

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA
SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE UF 2.1
PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1**



Elaborado para:



Elaborado por:



Consultoría Colombiana S.A.

**Bogotá D.C.
Noviembre de 2016**



**Agencia Nacional de
Infraestructura**



MinTransporte
Ministerio de Transporte



	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

TABLA DE CONTENIDO

	PÁG.
10 EVALUACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL	6
10.1 MARCO CONCEPTUAL	7
10.2 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL	13
10.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS DEL PROYECTO	16
10.3.1 Identificación de impactos no internalizables (residuales)	16
10.3.2 Identificación de beneficios ambientales	19
10.4 SUPUESTOS DE LA VALORACIÓN ECONÓMICA	20
10.5 VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES	21
10.5.1 Medio Abiótico	21
10.5.2 Medio Biótico	27
10.6 VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS AMBIENTALES	39
10.6.1 Cambios en los costos generalizados de transporte	39
10.6.2 Beneficio por la generación de empleo	43
10.6.3 Efecto del proyecto en la dinámica económica local	47
10.7 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO	48
10.8 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	49

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁG.
Tabla 10–1 Interpretación del indicador VPNE	13
Tabla 10–2 Etapas del análisis de evaluación económica	15
Tabla 10–3 Matriz resultado de la calificación de impactos no internalizables	17
Tabla 10–4 Metodología propuesta para la valoración económica ambiental de impactos negativos y residuales	18
Tabla 10–5 Área de suelo objeto de intervención	21
Tabla 10–6 Capacidad de fijación de carbono según temperatura y carbono orgánico de los suelos	22
Tabla 10–7 Cuantificación de la capacidad de fijación de carbono de los suelos	23
Tabla 10–8 Pérdida estimada del servicio control de captura de carbono	24
Tabla 10–9 Valores de flujo de nutrientes producidos en el suelo	24
Tabla 10–10 Precios del mercado de nutriente equivalentes	25
Tabla 10–11 Valoración económica del impacto generado por la afectación a la producción de nutrientes	25
Tabla 10–12 Consolidado de costos por afectación al suelo	25
Tabla 10–13 Derrumbes ocurridos en la zona del proyecto durante el período 2015-2016	26
Tabla 10–14 Valor estimado del impacto de activación de procesos denudativos	27
Tabla 10–15 Valoración del impacto de uso directo de las coberturas afectadas	29
Tabla 10–16 Valoración económica de la alteración en el régimen de escorrentía	31
Tabla 10–17 Valoración económica de las pérdidas por alteración en el régimen de sedimentos	31
Tabla 10–18 Costo ambiental por disminución en la capacidad de captura de CO ₂	33
Tabla 10–19 Valor presente de las pérdidas de servicios y bienes ambientales, coberturas arbóreas	33
Tabla 10–20 Coberturas potencialmente afectadas por la construcción de la calzada nueva	36
Tabla 10–21 Factor de ajuste regional	36
Tabla 10–22 Valor estimado del impacto alteración del hábitat	37
Tabla 10–23 Ahorro en costos de operación	40
Tabla 10–24 Valoración ahorros en tiempo de viaje	42
Tabla 10–25 Consolidado beneficios por ahorro en los costos generalizados de transporte	42
Tabla 10–26 Estimación de los beneficios económicos por la generación de empleo	43
Tabla 10–27 Estimación del beneficio generado a personas que se encontraban anteriormente laborando, contemplándose costo de oportunidad	45
Tabla 10–28 Estimación del beneficio generado a personas que se encontraban anteriormente desempleadas	46

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

Tabla 10–29 Flujo de fondos del proyecto 49

Tabla 10–30 Tipo de distribución y rango de fluctuación de las variables que generan
incertidumbre respecto del valor del VPN 49

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁG.
Figura 10-1 Grafico de sensibilidad del VAN –Contribución de las externalidades	51
Figura 10-2 Gráfico de sensibilidad del flujo de caja.....	52
Figura 10-3 Distribución de probabilidad del VPN del proyecto.....	53

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

10 EVALUACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL

Este capítulo presenta los resultados de la valoración económica de los impactos ambientales, para la construcción de la segunda calzada San Jerónimo – Santa Fe de Antioquia Unidad Funcional 2.1, como parte de la Asociación Público Privada Autopista al Mar 1, No. 014 de 2015. 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 tramo Autopistas al Mar 1, hace parte del proyecto Autopistas para la Prosperidad incluido dentro del programa de cuarta generación de concesiones viales. La construcción de la segunda calzada desde San Jerónimo hasta Santa Fe de Antioquia, buscan duplicar la capacidad actual de la Ruta Nacional 62, tramo 04, que permite el intercambio vehicular entre los municipios de Sopetrán y Santa Fe de Antioquia, para mayor detalle remitirse al Capítulo 3 sobre Descripción del Proyecto.

Asociado a la construcción del proyecto, se generan algunas externalidades negativas sobre el medio ambiente que se relacionan principalmente con la pérdida de coberturas y fragmentación de ecosistemas. Esta disyuntiva, entre la necesidad de 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 lograr el balance entre las pérdidas y ganancias que resultan de la ejecución del proyecto, los métodos de valoración económica ambiental cobran especial importancia, en la medida en que posibilitan establecer y cuantificar los beneficios que generan los servicios ambientales que ofrecen los ecosistemas, así como los costos que debe asumir la sociedad por su provisión a través de la restauración, recuperación, protección y conservación de los ecosistemas de soporte (Castiblanco, 2013)

Cabe señalar que la valoración económica afronta serios límites desde el punto de vista teórico y metodológico, que van desde lo instrumental, como es disponer de información completa y simétrica, hasta desafíos operacionales y éticos cuando la valoración se extiende a servicios ecosistémicos globales (Castiblanco, 2013). La valoración de impactos evalúa los daños o efectos generados por el proyecto, y no trata de evaluar todas las características de los ecosistemas, ni de valorar factores que no hayan sido alterados. Por esta razón, la valoración de impactos ambientales, resultan ser un ejercicio aproximado y parcial de la complejidad e integralidad que guardan las estructuras sociales y naturales.

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

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

básicos en el análisis de externalidades positivas y negativas. El análisis, parte de los resultados presentados en 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.

A continuación, se presenta el procedimiento a seguir para estimar económicamente la viabilidad ambiental del proyecto de construcción vial. En primer lugar, se exponen 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.



10.1 MARCO CONCEPTUAL

Los bienes que consumen los individuos son bienes de mercado, es decir que son demandados y ofrecidos en un mercado convencional. Sin embargo, no todos los bienes tienen mercados explícitos donde puedan ser transados libremente y ésta condición no significa que no sean de importancia para la sociedad en términos de generación de bienestar económico.

En este sentido, para estimar el valor de un bien económico que no cuenta con un mercado convencional, la teoría económica del medio ambiente, fundamentada en la economía de bienestar, ha recurrido a medir cambios en el bienestar que resultan del cambio en la calidad de los recursos naturales, 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.

Para entender las bases teóricas de la valoración económica ambiental, es necesario conocer una serie de conceptos que 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 y que con base en los resultados encontrados, soporten las decisiones de inversión ambiental. A continuación se presentan las definiciones de los principales conceptos de la economía ambiental que serán utilizados a lo largo del presente apartado.

	<p>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p>VERSIÓN 0.2</p>	

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 obtienen valoraciones personales frente al crecimiento o disminución de un bien dado (Sánchez, 2008).

Métodos directos para conocer la DAP de los individuos: aluden a preferencias declaradas² 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 Gonzalez, 2012).

Métodos indirectos para conocer la DAP de los individuos: Consisten en conocer las

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

² 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.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

preferencias de los individuos a través de sus decisiones de consumo, por medio de un mecanismo de preferencias reveladas³ 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 existencia (Universidad de Vigo, 2016).

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% anual (Departamento Nacional de Planeación, 2015).

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).

³ Método en el cual se logra deducir la opción de escogencia a partir del comportamiento del consumidor

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

Valores de existencia o intrínseco – VEI: 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 proyecto (Eco-Finanzas, 2016).

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)

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

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)

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

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

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

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 se atribuyen a la construcción de la segunda calzada San Jerónmío – Santa Fe de Antioquia Unidad Funcional 2. 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, se presenta una estimación del valor económico de beneficios y costos

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

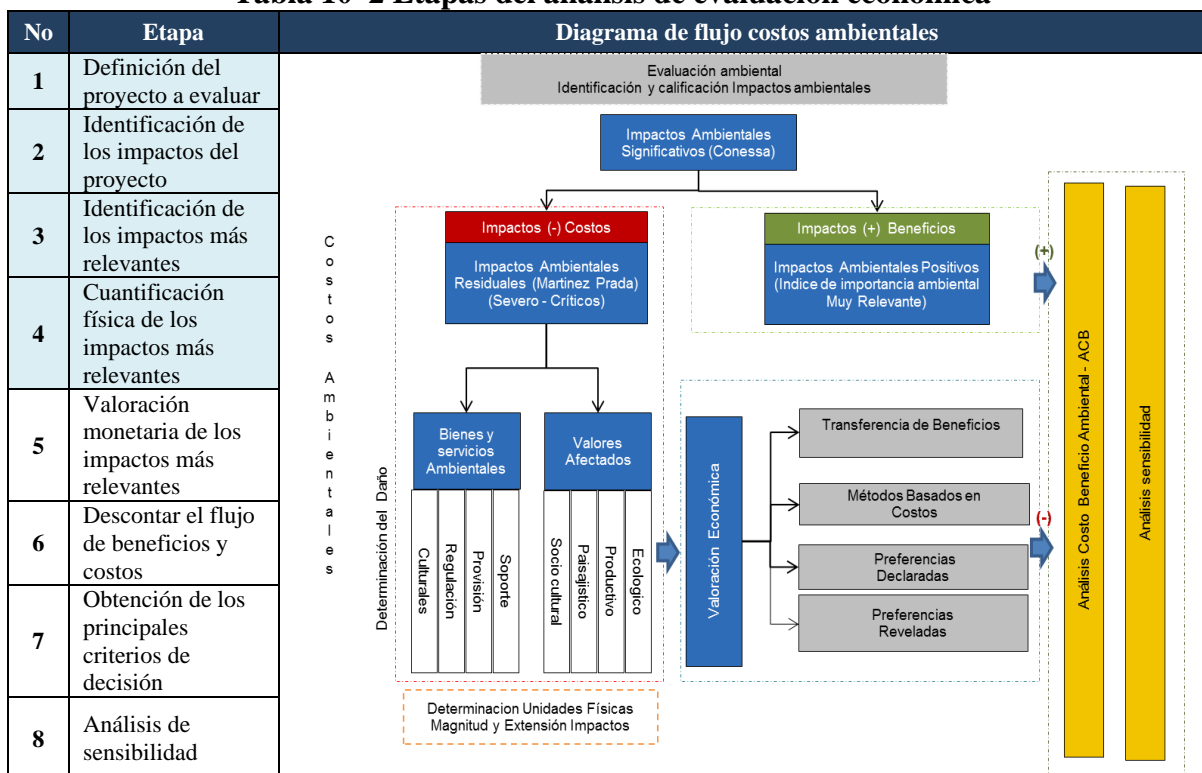
ambientales potenciales y considerados relevantes, sobre los flujos de bienes y servicios de la zona de influencia directa del proyecto en el escenario de línea base y desde una perspectiva ex ante. Se identificarán además, los valores (de uso y de no uso), con el fin de aplicar criterios de asignación del grado de importancia para el control de las afectaciones.

Para determinar la magnitud del impacto ambiental identificado como significativo y residual, se desarrolla 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 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, solo es viable hacer una valoración cuantitativa de una parte de los bienes y servicios, puntualmente de aquellos cuyas funciones ecológicas y 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 de evaluación económica





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 busca determinar si la sociedad experimentará una mejoría parcial o total en su bienestar económico y calidad de vida derivado de la ejecución del proyecto. Para tal efecto, se parte de la premisa de que el proyecto es bueno para la sociedad, es decir, que los beneficios son mayores a los costos y en caso contrario, se deberán tomar las decisiones necesarias para lograr este objetivo, que pueden incluir la modificación de actividades del proyecto para minimizar los impactos ambientales o la modificación de las medidas de manejo ambiental, de manera que la mitigación, prevención o compensación sea mayor que el valor del impacto ambiental.

	<p align="center">CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p align="center">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p align="center">VERSIÓN 0.2</p>	

10.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS DEL PROYECTO

10.3.1 Identificación de impactos no internalizables (residuales)

Para la selección de los impactos ambientales del proyecto sujetos a la valoración económica, se han considerado los impactos severos y críticos derivados del análisis de residualidad, fundamentado en la propuesta metodológica de Martínez Prada (Martínez Prada, 2010). Dicha propuesta, evalúa los impactos en función de la eficacia de la medida de manejo y del tiempo de recuperación del elemento afectado. Adicionalmente, el modelo incorpora el Índice de Importancia Ambiental que permite determinar los impactos que aun implementando la medida de manejo tienen el potencial para generar alteraciones al medio, es decir, impactos considerados residuales o no internalizables y que son objeto de valoración económica ambiental (Ver capítulo 8 Análisis de residualidad).



Con base en la matriz de valoración (Ver Anexo Evaluación Ambiental) del presente estudio, se identificaron un total de 424 relaciones entre actividades e impactos; de estos 35 fueron catalogados como severos dada su incidencia sobre el medio, las cuales en conjunto están asociadas o son determinantes en la materialización de trece impactos, los cuales fueron posteriormente analizados con la implementación de las medidas de manejo.

La Tabla 10–3 presenta el resultado del análisis de residualidad, que refleja la existencia de 5 impactos considerados como no internalizables, es decir, impactos que aún implementado la medida de manejo tienen el potencial de generar alteraciones al medio y que corresponden a cambios en las características de los suelos, Generación y /o activación de procesos denudativos, cambios en la cobertura vegetal, afectación a comunidades faunísticas, y Afectación de especies de fauna endémicas, amenazadas, migratorias o de importancia ecológica, económica y cultural.

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

Impacto ambiental	Medio	Elemento ambiental	Ámbito de manifestación	Actividad	Sin medida de manejo		Análisis de residualidad					
					I	Importancia	TR	E	I(RB)	I(RB)n	I(Neta)	Residualidad Neta
Cambios en las características de los suelos	Abiótico	Suelo	Clase agrológica VII	Excavaciones, cimentaciones, cortes, rellenos y compactación	-58	Severo	1	1	2	0,0	55,2	Severo
Generación y /o activación de procesos denudativos		Geomorfológico	Amenaza geotécnica alta	Excavaciones, cimentaciones, cortes, rellenos y compactación	-73	Severo	1	5	6	0,2	55,6	Severo
			Amenaza geotécnica muy alta	Excavaciones, cimentaciones, cortes, rellenos y compactación	-73	Severo	1	5	6	0,2	55,6	Severo
Cambios en la cobertura vegetal	Biótico	Flora	Bosque fragmentado con vegetación secundaria, arbustal abierto esclerófilo y arbustal denso alto	Plantas de concreto y asfalto y parque de vigas	-62	Severo	1	0	1	0,0	62,0	Severo
			Bosques de galería o riparios, vegetación secundaria alta, bosque fragmentado y arbustales	Desmonte y limpieza	-64	Severo	1	0	1	0,0	64,0	Severo
Fauna		Bosques de galería o riparios, vegetación secundaria alta y baja y bosque fragmentado	Desmonte y limpieza	-56	Severo	1	1	2	0,0	53,3	Severo	
		Bosques de galería o riparios, vegetación secundaria alta y baja y bosque fragmentado	Desmonte y limpieza	-56	Severo	1	1	2	0,0	53,3	Severo	
Afectación a comunidades faunísticas												
Afectación de especies de fauna endémicas, amenazadas, migratorias o de importancia ecológica, económica y cultural												

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

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 relacionan 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 Metodología propuesta para la valoración económica ambiental de impactos negativos y 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.
Generación y /o activación de procesos denudativos		Geomorfológico	Para la valorar el impacto relacionado con fenómenos erosivos y de remoción de masas de suelo y roca, se consideraron los costos inducidos para la reparación de los daños y los ingresos perdidos por el cierre de la vía.
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.
Afectación a comunidades faunísticas		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

Impacto	Medio	Componente	Metodología de valoración
Afectación de especies de fauna endémicas, amenazadas, migratorias o de importancia ecológica, económica y cultural		Fauna	<p>de hábitat para especies de flora y por ende la fauna asociada, lo que se traduce en pérdida de biodiversidad.</p> <p>En este sentido, la valoración económica del impacto se desarrolla en función del método de transferencia de beneficios utilizando para ello las variaciones compensatorias preestablecidas en la legislación nacional para la conservación y protección de los ecosistemas naturales boscosos, lo anterior, con el fin de llegar al proxy del costo socioambiental generado con la alteración del medio. Dicha tasa de conservación no es nada despreciable, considerándose que representa lo que un ente gubernamental está dispuesto a destinar dentro de su presupuesto para conservar todo un ecosistema.</p>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016



10.3.2 Identificación de beneficios ambientales

De acuerdo con el modelo propuesto en la metodología para la presentación de Estudios Ambientales (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010), los beneficios corresponden al valor de las acciones de prevención y compensación para corregir los impactos negativos generados por el proyecto o a externalidades positivas como la generación de empleo, los recursos provenientes de regalías y las compensaciones por pagos de impuestos, etc.

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, aunque cabe señalar que 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, y los efectos económicos por la demanda de bienes y servicios en el área de influencia.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

10.4 SUPUESTOS DE LA VALORACIÓN ECONÓMICA

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 para la construcción de la Segunda Calzada San Jerónimo – Santa Fe de Antioquia Unidad Funcional 2.1.
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 la variante tiene una longitud de aproximadamente de 14 kilómetros e inicia en inmediaciones del centro poblado de San Jerónimo y finaliza en límites de los municipios de Sopetrán y Santa Fe de Antioquia, cerca del río Cauca.
3. La construcción de la segunda calzada San Jerónimo – Santa Fe de Antioquia Unidad Funcional 2.1, se planea desarrollar en el área de Reserva de Recursos Naturales del Río Cauca - Sopetrán. Por lo tanto, es necesario realizar una sustracción parcial y definitiva al área que ocupa el proyecto.
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 25 años para efectos de la estimación de beneficios y costos. El horizonte de análisis de los impactos corresponden a 1 año de preconstrucción, 5 de construcción y 19 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, se adjunta la hoja de cálculo de evaluación económica de impactos ambientales residuales.

10.5 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 Segunda Calzada San Jerónimo – Santa Fe de Antioquia Unidad Funcional 2.1 en el departamento de Antioquia.

10.5.1 Medio Abiótico

10.5.1.1 Cambios en las características de los suelos

El suelo es importante para la preservación de la biodiversidad ya que en él se llevan a cabo procesos esenciales para el sostenimiento de la vida en el planeta (Universidad Tadeo Lozano, 2002). El suelo además sustenta la producción primaria de los ecosistemas terrestres para el mantenimiento de la calidad de vida de los seres humanos.

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 que se manifiesta en mejores cosechas y en un menor uso de productos químicos.

En la etapa de construcción, como resultado de las actividades descapote, excavación, rellenos y terraplenes, emplazamiento de campamentos, plantas de asfalto y en la disposición del material sobrante; se pueden generar cambios en las características del suelo, en la Tabla 10–5 se presentan las áreas de suelo sujetas a intervención.

Tabla 10–5 Área de suelo objeto de intervención

Actividad	Área (ha)
Áreas a sustraer vías en superficie	29,27
Fuentes de Material	64,45
Accesos	24,25
Plantas	9,36
Campamento	0,83
ZODMES	5,58
Captación	0,406
Áreas de Servicio	0,6917
Total	134,87

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

A continuación se presenta la valoración económica de los servicios ecológicos prestados por el suelo que en el marco del presente estudio incluye la capacidad fijadora de dióxido de carbono y la disponibilidad de nutrientes 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**

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, que está asociado con la regulación de ciclos biogeoquímicos y el sostenimiento de la productividad primaria.

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 muestreadas para el desarrollo del estudio de impacto ambiental. Con base en los resultados, se determina el índice de aproximación de acuerdo a su potencial como sumideros de CO_2 y se realizan los 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).

De acuerdo con la información suministrada en el capítulo 5.1.10 sobre atmósfera, la temperatura media registrada en el área de estudio, alcanza los 22 grados centígrados. Adicionalmente, teniendo en cuenta los reportes de laboratorio de suelos, se obtiene que la concentración promedio de carbono orgánico es de 0,76. Por tanto, la capacidad de fijación de carbono es baja y oscila entre 0,50% y 1,70%.

El cálculo consiste en la identificación de los valores de CO_2 de 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 10–6.

Tabla 10–6 Capacidad de fijación de carbono según temperatura y carbono orgánico de los suelos

Clima Medio	Carbono Orgánico Intervalo (%)				
	<0,50	0,50 – 1,7	1,71 – 2,9	2,91– 4,10	4,11 – 5,39
Apreciación	Muy baja	Baja	Moderada	Alta	Muy alta

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Con base en este razonamiento metodológico, los suelos poseen un potencial de captura de carbono “moderada”. El valor aproximado de la captura de carbono se presenta en la Tabla 10–7. Al situar los indicadores, se toma el límite superior de 330 ton / ha CO₂ para el área de estudio.

Tabla 10–7 Cuantificación de la capacidad de fijación de carbono de los suelos

Clima Medio	CO ₂ Ton / Ha - año				
	< 165	166 - 330	331 - 532	533 - 825	>825
Apreciación	Muy baja	Baja	Moderada	Alta	Muy alta

Fuente: Dossman, 2009.

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 134,87 ha. De igual manera, para su cuantificación se establecen los precios promedios del carbono, inferidos con base al indicador de precio de carbono de enero a Noviembre de 2016 (GS VER/CER Premium) y traído a pesos en función del precio del euro para el día 1 de Noviembre de 2016 (\$3.397 pesos) (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:

VEC_s = Valor económico de la pérdida en la captura de carbono en suelo por la ejecución del proyecto.

AP = Área total del suelo utilizada en la construcción de la vía.



CCO_2 = Índice de captura de carbono para los suelos de la zona equivalente a 330 ton/ha de CO₂.

DE = Precio promedio de los derechos de emisión en pesos entre los meses de enero – Noviembre de 2016, con un valor de \$1.371,15/ Ton CO₂

Sustituyendo los valores, se obtiene:

$$VEC_s = \left(134,87 * 330 \frac{ton}{ha} \right) * 1.371,15$$

$$VEC_s = 61.024.334,7$$

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

Se concluye que la pérdida anual por cambios en las características de los suelos generada por las actividades de excavaciones, rellenos y terraplenes corresponde a \$61.024.334,7 pesos. Considerando un horizonte de análisis de 25 años los costos producto del impacto alcanzarían una cifra de \$ 539.646.681,38 de pesos en valor presente neto (Ver Tabla 10–8).

Tabla 10–8 Pérdida estimada del servicio control de captura de carbono

Carbono secuestrado	Hectáreas a afectar	VEC
330	\$ 61.024.334,75	\$ 61.024.334,75
VPN (TSD 12%; 25 años)		\$ 539.646.681,38

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

- **Alteración a la producción de nutrientes**

Dentro de su calidad, el suelo presenta la característica de concentrar altos índices de nutrientes en su sistema endógeno, para así distribuirse como nutrimentos de plantas, cultivos, etc.

En este sentido, de acuerdo con los análisis de laboratorio y la descripción de los perfiles modales (Ver Anexo para perfiles los laboratorios de suelo), se establece la cantidad de nutrientes que contendría el suelo a una profundidad de 50 cm, que según los expertos es la profundidad que resultaría seria la que se afectaría con el desarrollo del proyecto.

Cabe aclarar, que las concentraciones de nitrógeno (N), potasio (K), calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Fosforo (P), en el informe del laboratorio son registradas en unidades de mili equivalentes, porcentajes o partículas por millón, y por ende se les realiza una conversión a unidades de densidad (g/ha, kg/ha, t/ha), como se presenta en la Tabla 10–9.

Tabla 10–9 Valores de flujo de nutrientes producidos en el suelo

Valor (g)	Conversión		Resultado		
			(g/ha)	(kg/ha)	(t/ha)
2.211.300	K	KCl	4.216.569,96	4.216,57	4.22
19.404.000	Ca	CaCO ₃	48.456.697,63	48.456,70	48.46
4.989.600	Mg	MgSO ₄	24.705.760,02	24.705,76	24.71

Fuente: Consultoría Colombiana S. A. 2016; Anexo para perfiles los laboratorios de suelo.

Los nutrientes que se perdería en la zona afecta por la remoción de suelo están dados por las concentraciones de nitrógeno (N), potasio (K), calcio (Ca) y Magnesio (Mg). Los cuales, realizando una equivalencia a fertilizantes estarían representados por los contenidos de Cloruro de Potasio (KCl), Carbonato de Calcio (CaCO₃) y Sulfato de Magnesio (MgSO₄). En la Tabla 10–10 se presentan los precios de mercado equivalentes a los nutrientes concentrados en el suelo.



 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

Tabla 10–10 Precios del mercado de nutriente equivalentes

Nombre comercial	Unidad	Precio \$
Cloruro de potasio (KCl)	Ton	\$ 868.732,95
Carbonato de calcio CaCO ₃	50kg	\$ 7.500
Magnesio	Ton	\$ 208.000

Fuente: Valores tomados de los precios de insumos agropecuarios referenciados en el sistema de estadística agropecuaria AGRONET, el departamento administrativo nacional de estadística DANE y otras bases de costos con registros de precios de fertilizantes para el sector agrícola.

Fuente: AGRONET - DANE, 2016; (Index Mundi, 2016); (Alibaba, 2016); (Agrogama Colombia, 2013).

Teniendo presente 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 \$ 16.070.376,01 por hectárea. Teniendo en cuenta las 134,87 hectáreas objeto de intervención el valor del impacto se aproxima a \$ 2.167.351.347,90, considerando un solo cobro, en la medida que los nutrientes presentes en el suelo son el producto de un proceso de muchos años con tasas de reemplazo muy lentos, por lo tanto se considera como constantes y su valoración corresponde al stock estimado con base en los resultados de las pruebas de laboratorio (Ver Tabla 10–11).

Tabla 10–11 Valoración económica del impacto generado por la afectación a la producción de nutrientes

Unidad cartográfica	Carbonato de calcio	Cloruro de potasio	Magnesio
Total Inventario físico de nutrientes (kg / ha)	48456,70	4.216,57	24705,76
Valor comercial kg	\$ 150,00	\$ 868,73	\$ 208,00
Valor económico por hectárea	\$ 7.268.505,00	\$ 3.663.073,28	\$ 5.138.798,08
Valor económico total por hectárea	\$ 16.070.376,01		
Valor económico total del impacto (\$)	\$ 2.167.351.347,90		
VPN(TSD 12%; 1 año)	\$ 2.167.351.347,90		

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

- **Consolidado de la valoración económica del impacto generado por 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 10–12, el cual alcanzó un costo total por afectación a las características físico químicas del suelo de \$ 2.706.998.029 de pesos.

Tabla 10–12 Consolidado de costos por afectación al suelo

Servicios y Bienes Ambientales	UF 2.1
Servicio de los suelos captura de carbono	\$ 539.646.681
Cambio en producción de nutrientes del suelo	\$ 2.167.351.348
Valor presente	\$ 2.706.998.029

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

10.5.1.2 Generación y/o activación de procesos denudativos

Para la valoración del impacto ambiental relacionado con los potenciales fenómenos erosivos y de remoción en masa que se puede materializar dadas las condiciones geológicas, geotécnicas y geomorfológicas del área, se consideraron los costos inducidos para la reparación de los daños y los ingresos perdidos por el cierre de la vía.

Respecto a las reparaciones por movimientos de remoción en masa, se contemplaron los costos de las actividades de limpieza y remoción de derrumbes, reparación de obras de drenaje, reparación de taludes, muros de sostenimiento y reparación de la vía.

El valor resultante de la reparación de un movimiento en masa tipo, se multiplica por el valor esperado de derrumbes que se obtiene de la base de datos del Sistema Nacional de información para la gestión del Riesgo de Desastres específicos para el área de estudio. El análisis se desarrolla bajo el supuesto que las zonas de mayor criticidad geotécnica serán intervenidas en la construcción del eje vial, de tal modo que se estima la probabilidad de ocurrencia en los sectores calificados como riesgo medio y bajo, expresados como la probabilidad del evento en un año.



En la Tabla 10–13 se presentan los registros de los derrumbes ocurridos en la zona durante el período 2015-2016. De esta información se infiere que en promedio se presentan 2 derrumbes por año en la vía, lo que supone que el incremento de la escorrentía afecta de manera importante la estabilidad del terreno, actuando como detonante de los procesos de remoción que lo hacen susceptible a deslizamientos.

Tabla 10–13 Derrumbes ocurridos en la zona del proyecto durante el período 2015-2016

Fecha	Sitio	Motivo
30 de marzo de 2016	Vía de acceso al Suroeste, por el municipio de Santa Fe de Antioquia.	Derrumbe
4 de junio de 2016	Vía entre Medellín y Santa Fe de Antioquia a la altura del corregimiento de San Cristóbal	Deslizamiento
15 de abril de 2015	Vía Santa Fe - Bolombolo	Deslizamiento
16 de noviembre de 2015	Vía Medellín - San Jerónimo	Caída de piedras

Fuente: El Colombiano 2015 y 2016, El Tiempo 2016 y el Colombiano 2015

El valor de la reducción de los costos generalizados de transporte, corresponde a la registrada para la UF 3 que es la que presenta el mayor flujo vehicular. Adicionalmente, el cálculo de los ingresos perdidos por el cierre de la vía se fundamentó en la variación del precio generalizado del transporte suponiendo una reducción de la velocidad durante la ocurrencia de un evento de remoción en masa. Para la estimación de la variación en el precio generalizado se tomó como referencia el flujo de vehículos proyectado para el período 2022-2042.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

Finalmente en la Tabla 10–14 se presenta el Valor Presente de las pérdidas asociados a la activación de procesos denudativos correspondientes a \$39.535.052.774,03 pesos, en la cual se incluye los costos de reparación de la vía y las perdidas por la reducción del precio generalizado.

Tabla 10–14 Valor estimado del impacto de activación de procesos denudativos

Año	Reducción costos generalizados de transporte	Costo de reparaciones por movimientos en masa	Costo Total Año
2022	\$ 31.956.823	\$ 5.187.932.960	\$ 5.219.889.783
2023	\$ 33.421.072	\$ 5.187.932.960	\$ 5.221.354.032
2024	\$ 34.759.546	\$ 5.187.932.960	\$ 5.222.692.506
2025	\$ 35.980.745	\$ 5.187.932.960	\$ 5.223.913.705
2026	\$ 37.235.937	\$ 5.187.932.960	\$ 5.225.168.897
2027	\$ 38.537.019	\$ 5.187.932.960	\$ 5.226.469.979
2028	\$ 39.883.992	\$ 5.187.932.960	\$ 5.227.816.952
2029	\$ 41.281.104	\$ 5.187.932.960	\$ 5.229.214.064
2030	\$ 42.728.356	\$ 5.187.932.960	\$ 5.230.661.316
2031	\$ 44.234.247	\$ 5.187.932.960	\$ 5.232.167.207
2032	\$ 45.718.891	\$ 5.187.932.960	\$ 5.233.651.851
2033	\$ 47.166.143	\$ 5.187.932.960	\$ 5.235.099.103
2034	\$ 48.554.757	\$ 5.187.932.960	\$ 5.236.487.717
2035	\$ 49.851.591	\$ 5.187.932.960	\$ 5.237.784.551
2036	\$ 51.035.397	\$ 5.187.932.960	\$ 5.238.968.357
2037	\$ 52.064.535	\$ 5.187.932.960	\$ 5.239.997.495
2038	\$ 52.905.012	\$ 5.187.932.960	\$ 5.240.837.972
2039	\$ 53.490.542	\$ 5.187.932.960	\$ 5.241.423.502
2040	\$ 54.025.931	\$ 5.187.932.960	\$ 5.241.958.891
2041	\$ 54.565.570	\$ 5.187.932.960	\$ 5.242.498.530
2042	\$ 55.109.458	\$ 5.187.932.960	\$ 5.243.042.418
VNA(TSD 12%; 25 años)			\$ 39.535.052.774,03



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016.

10.5.2 Medio Biótico

10.5.2.1 Modificación de la cobertura vegetal

Como consecuencia directa de las actividades de desmonte y descapote del área requerida para el derecho de vía, se afectarán 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 conexos.

Para la valoración del impacto se tomaron como referencia los tipos de coberturas del suelo señalados en el capítulo 5 sobre caracterización del área de influencia, con el propósito de establecer y aplicar los diferentes parámetros de medición para el impacto producto de la

	<p>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p>VERSIÓN 0.2</p>	

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 49,66 hectáreas de coberturas de corte arbóreo correspondientes a reductos de bosques de galería, bosques fragmentados, vegetación secundaria y arbustales.

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**

Para valorar este impacto, se utiliza el precio de la madera comercial de una de las especies de mayor abundancia y de valor comercial identificado en el censo forestal, que para el caso del área de influencia corresponden a la especie *Ceiba Pentandra*, usada en ebanistería y carpintería por las características de la madera.

Cabe aclarar que la especie comercial más abundante corresponde al *Melicoccus bijugatus* del que no se conoce su valor de mercado. Por tanto, para valorar este impacto, se utiliza el precio de la madera comercial de acuerdo a los registros de FEDEMADERAS y de Cadenas Forestales de Colombia para la especie *Ceiba Pentandra*.

El valor proxy del m³ de madera leña es de \$303.200 pesos el m³, que se obtuvo de la Resolución 1196 del 2009 de la CAR (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2009), en la cual se determina que en promedio la madera de leña se comercializa a un precio de \$11.000, valor que es traído a precios de 2016. En la Tabla 10–15, se presentan el estimado de los recursos maderables el cual se estima en \$ 94.489.432 asumiendo un único pago en el primer año del proyecto.

Adicionalmente, se trabaja sobre el supuesto, que el 20% de los metros cúbicos de madera obtenida, con la afectación hacia áreas boscosas son destinados para fines comerciales, y que el 80% restante son para la venta de madera de leña.

Tabla 10–15 Valoración del impacto de uso directo de las coberturas afectadas

Unidad	Nº Hectáreas	Volumen m³/Ha	Volumen Total (m³)	Volumen Comercial (m³)	Valor Madera Comercial (\$)/m³ **	Valor Madera leña m³ ***	Valor Total Anual (\$)
Bosque de galería	7,13	49,55	353,31	127,3	\$ 303.200	\$ 12.343	\$ 24.913.714
Bosque fragmentado	1,92	80,31	154,19	93,3	\$ 303.200	\$ 12.343	\$ 10.872.680
Arbustal abierto esclerófilo	20,14	15,03	302,78	140,2	\$ 303.200	\$ 12.343	\$ 21.350.034
Arbustal denso alto	4,68	18,76	87,81	42,5	\$ 303.200	\$ 12.343	\$ 6.192.114
Vegetación secundaria alta	14,27	28,57	407,70	189,7	\$ 303.200	\$ 12.343	\$ 28.748.580
Vegetación secundaria baja	1,52	22,51	34,21	22,9	\$ 303.200	\$ 12.343	\$ 2.412.309
Total	49,67	214,73	1340,00		VNA(TSD 12%; 1 año)		\$ 94.489.432

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

*Precio metro cúbico de la Ceiba FEDEMADERAS.

**Valor madera leña m³ CAR

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

La cobertura vegetal permite regular la escorrentía evitando 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 incluye entre otros, componentes naturales y obras de protección (plantaciones forestales, conservación de suelos), requiere mantenimiento con el fin de sostener su capacidad productiva, lo que tiene un costo en términos 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.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

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 (m^3) 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 constituye un costo ambiental.
- Para una precipitación media anual en el proyecto de 2037,38 mm/año (milímetros de agua año), se ha estimado que sería equivalente a 20,374 m^3 /ha-año, y 3.395,63 m^3 /ha tomado como referencia los tres meses secos del año.
- El número de hectáreas y las características de bosques afectados se obtuvo del reporte de coberturas.
- El valor del metro cúbico de agua es de \$1.083, que corresponde a la tarifa del consumo básico promedio para el estrato cuatro de los municipios de Santa Fe de Antioquia, Ebéjico y San Jerónimo para el año 2015 (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2015).
- 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 período 25 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 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 en la Tabla 10–16, en la cual se puede observar que el costo ambiental anual 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 a \$ 1.614.465.342 pesos.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.		
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
	VERSIÓN 0.2		

Tabla 10–16 Valoración económica de la alteración en el régimen de escorrentía

Cobertura vegetal	Bosque de galería	Bosque fragmentado	Arbustal abierto esclerófilo	Arbustal denso alto	Vegetación secundaria alta	Vegetación secundaria Baja	Valor total
Nº Hectáreas	7,13	1,92	20,14	4,68	14,27	1,52	49,66
Regulación hídrica 20,374 m ³ /ha/año	\$ 24.211	\$ 6.520	\$ 68.388	\$ 15.892	\$ 48.456	\$ 5.161	\$ 168.627
Valor m ³ (\$)*	\$ 1.083	\$ 1.083	\$ 1.083	\$ 1.083	\$ 1.083	\$ 1.083	\$ 1.083
Valor anual Pesos (\$)	\$26.212.297	\$ 7.058.571	\$ 4.041.468	\$ 7.205.267	\$ 2.461.358	\$ 5.588.035	\$ 82.566.996
Años establecimiento**	25	25	25	25	25	25	25
VNA(TSD 12%; 25 años)						\$ 1.614.465.342	

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

* El valor del m³ de agua se obtuvo de la página web del Sistema único de Información de Servicios Públicos, tarifas 2015 <http://www.sui.gov.co/SUIAuth/portada.jsp?servicioPortada=1>

- **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 \$61,52 por m³ (Comisión de Regulación de Agua potable y Saneamiento Básico -CRA-, 2013), se obtienen los resultados que se muestran en la Tabla 10–17. El costo ambiental de la alteración del régimen de retención de sedimentos en valor presente para un horizonte de 25 años, corresponde a \$ 275.217.348 pesos.

Tabla 10–17 Valoración económica de las pérdidas por alteración en el régimen de sedimentos

Cobertura vegetal	Bosque de galería	Bosque fragmentado	Arbustal abierto esclerófilo	Arbustal denso alto	Vegetación secundaria alta	Vegetación secundaria Baja	Valor total (\$)
Nº hectáreas	7,13	1,92	20,14	4,68	14,27	1,52	49,66
Regulación hídrica m ³ /ha/año	72.633	19.559	205.166	47.675	145.368	15.484	505.886
Valor m ³ (\$)*	61,52	61,52	61,52	61,52	61,52	61,52	61,52
Valor anual (\$)	\$ 4.468.401	\$ 1.203.272	\$ 12.621.823	\$ 2.932.975	\$ 8.943.069	\$ 952.590	\$ 31.122.132
Años establecimiento**	25	25	25	25	25	25	25
VNA(TSD 12%; 25 años)						\$ 275.217.348	

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

- **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 como resultado de las actividades del proyecto. Entre las pérdidas que puede generar la deforestación de las coberturas, está el aporte de la materia orgánica de los suelos y el servicio de estabilización de los mismos. En cuanto al recurso hídrico, el carbono es un componente importante en el ciclo natural del agua y en la creación de microclimas que mantienen la humedad; así como en el desarrollo de hábitats para especies de fauna y de igual manera, en el servicio paisajístico que le brinda a muchas comunidades un beneficio potencial (Pérez L. B., 2010).



Adicionalmente, las coberturas arbóreas presenta como principal función la captura de carbono que disminuye la concentración de gases de efecto invernadero. Un bosque evolucionado tiene la propiedad y la particularidad de capturar grandes cantidades de carbono en diferentes etapas, aspecto por el cual se infiere que dichas características de estabilidad de coberturas se enmarcan en el cálculo y la valoración de las concentraciones de carbono, con relación al ecosistema en que están presentes (Schlegel, 2001) (INCON , 2011).

Según Alberto Luzardo Castro, en zonas arbóreas se estima que la captura de carbono durante 100 años oscila entre 75 y 200 toneladas por hectárea, dependiendo del tipo de árbol y de la cantidad de árboles sembrados en una hectárea. Se puede asumir que una tonelada de carbono en la madera de un árbol o de un bosque, equivale a 3.5 toneladas aproximadamente de CO₂ atmosférico (Luzardo, 2014).

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 0,47 € por tonelada de CO₂ (datos de enero a Noviembre de 2016). Luego de revisar las cifras del mercado de carbono, se adoptó el precio promedio (0.40 € Ton-1 = \$1371,2 ton COP) de los últimos 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. Se considera el mismo período que toma la fase sucesional de los bosques. Este es de 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 pérdida de servicio de captura

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

de carbono de acuerdo a las potenciales áreas a afectar por la construcción de la vía, se procedió a la estimación del costo generado por la alteración a la captura de carbono, como se muestran en la Tabla 10–18. En total el costo ambiental de la pérdida por disminución en la capacidad de captura de CO₂ alcanza un monto en Valor presente de \$1.565.570 pesos.

Tabla 10–18 Costo ambiental por disminución en la capacidad de captura de CO₂

Cobertura vegetal	Bosque de galería	Bosque fragmentado	Arbustal abierto esclerófilo	Arbustal denso alto	Vegetación secundaria alta	Vegetación secundaria Baja	Valor total
Nº hectáreas	7,13	1,92	20,14	4,68	14,27	1,52	49,66
Captura de CO ₂ - 2,6 ton / ha / año*	19	5	52,4	12,2	37,1	4,0	129,12
\$1.371 / ton*	1371,2	1371,2	1371,2	1371,2	1371,2	1371,2	1371,2
Valor anual	\$ 25.418	\$ 6.845	\$ 71.799	\$ 16.684	\$ 50.873	\$ 5.419	\$ 177.038
Años establecimiento***	25	25	25	25	25	25	25
VNA(TSD 12%; 25 años)						\$ 1.565.570	

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016



- **Consolidado de la valoración económica del impacto generado por la modificación en la cobertura vegetal.**

Finalmente se presenta el valor presente de las pérdidas de servicios y bienes ambientales asociados a eliminación de las coberturas de bosque equivalen a \$ 1.945.124.786 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 10–19 Valor presente de las pérdidas de servicios y bienes ambientales, coberturas arbóreas

Servicios y Bienes Ambientales	Valor
Valor de uso directo de las coberturas afectadas: valor de la madera	\$ 94.489.432
Valoración económica de las pérdidas por alteración en el régimen de escurrimiento	\$ 1.614.465.342
Valoración económica de las pérdidas por alteración en el régimen de retención de sedimentos	\$ 275.217.348
Costo ambiental por disminución en la capacidad de captura de CO ₂	\$ 1.565.570
VNA(TSD 12%; 25 años)	\$ 1.985.737.690

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

	<p align="center">CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p align="center">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p align="center">VERSIÓN 0.2</p>	

10.5.2.2 Afectación a comunidades faunísticas y afectación de especies de fauna endémica, amenazadas, migratorias o de importancia ecológica, económica y cultural

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 las obras de construcción que atravesarán una zona con presencia de bosques de galería, bosques fragmentados y de vegetación secundaria alta y baja. El proyecto va a generar un impacto debido a la pérdida de hábitats y fragmentación de los ecosistemas y como consecuencia disminución de la abundancia y riqueza de especies florísticas y faunísticas.

Si bien el proyecto afectará en distintos grados las coberturas naturales, estas no se incluyen en la valoración, en la medida que la infraestructura existente ya generó la fragmentación de los ecosistemas y los subsecuentes efectos barrera y de borde, por lo tanto el impacto de pérdida de hábitat queda contenido en la valoración económica de pérdida de cobertura.

De otra parte, las actividades constructivas de la vía generan impactos de transformación de áreas, que incluye la modificación de aspectos morfológicos del relieve, usos y calidad del suelo, distribución de flora y fauna, calidad de vida de los habitantes del área afectada y calidad del aire, entre otros.

En este contexto es claro señalar que por el desarrollo de algunas actividades del proyecto se genera externalidades negativas sobre los organismos que habitan en el área objeto de intervención los cuales en conjunto representan la diversidad biológica del área.

De acuerdo al convenio sobre biodiversidad biológica (ONU, 1992), la biodiversidad cumple un papel muy importante, para el mantenimiento de los ecosistemas y en general para el mantenimiento de la vida, y es potencialmente un recurso estratégico para la riqueza de las naciones, no obstante, capturar el valor económico de la biodiversidad, se constituye en una tarea de mucha dificultad dada su complejidad ecológica, o dicho de otro forma, la complejidad de las cadenas tróficas y funcionales de la diversidad biológica dentro del ecosistema.

En diversos estudios y publicaciones se ha reconocido los valores económicos directos derivados de la biodiversidad los cuales incluyen desde la provisión de alimentos, medicinas y productos industriales, hasta los recursos genéticos que potencialmente pueden ofrecer solución a problemas que enfrenta la humanidad (Medicina, nuevos materiales), sin embargo dada las características y el alcance del estudio no se cuenta con la información ni se identificaron las especies que cumplan con los criterios para desarrollar la valoración desde el enfoque de uso directo.

En este mismo sentido los valores económicos indirectos relativos a la regulación del ecosistema, ciclaje de nutrientes, polinización, entre otras, enfrenta la misma dificultad

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

relativa a la falta de información sobre la funciones ecosistémicas que se deben utilizar para dimensionar la magnitud de los servicios afectados para luego desarrollar su traducción a los valores monetarios.

En consideración a lo anterior, para la valoración económica de los efectos del proyecto sobre la diversidad se buscó una metodología que de manera indirecta pudiese capturar su valor, y para ello se amparó en la estrecha relación que existe entre las coberturas y los demás organismos que conforman el ecosistema.

Para tal efecto se utilizó el parche de cobertura natural como la unidad de medida que representa la magnitud del daño, bajo el supuesto que el parche de cobertura natural sirve como hábitat y posibilita la conectividad y la materialización de las relaciones funcionales y transferencia de materia y energía.

De esta manera, el impacto se desarrolla en función de aspectos de sostenibilidad y conservación de la biodiversidad (fauna y flora), contrastado con niveles ecosistémicos presentes en el área de influencia, los cuales se verán afectados por el desarrollo de las actividades del proyecto.

Entonces para la valoración económica de este impacto, se recurre a las variaciones compensatorias preestablecidas en la legislación nacional para la conservación y protección de los ecosistemas naturales boscosos, bajo el supuesto que las tasas de conservación representa la disposición del estado a conservar los hábitats y por tanto revelan la disponibilidad a pagar de la sociedad por el conjunto de externalidades positivas que se obtienen al conservar las coberturas naturales entre ellas la diversidad biológica. Los sistemas de incentivos forestales son herramienta de la economía que tiene propósito fundamental la conservación de los bosques y de los servicios que estos representan y por tanto sirven como una aproximación del valor de la biodiversidad

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.

Partiendo del 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. La Tabla 10–20 presenta las hectáreas por coberturas de bosques potencialmente afectadas con el desarrollo del proyecto.



	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

Tabla 10–20 Coberturas potencialmente afectadas por la construcción de la calzada nueva

Ámbito	Cobertura	Área (ha)
Hábitats naturales o seminaturales afectados por el trazado (UF 2.1)	Bosque de galería con predominio de árboles	105,8
	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	16,7
	Vegetación secundaria alta	50,6
	Vegetación secundaria	40,6

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

De acuerdo con el Decreto 900 de 1997, se establece el factor de ajuste regional con base en el producto de un factor de piso térmico y un factor de tamaño de predio expresado en metros sobre el nivel del mar como se presenta en la Tabla 10–21

Tabla 10–21 Factor de ajuste regional



Factores de piso térmico		Factores de tamaño de predio	
Piso térmico (msnm)	Factor de piso	Tamaño Predio	Factor de Tamaño
$0 < PT \leq 1.000$	0,63	Menos de 3 ha	2,0
$1000 < PT \leq 2.000$	0,77	3_predio_10	1,6
$2000 < PT \leq 2.500$	0,89	10 < predio 20	1,4
$PT > 2.500$	1	20 < predio 30	1,2
		Más de 30 ha	1,0

Fuente: Decreto 900 de 1997

Teniendo en cuenta que la altitud media de los municipios de San Jerónimo y Sopetrán es de 750 y 780 msnm respectivamente, se estimó como costo total del impacto el valor de \$ 6.870.902.763 pesos, tal como se observa en la Tabla 10–22.

Tabla 10–22 Valor estimado del impacto alteración del hábitat

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	Valor ajustado
Nombre	Ha							Anual por parche	Anual por parche
Bosque de galería	2,7	2,73	0 < PT <= 1.000	2	0,63	1,26	\$ 4.826.178	\$ 13.162.093	\$ 16.584.237
Bosque de galería	12,0	12,0	0 < PT <= 1.000	1,4	0,63	0,88	\$ 4.826.178	\$ 57.874.175	\$ 51.045.023
Bosque de galería	35,0	35	0 < PT <= 1.000	1,4	0,63	0,88	\$ 4.826.178	\$ 169.044.568	\$ 149.097.309
Bosque de galería	8,1	8,08	0 < PT <= 1.000	1,6	0,63	1,01	\$ 4.826.178	\$ 39.019.533	\$ 39.331.690
Bosque de galería	8,6	8,64	0 < PT <= 1.000	1,6	0,63	1,01	\$ 4.826.178	\$ 41.692.208	\$ 42.025.746
Bosque de galería	9,4	9,35	0 < PT <= 1.000	1,6	0,63	1,01	\$ 4.826.178	\$ 45.130.643	\$ 45.491.688
Bosque de galería	0,8	0,77	0 < PT <= 1.000	2	0,63	1,26	\$ 4.826.178	\$ 3.738.483	\$ 4.710.489
Bosque de galería	8,6	8,61	0 < PT <= 1.000	1,6	0,63	1,01	\$ 4.826.178	\$ 41.558.330	\$ 41.890.796
Bosque de galería	0,8	0,84	0 < PT <= 1.000	2	0,63	1,26	\$ 4.826.178	\$ 4.069.699	\$ 5.127.820
Bosque de galería	6,5	6,5	0 < PT <= 1.000	1,6	0,63	1,01	\$ 4.826.178	\$ 31.370.157	\$ 31.621.118
Bosque de galería	5,6	5,6	0 < PT <= 1.000	1,6	0,63	1,01	\$ 4.826.178	\$ 27.026.597	\$ 27.242.810
Bosque de galería	2,6	2,6	0 < PT <= 1.000	2	0,63	1,26	\$ 4.826.178	\$ 12.499.801	\$ 15.749.749
Bosque de galería	2,7	2,7	0 < PT <= 1.000	2	0,63	1,26	\$ 4.826.178	\$ 13.030.681	\$ 16.418.658
Bosque de galería	1,0	1,0	0 < PT <= 1.000	2	0,63	1,26	\$ 4.826.178	\$ 4.681.393	\$ 5.898.555
Bosque de galería	1,4	1,4	0 < PT <= 1.000	2	0,63	1,26	\$ 4.826.178	\$ 6.515.340	\$ 8.209.329
SUBTOTAL (Bosque de galería)								\$ 510.413.699	\$ 500.445.014
Bosque fragmentado	4,3	4,3	0 < PT <= 1.000	1,6	0,63	1,008	\$ 4.826.178	\$ 20.752.565	\$ 20.918.586
Bosque fragmentado	7,0	7,0	0 < PT <= 1.000	1,6	0,63	1,008	\$ 4.826.178	\$ 33.783.246	\$ 34.053.512
Bosque fragmentado	5,4	5,4	0 < PT <= 1.000	1,6	0,63	1,008	\$ 4.826.178	\$ 26.061.361	\$ 26.269.852
SUBTOTAL (Bosque fragmentado)								\$ 80.597.173	\$ 81.241.950
Vegetación secundaria alta	0,3	0,3	0 < PT <= 1.000	2	0,63	1,26	\$ 2.413.089	\$ 723.927	\$ 912.148
Vegetación secundaria alta	4,8	4,8	0 < PT <= 1.000	1,6	0,63	1,01	\$ 2.413.089	\$ 11.668.658	\$ 11.762.008
Vegetación secundaria alta	20,6	20,6	0 < PT <= 1.000	1,2	0,63	0,76	\$ 2.413.089	\$ 49.744.630	\$ 37.606.941
Vegetación secundaria alta	2,3	2,3	0 < PT <= 1.000	2	0,63	1,26	\$ 2.413.089	\$ 5.607.416	\$ 7.065.344
Vegetación secundaria alta	4,0	4,0	0 < PT <= 1.000	1,6	0,63	1,01	\$ 2.413.089	\$ 9.746.814	\$ 9.824.788
Vegetación secundaria alta			0 < PT <= 1.000	2	0,63	1,01	\$ 2.413.089	\$ 5.863.806	\$ 5.910.717
Vegetación secundaria alta			0 < PT <= 1.000	2	0,63	1,01	\$ 2.413.089	\$ 5.815.544	\$ 5.862.069
Vegetación secundaria alta			0 < PT <= 1.000	2	0,63	1,01	\$ 2.413.089	\$ 6.080.984	\$ 6.129.632

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR	
	CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

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	Valor ajustado
Nombre	Ha							Anual por parche	Anual por parche
Vegetación secundaria alta			0 < PT <= 1.000	1,6	0,63	1,01	\$ 2.413.089	\$ 9.266.262	\$ 9.340.392
Vegetación secundaria alta			0 < PT <= 1.000	2	0,63	1,01	\$ 2.413.089	\$ 2.461.351	\$ 2.481.042
Vegetación secundaria alta			0 < PT <= 1.000	1,6	0,63	1,01	\$ 2.413.089	\$ 15.226.592	\$ 15.348.404
SUBTOTAL (Vegetación secundaria alta)								\$ 122.205.984	\$ 112.243.483
Vegetación secundaria baja	29,5	29,5	0 < PT <= 1.000	1,2	0,63	0,76	\$ 2.413.089	\$ 71.247.630	\$ 53.863.209
Vegetación secundaria baja	0,1	0,1	0 < PT <= 1.000	2	0,63	1,54	\$ 2.413.089	\$ 322.702	\$ 496.962
Vegetación secundaria baja	7,2	7,2	0 < PT <= 1.000	1,6	0,63	1,01	\$ 2.413.089	\$ 17.386.364	\$ 17.525.455
Vegetación secundaria baja	1,3	1,3	0 < PT <= 1.000	2	0,63	1,26	\$ 2.413.089	\$ 3.137.016	\$ 3.952.640
Vegetación secundaria baja	2,4	2,4	0 < PT <= 1.000	2	0,63	1,26	\$ 2.413.089	\$ 5.791.414	\$ 7.297.181
SUBTOTAL (Vegetación secundaria baja)								\$ 97.885.126	\$ 83.045.090
Total								\$ 811.101.982	\$ 776.975.537
VNA(TSD 12%; 25 años)									\$ 6.870.902.763

Fuente: Análisis de Consultoría Colombiana S.A. 2016

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

10.6 VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS AMBIENTALES

La construcción de la Segunda Calzada San Jerónimo – Santa Fe de Antioquia UF 2.1, generará beneficios ambientales y sociales relacionados con el mejoramiento de las condiciones de transporte que se ven reflejados en el ahorro de los tiempos de viaje y la disminución en los costos operativos que contribuyen al crecimiento económico, al reducir el tiempo empleado de recorrido.

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 y los efectos económicos por la demanda de bienes y servicios en el área de influencia.

10.6.1 Cambios en los costos generalizados de transporte

El principal beneficio asociado con la construcción de la vía, se relaciona con el cambio experimentado en el precio generalizado de las actividades de transporte. La mayoría de los proyectos de transporte implican la reducción del coste de desplazar personas y bienes, es decir, en la reducción del tiempo total de viaje. Dicha reducción puede ser el resultado de aumentos en la velocidad, aumentos en la frecuencia por cambios en la red o en la reducción en congestión o en escasez. En términos generales, los costos de viaje incluyen 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 trae 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. 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.

Los cambios en los costos generalizados de transporte se calculan de la diferencia según tipo de vehículo por kilómetro de circular en una vía de buena calidad comparada con una vía regular o mala en una misma pendiente media. La diferencia de costos se multiplica por el número de vehículos que circulan y por la longitud de la vía. Los costos unitarios de operación y mantenimiento por tipo de vehículo son publicados por INVIAS tanto a precios de mercado como a precios económicos, por lo que no se requiere adopción de RPC. La información se extrajo de la Cartilla de Volúmenes de Tránsito publicada por el INVIAS

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

para el año 2011.



Del documento anteriormente referido, se utilizaron para el cálculo de ahorro por kilómetro, los costos de autos, buses, y camiones en sus diferentes categorías. Los valores fueron indexados al año 2015 teniendo en cuenta el índice de costos de Transporte de Carga ICTC publicado por el DANE.

Para calcular este ahorro se tiene en cuenta la información del INVIAS en cuanto a los costos de operación vehicular (\$/km) a precios económicos para vías catalogadas como rectilínea llana en estado regular, con una velocidad promedio de 64 km/h y vías rectilínea llana en estado bueno con una velocidad promedio de 92 km/h entre las diferentes categorías vehiculares. 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 \$ 67.390.866.633 pesos.

Tabla 10–23 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
2022	\$ 93.751.600.626	\$ 82.600.418.213	\$ 11.151.182.413
2023	\$ 98.057.409.821	\$ 86.395.029.393	\$ 11.662.380.428
2024	\$ 101.980.128.211	\$ 89.851.121.831	\$ 12.129.006.380
2025	\$ 105.557.009.884	\$ 93.001.819.245	\$ 12.555.190.639
2026	\$ 109.245.597.146	\$ 96.253.126.729	\$ 12.992.470.417
2027	\$ 113.069.877.015	\$ 99.623.388.549	\$ 13.446.488.467
2028	\$ 117.029.849.493	\$ 103.112.604.705	\$ 13.917.244.787
2029	\$ 121.134.813.932	\$ 106.729.365.857	\$ 14.405.448.075
2030	\$ 125.384.770.332	\$ 110.473.672.003	\$ 14.911.098.330
2031	\$ 129.798.317.401	\$ 114.362.704.458	\$ 15.435.612.943
2032	\$ 134.146.712.322	\$ 118.192.841.222	\$ 15.953.871.100
2033	\$ 138.396.668.723	\$ 121.937.147.368	\$ 16.459.521.355
2034	\$ 142.464.379.074	\$ 125.520.784.800	\$ 16.943.594.274
2035	\$ 146.279.359.590	\$ 128.882.455.962	\$ 17.396.903.628
2036	\$ 149.757.802.742	\$ 131.947.322.759	\$ 17.810.479.983
2037	\$ 152.773.315.276	\$ 134.605.021.511	\$ 18.168.293.765
2038	\$ 155.232.846.983	\$ 136.770.884.553	\$ 18.461.962.430
2039	\$ 156.939.464.148	\$ 138.274.489.561	\$ 18.664.974.587
2040	\$ 158.501.089.352	\$ 139.650.549.574	\$ 18.850.539.778
2041	\$ 160.090.669.290	\$ 141.051.142.649	\$ 19.039.526.640
2042	\$ 161.689.548.581	\$ 142.460.326.382	\$ 19.229.222.199
VNA (TSD 12%; 25 años)			\$ 67.390.866.633

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

	<p align="center">CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p align="center">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p align="center">VERSIÓN 0.2</p>	

De otra parte, el ahorro en tiempo se calcula como el valor del tiempo de una persona que en lugar de estar produciendo se está transportando. Ese ahorro de tiempo se logra gracias a las mejores condiciones de servicio que presta la vía y por lo tanto el correspondiente aumento en la velocidad promedio de transitarla. El aumento de velocidad promedio genera la disminución correspondiente al tiempo de transportarse en dos puntos de referencia.

Se estima el ahorro de tiempo a partir del número de pasajeros promedio por tipo de vehículo y el factor de ocupación. Se toma para este cálculo las categorías I y II únicamente, toda vez que a partir de la categoría III el tiempo de los pasajeros está incluido con los costos de operación del vehículo.

- Ocupación de los automóviles: 4 personas
- Ocupación promedio de los buses: 28 personas
- Factor de ocupación promedio por tipo de vehículo 60%

Los ahorros en tiempo de viaje se calcularon a partir de la siguiente ecuación

$$\text{Ahorro en tiempo de viaje} = TDP * 365 * TP * T * VP$$

Dónde:

TPD: Tráfico promedio diario

TP: Total pasajeros

T: Tiempo de recorrido

VP: Valor promedio de la hora del pasajero expresado en salario mínimo/hora (\$3.591)⁴.

A partir de la información establecida se realizan los cálculos del tiempo requerido por cada tipo de vehículo (categoría I y II) año a año durante la vida útil del proyecto. Estos cálculos se estiman para los escenarios con proyecto y sin proyecto. Posteriormente, se lleva a cabo la diferencia entre estos dos escenarios, para obtener el ahorro en tiempo a partir de la ejecución del proyecto.

Es de resaltar que el valor promedio de la hora por pasajero se estimó a partir de un SMMLV para los pasajeros que se movilizan en bus y de 2.5 SMMLV para los pasajeros que se movilizan en automóvil⁵. Así mismo los tiempos de recorrido con y sin proyecto se establecen a partir de una velocidad de 80 km/h en el primer caso y de 60 km/h para el recorrido sin proyecto en el caso de los autos. Para la categoría de buses se establece una velocidad de 45 km/h en el escenario sin proyecto y 50 km/h con proyecto

⁴Valor estimado teniendo en cuenta el Artículo 161 del “Código sustantivo de Trabajo” donde se establece una jornada de 48 horas semanales y una estimación de cuatro semanas por mes, dando un total de 192 horas mensuales. Se divide el SMMLV por las 192 horas, dando como resultado un valor promedio por hora de \$3.591

⁵La Consultoría estima 2.5SMMLV para pasajeros en automóvil partiendo del supuesto de un poder adquisitivo mayor que de los pasajeros que se transportan en bus intermunicipal

Tabla 10–24 Valoración ahorros en tiempo de viaje

Año	Valor final tiempo de ahorro
2022	\$ 6.282.776.206,54
2023	\$ 6.570.881.744,62
2024	\$ 6.834.000.637,74
2025	\$ 7.073.922.492,06
2026	\$ 7.321.002.770,92
2027	\$ 7.576.997.159,98
2028	\$ 7.841.905.659,24
2029	\$ 8.116.623.071,77
2030	\$ 8.401.149.397,58
2031	\$ 8.697.274.242,79
2032	\$ 8.988.925.072,67
2033	\$ 9.273.451.398,47
2034	\$ 9.546.379.204,87
2035	\$ 9.801.478.790,86
2036	\$ 10.034.276.141,11
2037	\$ 10.236.751.948,48
2038	\$ 10.401.747.788,42
2039	\$ 10.516.804.258,95
2040	\$ 10.622.051.816,20
2041	\$ 10.728.194.176,52
2042	\$ 10.835.231.339,90
VNA (TSD 12%; 25 años)	\$ 37.970.711.688,05

Fuente: 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 \$ 37.970.711.688,05 pesos.

Finalmente se presenta el valor presente de los beneficios por el ahorro en los costos generalizados del transporte los cuales ascienden a \$105.361.578.321 de pesos considerando un horizonte de análisis de 25 años (Ver Tabla 10–29).

Tabla 10–25 Consolidado beneficios por ahorro en los costos generalizados de transporte

Beneficios ahorro en los costos generalizados del transporte	
Ahorro en los costos de operación comparación	\$ 67.390.866.633
Ahorro en tiempos de viaje	\$ 37.970.711.688,
VNA(TSD 12%; 25 años)	\$ 105.361.578.321

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

10.6.2 Beneficio por la generación de empleo



Con la ejecución del proyecto se contratará mano de obra no calificada y calificada, que contribuye a la dinamización del mercado laboral, a la generación de mayores ingresos y salarios nominales, al aumento del poder adquisitivo y a una 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 en el Capítulo 3 sobre Descripción del Proyecto.

Según los requerimientos de mano de obra, para la construcción de la vía se requieren 1.230 trabajadores, el cual tienen un tiempo de ejecución de 4 años. En la Tabla 10–26 se presenta una aproximación de los empleos requeridos y el monto de las remuneraciones.

Tabla 10–26 Estimación de los beneficios económicos por la generación de empleo

Cargo	Cantidad	Ocupación / mes	Sueldo / mes	Factor Prestacional	Sueldo más prestaciones
Personal profesional					
Director de Obra	3	100%	8.342.404	1,540	38.541.906
Residente proyecto	170	100%	4.928.000	1,500	1.253.498.400
Especialista Pavimentos	14	50%	6.214.000	1,500	130.727.025
Especialista Ambiental	28	50%	5.914.000	1,500	248.831.550
Especialista predial	28	25%	5.914.000	1,500	248.831.550
Profesional social	45	25%	5.914.000	1,500	395.868.375
Profesional forestal	15	25%	5.914.000	1,500	135.726.300
Especialista en salud ocupacional	42	100%	3.300.000	1,500	208.271.250
Especialista en Estructuras	28	50%	5.914.000	1,500	248.831.550
Especialista en Geotécnia	28	50%	5.914.000	1,500	248.831.550
Especialista en Hidraulica	28	25%	5.914.000	1,500	248.831.550
Auditor en Calidad	28	50%	5.914.000	1,500	248.831.550
Especialista en Aseguramiento de la Calidad	56	100%	3.300.000	1,500	277.695.000
Personal técnico					
Auxiliar de Ingeniería Titulado	47	100%	2.500.000	1,820	214.200.000
Inspectores	78	100%	1.848.000	1,820	263.894.400
Topógrafo Inspector	63	100%	2.500.000	1,820	285.600.000
Cadenero 1	63	100%	1.540.000	1,820	175.929.600
Cadenero 2	63	100%	1.248.000	1,820	142.571.520
Maestro de obra	126	100%	2.000.000	1,820	456.960.000
Oficial de 1a	94	100%	1.500.000	1,820	257.040.000
Ayudantes	94	100%	1.000.000	1,820	171.360.000
Almacenista	52	100%	1.000.000	1,820	95.200.000

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

Cargo	Cantidad	Ocupación / mes	Sueldo / mes	Factor Prestacional	Sueldo más prestaciones
Personal administrativo					
Celador	27	100%	1.500.000	1,820	72.800.000
Mensajero	4	100%	1.000.000	1,820	7.280.000
Conductor	25	100%	1.000.000	1,820	46.106.667
Administrador	4	100%	4.000.000	1,820	29.120.000
Contador	3	100%	4.000.000	1,820	19.413.333
Campamentera	9	100%	1.000.000	1,820	16.986.667
Secretaria	8	100%	1.200.000	1,820	17.472.000
Total					\$ 6.205.251.743,15
Total					\$ 74.463.020.917,76

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Comprendiendo la dinámica del mercado laboral, el costo de oportunidad en el que incurre tanto la mano de obra calificada como la no calificada, a la hora de tomar el empleo generado por el proyecto, el beneficio bruto generado por el empleo alcanzó los \$74.463.020.918 de pesos al año (como se presenta en la Tabla 10–26).

Este costo de oportunidad tiene en cuenta la aplicabilidad de diferentes tasas diferenciales, que son contrastadas con el tipo de mano de obra contratada (calificada y no Calificada). En el caso de la mano de obra no calificada, el costo de oportunidad está sujeto al diferencial que generan las tasas de desempleo de profesionales a nivel nacional (DANE, 2016), pues se asume que el personal contratado para ejercer estas labores, se encontraban cesantes o sin empleo alguno.

De igual forma, el costo de oportunidad incluye las preferencias individuales a la hora de cambiar de empleo, razón por la cual se tiene en cuenta la base porcentual que cada individuo estaría dispuesto a aceptar por un cambio de empleo. De acuerdo con (López, 2012) se calcula que el factor de aumento de bienestar fluctúa alrededor de un 20%, valor que es aplicado a la base salarial 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 incurren 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.





 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

Tabla 10–27 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	155	\$ 1.145.760.000	\$ 916.608.000	\$ 229.152.000
Especialista Pavimentos	13	\$ 60.586.500	\$ 48.469.200	\$ 12.117.300
Especialista Ambiental	25	\$ 110.887.500	\$ 88.710.000	\$ 22.177.500
Especialista predial	25	\$ 55.443.750	\$ 44.355.000	\$ 11.088.750
Profesional social	40	\$ 88.710.000	\$ 70.968.000	\$ 17.742.000
Profesional forestal	13	\$ 28.830.750	\$ 23.064.600	\$ 5.766.150
Especialista en salud ocupacional	38	\$ 188.100.000	\$ 150.480.000	\$ 37.620.000
Especialista en Estructuras	25	\$ 110.887.500	\$ 88.710.000	\$ 22.177.500
Especialista en geotecnia	25	\$ 110.887.500	\$ 88.710.000	\$ 22.177.500
Especialista en hidráulica	25	\$ 55.443.750	\$ 44.355.000	\$ 11.088.750
Auditor en calidad	25	\$ 110.887.500	\$ 88.710.000	\$ 22.177.500
Especialista en aseguramiento de la calidad	51	\$ 252.450.000	\$ 201.960.000	\$ 50.490.000
Personal Técnico				
Auxiliar de Ingeniería Titulado	42	\$ 191.100.000	\$ 152.880.000	\$ 38.220.000
Inspectores	71	\$ 238.798.560	\$ 191.038.848	\$ 47.759.712
Topógrafo Inspector	57	\$ 259.350.000	\$ 207.480.000	\$ 51.870.000
Cadenero 1	56	\$ 122.304.000	\$ 122.304.000	\$ 34.652.800
Cadenero 2	56	\$ 122.304.000	\$ 122.304.000	\$ 4.892.160
Maestro de obra	113	\$ 246.792.000	\$ 246.792.000	\$ 164.528.000
Oficial de 1a	85	\$ 185.640.000	\$ 185.640.000	\$ 46.410.000
Ayudantes	85	\$ 71.105.689	\$ 71.105.689	\$ 83.594.311
Almacenista	47	\$ 39.317.263	\$ 39.317.263	\$ 46.222.737
Personal Administrativo				
Celador	24	\$ 20.076.900	\$ 20.076.900	\$ 45.443.100
Mensajero	3	\$ 2.509.613	\$ 2.509.613	\$ 2.950.387
Conductor	22	\$ 18.403.825	\$ 18.403.825	\$ 21.636.175
Administrador	3	\$ 21.840.000	\$ 17.472.000	\$ 4.368.000
Contador	2	\$ 14.560.000	\$ 11.648.000	\$ 2.912.000
Campamentera	8	\$ 6.692.300	\$ 6.692.300	\$ 7.867.700
Secretaria	7	\$ 5.855.763	\$ 5.855.763	\$ 9.432.237
Total	1.144	\$ 3.924.066.570	\$ 3.307.453.527	\$ 1.084.242.649
Total				\$ 13.010.911.793

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Por otra parte, el costo de oportunidad de la mano de obra no calificada, resulta del diferencial de la mediana de las tasas de desempleo regional que influyen en el AID, estas

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

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, 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 recibían ningún tipo de prestación social, por tanto, el costo de oportunidad generado está sujeto al nivel potencial del jornal diario percibido previamente.

Tabla 10–28 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	\$ 0
Residente proyecto	14,575	\$ 107.738.400
Especialista Pavimentos	1,025	\$ 4.777.013
Especialista Ambiental	3,05	\$ 13.528.275
Especialista predial	3,05	\$ 6.764.138
Profesional social	4,625	\$ 10.257.094
Profesional forestal	2,3	\$ 5.100.825
Especialista en salud ocupacional	4,075	\$ 20.171.250
Especialista en Estructuras	3,05	\$ 13.528.275
Especialista en geotecnia	3,05	\$ 13.528.275
Especialista en hidráulica	3,05	\$ 6.764.138
Auditor en calidad	3,05	\$ 13.528.275
Especialista en Aseguramiento de la Calidad	5,1	\$ 25.245.000
Personal Técnico		
Auxiliar de Ingeniería Titulado	5,076923077	\$ 23.100.000
Inspectores	7,461538462	\$ 25.095.840

Cargo	Trabajadores que estaban desempleados	Beneficio generado por el empleo a personas que estaban desempleadas
Topógrafo Inspector	5,769230769	\$ 26.250.000
Cadenero 1	6,769230769	\$ 18.972.800
Cadenero 2	6,769230769	\$ 15.375.360
Maestro de obra	12,53846154	\$ 45.640.000
Oficial de 1a	9,153846154	\$ 24.990.000
Ayudantes	9,153846154	\$ 16.660.000
Almacenista	5,307692308	\$ 9.660.000
Personal Administrativo		
Celador	3	\$ 7.280.000
Mensajero	1	\$ 1.820.000
Conductor	3	\$ 6.066.667
Administrador	1	\$ 7.280.000
Contador	1	\$ 4.853.333
Campamentera	1	\$ 2.426.667
Secretaria	1	\$ 2.184.000
Total	129	\$ 478.585.622,92
Total		\$ 5.743.027.475,00

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016



En síntesis los beneficios de empleo total generado con el proyecto, causado a las personas que incurrieron en algún costo de oportunidad alcanzaron los \$ 13.010.911.793 pesos anuales y los generados al personal contratado, que previamente se encontraba desempleado, fueron de \$5.743.027.475 pesos anuales (Ver Tabla 10–27y Tabla 10–28).

En este sentido el valor económico del beneficio generado por el empleo, en torno al proyecto, alcanza un monto de \$18.753.939.267,51 pesos por cada año de construcción.

10.6.3 Efecto del 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, que se verá reflejado en el incremento de la oferta demanda de bienes y servicios y en el 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

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

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 10.6.1 Método del efecto multiplicador de la inversión

$$\Delta PIB = \theta \Delta I$$

Dónde:

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 \$314.743,63 cifra en millones de pesos.

Reemplazando estos valores en la Ecuación 10.6.1 se obtiene que la variación del nivel de inversión es equivalente a \$4.721.154.396,3 millones de pesos, el cual equivale al valor actual (VA) del efecto multiplicador de la inversión.

$$\Delta PIB = 1,5\% * \$314.743,63 = \$4.721.154.396,3$$

10.7 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

Una vez valorados los impactos ambientales, el paso a seguir, de acuerdo con la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales, consiste en descontar los beneficios y costos, 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 10–29 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 \$ 128.741.012.186 pesos, lo que significa que el proyecto renta muy por encima de la tasa social de descuento seleccionada en el 12%. La relación B/C es de 3,52 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.



	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

Tabla 10–29 Flujo de fondos del proyecto

Beneficios	
Efecto del proyecto en la dinámica local	\$ 4.721.154.396
Beneficios generación de empleos	\$ 69.756.970.725
Beneficio ahorro costo generalizado	\$ 105.361.578.321
Beneficios Totales	\$ 179.839.703.443
Costos	
Cambio característica físico - químicas del suelo	\$ 2.706.998.029
Modificación en la cobertura vegetal	\$ 1.985.737.690
Alteración de hábitat / Afectación a comunidades faunísticas y especies endémicas	\$ 6.870.902.763
Activación de procesos denudativos	\$ 39.535.052.774
Costos Totales	\$ 51.098.691.257
FLUJO DE CAJA (B-C)	\$ 128.741.012.186
Relación Beneficio /Costo	3,52



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

10.8 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD


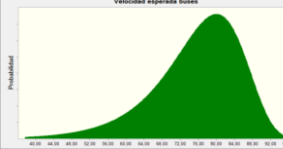
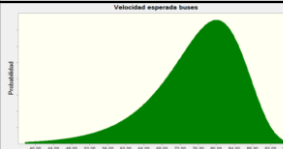

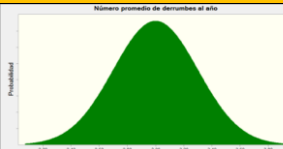
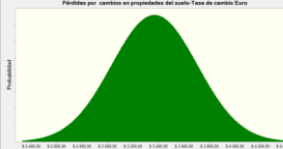
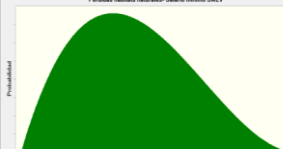
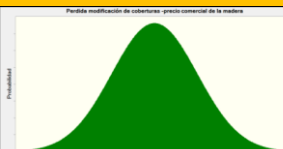
El análisis de sensibilidad es una técnica que es aplicada a la valoración inicial, con objeto de determinar como potenciales variaciones en las variables que no son estáticas y no se pueden predecir desde el inicio afectan la rentabilidad y la elación beneficio costo del proyecto. Utilizando el programa 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 10–30 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 nacional 2016	Normal	Media 8.5% Desv. Est 0,9%	

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.		
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
	VERSIÓN 0.2		

Impacto	Distribución	Parámetros	Ilustración
Tasa de desempleo Antioquia	Normal	Media 9,4% Desv. Est 0,9%	 <small>Beneficio generación de empleo: Tasa de desempleo Nacional 7,2018</small>
Beneficios por ahorro en los precio generalizado del transporte			
velocidad con proyecto automóviles	Extremo Mínimo	Más probable 80 Escala 8	 <small>Velocidad esperada buses</small>
velocidad con proyecto buses	Extremo Mínimo	Más probable 80 Escala 8	 <small>Velocidad esperada buses</small>
Beneficio por efectos del proyecto en la dinámica local			
%efecto multiplicador de la inversión	Beta	Mínimo 1,35% Máximo 1,65% Alfa 2% Beta 3%	 <small>El multiplicador de la inversión</small>
Activación procesos denudativos			
Numero de derrumbes por año	Normal	Media 3 Desv. Est 0.3	 <small>Número promedio de derrumbes al año</small>
Pérdidas por modificación características Físico químicas del suelo			
Precio del Euro	Normal	Media \$3264 Desv. Est \$326,4	 <small>Pérdidas por cambios en propiedades del suelo-Tasa de cambio Euro</small>
Pérdida por alteración del hábitat naturales			
SMLV	Beta	Mínimo \$689.954 Máximo \$758.399	 <small>Pérdidas hábitat naturales- Salario mínimo SMLV</small>
Perdidas por modificación coberturas vegetales naturales			
Perdida modificación de coberturas-precio comercial madera	Normal	Media \$ 303.200 Desv. Est \$ 30.320	 <small>Perdida modificación de coberturas- precio comercial de la madera</small>

	<p align="center">CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p> <p align="center">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p> <p align="center">VERSIÓN 0.2</p>	
---	---	---

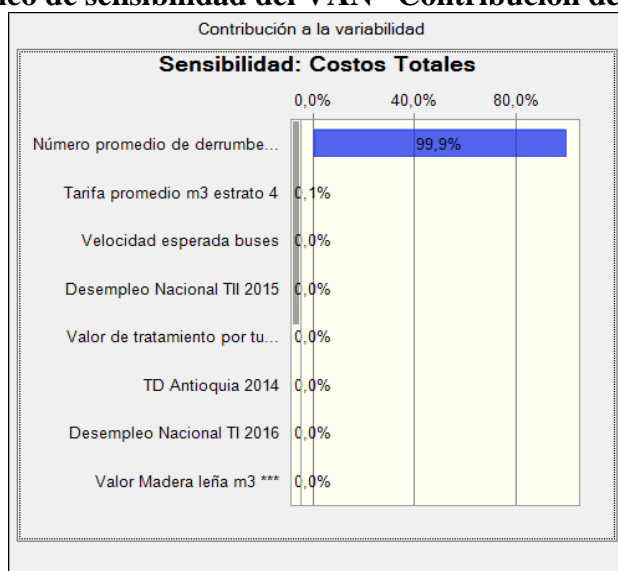
Impacto	Distribución	Parámetros	Ilustración
Valor tratamiento de sedimentación metro cúbico de agua (Tratamiento por turbiedad)	Normal	Media \$ 61,52 Desv. Est \$ 6,15	
Tarifa promedio m3 estrato 4	Normal	Media \$ 1083 Desv. Est \$ 108	

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

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 10–30. 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 se observa que el costo asociado con el número promedio de derrumbes al año (99,9% de la variación del VPN, manteniendo las demás variables constantes y en su valor base) utilizado para la determinación de la pérdida por uso directo sobre las coberturas, siendo este valor el más representativo.

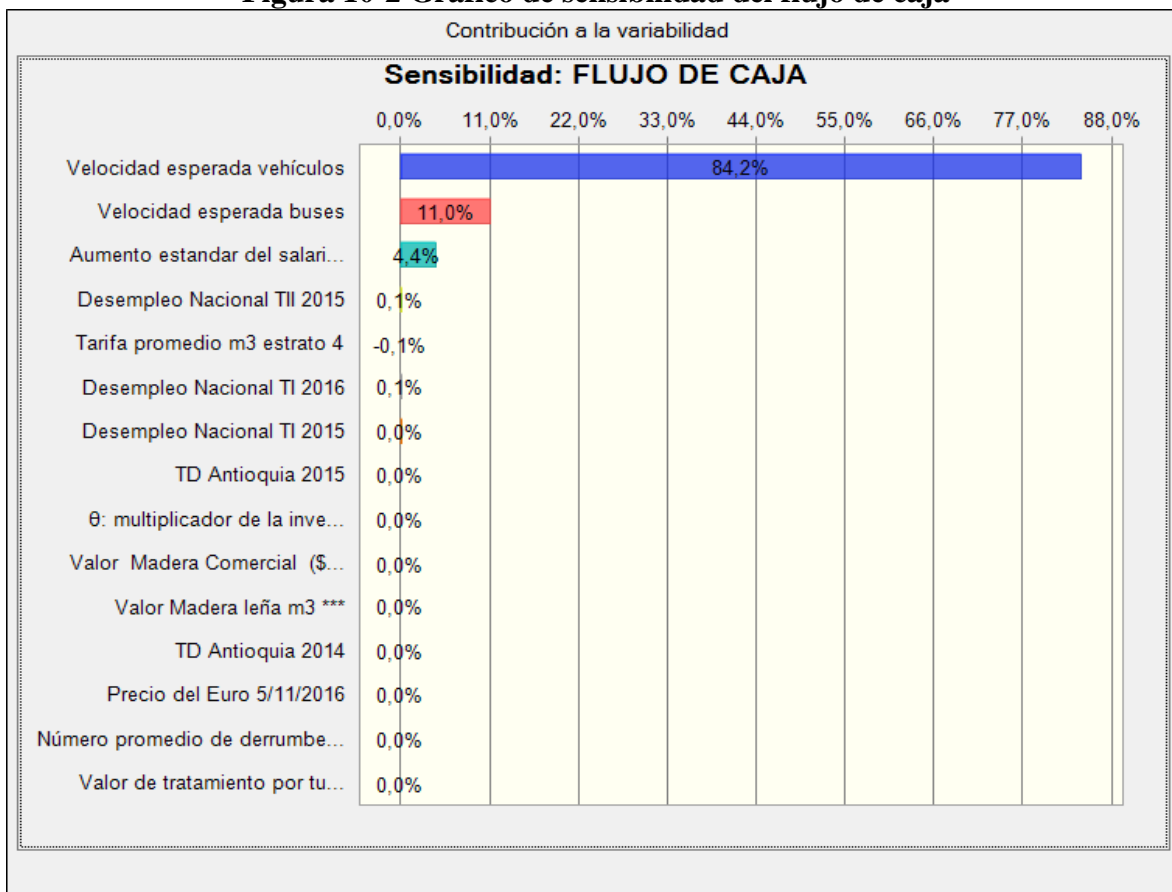
Figura 10-1 Grafico de sensibilidad del VAN –Contribución de las externalidades



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

En cuanto al modelo integrado (Figura 10-2) es claro que el flujo de caja responde esencialmente al ahorro en los costos generalizados del transporte con un 95,2% de la variación del VPN (84,2% correspondiente a la variación del VPN por la velocidad esperada de los vehículos, más 11% de la variación por velocidad esperada de los autobuses), en tanto que el porcentaje restante se distribuye entre la tasa de desempleo y el efecto multiplicador de la inversión. 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 Gráfico de sensibilidad del flujo de caja



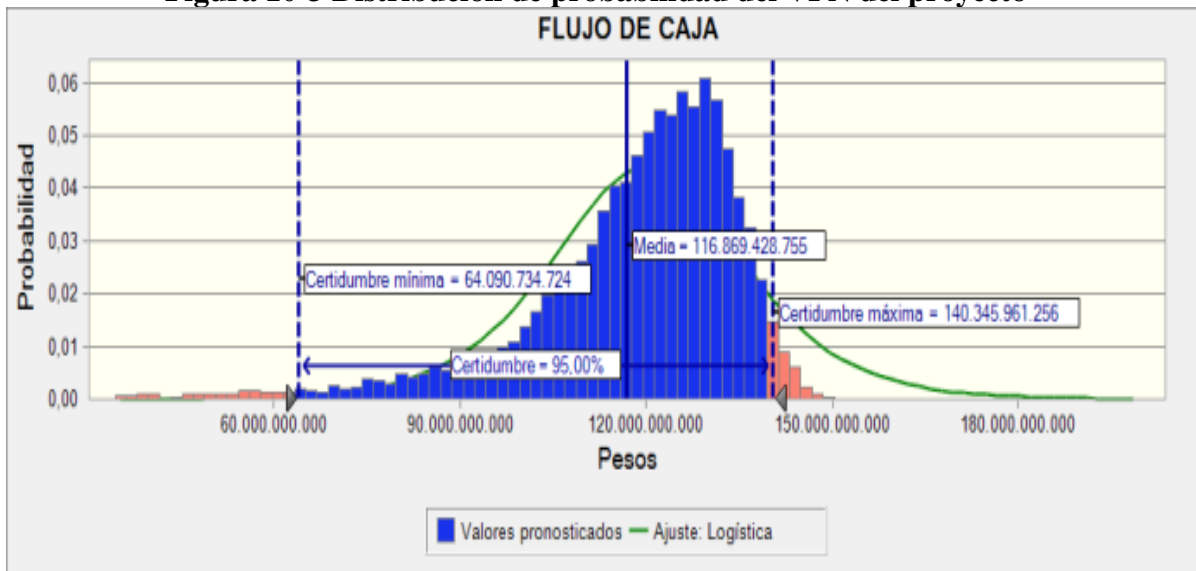
Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016. Resultados modelo de sensibilidad programa CrystalBall Oracle 2010

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.

En la Figura 10-3 se evidencia que el valor de la VPNE va ser positivo ($VPNE > 0$) con un 95% de confianza con media esperada de beneficios de \$116.869.428.755 pesos, lo cual ratifica el valor positivo obtenido en la evaluación determinista (\$128.741.012.186). Asimismo, se muestra que existe una ínfima probabilidad de que el VPN sea menor que cero (Certidumbre mínima esperada \$64.090.734.724 pesos).

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.

Figura 10-3 Distribución de probabilidad del VPN del proyecto



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