177,8
	Hectáreas de vegetación secundaria alta	480,1
	Hectáreas de vegetación secundaria baja	279,5



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

*La cantidad corresponde al área total del parche afectado o atravesado por el trazado.

De acuerdo a los criterios y factores establecidos en el Decreto 900 de 1997 se estimó como costo total del impacto el valor de \$ 6.881.860.037 pesos, tal como se observa en la Tabla 10–24.

Tabla 10–24 Valor estimado de los impactos: Modificación del hábitat, Cambios en la composición y estructura de la fauna silvestre, Cambios en la estructura ecológica del paisaje

ID	COBERTURA DE LA TIERRA		ÁREA DE OCUPACIÓN			RANGO ALTITUDINAL	FACTOR TAMAÑO DEL PREDIO (FT)	FACTOR PISO TÉRMICO (FPT)	FAR (FTP* FPT)	VALOR POR HECTÁREA (ANUAL)	VALOR BASE (ANUAL POR PARCHE)	VALOR AJUSTADO (ANUAL POR PARCHE)
	Nombre	Código	m2	Ha	Ha							
1820	Bosque de galería y/o ripario	3.1.4	165540	16,6	16,6	<1000	1,4	0,63	0,882	\$ 4.826.178	\$ 79.892.551	\$ 70.465.230
1575	Bosque de galería y/o ripario	3.1.4	24760	2,5	2,5	<1000	2,0	0,63	1,260	\$ 4.826.178	\$ 11.949.617	\$ 15.056.517
1590	Bosque de galería y/o ripario	3.1.4	48120	4,8	4,8	<1000	1,6	0,63	1,008	\$ 4.826.178	\$ 23.223.569	\$ 23.409.357
1564	Bosque de galería y/o ripario	3.1.4	81230	8,1	8,1	<1000	1,6	0,63	1,008	\$ 4.826.178	\$ 39.203.044	\$ 39.516.668
SUBTOTAL (Bosque de galería y/o ripario)											\$ 154.268.780	\$ 148.447.772
1524	Bosque fragmentado	3.1.3	1457690	145,8	50,0	<1000	1,0	0,63	0,63	\$ 4.826.178	\$ 241.308.900	\$ 152.024.607
1520	Bosque fragmentado	3.1.3	109120	10,9	10,9	<1000	1,4	0,63	0,88	\$ 4.826.178	\$ 52.663.254	\$ 46.448.990
1521	Bosque fragmentado	3.1.3	211200	21,1	21,1	<1000	1,2	0,63	0,76	\$ 4.826.178	\$ 101.928.879	\$ 77.058.233
SUBTOTAL (Bosque fragmentado)											\$ 395.901.034	\$ 275.531.830
1650	Vegetación secundaria alta	3.2.3.1	26910	2,7	2,7	<1000	2,0	0,63	1,260	\$ 2.413.089	\$ 6.493.622	\$ 8.181.964
1649	Vegetación secundaria alta	3.2.3.1	20100	2,0	2,0	<1000	2,0	0,63	1,260	\$ 2.413.089	\$ 4.850.309	\$ 6.111.389
1670	Vegetación secundaria alta	3.2.3.1	48670	4,9	4,9	<1000	1,6	0,63	1,008	\$ 2.413.089	\$ 11.744.504	\$ 11.838.460
1671	Vegetación secundaria alta	3.2.3.1	150520	15,1	15,1	<1000	1,4	0,63	0,882	\$ 2.413.089	\$ 36.321.816	\$ 32.035.841
1673	Vegetación secundaria alta	3.2.3.1	88360	8,8	8,8	<1000	1,6	0,63	1,008	\$ 2.413.089	\$ 21.322.054	\$ 21.492.631
1675	Vegetación secundaria alta	3.2.3.1	450100	45,0	45,0	<1000	1,0	0,63	0,630	\$ 2.413.089	\$ 108.613.136	\$ 68.426.276
1831	Vegetación secundaria alta	3.2.3.1	3009200	300,9	50,0	<1000	1,0	0,63	0,630	\$ 2.413.089	\$ 120.654.450	\$ 76.012.304
1630	Vegetación secundaria alta	3.2.3.1	601980	60,2	50,0	<1000	1,0	0,63	0,63	\$ 2.413.089	\$ 120.654.450	\$ 76.012.304
1662	Vegetación secundaria alta	3.2.3.1	404850	40,5	40,5	<1000	1,0	0,63	0,63	\$ 2.413.089	\$ 97.693.908	\$ 61.547.162
SUBTOTAL (Vegetación secundaria alta)											\$ 218.348.358	\$ 137.559.466
1683	Vegetación secundaria baja	3.2.3.2	144770	14,5	14,5	<1000	1,4	0,63	0,882	\$ 2.413.089	\$ 34.934.289	\$ 30.812.043
1681	Vegetación secundaria baja	3.2.3.2	28000	2,8	2,8	<1000	2,0	0,63	1,260	\$ 2.413.089	\$ 6.756.649	\$ 8.513.378
1697	Vegetación secundaria baja	3.2.3.2	27490	2,7	2,7	<1000	2,0	0,63	1,260	\$ 2.413.089	\$ 6.633.582	\$ 8.358.313
1698	Vegetación secundaria baja	3.2.3.2	177270	17,7	17,7	<1000	1,4	0,63	0,882	\$ 2.413.089	\$ 42.776.829	\$ 37.729.163
1700	Vegetación secundaria baja	3.2.3.2	36380	3,6	3,6	<1000	1,6	0,63	1,008	\$ 2.413.089	\$ 8.778.818	\$ 8.849.048
1704	Vegetación secundaria baja	3.2.3.2	196110	19,6	19,6	<1000	1,4	0,63	0,882	\$ 2.413.089	\$ 47.323.088	\$ 41.738.964
1709	Vegetación secundaria baja	3.2.3.2	5690	0,6	0,6	<1000	2,0	0,63	1,260	\$ 2.413.089	\$ 1.373.048	\$ 1.730.040
1710	Vegetación secundaria baja	3.2.3.2	35220	3,5	3,5	<1000	1,6	0,63	1,008	\$ 2.413.089	\$ 8.498.899	\$ 8.566.891
1713	Vegetación secundaria baja	3.2.3.2	112730	11,3	11,3	<1000	1,4	0,63	0,882	\$ 2.413.089	\$ 27.202.752	\$ 23.992.828

ID	COBERTURA DE LA TIERRA	ÁREA DE OCUPACIÓN	RANGO ALTITUDINAL	FACTO D	FACTO CR	FAR (FTN)	VALOR POR UECTÁREA	VALOR BASE ANUAL POR	VALOR AJUSTADO				
1714	Vegetación secundaria baja	3.2.3.2	108950	10,9	10,9	<1000	1,4	0,63	0,882	\$ 2.413.089	\$ 26.290.605	\$ 23.188.313	
1717	Vegetación secundaria baja	3.2.3.2	116480	11,6	11,6	<1000	1,4	0,63	0,882	\$ 2.413.089	\$ 28.107.661	\$ 24.790.957	
1722	Vegetación secundaria baja	3.2.3.2	101320	10,1	10,1	<1000	1,4	0,63	0,882	\$ 2.413.089	\$ 24.449.418	\$ 21.564.386	
1730	Vegetación secundaria baja	3.2.3.2	545180	54,5	50,0	<1000	1,0	0,63	0,630	\$ 2.413.089	\$ 120.654.450	\$ 76.012.304	
1732	Vegetación secundaria baja	3.2.3.2	819200	81,9	50,0	<1000	1,0	0,63	0,630	\$ 2.413.089	\$ 120.654.450	\$ 76.012.304	
1740	Vegetación secundaria baja	3.2.3.2	59210	5,9	5,9	<1000	1,6	0,63	1,01	\$ 2.413.089	\$ 14.287.900	\$ 14.402.203	
1745	Vegetación secundaria baja	3.2.3.2	69270	6,9	6,9	<1000	1,6	0,63	1,01	\$ 2.413.089	\$ 16.715.468	\$ 16.849.191	
1677	Vegetación secundaria baja	3.2.3.2	7490	0,7	0,7	<1000	2,0	0,63	1,26	\$ 2.413.089	\$ 1.807.404	\$ 2.277.329	
1712	Vegetación secundaria baja	3.2.3.2	45270	4,5	4,5	<1000	1,6	0,63	1,01	\$ 2.413.089	\$ 10.924.054	\$ 11.011.446	
1723	Vegetación secundaria baja	3.2.3.2	4660	0,5	0,5	<1000	2,0	0,63	1,26	\$ 2.413.089	\$ 1.124.499	\$ 1.416.869	
1725	Vegetación secundaria baja	3.2.3.2	70420	7,0	7,0	<1000	1,6	0,63	1,01	\$ 2.413.089	\$ 16.992.973	\$ 17.128.917	
1742	Vegetación secundaria baja	3.2.3.2	57820	5,8	5,8	<1000	1,6	0,63	1,01	\$ 2.413.089	\$ 13.952.481	\$ 14.064.100	
1744	Vegetación secundaria baja	3.2.3.2	17190	1,7	1,7	<1000	2,0	0,63	1,26	\$ 2.413.089	\$ 4.148.100	\$ 5.226.606	
1841	Vegetación secundaria baja	3.2.3.2	8420	0,8	0,8	<1000	2,0	0,63	1,26	\$ 2.413.089	\$ 2.031.821	\$ 2.560.094	
SUBTOTAL (Vegetación secundaria baja)											\$ 586.419.236	\$ 476.795.687	
TOTAL												\$ 1.354.937.408	\$ 762.802.925
VNA(TSD 12%; 30 años)												\$ 6.881.860.037	

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

10.4.4 Generación de conflictos con la comunidad

Las externalidades sociales son consecuencias derivadas de la ejecución del proyecto que perjudican a la población, entre ellas se pueden señalar, la generación de expectativas y la potenciación de conflictos. La primera está relacionada con las expectativas de las comunidades y los individuos por el mejoramiento de las condiciones laborales y empleo, la posibilidad de mejoras comunitarias e inversión en sus Municipios. La segunda hace referencia a las manifestaciones reaccionarias de las comunidades frente a ciertas actividades del proyecto.

En términos generales se puede argüir que los dos impactos están claramente relacionados a partir de los efectos o manifestaciones de descontento generalizado frente al desarrollo del proyecto. La movilización social o contestación social relacionada con el proyecto puede desencadenar una serie de actos no violentos, como quejas, reclamos, manifestaciones formales, cese de actividades, bloqueos de vías, marchas entre otras. (Arbeláez Ulloa, 2012)

La modalidad más usada de la contestación social en contra del estado y grandes proyectos, consiste en la realización de bloqueos u obstrucciones de vías, acciones no violentas de intervención física directa en las cuales no se colabora con la contraparte. En este contexto una manera de valorar los impactos a la sociedad es considerar los costos inducidos por las manifestaciones o expresiones de descontento de la comunidad, los cuales se traducen en pérdidas económicas para el concesionario. Es decir el costo del paro equivale al valor económico de los impactos generación de conflictos.

El dimensionamiento del modelo, se construyó entonces en función de los costos o pérdidas atribuidas a un paro en el desarrollo de las obras, multiplicado por el promedio esperado de días perdidos, que para el caso de la zona se proyectaría a 2 durante la ejecución de la obra. El valor promedio diario de un día de construcción se estimó como el 30% del presupuesto, teniendo en cuenta el cronograma de ejecución y los costos generales del proyecto.

Tabla 10–25 valoración económica del impacto en la generación de conflictos

COSTO \$/DÍA	DÍAS DE BLOQUEOS ESPERADOS	VALOR TOTAL
\$ 292.269.764,22	\$ 292.269.764,22	\$ 584.539.528
VNA(TSD 12%; 30 años)		\$ 584.539.528

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

En la Tabla 10–25 se presentan los resultados de la valoración de los impactos de generación de conflictos, los cuales tendrán un monto aproximado de \$584.5 millones; valor estimando tomando como referencia dos días de bloqueos, para un horizonte de análisis de correspondiente al periodo de construcción de la obra.

10.5 VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS AMBIENTALES

El desarrollo de la conexión vial entre el municipio de Yondó Departamento de Antioquia y Bucaramanga Santander, generará beneficios ambientales y en especial sociales relacionados con el mejoramiento de la condiciones de transporte como son el ahorro del tiempo, disminución de los costos operativos y el aporte al crecimiento económico, al reducir el tiempo empleado de recorrido entre las ciudades de Bucaramanga y Barrancabermeja.

De otro lado y de acuerdo a la *Guía Metodológica para la Presentación de Estudios Ambientales* del MAVDT, los beneficios ambientales de un proyecto están expresados en varias de las medidas que se implementan para la prevención, mitigación, compensación de los impactos ambientales negativos, además de las externalidades positivas asociadas al desarrollo de actividades constructivas y operativas del proyecto

En este contexto y como los beneficios sociales y ambientales del proyecto corresponde a: la generación de empleo, la reducción de los costos por ahorro de tiempo de viaje de los vehículos, los efectos económicos por la demanda de bienes y servicios en el área de influencia y el incremento en el valor de los predios.

10.5.1 Cambios en los costos generalizados del transporte

El principal beneficio asociado a la construcción de la vía está relacionado con los cambios experimentados en el denominado precio generalizado de las actividades de transporte.

La mayoría de los proyectos de transporte implican la reducción del coste de desplazar personas y bienes. El ahorro de costos en los usuarios está relacionado con la reducción del tiempo total de viaje. En cuanto a la reducción de tiempo de viaje puede tener su origen en: En un aumento de la velocidad, de la frecuencia, por cambios en la red, por reducción en congestión o en escasez. En términos generales los costos de viaje está conformado por los costos de operación, los costos asociados al tiempo de viaje y los costos del peaje. (Banco Interamericano de Desarrollo, 2006).

En este contexto la construcción y operación de proyecto traerá consigo una reducción en los costos de operación y tiempos de viaje en comparación con los costos de viaje causados con las especificaciones técnicas de la vía actual.

En el estudio de tránsito se desarrolla de forma detallada los cálculos del costos generalizado de transporte de la ruta propuesta (Ver Anexo Estudio de tránsito, capacidad y niveles de servicio). Para el análisis de reducción de costos generalizados del transporte se considera las diferencias entre el recorrido en las condiciones actuales del trazado versus las modificaciones propuestas.

En términos generales en el estudio de tránsito (Ver Anexo Estudio de tránsito, capacidad y niveles de servicio) se determinó el comportamiento del tránsito, en especial en lo relacionado a los flujos vehiculares y la relación origen – destino de los mismos y

estableciendo un modelo de oferta y demanda a través de la macro-simulación de los flujos, costos, impactos y externalidades de transporte para el trazado vial propuesto partiendo de la situación actual o base. La estimación del comportamiento del tráfico (TPD actual y futuro) se determinó con base en información secundaria de series históricas de conteos (TPDS) de INVIAS, series históricas de los peajes existentes en el área e información primaria relativa al levantamiento de información en campo mediante el emplazamiento de 17 puntos de aforo. En cuanto a la proyección de crecimiento del tráfico se utilizó como indicador el comportamiento del PIB regional.

Para la valoración de estos costos en las condiciones “sin” y “con” proyecto se tomó como base los cambios en la condición de la superficie de rodadura de la carretera actual y la proyectada, considerando una condición de pavimento regular para el corredor actual y una condición de rodadura buena para el nuevo proyecto.

Para el cálculo de los costos de operación y ahorro se emplearon los volúmenes vehiculares proyectados para el escenario base¹⁵ (Ver aforos Anexo estudios de tránsito y Evaluación económica de impactos), utilizando los valores de costos de operación por tipo de vehículos a precios de mercado del año 2013, últimos valores publicados por el INVIAS y los cuales se han traído al año 2015 mediante el incremento del IPC.

Los resultados de los cálculos de operación de las condiciones con y sin proyecto se presentan en la Tabla 10–26, en la cual se evidencia que por la construcción y mejoramiento de la infraestructura la sociedad obtiene un beneficio por ahorro en costos de operación estimado en \$ 1.052.285.630.060 pesos.

Tabla 10–26 Ahorro en costos de operación

Año	Costos de operación del corredor escenario base sin proyecto	Costos de operación del corredor escenario con proyecto	Ahorro costos de operación
2019	\$ 564.541.909.646	\$ 441.327.035.826	\$ 123.214.873.820
2020	\$ 517.569.235.471	\$ 388.946.663.965	\$ 128.622.571.506
2021	\$ 563.118.162.985	\$ 428.826.692.123	\$ 134.291.470.862
2022	\$ 586.912.210.598	\$ 447.039.846.507	\$ 139.872.364.091
2023	\$ 612.009.130.939	\$ 466.305.148.593	\$ 145.703.982.346
2024	\$ 638.262.535.024	\$ 486.464.268.908	\$ 151.798.266.116
2025	\$ 665.728.753.021	\$ 507.561.000.844	\$ 158.167.752.177
2026	\$ 694.466.971.780	\$ 529.641.369.678	\$ 164.825.602.102
2027	\$ 744.844.296.488	\$ 567.365.197.868	\$ 177.479.098.620
2028	\$ 799.763.457.454	\$ 608.453.957.314	\$ 191.309.500.140
2029	\$ 859.683.140.278	\$ 653.244.280.694	\$ 206.438.859.584
2030	\$ 925.111.361.228	\$ 702.108.603.313	\$ 223.002.757.915
2031	\$ 998.373.378.511	\$ 757.221.504.377	\$ 241.151.874.134

¹⁵ Se cuenta con información de Autos, Buses y Camiones de C2P, C2G, C3, C4 y C5.

Año	Costos de operación del corredor escenario base sin proyecto	Costos de operación del corredor escenario con proyecto	Ahorro costos de operación
2032	\$ 1.043.195.815.308	\$ 789.010.988.244	\$ 254.184.827.064
2033	\$ 1.091.323.485.384	\$ 823.218.942.253	\$ 268.104.543.131
2034	\$ 1.143.184.359.428	\$ 860.200.153.871	\$ 282.984.205.557
2035	\$ 1.199.326.592.664	\$ 900.422.513.291	\$ 298.904.079.373
2036	\$ 1.260.189.770.974	\$ 944.238.167.061	\$ 315.951.603.913
2037	\$ 1.310.215.364.847	\$ 978.408.330.472	\$ 331.807.034.375
2038	\$ 1.363.469.701.727	\$ 1.014.870.455.963	\$ 348.599.245.764
2039	\$ 1.420.448.955.032	\$ 1.054.059.084.180	\$ 366.389.870.852
2040	\$ 1.481.393.807.342	\$ 1.096.148.921.428	\$ 385.244.885.914
2041	\$ 1.557.382.841.139	\$ 1.152.147.910.346	\$ 405.234.930.793
2042	\$ 1.595.968.880.819	\$ 1.156.886.923.338	\$ 439.081.957.481
2043	\$ 1.667.187.380.017	\$ 1.190.852.991.970	\$ 476.334.388.047
2044	\$ 1.765.900.286.318	\$ 1.248.512.367.990	\$ 517.387.918.328
2045	\$ 1.893.567.630.656	\$ 1.330.876.228.099	\$ 562.691.402.557
2046	\$ 2.056.957.559.716	\$ 1.444.202.503.789	\$ 612.755.055.927
VNA(TSD 12%; 30 años)			\$ 1.052.285.630.060

Fuente: Estudio de tránsito, capacidad y niveles de servicio, concesión corredor vial Bucaramanga – Barrancabermeja – Yondó. Adaptado Consultoría Colombiana S.A. 2016

Con relación al Ahorros en tiempos respecto al corredor actual, se emplearon los valores de velocidades obtenidos en los análisis de capacidad y niveles de servicio y los resultados de las encuestas de la valoración subjetiva del tiempo VOT y la encuesta origen destino.

Teniendo en cuenta que el proyecto en diseño establece la construcción de unos tramos de la vía en doble calzada, con una velocidad de diseño promedio de 80 km/h para los vehículos livianos y posibilidades de adelantamiento en la mayoría del corredor, se observa que los tiempos de viaje se reducirán conforme se presenta en la siguiente Tabla 10–27, valores a partir de los cual se realizó la valoración económica respecto al tiempo de viaje y cuyos resultados se presentan en la Tabla 10–28.

Tabla 10–27 Ahorro en Tiempos promedio de viaje (horas) en el corredor con proyecto

Escenario	Longitud Kilómetros	Velocidad promedio	AUTOS	BUSES	C2 -P	C2 -G	C3 -C4	C5	>C5
Análisis situación actual (km/h)	108,66	46,66	2,27	2,52	2,67	2,83	3,02	3,24	3,24
Análisis situación con proyecto	108,66	65,3	1,69	1,87	1,99	2,02	2,25	2,41	2,41
Ahorro Promedio tiempos de viaje		18,6	0,58	0,65	0,68	0,81	0,77	0,83	0,83

Fuente: Estudio de tránsito, capacidad y niveles de servicio, concesión corredor vial Bucaramanga – Barrancabermeja – Yondó. Adaptado Consultoría Colombiana S.A. 2016

Tabla 10–28 Valoración ahorros en tiempo de viaje

Año	Valoración ahorros en tiempo de viaje
2019	\$ 12.338.156.228
2020	\$ 12.868.650.102
2021	\$ 13.365.498.607
2022	\$ 13.882.680.030
2023	\$ 14.421.067.286
2024	\$ 14.981.572.356
2025	\$ 15.565.148.093
2026	\$ 16.237.181.239
2027	\$ 16.948.352.035
2028	\$ 17.701.646.278
2029	\$ 18.500.320.047
2030	\$ 19.354.068.571
2031	\$ 19.992.727.911
2032	\$ 20.657.613.702
2033	\$ 21.350.654.260
2034	\$ 22.074.204.118
2035	\$ 22.831.219.390
2036	\$ 23.555.176.666
2037	\$ 24.308.114.730
2038	\$ 25.091.454.679
2039	\$ 25.906.717.578
2040	\$ 26.811.061.092
2041	\$ 27.838.247.017
2042	\$ 28.986.909.602
2043	\$ 30.267.049.463
2044	\$ 31.704.501.984
2045	\$ 33.343.693.577
VNA(TSD 12%; 30 años)	\$ 93.403.562.171

Fuente: Estudio de tránsito, capacidad y niveles de servicio, concesión corredor vial Bucaramanga – Barrancabermeja – Yondó. Adaptado Consultoría Colombiana S.A. 2016

De acuerdo con los volúmenes de tráfico esperados según para los escenarios de modelación, el índice de ocupación, la reducción en el tiempo de viaje se estimaron los ahorros en los tiempos viaje los cuales alcanzan un monto de \$ 93.403.562.171 pesos.

Finalmente se presenta el valor presente de los beneficios por el ahorro en los costos generalizados del transporte los cuales ascienden a de pesos \$ 1.145.689.192.230 considerando un horizonte de análisis de 30 años (Ver Tabla 10–29) .

Tabla 10–29 Valor presente Beneficios por ahorro en los costos generalizados del transporte

Beneficios ahorro en los costos generalizados del transporte	
Ahorro en los costos de operación comparación	\$ 1.052.285.630.060
Ahorro en tiempos de viaje Ruta del Cacao	\$ 93.403.562.171
VNA(TSD 12%; 30 años)	\$ 1.145.689.192.230

Fuente: Estudio de tránsito, capacidad y niveles de servicio, concesión corredor vial Bucaramanga – Barrancabermeja – Yondó. Adaptado Consultoría Colombiana S.A. 2016

10.5.2 Beneficio por la generación de empleo

Con la ejecución del proyecto se contratará mano de obra no calificada y calificada generando esto un dinamismo en la economía de la región; la contratación genera dinámica laboral, mayores ingresos y salarios nominales con las personas beneficiadas, aumento del poder adquisitivo y por ende mayor demanda de bienes y servicios.

La ejecución del proyecto requiere un plantel en diversas calificaciones laborales para atender las distintas actividades generadas en las etapas del proyecto, las cuales se relacionan con las obras de construcción de la vía de la infraestructura vial. Dichas actividades se describen al detalle en el capítulo 3 Características del proyecto.

Según los requerimientos de mano de obra, la para la construcción de la infraestructura entre Bucaramanga y Barrancabermeja se requieren 239 trabajadores, el cual tienen un tiempo de ejecución de 42 meses. En la Tabla 10–30 se discriminan los empleos requeridos y los montos de las remuneraciones.

Tabla 10–30 Estimación de los beneficios económicos por generación de empleo

Cargo	Cantidad	Ocupación/ mes	Sueldo/mes	Factor Prestacional	Sueldo más prestaciones
Personal Profesional					
Director de Obra	3	100,0%	8.342.404	1,540	38.541.906
Residente proyecto	12	100,0%	4.928.000	1,500	88.704.000
Especialista Pavimentos	1	50,0%	6.214.000	1,500	4.660.500
Especialista Ambiental	2	50,0%	5.914.000	1,500	8.871.000
Especialista predial	2	25,0%	5.914.000	1,500	4.435.500
Profesional social	3	25,0%	5.914.000	1,500	6.653.250
profesional forestal	1	25,0%	5.914.000	1,500	2.217.750
Especialista en salud ocupacional	3	100,0%	3.300.000	1,500	14.850.000
Especialista en Estructuras	2	50,0%	5.914.000	1,500	8.871.000
Especialista en Geotecnia	2	50,0%	5.914.000	1,500	8.871.000
Especialista en Hidráulica	2	25,0%	5.914.000	1,500	4.435.500
Auditor en Calidad	2	50,0%	5.914.000	1,500	8.871.000
Especialista en Aseguramiento de la Calidad	4	100,0%	3.300.000	1,500	19.800.000
Personal Técnico					

Cargo	Cantidad	Ocupación/ mes	Sueldo/mes	Factor Prestacional	Sueldo más prestaciones
Cargo	Cantidad	Ocupación/m es	Sueldo/mes	Factor Prestacional	Sueldo más prestaciones
Auxiliar de Ingeniería Titulado	9	100,0%	2.500.000	1,820	40.950.000
Inspectores	15	100,0%	1.848.000	1,820	50.450.400
Topógrafo Inspector	12	100,0%	2.500.000	1,820	54.600.000
Cadenero 1	12	100,0%	1.540.000	1,820	33.633.600
Cadenero 2	12	100,0%	1.248.000	1,820	27.256.320
Maestro de obra	24	100,0%	2.000.000	1,820	87.360.000
Oficial de 1a	18	100,0%	1.500.000	1,820	49.140.000
Ayudantes	18	100,0%	1.000.000	1,820	32.760.000
Almacenista	10	100,0%	1.000.000	1,820	18.200.000
Personal Administrativo					
Cargo	Cantidad	Ocupación/m es	Sueldo/mes	Factor Prestacional	Sueldo más prestaciones
Celador	24	100%	1.500.000	1,820	65.520.000
Mensajero	3	100%	1.000.000	1,820	5.460.000
Conductor	21	100%	1.000.000	1,820	38.220.000
Administrador	3	100%	4.000.000	1,820	21.840.000
Contador	2	100%	4.000.000	1,820	14.560.000
Campamentera	10	100%	1.000.000	1,820	18.200.000
Secretaria	7	100%	1.200.000	1,820	15.288.000
				Total/mes	\$ 886.591.226
				Tota/año	\$ 10.639.094.717

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

Comprendiendo la dinámica del mercado laboral en el país, se realizó un análisis en el cual se contempla el costo de oportunidad en el que incurre tanto la mano de obra calificada y no calificada, a la hora de tomar dicho empleo generado por el proyecto de la construcción y adecuación de la vía. De esta manera partiendo del beneficio bruto generado por el empleo al mes, el cual alcanzo \$10.639.094.717 de pesos al año (ver Tabla 10–30).

Dicho costo de oportunidad se enmarca en el desarrollo de la aplicabilidad de diferentes tasas diferenciales, las cuales se contrastan en la dependencia de qué tipo de mano de obra se contrata – Calificada y No Calificada –.

En donde para el caso de la mano de obra calificada el costo de oportunidad está sujeto, en un principio al diferencial que generan las tasas de desempleo de profesionales a nivel nacional (Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, 2016). Siendo estas de gran importancia de análisis, dado que sería un error desconocer la coyuntura que afronta el país durante años, esto por causa de que un gran número del personal contratado en estas labores, son personas que se encontraban cesantes o sin empleo alguno.

En este sentido, dicho costo de oportunidad está enmarcado igualmente en un margen de preferencia de las personas a la hora de cambiar de empleo, en el cual se contempla la base porcentual que cada individuo estaría dispuesto aceptar por un cambio sustancial en su dinámica laboral. En donde, dado el factor de aumento del bienestar, este estaría fluctuando en un 20% (LÓPEZ, 2012), el cual es establecido con base a bibliografía tomada en el razonamiento de la economía del bienestar.

En este orden dicho porcentaje es aplicado a la base salarial que quedo en cada uno de los cargos de mano de obra calificada, después de habersele descontado el monto salarial del personal que estaba desempleado, dado que dichas personas que estaban desempleadas no incurrir en algún costo de oportunidad.

Dejando como resultado que el beneficio obtenido en cada uno de los cargos de mano de obra calificada, es el producto de la aplicabilidad del 20% en cada uno de los montos de salario con desempleo descontado. Dado que esta cuantía sería el verdadero bienestar obtenido por las personas en cada uno de los cargos de mano de obra calificada.

Tabla 10–31 Estimación del beneficio generado a personas que se encontraban anteriormente laborando– contemplándose costo de oportunidad

Cargo	Trabajadores con empleo previo	Salario con desempleo descontado	Costo de Oportunidad generado a personas que estaba laborando	Beneficio generado a personas que estaba anteriormente laborando
Personal Profesional				
Director de Obra	3	\$38.541.906	\$30.833.525	\$7.708.381
Residente proyecto	10	\$73.920.000	\$59.136.000	\$14.784.000
Especialista Pavimentos	1	\$4.660.500	\$3.728.400	\$932.100
Especialista Ambiental	1	\$4.435.500	\$3.548.400	\$887.100
Especialista predial	1	\$2.217.750	\$1.774.200	\$443.550
Profesional social	2	\$4.435.500	\$3.548.400	\$887.100
profesional forestal	1	\$2.217.750	\$1.774.200	\$443.550
Especialista en salud ocupacional	2	\$9.900.000	\$7.920.000	\$1.980.000
Especialista en Estructuras	1	\$4.435.500	\$3.548.400	\$887.100
Especialista en Geotecnia	1	\$4.435.500	\$3.548.400	\$887.100
Especialista en Hidráulica	1	\$2.217.750	\$1.774.200	\$443.550
Auditor en Calidad	1	\$4.435.500	\$3.548.400	\$887.100
Especialista en Aseguramiento de la Calidad	3	\$14.850.000	\$11.880.000	\$2.970.000
Personal Técnico				
Auxiliar de Ingeniería Titulado	8	\$36.400.000	\$29.120.000	\$7.280.000
Inspectores	13	\$43.723.680	\$34.978.944	\$8.744.736
Topógrafo Inspector	10	\$45.500.000	\$36.400.000	\$9.100.000
Cadenero 1	10	\$24.024.000	\$24.024.000	\$6.806.800
Cadenero 2	10	\$24.024.000	\$24.024.000	\$960.960
Maestro de obra	21	\$48.048.000	\$48.048.000	\$32.032.000
Oficial de 1a	16	\$34.944.000	\$34.944.000	\$8.736.000
Ayudantes	16	\$13.384.600	\$13.384.600	\$15.735.400
Almacenista	9	\$7.528.838	\$7.528.838	\$8.851.162
Personal Administrativo				
Celador	21	\$18.403.825	\$18.403.825	\$41.656.175
Mensajero	2	\$1.673.075	\$1.673.075	\$1.966.925
Conductor	19	\$15.894.213	\$15.894.213	\$18.685.787
Administrador	2	\$14.560.000	\$11.648.000	\$2.912.000
Contador	1	\$7.280.000	\$5.824.000	\$1.456.000
campamentera	9	\$7.528.838	\$7.528.838	\$8.851.162
Secretaria	6	\$5.019.225	\$5.019.225	\$8.084.775
Total/mes				\$ 217.035.363,14
Total/año				\$ 2.604.424.357,63

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

Por otra parte, el costo de oportunidad de la mano de obra no calificada, está orientada en el diferencial que deja la aplicabilidad de la mediana de las tasas de desempleo

regional que influyen en el AID, estas con el fin de establecer el nivel de personas que no incurrirían en algún costo de oportunidad (Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, 2016).

Con base en lo anterior se estableció el costo de oportunidad de las personas que se encontraban previamente laborando. En donde para el caso de los ayudantes, meceros, almacenistas, entre otros, se establece niveles salariales por jornal diarios de \$22.981,8 este proyectado a una jornada laboral semanal de 5 días y mensual de 20 días, dejando como resultado un costo de oportunidad por persona, mensual, de \$459.636 pesos.

Por otro lado para los cargos de cadeneros, oficiales de construcción, entre otros, se establecen montos salariales por día jornal de \$40 mil pesos, estos sustentados en el promedio salarial que presenta un maestro de construcción en un día de jornal ordinario. Igualmente se proyecta una jornada laboral mensual de 24 días, dejando como resultado un costo de oportunidad por persona, mensual, de \$ 960.000 pesos.

Cabe señalar que dichos salarios se trabajaron bajo la premisa de que todos los a empleados a contratar se encontraban previamente laborando a jornal y por ende no presentaban prestaciones sociales algunas. Generando de esta manera un costo de oportunidad sujeto al nivel potencial del jornal diario percibido previamente.

Tabla 10–32 Estimación del beneficio generado a personas que se encontraban anteriormente desempleadas

Cargo	Trabajadores que estaban desempleados	Beneficio generado por el empleo a personas que estaban desempleadas
Personal Profesional		
Director de Obra	0	-
Residente proyecto	2	\$ 7.392.000
Especialista Pavimentos	0	-
Especialista Ambiental	1	\$ 4.435.500
Especialista predial	1	\$ 2.217.750
Profesional social	1	\$ 2.217.750
profesional forestal	0	\$ 2.217.750
Especialista en salud ocupacional	1	\$ 4.950.000
Especialista en Estructuras	1	\$ 4.435.500
Especialista en Geotécnia	1	\$ 4.435.500
Especialista en Hidraulica	1	\$ 2.217.750
Auditor en Calidad	1	\$ 4.435.500
Especialista en Aseguramiento de la Calidad	1	\$ 4.950.000
Cargo	Trabajadores que estaban desempleados	Beneficio generado por el empleo a personas que estaban desempleadas
Auxiliar de Ingeniería Titulado	1	\$ 4.550.000
Inspectores	2	\$ 6.726.720
Topógrafo Inspector	2	\$ 9.100.000
Cadenero 1	2	\$ 2.802.800
Cadenero 2	2	\$ 2.271.360
Maestro de obra	3	\$ 7.280.000
Oficial de 1a	2	\$ 5.460.000
Ayudantes	4	\$ 3.640.000
Almacenista	1	\$ 1.820.000
Cargo	Trabajadores que estaban desempleados	Beneficio generado por el empleo a personas que estaban desempleadas
Celador	3	\$ 5.460.000

Cargo	Trabajadores que estaban desempleados	Beneficio generado por el empleo a personas que estaban desempleadas
Mensajero	1	\$ 1.820.000
Conductor	2	\$ 3.640.000
Administrador	1	\$ 7.280.000
Contador	1	\$ 7.280.000
campamentera	1	\$ 1.820.000
Secretaria	1	\$ 2.184.000
Total		\$ 117.039.880
		\$ 1.404.478.560

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

En síntesis los beneficios de empleo total generado con el proyecto de conexión entre Bucaramanga y Barrancabermeja, causado a las personas que incurrieron en algún costo de oportunidad alcanzaron los \$ 2.604.424.357 pesos anuales y los generados al personal contratado, que previamente se encontraba desempleado, fueron de \$1.404.478.560 pesos anuales (Ver Tabla 10–31 y Tabla 10–32).

En este sentido el valor económico del beneficio generado por el empleo, en torno al proyecto, alcanza un monto de \$ 4.008.902.917 pesos por cada año de construcción.

10.5.3 Efecto proyecto en la dinámica económica local

La generación de empleo e ingresos económicos asociados al desarrollo del proyecto tendrá un impacto positivo en la dinámica económica local, los cuales se manifiestan en la variación de la oferta demanda de bienes y servicios y en la establecimiento de mercados diferentes a las actividades tradicionales que desarrollan en el área, lo que se constituye como una externalidad positiva.

Para determinar el efecto de la externalidad positiva en la economía local, se utilizó el método del efecto multiplicador de la inversión en el producto interno bruto del área de influencia, tomando como referencia el factor multiplicador estimado por la Agencia Nacional de infraestructura -ANI- para proyectos en la fase construcción. Según estudios de la Agencia Nacional de Infraestructura, las obras 4G tienen un efecto multiplicador de 1,5% del Producto Interno Bruto (PIB) durante los años de su construcción, es decir, por cada peso de valor agregado en obras civiles, se impulsa 1,5 pesos de producción de la economía por la utilización de la infraestructura como insumo.

Ecuación 10-1 Método del efecto multiplicador de la inversión

$$\Delta\text{PIB} = \theta\Delta\text{I}$$

Donde:

ΔPIB : Variación del nivel del producto interno

θ : Multiplicador de la inversión

ΔI : Variación del nivel de inversión

El termino ΔI equivale al valor actual (VA) de la inversión que la empresa gastará para realizar el presente proyecto, el mismo que se obtuvo de los costos probables de construcción de la obra. Este monto asciende a \$ 1.473.039, cifra en millones de pesos.

Reemplazando estos valores en la Ecuación 10-1 se obtiene que la variación del nivel de inversión es equivalente a \$ 22.095,59 millones de pesos, el cual equivale al valor actual (VA) del efecto multiplicador de la inversión.

$$\Delta \text{PIB} = (1.5\%) \times (\$ 1.743.039) = \$22.095,59$$

El incremento esperado del PIB sería \$22.095,59 millones de pesos el cual equivale al valor actual.

10.6 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

Una vez valorados los impactos ambientales los pasos siguientes indicados en la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales consisten en descontar los beneficios y costos en términos de la sociedad teniendo en cuenta el VPN como el criterio de aceptación, rechazo o indiferencia en la viabilidad del proyecto y realizar un análisis de sensibilidad.

La Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales habla de un Análisis Costo Beneficio (ACB) económico ambiental que propone estimar los beneficios en función de los efectos fiscales, efectos sobre el empleo y el valor de las medidas de prevención, corrección y mitigación ambiental.

En la Tabla 10–33 se presenta el consolidado del valor presente neto de los costos y beneficios totales, los cuales arrojan un flujo de caja descontado positivo que asciende a \$1.153.978.602.863 pesos, lo que significa que el proyecto renta muy por encima de la tasa social de descuento seleccionada en el 12%.

Tabla 10–33 Flujo fondos ambiental proyecto Ruta del Cacao

VPN (Valor descontado 12%) (a 30 años)	
Beneficios	
Efecto del proyecto en la dinámica local	\$ 22.095.594.175
Beneficios generación de empleos	\$ 12.210.882.340
Beneficio ahorro costo generalizado	\$ 1.145.689.192.230
Beneficios Totales	\$ 1.179.995.668.746
Costos	
Cambio característica Físico-Químicas del suelo	\$ 3.807.047.704
Modificación en la cobertura vegetal	\$ 14.743.618.613
Cambios en la estructura ecológica del paisaje y pérdidas de hábitat	\$ 6.881.860.037
Impacto Generación de conflictos con la comunidad	\$ 584.539.528
Costos Totales	\$ 26.017.065.883
FLUJO DE CAJA (B-C)	\$ 1.153.978.602.863
Relación Beneficio /Costo	45,35

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

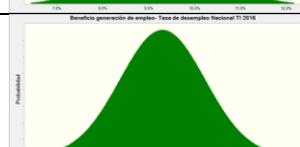
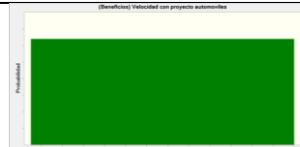
Es importante resaltar que los mayores beneficios se derivan principalmente del de los ahorros en costos de operación y en tiempos de viaje cuya cifra es sustancialmente alta para un lapso de 30 años. Con relación a los costos, estos tan solo representan el 2,25% del flujo de caja, lo que determina que la relación B/C sea muy alta (45,35) e indica que los daños ambientales podrían compensarse fácilmente por los beneficios generados, y por tanto el proyecto es viable desde el punto de vista socioambiental.

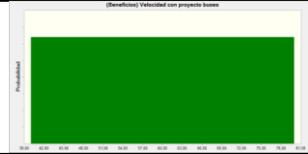
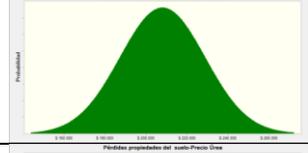
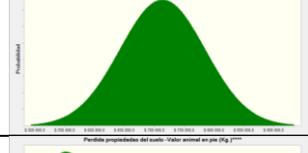
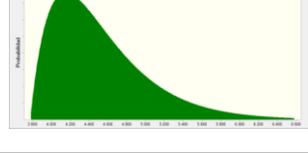
10.7 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

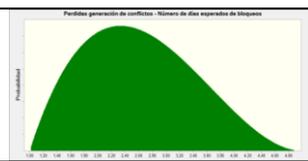
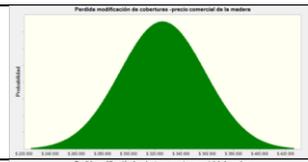
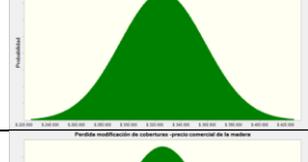
El análisis de sensibilidad es una técnica que es aplicada a la valoración inicial, con objeto de determinar como potenciales variaciones en las variables que no son estáticas y no se pueden predecir desde el inicio afectan la rentabilidad y la relación beneficio costo del proyecto. Utilizando el programa Crystal Ball, se ejecutaron una serie de simulaciones que permitieron mostrar, de manera más práctica, el impacto de las diferentes variables en el resultado de la evaluación del proyecto.

Para el modelo de simulación se han asumido los siguientes supuestos para realizar la variación de cada una de las variables identificadas

Tabla 10–34 Tipo de distribución y rango de fluctuación de las variables que generan incertidumbre respecto del valor del VPN

Impacto	Distribución	Parámetros	Ilustración
Beneficios por Generación de empleo			
Aumento estándar del salario deseado por persona	Normal	Media 20% Desv. Est 2%	
Tasa de desempleo región	Normal	Media 9,3% Desv. Est 0,9%	
Tasa de desempleo nacional	Normal	Media 9% Desv. Est 0,9%	
Beneficios por ahorro en los precio generalizado del transporte			
velocidad con proyecto automóviles	Uniforme	Mínimo 57 Máximo 100	

Impacto	Distribución	Parámetros	Ilustración
velocidad con proyecto buses	Uniforme	Mínimo 40,00 Máximo 80,00	
Beneficio por efectos del proyecto en la dinámica local			
%efecto multiplicador de la inversión	Normal	Media 1,5% Desv. Est 0,5%	
Pérdidas por modificación características del suelo			
Precio del Euro 23/06/2016	Normal	Media \$3336 Desv. Est \$336,9	
Precio carbonato de calcio	Normal	Media \$ 7.500 Desv. Est \$ 750	
Precio Cloruro de potasio	Normal	Media \$ 868.733/ton Desv. Est \$ 86,873	
Precio Fosforita	Normal	Media \$ 369.857/ton Desv. Est \$ 36.985	
Precio Magnesio	Normal	Media \$ 208.000/ton Desv. Est \$ 20.800	
Precio Urea	Normal	Media \$ 713.674/ton Desv. Est \$ 71.367	
Precio de mercado carne (Kg)	Gamma	Media \$ 3775 Desv. Est \$ 378	

Impacto	Distribución	Parámetros	Ilustración
Precio de mercado Leche cruda	Normal	Media \$ 834 Desv. Est \$ 83	
Pérdida por alteración del hábitat naturales SMLV	Beta	Mínimo \$689.954 Máximo \$758.399	
Perdidas por generación de conflictos Numero esperado de días de bloqueos	Beta	Mínimo 1 Máximo 5	
Perdidas por modificación coberturas vegetales naturales			
Perdida modificación de coberturas-precio comercial madera	Normal	Media \$ 325.634 Desv. Est \$ 32.563	
Perdida modificación de coberturas-precio comercial madera leña	Normal	Media \$ 134.400 Desv. Est \$ 15000	
Valor tratamiento de sedimentación metro cúbico de agua	Normal	Media \$ 56 Desv. Est \$ 6	

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

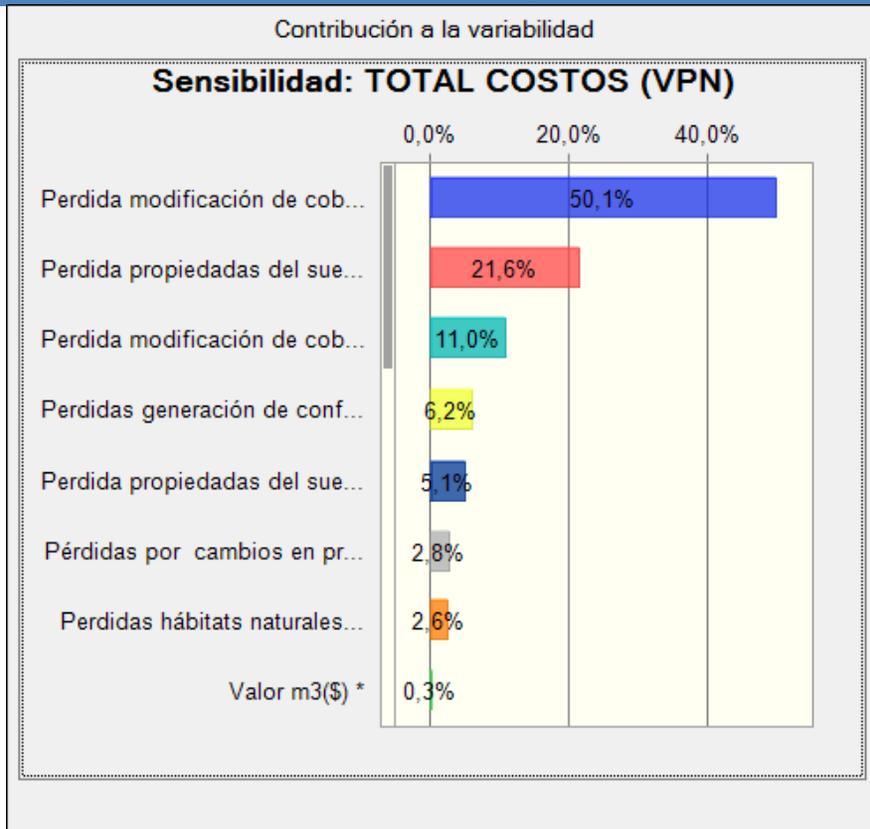
Supuestos Modelación Crystal Ball: Cantidad de iteraciones ejecutadas 10.000; Nivel de confianza 95 %; Variables modeladas 25.

A partir del flujo de caja se construye un modelo que permite estimar los cambios en el VPN asociados a cada valor que tomen las variables que se muestran en la Tabla 10–34. Esto permite identificar las variables que contribuyen, en mayor medida, a la variación del VPN. Para esta estimación, el software simula cambios en las variables dentro de los valores mínimos y máximos especificados, para luego estimar el VPN asociado a este nuevo valor. El siguiente gráfico muestra la contribución de cada variable a la varianza del VPN.

Con relación a los costos o externalidades del proyecto, en la Figura 10–1 el precio de la madera Jacaranda (50% de la variación del VPN, manteniendo las demás variables constantes y en su valor base) utilizada para la determinación de la pérdida por uso directo sobre las coberturas, y en segundo lugar las perdidas asociadas a la producción

de palma de aceite (21,9% de la variación del VPN) que se utilizó en la modelación del impacto de la perdidas por los cambios en las características de los suelos.

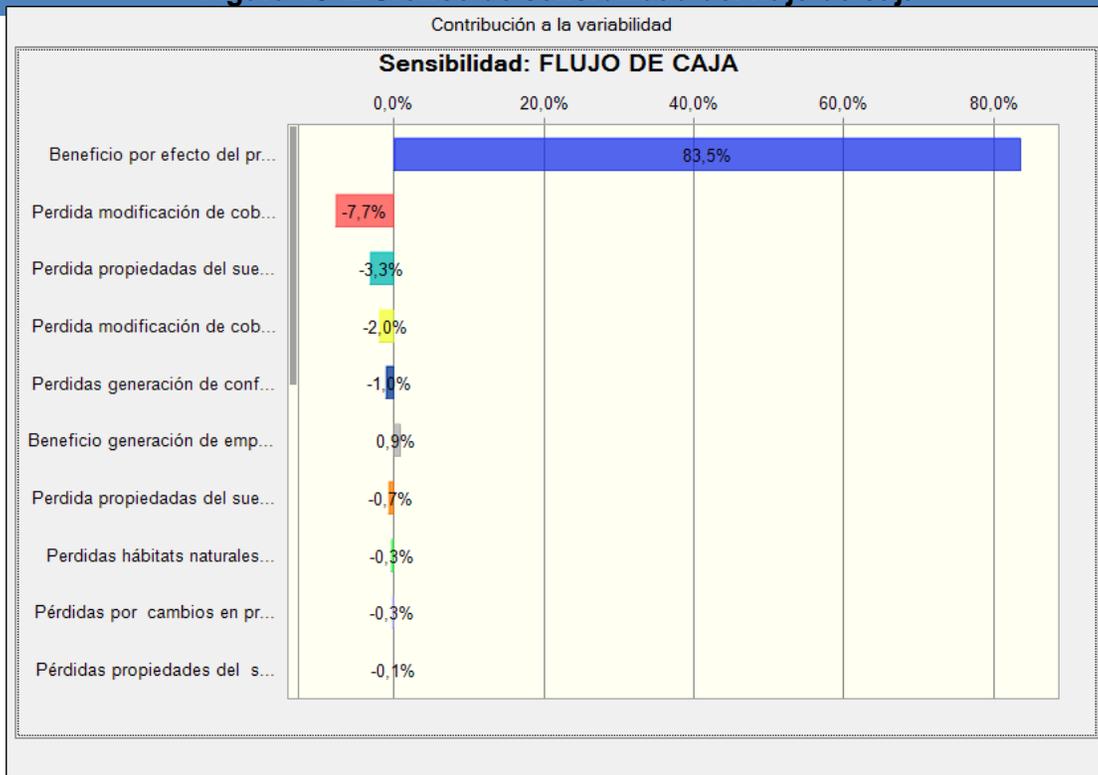
Figura 10–1 Grafico de sensibilidad del VAN –Contribución de las externalidades



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016. Resultados modelo de sensibilidad programa CristalBall Oracle 2010.

En cuanto al modelo integrado es claro que el flujo de caja responde esencialmente al ahorro en los costos generalizados del transporte, sin embargo en este caso no se tuvo en cuenta para el análisis porque opacaba el comportamiento de las demás variables. Excluyendo las variables del beneficio de ahorro en los costos generalizados del transporte, se evidencia que el porcentaje del efecto multiplicador de la inversión es la variable de mayor impacto en el flujo con un 82,85% de la variación del VPN, en tanto el 7,9% está asociada a potenciales variaciones de los precios de la madera leña, 3,7% rendimiento de la palma de aceite y el 1,2% a las potenciales perdidas asociadas a los bloqueos del proyecto (Ver Figura 10–2). En este sentido, estas variables son las que generan una mayor incertidumbre al flujo, puesto que su variación puede impactar de manera importante la viabilidad ambiental del proyecto.

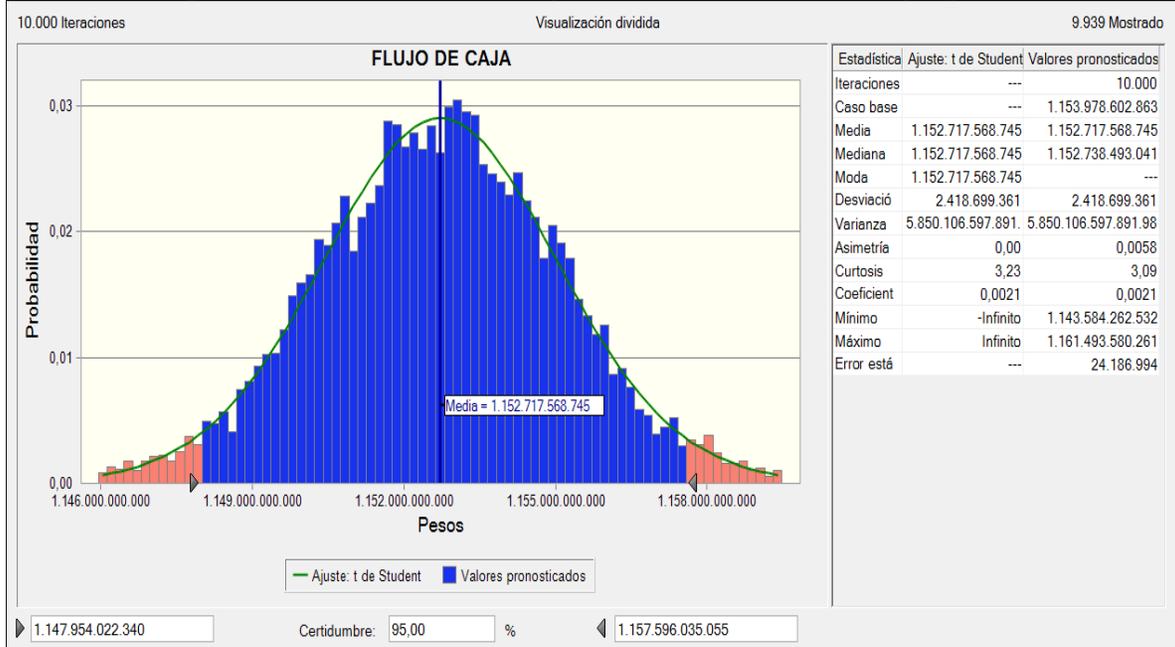
Figura 10–2 Grafico de sensibilidad del flujo de caja



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016. Resultados modelo de sensibilidad programa CristalBall Oracle 2010.

Para el análisis de riesgo se realiza simulaciones Monte Carlo, en la cual Crystal Ball calcula automáticamente 10 mil iteraciones considerando todas las variables que generan incertidumbre al VPN. En el eje horizontal se muestra los posibles valores del VPN, mientras que, en el eje vertical se muestra la probabilidad asociada a las variaciones del VPN, al experimentarse cambios en las variables que generan incertidumbre respecto del valor del VPN.

Figura 10–3 Distribución de probabilidad del VPN del proyecto



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016. Resultados modelo de sensibilidad programa CrystalBall Oracle 2010.

La distribución de probabilidad estadística que más se ajusta al arreglo de datos es la distribución triangular en la cual que se evidencia que el valor de la VPNE va ser positivo (VPNE>0) con un 95% de confianza con media esperada de beneficios de de \$ 1.152 717.588.745 pesos, lo cual ratifica el valor positivo obtenido en la evaluación determinista. Asimismo, se muestra que existe una ínfima probabilidad de que el VPN sea menor que cero (Ver Figura 10–3)

De acuerdo a la estructura del arreglo de datos que configura el ACB propuesto, se concluye que los beneficios pueden compensar los potenciales daños o impactos asociados a la construcción y operación del proyecto y por tanto el proyecto es ambientalmente viable.

Anexo A