



**ALCALDIA MAYOR
BOGOTA D.C.**
Instituto
DESARROLLO URBANO





**“ELABORAR LOS ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD DEL CORREDOR
FÉRREO DEL SUR EN LA MODALIDAD FÉRROVIARIA Y SU ARTICULACIÓN
CON OTROS PROYECTOS DE TRANSPORTE DE LA REGIÓN BOGOTÁ-
CUNDINAMARCA.”**

**ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.**
CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 1860 DE 2021
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

**INFORME 2: REVISIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN - RAI
COMPONENTE FINANCIERO**

VERSION 2

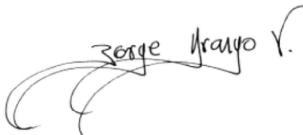
BOGOTÁ, 2022 – marzo 31

 <p>Ardanuy CONSORCIO ARDANUY COLOMBIA</p>	<p>ELABORAR LOS ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD DEL CORREDOR FÉRREO DEL SUR EN LA MODALIDAD FÉRROVIARIA Y SU ARTICULACIÓN CON OTROS PROYECTOS DE TRANSPORTE DE LA REGIÓN BOGOTÁ-CUNDINAMARCA.</p>	 <p>ALCALDIA MAYOR BOGOTÁ D.C. Instituto DESARROLLO URBANO</p>
--	---	---

REVISIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN - RAI
CONTROL DE VERSIONES

Versión	Fecha	Descripción de la Modificación	Folios
Versión 0	03/03/22	Elaboración Inicial	18
Versión 1	22/03/22	Atención Observaciones Interventoría	20
Versión 2	31/03/22	Atención Observaciones Interventoría	26
Ruta almacenamiento			
Y:\P1674 Regiotram SUR diseños\9.Trabajo\1.Tecnico\RAI\V2			

EMPRESA CONTRATISTA

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
	<p>URDANETA URDANETA CARLOS JOSE</p> <p>Firmado digitalmente por URDANETA URDANETA CARLOS JOSE Fecha: 2022.06.06 08:33:05 -05'00'</p>	<p>OSCAR ANDRES RICO GOMEZ</p> <p>Firmado digitalmente por OSCAR ANDRES RICO GOMEZ Fecha: 2022.06.06 09:08:51 -05'00'</p>
Jorge Arango Velasco Especialista	Ing. Carlos Urdaneta Coordinador consultoría	Ing. Oscar Rico Director de Consultoría

EMPRESA INTERVENTORA



REVISADO POR:	AVALADO POR:	APROBADO POR:
	<p>Diotima Preciado G.</p>	
Beatriz Lopera González Especialista	Ing. Diotima Preciado Coordinador de Interventoría	Ing. Abraham Palacios Director de Interventoría

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	4
1. DESCRIPCIÓN DEL CONTRATO	4
2. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	5
3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA ANÁLISIS FINANCIERO	8
3.1 FUENTES BIBLIOGRÁFICAS SOBRE MODELACIÓN FERROVIARIA E IMPACTO ECONÓMICO	8
3.1.1 Análisis de la capacidad financiera del Distrito	8
3.1.2 Variables macroeconómicas	9
3.1.3 Proyecciones de flujos de caja	10
4. INFORMACIÓN DE REFERENCIA EVALUACIÓN SOCIOECONOMICA	16
4.1. DESCRIPCIÓN Y ELECCIÓN METODOLOGÍA DE ANÁLISIS	16
4.1.1. PARÁMETROS GENERALES DE EVALUACIÓN	18
4.1.1.1. CAPEX Y OPEX EN LA EVALUACIÓN	19
4.2. CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA POBLACIÓN	19
4.3. PARÁMETROS PARA CÁLCULO DE BENEFICIOS ECONÓMICOS	20

INTRODUCCIÓN

Debido a la naturaleza de los análisis financieros y socioeconómicos, el análisis de la información depende en gran medida de la información desarrollado por equipos transversales a la consultoría como son los técnicos en ingeniería y los relacionados con los estudios de demanda. Sobre los primeros, se obtendrán los resultados de CAPEX y OPEX del proyecto, necesarios para el planteamiento de los costos tanto financieros como económicos (calculados a partir de la Razón Precios – Cuenta calculados por el Departamento Nacional de Planeación). El segundo estudio permite el cálculo de los ingresos del proyecto y los beneficios socioeconómicos, base fundamental para el planteamiento de los flujos futuros de los modelos de evaluación beneficio/costo tanto desde el enfoque financiero como económico. En esta medida, esta fase se concentrará en describir las bases de información que servirán de referencia para el planteamiento tanto del modelo financiero como socioeconómico.

Este documento contiene la recopilación, revisión, verificación y análisis de información secundaria para el proyecto que tiene como objeto “ELABORAR LOS ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD DEL CORREDOR FÉRREO DEL SUR EN LA MODALIDAD FERROVIARIA Y SU ARTICULACIÓN CON OTROS PROYECTOS DE TRANSPORTE DE LA REGIÓN BOGOTÁ – CUNDINAMARCA”, cumpliendo así con el entregable correspondiente según Anexo Técnico No 1 donde se describe:

“[e]l alcance se enfoca a la ejecución de actividades encaminadas a la recolección de información secundaria y primaria, de ser necesario, para hacer la caracterización desde las diferentes disciplinas de orden técnico, conducente a evaluar las alternativas de trazado del corredor férreo del sur”

Como referencia básica para el desarrollo del presente informe se toma lo expuesto en los documentos suministrados (Estudios previos IDU-CMA-SGDU-061-2021 y Anexo Técnico No 1), donde se mencionan los diferentes procesos previos realizados, que contienen los antecedentes para el actual estudio.

1. DESCRIPCIÓN DEL CONTRATO

Enmarcados en el contexto del Plan de Desarrollo “Un nuevo contrato social y ambiental para la Bogotá del siglo XXI”, adoptado mediante Acuerdo 761 del 11 de junio de 2020, el cual contempla en su artículo 15, el Programa 50. Red de metros que consiste en: “Definir la red de metros como el eje estructurador de la movilidad y de transporte de pasajeros en la ciudad, mediante el avance del ciclo de vida del proyecto de la Primera Línea del Metro de Bogotá PLMB – Tramo 1 y realizar las actividades, estudios técnicos y contratar la ejecución de la Fase 2 de la PLMB. Realizar las intervenciones en espacio público para la conexión del Regiotram de Occidente con el sistema de transporte público de la ciudad. Apoyar con recursos técnicos, financieros y administrativos la estructuración de todos los proyectos férreos que permiten la integración regional, entre estos los proyectos Regiotram del Norte y Regiotram del sur”, el IDU, adelantó la contratación de LOS ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD DEL CORREDOR FÉRREO DEL SUR EN LA MODALIDAD

FÉRROVIARIA Y SU ARTICULACIÓN CON OTROS PROYECTOS DE TRANSPORTE DE LA REGIÓN BOGOTÁ – CUNDINAMARCA.

EL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO - IDU mediante RESOLUCIÓN NÚMERO 007702 DE 2021 DEL VEINTE (20) DEL MES DE DICIEMBRE DE 2021, adjudicó el proceso de Concurso de Méritos Abierto No. IDU-CMA-SGDU-061-2021, al proponente CONSORCIO ARDANUY COLOMBIA, integrado por ARDANUY SUCURSAL COLOMBIA con NIT 900.517.810-4 (50% de participación), ARDANUY COLOMBIA SAS con NIT 900.616.686-1 (50% de participación), por un valor de CINCO MIL SETECIENTOS OCHENTA Y NUEVE MILLONES SETECIENTOS CINCUENTA Y SEIS MIL CUATROCIENTOS ONCE PESOS M/CTE (5.789.756.411,00), incluido IVA y demás impuestos y costos directos e indirectos a que haya lugar.

2. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

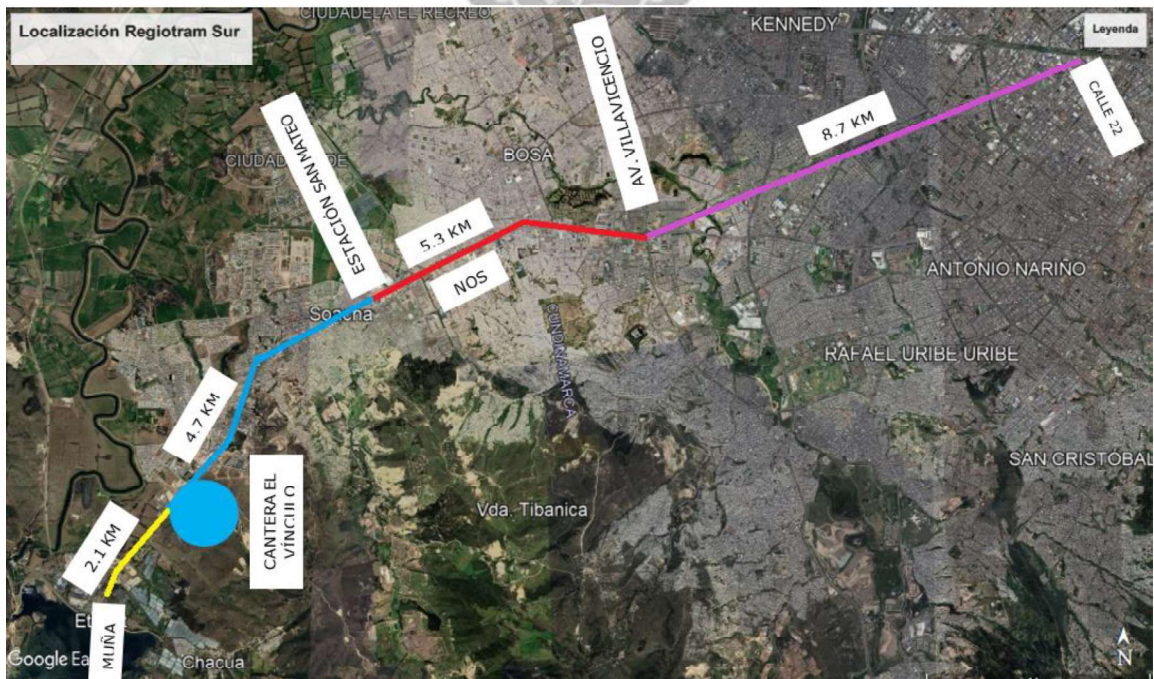
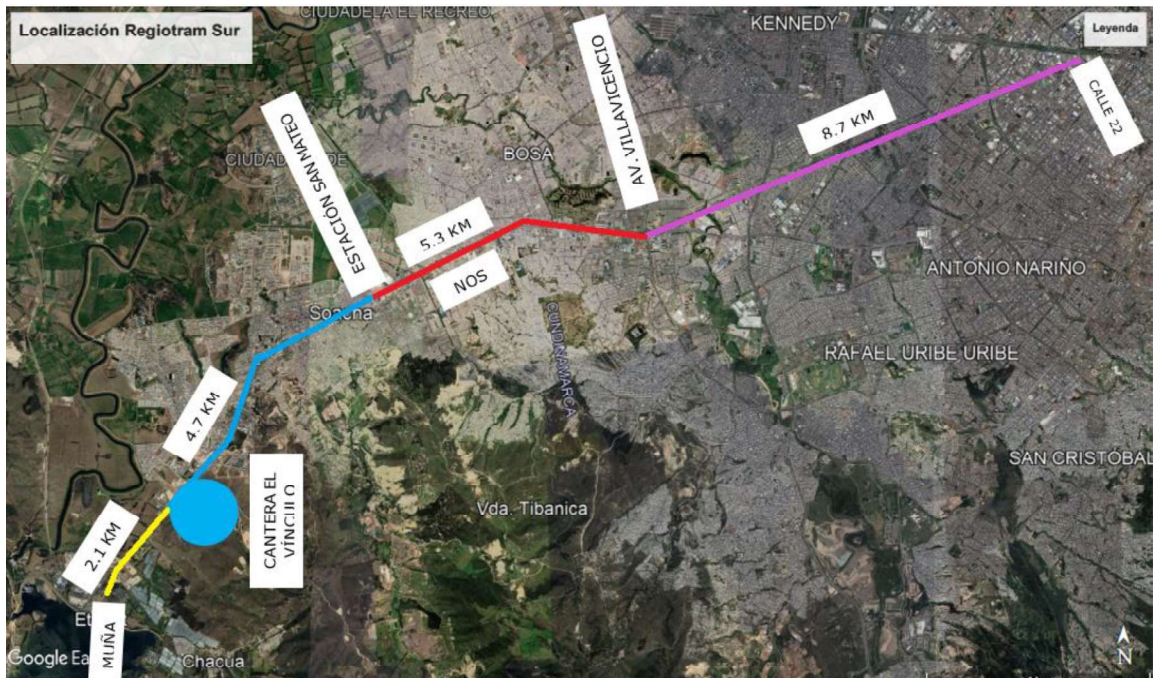
El proyecto por desarrollar se localiza en la región Bogotá – Cundinamarca, y corresponde al recorrido de corredor férreo del sur, propiedad del Instituto Nacional de Vías, y cuya titularidad señala que el TRAMO FERREO BOGOTÁ – EL SALTO (CORREDOR DEL SUR) fue transferido por la Empresa Colombiana de Vías Férreas – FERROVÍAS al Instituto Nacional de Vías – INVIAS, mediante la Escritura Pública No. 2380 otorgada el 11 de septiembre de 2007 en la Notaría 59 del Círculo de Bogotá.

Este proyecto por sus características impacta de manera positiva la población asentada en corredor de influencia Bogotá – Soacha, de tal manera que el Regiotram del Sur prevé con 15 estaciones extender la línea hasta el embalse del Muña, donde existe una zona de industria pesada y de equipamientos importantes, y a futuro con la planta de tratamiento de Canoas, es el punto ideal para localizar el Centro de Intercambio Modal (CIM).¹

Figura 1. Localización del Corredor Férreo del Sur

Instituto de Desarrollo Urbano

¹1.2. Localización -Anexo 1 Anexo técnico



Fuente: Anexo 1. Anexo Técnico -Elaboración DTP-IDU

El proyecto de Regiotram del Sur en el Distrito, deberá conllevar al mejoramiento de las condiciones urbanas de las áreas aledañas al trazado ferroviario y se prevé que podrá tener

11 estaciones dentro del perímetro urbano de Bogotá y 4 estaciones en el área de la sabana sur de Bogotá, completando una longitud cercana a los 18 kilómetros de extensión, en cinco localidades del distrito:

- Los Mártires, Puente Aranda, Kennedy, Ciudad Bolívar y Bosa

Igualmente se contextualiza la ubicación del proyecto de manera general dando del esquema general de Regiotram y su integración con otros proyectos de naturaleza similar.

Figura 2. Esquema General – Sistemas Regiotram



3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA ANÁLISIS FINANCIERO

3.1 FUENTES BIBLIOGRÁFICAS SOBRE MODELACIÓN FERROVIARIA E IMPACTO ECONÓMICO





Para el análisis financiero del proyecto se tendrán en cuenta las siguientes fuentes bibliográficas de acuerdo con la Metodología planteada para la resolución de las actividades encomendadas:

3.1.1 Análisis de la capacidad financiera del Distrito





- Proyectos y Presupuestos anuales de Bogotá. En:

https://www.shd.gov.co/shd/proyectos-y-presupuestos?field_vigencia_value=All&field_subtipo_de_documento_value=8

Presupuesto 2021

- >  PRESUPUESTO 2021.pdf
- >  Anexo1_Gestión Pública, Gobierno,Hacienda, Planeación,Movilidad,Seguridad y Otras Entidades.pdf
- >  Anexo 2_Educación,Salud,Integración Social,Cultura, Recreación y Deporte,Ambiente,Habitat y Mujeres.pdf
- >  Anexo 3_Plan Operativo Anual de Inversiones - POAI - copia.pdf

Presupuesto 2022

- >  Decreto_540_2021_Presupuesto_2022.pdf
- >  Anexo1_Gestión Pública, Gobierno,Hacienda, Planeación,Movilidad,Seguridad y Otras Entidades.pdf.pdf
- >  Anexo 2_Educación,Salud,Integración Social,Cultura, Recreación y Deporte,Ambiente,Habitat y Mujeres.pdf.pdf
- >  Anexo 3_Plan Operativo Anual de Inversiones - POAI.pdf

Los anteriores documentos serán utilizados como una referencia respecto de la capacidad de generación de recursos del Distrito, así como la utilización de los mismos, buscando un entendimiento sobre el espacio fiscal que pueda ser destinado de forma general a movilidad e infraestructura, y de forma específica al proyecto.

La metodología para desarrollar las proyecciones de la capacidad financiera del distrito utilizará como referente la publicación:

- DNP. RECOMENDACIONES PARA LA PROYECCIÓN Y ESTIMACIÓN DE LOS RECURSOS DEL SISTEMA. GENERAL DE PARTICIPACIONES (SGP) VIGENCIA 2021. Dirección General Dirección de Inversiones y Finanzas Públicas. Grupo de Financiamiento Territorial.

- DNP. Bases para la Gestión del Sistema Presupuestal Territorial

En estas publicaciones, se referencian los principios y prácticas para lograr una equilibrada proyección presupuestal.

Entre las herramientas a utilizar, se considera el SISFUT II donde se encuentra la información de las ejecuciones presupuestales municipales y departamentales agregadas en la Operación Efectiva de Caja, así como los resultados históricos del Índice de Desempeño Fiscal Territorial.

<http://sisfut.dnp.gov.co/>

3.1.2 Variables macroeconómicas

- Proyecciones económicas del equipo técnico del Banco de la República en:
<https://www.banrep.gov.co/es/cuales-son-las-proyecciones-economicas-del-equipo-tecnico-del-banco>

Donde se analizan variables de:

- Crecimiento
- Inflación
- Desempleo

<https://www.banrep.gov.co/es/proyecciones-macroeconomicas-analistas-locales-y-extranjeros>

Donde se analizan variables de:

- Crecimiento del PIB real
- Inflación IPC
- Tasa de Cambio
- Nominal DTF
- Déficit Fiscal
- Tasa de desempleo en trece ciudades

- Proyecciones económicas para cada uno de los países de América Latina y el Caribe en:
<https://www.cepal.org/es/temas/indicadores-economicos-y-proyecciones>

Donde se analizan variables de:

- Población
- Tasa de ocupación
- Tasa de crecimiento de PIB
- Inversión extranjera
- Intensidad energética

Los documentos aquí referidos serán la base para el comportamiento de las principales variables económicas, sin perjuicio que durante la ejecución del encargo se puedan incorporar otros estudios, esto en virtud principalmente de la volatilidad de las variables a observar por el post COVID y el precio de los commodities.

Tabla 1. Líneas macroeconómicas a proyectar

Macroeconómicos
Inflación esperada pesos colombianos
IPC Acumulado
Inflación esperada dólares americanos
CPI Acumulado
Variación SMMLV
Indice SMMLV acumulado
TRM Promedio
DTF
PRIME & LIBOR

3.1.3 Proyecciones de flujos de caja

- INTERNATIONAL DEVELOPMENT IN FOCUS. The Rail Freight Challenge for Emerging Economies. How to Regain Modal Share. Bernard Aritua. World Bank Group. ISBN: 978-1-4648-1381-8
- Private Capital for Railway Development. Martha Lawrence & Gerald Ollivier. World Bank, Washington & Beijing. China Transport Topics No. 10 August 2014.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Proyectos APP - Sector férreo (2020) APP SECTOR FÉRREO – DNP
- Desafíos del transporte ferroviario de carga en Colombia / Jorge Kohon, Jorge Champin, Manuel Rodríguez, René Cortés. p. cm. — (Monografía del BID ; 346) 1. Railroad trains—Colombia. 2. Public-private sector cooperation—Colombia. I. Kohon, Jorge. II. Champin Jorge. III. Rodríguez, Manuel. IV. Cortés, René. V. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Transporte. VI. Serie. IDB-MG-346
- Plan Maestro Ferroviario (PMF)

Estos documentos sirven para delimitar cuáles serán las líneas que componen las proyecciones para cada uno de los grandes grupos de fuentes y usos, a saber:

- Ingresos
- Costos
- Gastos
- Impuestos

- CAPEX
- REPEX
- Capital de trabajo

De igual manera, se establece que en el desarrollo de la consultoría se podrán incorporar las líneas que el proyecto en su complejidad requiera. De manera preliminar, con estas fuentes, se construye la estructura de líneas a desarrollar:

Tabla 2. Estructura de líneas de proyección

A. ESTADO DE RESULTADOS

INGRESOS

Ingresos pasajeros
Ingresos carga
Ingresos garantizados

COSTOS

Personal
Personal operativo de infraestructura
Personal de mantenimiento de trenes
Personal de conducción
Personal de estaciones
Mantenimiento
Mantenimiento material rodante
Mantenimiento vía
Mantenimiento señalización y control de ITS
Mantenimiento sistema eléctrico
Mantenimiento equipos auxiliares
Mantenimiento estaciones
Energía eléctrica

RESULTADO BRUTO

MARGEN BRUTO

GASTOS

Personal
Gerencia General
Gerencia administrativa
Gerencia Financiera
Gerencia de operaciones
PMA
Soporte contractual

MASC
Interventoría
Otros gastos menores

EBITDA**Margen EBITDA****GASTOS QUE NO SON CAJA**

Depreciaciones
Amortizaciones de intereses preoperativos
Comisiones consecución de recursos

EBIT (Resultado Operacional)**Margen EBIT****EGRESOS NO OPERACIONALES**

Intereses corto plazo
Intereses largo plazo

INGRESOS NO OPERACIONALES

Arriendos plataformas de venta

EBT (Resultado antes de impuestos)

Provisión impuesto de renta

RESULTADO NETO FINAL**Margen neto final****B. BALANCE GENERAL****ACTIVO****ACTIVO CORRIENTE**

Caja excedentaria
Caja mínima
Cuentas por cobrar
Anticipo impuesto de renta

ACTIVO FIJO

Socio ambiental
Predial

Diseños
Obra Civil
Equipos y sistemas ferroviarios
Otros
Material rodante adicional
Depreciación acumulada @20y

OTROS ACTIVOS

Inventario de repuestos
Gastos preoperativos
Amortización acumulada

PASIVO

PASIVO CORRIENTE CON COSTO

Necesidades de liquidez

PASIVO CORRIENTE SIN COSTO

Cuentas por pagar
Impuestos por pagar

PASIVO LARGO PLAZO

Tramo A deuda de largo plazo
Tramo B deuda de largo plazo
Tramo Z deuda de largo plazo

PATRIMONIO

Aporte Inversionistas Públicos
Aporte Inversionistas Privados
Resultado del ejercicios
Resultado acumulado

C. FLUJO DE CAJA

CAJA INICIAL

CAJA GENERADA

ACTIVIDADES DE OPERACIÓN

EBITDA
Var. Capital de trabajo
Pago del impuesto de renta

ACTIVIDADES DE FINANCIACIÓN

Variación aporte Inversionistas Públicos
Variación aporte Inversionistas Privados
Variación de la deuda
Intereses pagados
Variación de activos fijos

OTRAS ACTIVIDADES

Otros ingresos
Otros egresos

CAJA FINAL

D. FUENTES Y USOS

FUENTES

Ingresos
Variación aporte Inversionistas Públicos
Variación aporte Inversionistas Privados
Variación de la deuda
Variación de las cuentas por pagar
Variación de los impuestos por pagar

USOS

Costos
Gastos Operacionales
Intereses pagados
Impuestos
Variación de la caja mínima
Variación de las Cuentas por cobrar
Variación del Anticipo impuesto de renta
Variación del Activo Fijo

DIFERENCIA ACUMULADA DE FUENTES Y USOS

Check

E. INDICADORES DE OPERACIÓN

De ingreso de pasajeros

Número de trayectos
Valor por trayecto

Número de trayectos día (@360 días)
Trayectos / hora (@8 horas)

De ingreso de carga

Número de toneladas*Km
Valor por Ton*Km

F. INDICADORES DE MÁRGENES

Variaciones respecto del ingreso

Var. Ingresos totales

Var. Ingresos sin subsidio

Var. Costos y Gastos

Costos

Personal

Mantenimiento material rodante

Energía eléctrica

Mantenimiento estaciones

Gastos

Personal

Mantenimiento vía

Mantenimiento señalización y control de ITS

Mantenimiento sistema eléctrico

PMA

Mantenimiento equipos auxiliares

Análisis de márgenes sin subsidio

Bruto

EBITDA

Flujo de caja

G. INDICADORES DE DEUDA

Cobertura de la deuda

Servicio de la deuda

DSCR

DSCR + Caja

4. INFORMACIÓN DE REFERENCIA EVALUACIÓN SOCIOECONOMICA

De acuerdo con la descripción metodológica presentada en el plan de trabajo, en cada una de las fases de la evaluación socioeconómica se requerirá del análisis de diversas fuentes de información. Como se ha mencionado, la evaluación socioeconómica tiene como insumos fundamentales los estudios técnicos para el cálculo del CAPEX y OPEX a precios económicos, y el estudio de demanda como base para el cálculo del flujo de beneficios. En esta medida, la construcción y derivación del estudio se ha destinado para la etapa 4, por lo que se describirá a continuación la información necesaria para la construcción de cada uno de los componentes del estudio socioeconómico. Por lo tanto, en este documento se reporta un avance en la descripción de la información y parámetros que se emplearán en la evaluación socioeconómica desde un enfoque de beneficio/costo, teniendo en cuenta los parámetros generales del modelo de evaluación (tasa social de descuento y precios sombra), así como las bases de información para la caracterización de la población relacionada en la zona de influencia del proyecto, para finalizar con una descripción preliminar de los parámetros y variables que se tendrán en cuenta para el cálculo de beneficios socioeconómicos. Todas estas, fundamentales para la formulación y proyección de los flujos de costos y beneficios económicos del proyecto.

4.1. DESCRIPCIÓN Y ELECCIÓN METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

El primer componente de la evaluación socioeconómica se relaciona con la descripción detallada de la metodología de evaluación beneficio/costo en el marco de análisis socioeconómico. Por lo tanto, en esta primera fase se describirá con detalle la parte teórica y práctica de las evaluaciones socioeconómicas y sus referentes tanto a nivel internacional como nacional, por lo que se consultarán los siguientes documentos:

- Bitran, E., & Vilena, M. (2012). *Benefits and Costs in Public Private Partnership: Transport Infrastructure Projects in Latin America*. Universidad Adolfo: Facultad de Ingeniería y Ciencias.
- Börjesson, M., Jonsson, D., & Lundberg, M. (2014). An ex-post CBA for the Stockholm Metro. *Transportation Research Part A*, 70, 135-148. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tr.2014.10.006>
- Cravioto, J., Yamasue, E., Okumura, H., & Ishihara, K. (2013). Road transport externalities in Mexico: Estimates and international comparisons. *Transport Policy*, 30, 63-76.
- de Rus, G. (2010). *Introduction to Cost-Benefit Analysis. Looking for Reasonable Shortcuts*. (W. P. House, Ed.) Northampton, Massachusetts, USA: Edward Elgar Publishing, Inc.
- Donaldson, D. (2010). Railroads of the Raj: Estimating the Impact of Transportation Infrastructure. *MIT Working Papers*.
- Duranton, G. (March - June de 2015). Roads and trade in Colombia. *Economics of Transportation*, 4(1-2), 16-36.

- Elburz, Z., & Cubukcu, K. (2020). Spatial effects of transport infrastructure on regional growth: the case of Turkey. *Spatial Information Research*, 1-12.
- Eliasson, J., & Mattson, L.-G. (September de 2001). Transport and location effects of road pricing: a simulation approach. *Journal of Transport Economics and Policy*, 35(3), 417 - 456.
- Fedesarrollo. (2015). *Plan Maestro de Transporte Intermodal (PMTI) 2015-2035*. Bogotá: Fedesarrollo. Obtenido de <https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/2462>
- Financiera de Desarrollo Nacional (FDN). (2013). *Manual de Evaluación Socioeconómica para el Sector Transporte de Colombia*. FDN, Bogotá.
- Gwilliam, K. (1997). *The Value of Time in Economic Evaluation of Transport Projects*. Infrastructure Note OT-5. Washington DC: World Bank.
- Kockelman, K., Chen, D., Larsen, K., & Nichols, B. (2013). *The Economics of Transportation Systems: A Reference for Practitioners*. Austin, Texas: Center for Transportation Research.
- Korzhenevych, A., Dehnen, N., Bröker, J., Holtkamp, M., Meier, H., Gibson, G., & Cox, V. (2014). *Update of the Handbook on External Costs of Transport. Final Report*. DG Mobility and Transport. Brussels: European Commission.
- LECG. (2006). *Economic benefits of toll roads operated by the transportation corridor agencies*. Emeryville, California.
- Owen, J. (January de 1994). Accident Externality Charges. *Journal of Transport Economics and Policy*, 31-43.
- Picot, A., Florio, M., Grove, N., & Kranz, J. (2015). *The economics of infrastructure provisioning: the changing role of the state*. Cambridge, Massachusetts, United States: The MIT Press.
- Prud'homme, R., & Bocarejo, J. P. (2005). The London congestion charge: a tentative economic appraisal. *Transport Policy*, 279 - 287.
- Ramjerdi, F. (1995). An Evaluation of the Impact of the Oslo Toll Scheme on Travel Behaviour. En B. Johansson, & L.-G. Mattsson, *Road Pricing: Theory, Empirical Assessment and Policy* (págs. 107 - 130). New York: Springer Science + Business Media.
- Ramjerdi, F. (1995). *Road Pricing and Toll Financing: with Examples from Oslo and Stockholm*. Oslo: Royal institute of Technology Department of Infrastructure and Planning; Institute of Transport Economics.
- Roda, P., Perdomo, F., & Sánchez, J. (26 de febrero de 2015). Impacto de la infraestructura de transporte en el desempeño económico. *Archivos de Economía*, 1-53.
- Sandmo, A. (2008). Pigouvian Taxes. En S. Durlauf, & L. E. Blume, *The New Palgrave Dictionary of Economics* (pág. The New Palgrave Dictionary of Economics Online. Palgrave Macmillan. 04 September 2013 <http://www.dictionaryofeconomics.com/article?id=pde2008_P000351> doi:10.1057/9780230226203.1289). Palgrave Macmillan.
- Santos, G., Behrendt, H., Maconi, L., Shirvani, T., & Teytelboym, A. (2010). Part I: Externalities and economic policies in road transport. *Research in Transportation Economics*, 28, 2-45.

- Vickrey, W. (May de 1969). Congestion Theory and Transport Investment. *The American Economic Review*, 59(2), 251-260.

4.1.1. PARÁMETROS GENERALES DE EVALUACIÓN

A partir de estas referencias bibliográficas, se construirá el sustento teórico – práctico para la elección de la metodología beneficio-costos apropiada para la evaluación de este proyecto y cada una de sus alternativas. Dentro de la estructura de todo modelo de evaluación beneficio/costo desde el enfoque socioeconómico, existen parámetros fundamentales para su evaluación. El primero, tiene que ver con la tasa social de descuento, que se constituye en el mecanismo que permite descontar todos los flujos de beneficios y costos en un mismo período de tiempo para su comparación. En relación con esta tasa, existen diversos enfoques metodológicos y referentes internacionales para su cálculo. A continuación, se reporta una investigación primaria que se profundizará en el estudio socioeconómico y que se sintetiza en la siguiente tabla:

Tabla 3. Benchmark tasas de descuento social internacional

País	Tasa Social de Descuento	Año de actualización	Fuente
Filipinas	10,00%	2016	National Economic and Development Authority / Department of Finance
Colombia	9,00%	2018	Departamento Nacional de Planeación
Perú	8,00%	2017	Ministerio de Economía y Finanzas
México	10,00%	2015	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
Nueva Zelanda	8,00%	2014	Treasury Board
Estados Unidos	7,00%	2017	Office of Management and Budget
Unión Europea	5,00%	2014	European Commission
Reino Unido	3,50%	2018	HM Treasury
Chile	6,00%	2020	Ministerio de Desarrollo Social y Familia
Bolivia	12,67%	2006	Ministerio de Planificación del Desarrollo
Costa Rica	8,31%	2019	Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica
Uruguay	7,50%	2014	Oficina de Planeamiento y Presupuesto: Presidencia
Argentina	12,00%	1996	Ministerio de Economía
Paraguay	Entre 6.5% y 10.4%	2017	Ministerio de Hacienda

Para el caso de Colombia, la tasa de descuento actualizada por el Departamento Nacional de Planeación (DNP) se estimó en 9%. El segundo referente de parametrización para la estimación de los costos económicos se refiere a los precios sombra fueron actualizados por DNP para el año 2019. A continuación, se referencian los documentos en dónde se encuentran estos nuevos cálculos.

- Galeano, G. P., Cárdenas, M. M., Rangel, E. C., & Chacón, J. R. (2018). Actualización de la tasa de rendimiento del capital en Colombia bajo la metodología de Harberger (No. 016512). Departamento Nacional de Planeación.
- Diaz, G. A. H., Cárdenas, M. M., & Segura, A. F. S (2019). Actualización de la estimación de los indicadores “Razón Precio–Cuenta”. Departamento Nacional de Planeación.

4.1.1.1. CAPEX Y OPEX EN LA EVALUACIÓN

En relación con la incorporación del CAPEX y OPEX en el análisis socioeconómico, se tomará la información derivada del estudio técnico de ingeniería desarrollado por el equipo consultor. Estos datos, tanto en el CAPEX y OPEX, se incluirán en el flujo de forma anualizada, de acuerdo con la senda de inversiones y gastos estimadas en el estudio de ingeniería. Para la estimación de los costos económicos, se aplicarán la razón precio cuenta de acuerdo con los rubros específicos de inversión (maquinaria, obras civiles, material rodante, etc.). La duración del flujo económico dependerá de la estimación de la vida útil del proyecto, que deberá ser concertada con los demás miembros de los equipos técnicos de la consultoría. Una vez estimados estos flujos, se deberán contrastar con los beneficios socioeconómicos para construir los flujos de beneficios netos del proyecto y los indicadores de viabilidad.

Instituto de Desarrollo Urbano

4.2. CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA POBLACIÓN

En la segunda fase, relacionado con el diagnóstico de la situación actual, se realizará la caracterización de la población afectada por el proyecto en términos socioeconómicos, en el que se realizará el análisis concerniente a la caracterización de la población ubicada en la zona de influencia del proyecto, en dónde se tendrán en cuenta las dinámicas poblacionales y la descripción de indicadores tan macro como micro de las condiciones socioeconómicas, como el empleo, pobreza y otras dinámicas demográficas. Este análisis se dejó para la fase final del estudio con el objeto de reportar el análisis con los datos más recientes tanto desde el punto de vista macro como microeconómico. Para ejecutar esta evaluación, se requiere el análisis de información secundaria procedente de:

- Información macroeconómica de caracterización como el crecimiento del PIB, dinámicas comerciales, comportamiento del empleo, de la tasa de cambio y tasas de interés (DANE, Banco de la República, Banco Mundial, Fondo Monetario Internacional)

- Información de la dinámica productiva a nivel nacional, Bogotá y Soacha (DANE, Secretaría de Hacienda de Bogotá y de Soacha)
- Información demográfica del DANE
- Información indicadores socioeconómicos (pobreza, desigualdad, calidad de vida) del DANE

4.3. PARÁMETROS PARA CÁLCULO DE BENEFICIOS ECONÓMICOS

Como se describió en la parte introductoria de esta sección, los beneficios económicos dependen en gran medida del estudio de demanda, que permite la comparación del desempeño en términos de transporte de los usuarios ante la situación con proyecto y sin proyecto. Esta permite la comparación entre escenarios y la estimación de beneficios directos para los agentes relacionados con el tren de cercanías, tales como el ahorro en tiempos de viaje, los ahorros en costos de transporte debido a la sustitución modal, así como las eficiencias en términos del medio ambiente derivadas del empleo de tecnologías más limpias para el tránsito de pasajeros. Para esta parte entonces, se reportan el análisis para los parámetros que permitirán la valoración de los beneficios.

En términos prácticos, la medición de los beneficios económicos por reducción en los tiempos de viaje exige la aplicación de un modelo de transporte para estimar el flujo y la velocidad resultante en los escenarios con y sin proyecto. Con estos parámetros y un estimativo del recorrido medio es posible estimar la reducción en el tiempo de viaje, para un viaje típico, y su agregación a todos los usuarios de la zona objeto de intervención. Como resultado, se obtiene un ahorro anual en minutos atribuible al proyecto. Este ahorro, para convertirlo en una magnitud económica, se debe valorar al costo de oportunidad del tiempo.

Se plantea en esta metodología utilizar como indicador del valor del tiempo el ingreso medio por empleado reportado en las encuestas a los hogares que se realizan en Colombia (la Gran Encuesta Integrada de Hogares) ponderado por la estructura socioeconómica de los de Bogotá y Soacha. En la sección que describe la formulación del modelo de evaluación socioeconómica por medio de la metodología Beneficio/Costo, se detallará en este cálculo. En la presente sección, se reporta un benchmark internacional sobre este valor. En efecto, el ingreso de los empleados de hogar representa el costo de oportunidad del tiempo. El tiempo dedicado al transporte en áreas urbanas, es tiempo que se podría destinar a las actividades laborales que generan ingreso².

² Algunos analistas prefieren utilizar el valor subjetivo del tiempo. Este parámetro, estimado en ejercicios de valoración contingente, expresa la disponibilidad a pagar de los usuarios por reducir el tiempo de sus viajes (ej, mayor tarifa por modos de mayor velocidad) o, de manera equivalente, el valor aceptado de una compensación por destinar más tiempo a la movilidad. El valor subjetivo del tiempo se utiliza en la parametrización de la función de demanda que alimenta los modelos de transporte. Típicamente, estos valores se obtienen de Encuestas de Preferencias Declaradas, que tienen como objeto estimar la sensibilidad/elasticidad en la elección de los modos de viaje para los

Tabla 4. Estimación del valor del tiempo

País	Unidad	Tipo	Valor	Año	Fuente
Perú	Valor del Tiempo (soles/hora pasajero)	Laboral – urbano	6,81	2017	Ministerio de Economía y Finanzas
		Laboral – rural	4,56		
	Valor del Tiempo (soles/hora pasajero)	Transporte Local Privado - Lima – Urbano	7,83		
		Transporte Local Privado - Lima – Rural	5,17		
		Transporte Local Privado - Costa – Urbano	5,03		
		Transporte Local Privado - Costa - Rural	3,02		
		Transporte Local Privado - Sierra - Urbano	4,84		
		Transporte Local Privado - Sierra - Rural	2,29		
		Transporte Local Privado - Selva - Urbano	6,52		
		Transporte Local Privado - Selva - Rural	3,36		
		Transporte Local Público - Lima - Urbano	6,50		
		Transporte Local Público - Lima - Rural	3,31		
		Transporte Local Público - Costa - Urbano	5,14		
		Transporte Local Público - Costa - Rural	2,22		
		Transporte Local Público - Sierra - Urbano	4,74		

usuarios, ante diversos escenarios hipotéticos de tiempos y costos. Aunque existen diversas técnicas para tratar de evitar los sesgos en la respuesta de las personas, investigaciones recientes muestran que la imposibilidad de cálculos completamente racional y el componente estratégico de los agentes, genera desviaciones sobre el “valor real” del tiempo de los usuarios (Fosgerau, Melo, De Palma, & Shum, 2020). Para la evaluación económica, se considera más apropiado considerar el valor agregado sacrificado por la ciudadanía por los mayores tiempos de viaje que le imponen las restricciones de movilidad. Las razones para la escogencia de este enfoque se fundamentan en que la literatura económica ha encontrado evidencia empírica sobre la aproximación existente entre gastos e ingresos, por lo que es posible encontrar valores más “objetivos” a partir de estos enfoques basados en la exploración de Encuestas de Ingresos y Gastos. De forma adicional, se establecen razones distributivas para seleccionar un solo valor ponderado del tiempo y no estratificado, ya que, si se determinaran valores diferenciales por las condiciones socioeconómicas de la población, se induciría un riesgo de selección adverso de los proyectos, limitados por valores del tiempo muy bajos en la población que se beneficiaría del proyecto (Ver “CEPAL (2004). Evaluación social de inversiones públicas: enfoques alternativos y su aplicabilidad para Latinoamérica. Serie de Manuales N° 37).

País	Unidad	Tipo	Valor	Año	Fuente
		Transporte Local Público - Sierra - Rural	2,09		
		Transporte Local Público - Selva - Urbano	5,01		
		Transporte Local Público - Selva - Rural	2,12		
		Transporte Interurbano Privado - Costa	7,12		
		Transporte Interurbano Privado - Sierra	7,23		
		Transporte Interurbano Privado - Selva	6,84		
		Transporte Interurbano Público - Lima	5,87		
		Transporte Interurbano Público - Costa	5,73		
		Transporte Interurbano Público - Sierra	3,37		
		Transporte Interurbano Público - Selva	4,41		
		Aéreo	15,22		
Chile	Valor Social del Tiempo Urbano: (\$/hora-pasajero)	Viaje	2,33	2020	Ministerio de Desarrollo Social y Familia
		Espera	4,66		
		Caminata	4,66		
	Valor Social del Tiempo Interurbano: (\$/hora)	Terrestre - por pasajero	7,64		
		Aéreo - por pasajero	16,11		
		Camión - por vehículo	9,23		
Uruguay	Valor/hora (pesos uruguayos)	Automóvil	123,85	2014	Universidad de Chile
		Camioneta	164,21		
		Camión	182,28		
		Bus Interurbano	1448,13		
		Área Interurbanos - Automóvil	82,82		
		Área Interurbanos - Camioneta	109,81		
		Área Interurbanos - Camión	121,89		
		Área Interurbanos - Bus Interurbano	479,62		
		Area rural - Automóvil	90,96		
		Area rural - Camioneta	120,60		
		Area rural - Camión	133,87		
		Area rural - Bus Interurbano	247,80		
México		Viajes por motivo de trabajo	70,07	2020	

País	Unidad	Tipo	Valor	Año	Fuente
	Valor/hora (pesos mexicanos)	Viajes de ocio	42,04		Instituto Mexicano de Transporte
Colombia	Valor/hora (pesos colombianos)	Tiempo de viaje de trabajo - Nacional	3101	2019	Departamento Nacional de Planeación
		Tiempo de viaje de trabajo - Urbano	3450		
		Tiempo de viaje de trabajo - Rural	1840		
		Tiempo de viaje relacionado con salud - Nacional	3076		
		Tiempo de viaje relacionado con salud - Urbano	3400		
		Tiempo de viaje relacionado con salud - Rural	1923		
		Tiempo de viaje relacionado con educación - Nacional	2981		
		Tiempo de viaje relacionado con educación - Urbano	3315		
		Tiempo de viaje relacionado con educación - Rural	1770		
Dinamarca	Valor/hora (USD)	Viajero diario (COMMUTER VTTs)	10,98	2004	Departamento de Transporte de Estados Unidos
Francia			10,26	1998	
Noruega			6,32	1995	
España			17,06	2005	
Suecia			4,34	1994	
Suiza			15,85	2003	
Estados Unidos	Valor/hora (USD)	Viaje local - Personal	12,30	2012	
		Viaje local - Negocios	24,10		
		Viaje Local - Todos los propósitos	12,80		
		Viaje entre ciudades - Personal (terrestre)	17,20		
		Viaje entre ciudades - Negocios (terrestre)	24,10		
		Viaje entre ciudades - Todos los propósitos (terrestre)	18,70		
		Viaje entre ciudades - Personal (aéreo y carreteras de alta velocidad)	32,60		
		Viaje entre ciudades - Negocios (aéreo y carreteras de alta velocidad)	60,00		
	Viaje entre ciudades - Todos los propósitos (aéreo y carreteras de alta velocidad)	43,70			

País	Unidad	Tipo	Valor	Año	Fuente
Reino Unido	Valor/hora (Libra esterlina)	Carro - Empleador (ejecutivo)	14,05	2015	Departamento de Transporte de Reino Unido
		Carro - Empleado (ejecutivo)	20,43		
		Carro - Empleado (obrero)	17,45		
		Carro - Trabajador por cuenta propia (ejecutivo)	13,03		
		Carro - Trabajador por cuenta propia (obrero)	8,55		
		Tren - Empleador (ejecutivo)	21,31		
		Tren - Empleado (ejecutivo)	29,93		
		Tren - Empleado (obrero)	19,48		
		Tren - Trabajador por cuenta propia (ejecutivo)	15,28		
		Tren - Trabajador por cuenta propia (obrero)	5,91		
		Otros transportes públicos - Empleado (ejecutivo)	10,33		
		Otros transportes públicos - Empleado (obrero)	8,22		
		Otros transportes públicos - Trabajador por cuenta propia (ejecutivo)	8,72		
		Otros transportes públicos - Trabajador por cuenta propia (obrero)	5,89		

La reducción de costos de operación debido a un posible cambio modal dada la ejecución del Tren del Sur, se puede modelar a partir de la relación implícita en el HDM IV, programa desarrollado por el Banco Mundial, entre el costo de operación del vehículo (COV) y la velocidad en cada categoría vehicular³. La valoración de estos beneficios, entonces, tomaría como insumo los estimativos del flujo vehicular y la velocidad obtenidos a partir de la modelación de transporte para las situaciones con y sin proyecto.

La información de flujos y velocidades, discriminada por categoría vehicular, se ingresa al HDM IV, que debe estar parametrizado con las condiciones del país donde se ejecuta el proyecto. En particular, el modelo está en capacidad de estimar los costos (CAPEX y OPEX) por kilómetro si cuenta con información específica del país dónde se hace la evaluación como: valor del vehículo nuevo, precio de los combustibles, precio de lubricantes y llantas, valor del tiempo de los operarios de mantenimiento, entre otras variables.

³ El Highway Design Model (HDM) es un modelo desarrollado por el Banco Mundial que permite, entre otras funcionalidades, estimar el costo de operación para varias categorías vehiculares ante diferentes condiciones de operación: topografía, estado y tipo de infraestructura, congestión.

El ahorro resultante en términos de pesos/km, se agrega a todo el flujo ponderando por la participación de cada tipo de vehículo. De esta forma se obtiene el ahorro anual en costos de operación de los vehículos generado por el proyecto.

Para el cálculo de los beneficios por una reducción en la externalidad de emisiones de gases contaminantes, nuevamente es necesario contar con los resultados de la modelación del estudio de tráfico para caracterizar las velocidades y el flujo vehicular en las situaciones con y sin proyecto. Estos resultados, como se explicó, se procesan con el HDM IV para obtener el ahorro en consumo de combustible. Finalmente, se cuenta con parámetros que traducen el uso de cada energético (gasolina, diésel, gas natural o eléctrico) en emisión de contaminantes por unidad de consumo (gal, Kwh, m³). Con esta aproximación es posible evaluar las emisiones evitadas gracias a la ejecución del proyecto en términos de material particulado (MP₁₀ y MP_{2.5}), CO₂, NO_x, entre otros⁴.

En el caso de la movilidad compartida es necesario contar con un estimativo de penetración inducida por el proyecto y del proceso de cambio modal. En particular se deben estimar las proporciones del modo original en que se movilizan los usuarios que migran hacia la movilidad eléctrica, como sería el Tren del Sur. Estas proporciones son relevantes porque permiten determinar el nivel de contaminación que caracterizaba a los beneficiarios del proyecto. El impacto sobre el ambiente es mucho mayor si un usuario de automóvil particular a diésel se pasa a un modo como el Tren del Sur que si lo hace un usuario del transporte público tradicional.

Una vez establecida la reducción en la emisión de contaminantes inducida por el proyecto, es necesario cuantificar su valor económico. La contaminación en las áreas urbanas, y particularmente el material particulado, tienen una incidencia alta en los índices de morbilidad y mortalidad en las ciudades. Los avances de la última década en el monitoreo tanto de calidad del aire como de los patrones de morbilidad y mortalidad han permitido robustecer los análisis estadísticos de causalidad entre la contaminación ambiental y la salud pública. Se ha demostrado que los efectos del material particulado y otros contaminantes sobre las tasas de mortalidad son mucho más elevados de lo que se estimaba con la información disponible en el pasado^{5 6}.

⁴ En el mercado están disponibles otras herramientas computacionales con la capacidad para traducir los vehículos kilómetro en emisiones de contaminantes., para cada tipología de vehículo, tipo de combustible, e incluso modelo (edad) del vehículo.

⁵ OECD (2014), The Cost of Air Pollution: Health Impacts of Road Transport, OECD Publishing.

<http://dx.doi.org/10.1787/9789264210448-e>. “En el mundo la contaminación del aire mata cerca de tres millones de personas al año y causa problemas de salud como asma y enfermedades cardíacas a muchos más. En el período de cinco años 2005 y 2010 se presentó un incremento del 4% en el número de muertes prematuras causadas por la contaminación del aire a nivel global.”

⁶ La Organización Mundial de la Salud, por su parte, sostiene la siguiente afirmación: “Se estima que la contaminación ambiental del aire, tanto en las ciudades como en las zonas rurales, fue causa de

Por otra parte, se dispone de estudios que han fijado un valor económico a la morbilidad y a la mortalidad. En el primer caso las estimaciones se basan en los gastos de atención médica asociados con enfermedades respiratorias relacionadas con la contaminación del aire y en el costo de oportunidad (salario) asociado con los días de incapacidad que en promedio reportan enfermos por estas causas. El valor estadístico de la vida humana es un parámetro polémico obtenido mediante estudios de valor contingente en los cuales se pregunta a un número grande de encuestados cuál sería su disponibilidad a pagar por reducir la probabilidad de mortalidad por una causa específica. Los resultados de estos estudios están disponibles para países desarrollados y se han extrapolado para el caso colombiano.

Con las metodologías descritas, entonces, es posible estimar el beneficio económico por reducción en la contaminación, inducida por el proyecto.

Tabla 5. Factores de emisión para GEI y material particulado

Contaminante	Valor de referencia	Unidades	Fuente / Comentarios
PM _{2.5}	0.198	USD/gramo	Secretaria Distrital de Ambiente de Bogotá, 2010 Estimación local y actualizada a partir de datos del Plan Decenal de Descontaminación del Aire de Bogotá
	0.102	USD/gramo	Update of the Handbook on External Costs of Transport, 2014 Adaptado para la Unión Europea con transferencia de beneficios
CO _{2eq}	20	USD/Ton	Cadena et al., 2016; Gobierno de Colombia, 2015 Costo de abatimiento seleccionado para la Contribución Nacionalmente Determinada (NDC) de Colombia

Los anteriores parámetros se emplearán sobre los resultados del modelo de demanda con el objeto de calcular en términos monetarios los beneficios económicos inducidos por el proyecto en cada escenario planteado por los equipos técnicos de la consultoría, y que servirán de insumo para el cálculo y proyección de los flujos de beneficios socioeconómicos.

4,2 millones de muertes prematuras en todo el mundo por año; esta mortalidad se debe a la exposición a partículas pequeñas de 2,5 micrones o menos de diámetro (PM_{2.5}), que causan enfermedades cardiovasculares y respiratorias, y cáncer". [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)