



**METRO LÍNEA 1**

## PRIMERA LÍNEA DEL METRO DE BOGOTÁ



# ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA RECEPTORA SER 1 Y SU LÍNEA DE TRANSMISIÓN A 115 KV. CAPÍTULO 8. EVALUACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL

L1T1-0000-000-CON-ED-AMB-ES-0002

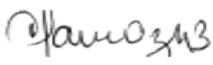


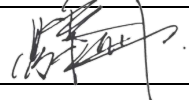
CONTROL DE EMISIONES		
REVISIÓN	FECHA	EMITIDO PARA
VBB	21/12/2022	Emitido para revisión y comentarios del cliente e Interventoría
VA0	21/12/2022	Emitido para comentarios internos – Emisión preliminar para comentarios


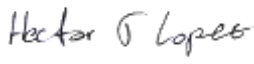


El contenido de este documento no podrá ser divulgado a terceros ya sea en parte o en su totalidad sin autorización escrita de METRO LINEA 1 SAS

The content of this document may not be disclosed to third parties either in part or in full without written authorization from METRO LINEA 1 SAS

未经 METRO LINEA 1 SAS 的书面授权，不得将本文件的内容部分或全部透露给第三

CONTROL DE CAMBIOS		
REVISIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO
VBB	21/12/2022	Emitido para revisión y comentarios del cliente e Interventoría
VA0	21/12/2022	Emitido para comentarios internos – Emisión preliminar para comentarios

APROBACIÓN ML1			
	FIRMA	NOMBRE	CARGO
REVISÓ		Claudia Marcela Diaz	Coordinadora Ambiental
REVISÓ		Oscar Rene Avella	Director Ambiental y SST
REVISÓ		Alexandra Coredor	Director Ambiental y SST
APROBÓ		Yi Liming	Vicepresidente Ambiental y SST

	APROBACIÓN CPA INGENIERÍA S.A.S.		
	FIRMA	NOMBRE	CARGO
ELABORÓ		Hector Julian Lopez	Coordinador de proyectos
REVISÓ		Sonia Ardila	Directora de proyectos
APROBÓ		Sonia Ardila	Directora de proyectos

## Tabla de contenido

<b>8</b>	<b>EVALUACIÓN AMBIENTAL</b> .....	<b>4</b>
<b>8.3</b>	<b>EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LOS IMPACTOS</b> .....	<b>4</b>
<b>8.4</b>	<b>Análisis de internalización</b> .....	<b>6</b>
<b>8.5</b>	<b>Valoración económica de los costos ambientales y los beneficios del proyecto</b> .....	<b>23</b>
8.5.1	Alteración en los niveles de presión sonora .....	23
8.5.2	Cambios de la dinámica de empleo .....	28
<b>8.6</b>	<b>Análisis de los Costos y Beneficios Ambientales</b> .....	<b>29</b>
<b>8.7</b>	<b>Conclusiones del capítulo</b> .....	<b>34</b>
<b>8.8</b>	<b>Referencias</b> .....	<b>36</b>

## Índice de tablas

Tabla 1.	Análisis de internalización de los impactos relevantes .....	8
Tabla 2.	Costos relacionados en el PMA para la internalización de impactos (prevención y corrección) .....	21
Tabla 3.	Medidas biofísicas de decibeles (dB) generados por el proyecto.....	24
Tabla 4.	Medidas de referencia de DAP para reducir el ruido en otros países .....	27
Tabla 5.	Cálculo de la afectación del ruido generado por el proyecto .....	27
Tabla 6.	Cálculo de la afectación del ruido generado por el proyecto .....	29
Tabla 7.	Calculo del flujo de los costos y beneficios ambientales a valores constantes, año base 2022 .....	31
Tabla 8.	Cálculo del Valor Presente Neto – VPN a diferentes tasas de descuento para un periodo de 24 meses .....	33

## Índice de Figuras

Figura 1. Análisis de sensibilidad del Valor Presente Neto – VPN, a diferentes tasas de descuento\* . 34

## 8 EVALUACIÓN AMBIENTAL

### 8.3 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LOS IMPACTOS

El presente capítulo hace referencia a los elementos esenciales del proceso de Evaluación Económica de los Impactos relevantes del proyecto para la construcción, operación y desmantelamiento de la Subestación eléctrica receptora y su línea de transmisión a 115KV - SER 1. Los siguientes numerales desarrollan los elementos descritos en los Términos de Referencia establecidos por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) bajo el número TER – 17. En este sentido, el capítulo inicia con un análisis de internalización que acude a la identificación de los impactos más relevantes en el escenario con proyecto (moderados, severos y críticos), esperando que sean prevenidos y/o corregidos al 100% por el Plan de Manejo Ambiental – PMA. Si las fichas del PMA no cumplen con este requerimiento, se pasará a la fase valoración económica ambiental de esos impactos que no sean internalizados, usando las diferentes metodologías de valoración y calculando los respectivos indicadores de viabilidad económica y estimadores financieros (ANLA, 2018, pg.105)<sup>1</sup>.

Atendiendo los lineamientos dados por los términos de referencia se recomienda seguir las instrucciones para la valoración económica de los proyectos sugerido por la ANLA. Es así, que se debe seguir el protocolo de la guía de “*Criterios Técnicos para el Uso de Herramientas Económicas en los Proyectos, Obras o Actividades Objeto de licenciamiento Ambiental*”, acogido mediante la resolución 1669 de 2017 de dicha entidad (referido en adelante como ANLA, 2017)<sup>2</sup>. Es así, que se hace necesario tener en cuenta todos aquellos elementos necesarios y suficientes (Pasos) para dar cumplimiento a la totalidad de los elementos solicitados en documento de la ANLA (2017). Cada sección es relevante y conforma una secuencia a lo largo del documento integrando los siguientes pasos si aplican para cada caso o tipo de proyecto (idem. pg 42-44):

---

<sup>1</sup> Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA (2018). Términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA. Proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica. TdR-17 Disponible en: [https://www.anla.gov.co/documentos/normativa/terminos\\_referencia/tdr\\_eia\\_sist\\_trans.pdf](https://www.anla.gov.co/documentos/normativa/terminos_referencia/tdr_eia_sist_trans.pdf)

<sup>2</sup> Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA (2017). Criterios Técnicos para el Uso de Herramientas Económicas en los Proyectos, Obras o Actividades Objeto de licenciamiento Ambiental. Disponible en: [https://www.anla.gov.co/01\\_anla/documentos/sipta/valoracion\\_economica/cartilla\\_criterios\\_tecnicos\\_para\\_el\\_uso\\_de\\_herramientas\\_economicas\\_ver2.pdf](https://www.anla.gov.co/01_anla/documentos/sipta/valoracion_economica/cartilla_criterios_tecnicos_para_el_uso_de_herramientas_economicas_ver2.pdf)

Paso 1 - Identificación de impactos significativos: Se mostrarán los criterios donde se seleccionarán estos impactos. Es decir, impactos que no sean internalizados por el Plan de Manejo Ambiental (PMA) y que sean objeto de la valoración económica. Se deben garantizar dos cosas para la selección de cada uno de estos impactos; debe estar calificado en los mayores niveles de significancia y debe reportar alguna probabilidad de ocurrencia.

Paso 2 - Cuantificación del cambio en los servicios ecosistémicos: Este paso hace referencia a la cuantificación biofísica generada en el medio ambiente por el probable efecto de los impactos significativos.

Paso 3 - Valoración económica de los cambios en los servicios ecosistémicos: Se valorarán económicamente los impactos que cumplan con los criterios de selección y que sean seleccionados por el análisis de internalización, es decir, los no internalizados por el PMA en su totalidad. En este capítulo se mostrará una breve introducción a las metodologías particulares (alcances y limitaciones) y los cálculos propios del ejercicio para cada impacto.

Paso 4 - Valor Presente Neto (VPN) de los costos y beneficios: Se presentará el flujo de los costos y beneficios relacionados en el tiempo de ejecución del proyecto y la resiliencia contemplada de los mismos. El periodo u horizonte de tiempo de las afectaciones tanto positivas como negativas del proyecto.

Paso 5 - Obtención de los principales criterios de decisión: Una vez obtenido el VPN, el siguiente paso es aplicar el test del VPN. Aquí se analiza el valor presente del proyecto teniendo en cuenta que el criterio de aceptación, rechazo o indiferencia, es un aporte subsidiario en la toma de decisión sobre la viabilidad ambiental del proyecto y se dice que éste genera ganancias en bienestar social. Como alternativa de análisis se utiliza la Relación de los Beneficios y los Costos (RBC), la cual está dada por el cociente entre el valor actual de los beneficios y el valor actual de los costos.

Paso 6 - Análisis de sensibilidad e incertidumbre: En este paso se realiza un análisis de la sensibilidad debida a la incertidumbre que rodea algunos costos y beneficios futuros. Se calcula el VPN con diferentes valores de parámetros de posibles tasas de descuento que puedan afectar la viabilidad del proyecto.

Paso 7 - Integración de resultados: Para finalizar se realizan unas breves conclusiones y recomendaciones para facilitar el ejercicio técnico y la toma de decisión de los evaluadores, de tal forma que se pueda dar visto bueno a la eficiencia, eficacia y equidad en el desarrollo de este tipo de proyectos de inversión.

De acuerdo con los resultados de la evaluación CON proyecto realizada se identifica que ninguna de las actividades a realizar en las diferentes etapas del proyecto generara impactos con nivel de importancia severo y/o crítico, y no presentan características de irrecuperable. Las actividades con mayor número de interacciones son Excavación y Adecuación del Terreno Subestación y Excavación y Adecuación del Terreno Línea de Trasmisión con (7) interacciones importancia moderado y (2) Interacciones importancia irrelevante, seguido por las actividades construcción de dados de cimentación con (2) valoraciones irrelevantes y (4) valoraciones con importancia moderado, la adecuación de accesos con (3) valoraciones moderadas y (3) interacciones valoración de importancia irrelevante, posteriormente es apropiado mencionar el Retiro y disposición final de residuos, Desmantelamiento de línea de trasmisión y subestación, Construcción de cerramiento perimetral, Adecuación de Accesos estas actividades con más de (4) o más interacciones negativas con importancia moderada e irrelevante, estas pueden ser consideradas como el grupo de actividades con el nivel de importancia medio respecto a los impactos negativos generados. Por tal razón no se identifican impactos residuales. Los impactos a llevar al análisis de internalización son:

1. Alteración de las condiciones geotécnicas
2. Alteración a la calidad del suelo
3. Alteración a la calidad del recurso hídrico superficial
4. Alteración a la calidad del aire
5. Alteración en los niveles de presión sonora
6. Alteración a comunidades de fauna terrestre

#### 8.4 Análisis de internalización

En este numeral se presenta el análisis de la eficiencia de acción de las medidas del PMA que garantizan la internalización de impactos prevenibles y/o corregibles – solo se tiene en cuenta los indicadores de eficacia y cumplimiento (ANLA, 2017). Es así, que se realiza el presente análisis para los impactos ambientales significativos, es decir, aquellos que pueden tener un mayor nivel de afectación al ambiente. El proceso es basado en la comparación de la Línea Base con los resultados del capítulo la evaluación ambiental con proyecto que se incluyen el Estudio de Impacto ambiental – esto es con el fin de aproximar la variación en la medida biofísica del impacto. En la siguiente tabla se presenta el listado total de impactos que son sujetos al primer criterio de selección y que no cumple con el segundo. Estos impactos se relacionan con la información de cada ficha, focalizando la atención a las respectivas medidas de manejo que se describen en el respectivo capítulo del PMA.

Lo siguiente es orientado en el documento de la ANLA (2017, pg. 61-63) y es desarrollado a partir del proceso:

- ▶ Descripción del impacto negativo e identificación de los servicios ecosistémicos comprometidos: Se realizó una lista de todos los impactos que son considerados significativos y de alta probabilidad de ocurrencia.
- ▶ Definición del indicador: Expresión cuantitativa y/o cualitativa que mide el cambio previsible.
- ▶ Cuantificación del cambio del servicio ecosistémicos: Cambio expresado en el indicador que se reporta en la línea base frente lo reportado en el escenario con proyecto.
- ▶ Medida de manejo seleccionada e indicadores asociados: Nombre de la ficha del PMA y respectivo código de identificación.
- ▶ Resultado esperado de la medida: Porcentaje de cumplimiento de la medida reportada en el PMA.
- ▶ Estimación de los costos anuales: Valor reportado en la implementación de la ficha del PMA.



Tabla 1. Análisis de internalización de los impactos relevantes

IMPACTO NEGATIVO	SERVICIOS ECOSISTÉMICOS O AMBIENTALES	INDICADOR LÍNEA BASE - EIA		CUANTIFICACIÓN DEL CAMBIO (c)	MEDIDA DEL PMA (CORRECCIÓN Y PREVENCIÓN)		COSTOS ANUALES (COP)			
		NOMBRE	VALOR (b)		NOMBRE	VALOR (a)	COSTOS DE TRANSACCIÓN	COSTOS OPERATIVOS	COSTOS DE PERSONAL	COSTOS AMBIENTALES TOTALES
Alteración de las condiciones geotécnicas	Servicios de apoyo	Verificar la cantidad de residuos no peligrosos generados y verificar su disposición final (Cantidad de residuos no peligrosos dispuestos en sitios autorizados/ Cantidad de residuos generados/) * 100	0%	100%	PMA-03 Manejo de residuos sólidos	100%	\$ -	\$ 63.000.000	\$ -	\$ 63.000.000
		Verificar la cantidad de residuos aprovechables y su entrega a un tercero autorizado (Cantidad de residuos	0%	100%		100%				

IMPACTO NEGATIVO	SERVICIOS ECOSISTÉMICO S O AMBIENTALES	INDICADOR LÍNEA BASE - EIA		CUANTIFICACIÓN DEL CAMBIO (c)	MEDIDA DEL PMA (CORRECCIÓN Y PREVENCIÓN)		COSTOS ANUALES (COP)				
		NOMBRE	VALOR (b)		NOMBRE	VALOR (a)	COSTOS DE TRANSACCIONES	COSTOS OPERATIVOS	COSTOS DE PERSONAL	COSTOS AMBIENTALES TOTALES	
		aprovechables con terceros autorizados/ Cantidad de residuos generados) * 100									
		Verificar la cantidad de residuos peligrosos generados y su adecuada disposición (Cantidad de residuos peligrosos generados/Cantidad de residuos peligrosos dispuestos) * 100	0%	100%		100%					

IMPACTO NEGATIVO	SERVICIOS ECOSISTÉMICOS O AMBIENTALES	INDICADOR LÍNEA BASE - EIA		CUANTIFICACIÓN DEL CAMBIO (c)	MEDIDA DEL PMA (CORRECCIÓN Y PREVENCIÓN)		COSTOS ANUALES (COP)			
		NOMBRE	VALOR (b)		NOMBRE	VALOR (a)	COSTOS DE TRANSACCIONES	COSTOS OPERATIVOS	COSTOS DE PERSONAL	COSTOS AMBIENTALES TOTALES
		Verificar la cantidad de residuos líquidos de sustancias peligrosas generadas y su adecuada disposición. (Cantidad de residuos líquidos industriales y peligrosos dispuestos / Cantidad de residuos líquidos industriales y peligrosos generados /) * 100	0%	100%	PMA-04 Manejo de sustancias líquidas industriales y peligrosas	100%	\$ -	\$ 45.000.000	\$ -	\$ 45.000.000

IMPACTO NEGATIVO	SERVICIOS ECOSISTÉMICOS O AMBIENTALES	INDICADOR LÍNEA BASE - EIA		CUANTIFICACIÓN DEL CAMBIO (c)	MEDIDA DEL PMA (CORRECCIÓN Y PREVENCIÓN)		COSTOS ANUALES (COP)			
		NOMBRE	VALOR (b)		NOMBRE	VALOR (a)	COSTOS DE TRANSACCIONES	COSTOS OPERATIVOS	COSTOS DE PERSONAL	COSTOS AMBIENTALES TOTALES
		Verificar el cumplimiento de la adecuación de los espacios propuestos para el almacenamiento de estas sustancias (cantidad de espacios adecuados para el manejo de estas sustancias / cantidad de espacios adecuados para el manejo de estas sustancias planeadas ) * 100	0%	100%		100%				
		Verificar la adecuada disposición de los residuos líquidos generados (cantidad de	0%	100%%	PMA-06 Manejo de residuos líquidos	100%	\$ -	\$ 45.000.000	\$ -	\$ 45.000.000

IMPACTO NEGATIVO	SERVICIOS ECOSISTÉMICOS O AMBIENTALES	INDICADOR LÍNEA BASE - EIA		CUANTIFICACIÓN DEL CAMBIO (c)	MEDIDA DEL PMA (CORRECCIÓN Y PREVENCIÓN)		COSTOS ANUALES (COP)				
		NOMBRE	VALOR (b)		NOMBRE	VALOR (a)	COSTOS DE TRANSACCIONES	COSTOS OPERATIVOS	COSTOS DE PERSONAL	COSTOS AMBIENTALES TOTALES	
		residuos líquidos dispuestos con terceros autorizados/ cantidad de residuos líquidos generados/ * 100									
		Verificar la cantidad de aceites residuales dispuestos adecuadamente (cantidad de aceite residual dispuesto /cantidad de aceite residual generado/ * 100	0%	100%%		100%					
		Verificar la cantidad de unidades sanitarias implementadas en el proyecto (cantidad de unidades sanitarias	0%	80%%		100%					

IMPACTO NEGATIVO	SERVICIOS ECOSISTÉMICO S O AMBIENTALES	INDICADOR LÍNEA BASE - EIA		CUANTIFICACIÓN DEL CAMBIO (c)	MEDIDA DEL PMA (CORRECCIÓN Y PREVENCIÓN)		COSTOS ANUALES (COP)				
		NOMBRE	VALOR (b)		NOMBRE	VALOR (a)	COSTOS DE TRANSACCIONES	COSTOS OPERATIVOS	COSTOS DE PERSONAL	COSTOS AMBIENTALES TOTALES	
		instalados/cantidad de unidades sanitarias propuestas) *100									
Alteración a la calidad del suelo	Servicios de apoyo	Gestión de material de construcción (Cantidad de material pétreo certificado proveniente de fuentes autorizadas/Cantidad de material pétreo utilizado en la obra)*100	0%	100%	PMA-02 Manejo de materiales de construcción, disposición de materiales sobrantes y residuos de construcción y demolición	100%	\$ 28.000.000	\$ -	\$ 126.000.000	\$ 154.000.000	
		Gestión de material sobrante (Volumen de escombros y sobrantes de excavación reutilizados/Volumen de escombros y sobrantes de	0%	35% siempre y cuando cumpla con características técnicas del proyecto		100%					

IMPACTO NEGATIVO	SERVICIOS ECOSISTÉMICOS O AMBIENTALES	INDICADOR LÍNEA BASE - EIA		CUANTIFICACIÓN DEL CAMBIO (c)	MEDIDA DEL PMA (CORRECCIÓN Y PREVENCIÓN)		COSTOS ANUALES (COP)			
		NOMBRE	VALOR (b)		NOMBRE	VALOR (a)	COSTOS DE TRANSACCIONES	COSTOS OPERATIVOS	COSTOS DE PERSONAL	COSTOS AMBIENTALES TOTALES
		excavación con posibilidad de reutilización generados)*100								
		Verificar la disposición final de todos los RCD generados en el proyecto (cantidad de residuos generados/ cantidad de residuos dispuestos)*100	0%	65% siempre y cuando el 35 restante haya sido reutilizado en obra y que cumpla con características técnicas		100%				
Alteración a la calidad del recurso hídrico superficial		Construcción de obras para el manejo de aguas lluvias (No de obras construidas)	0%	100%	PMA-05 Manejo de escorrentía	100%	\$ -	\$ 1.000.000	\$ 13.500.000	\$ 14.500.000

IMPACTO NEGATIVO	SERVICIOS ECOSISTÉMICOS O AMBIENTALES	INDICADOR LÍNEA BASE - EIA		CUANTIFICACIÓN DEL CAMBIO (c)	MEDIDA DEL PMA (CORRECCIÓN Y PREVENCIÓN)		COSTOS ANUALES (COP)			
		NOMBRE	VALOR (b)		NOMBRE	VALOR (a)	COSTOS DE TRANSACCIONES	COSTOS OPERATIVOS	COSTOS DE PERSONAL	COSTOS AMBIENTALES TOTALES
		para el manejo de agua lluvia)/(No de obras requeridas para el manejo de aguas lluvias) * 100								
		Capacitaciones a los trabajadores dentro del proyecto (No capacitaciones realizadas)/(No de capacitaciones programadas) * 100	0%	100%		100%				
	Servicios de regulación	Recuperación de áreas modificadas (Medidas establecidas de manejo paisajístico) / (Cumplimiento de las medidas de manejo establecidas) *100	0%	100%	PMA-09 Manejo Paisajístico	100% y ≥90% Excelente <90% y ≥80% Bueno <80% y ≥70% Regular	\$ -	\$ 2.000.000	\$ 15.000.000	\$ 17.000.000



IMPACTO NEGATIVO	SERVICIOS ECOSISTÉMICOS O AMBIENTALES	INDICADOR LÍNEA BASE - EIA		CUANTIFICACIÓN DEL CAMBIO (c)	MEDIDA DEL PMA (CORRECCIÓN Y PREVENCIÓN)		COSTOS ANUALES (COP)			
		NOMBRE	VALOR (b)		NOMBRE	VALOR (a)	COSTOS DE TRANSACCIONES	COSTOS OPERATIVOS	COSTOS DE PERSONAL	COSTOS AMBIENTALES TOTALES
		Eficacia de las medidas de manejo (Fotografías comparativas del área antes del proyecto) / (Fotografías después del mejoramiento paisajístico) *100	0%	100%		<70% Deficiente				
Alteración a la calidad del aire	Servicios de apoyo	Cumplimiento del 100% de mantenimientos e inspecciones de funcionamiento de equipos programados (No. de mantenimientos y revisión de equipos realizados / No. de mantenimientos y revisión de equipos programados)*100	0%	100%	PMA-07 Manejo de emisiones y ruido*	100% y ≥90% Excelente <90% y ≥80% Bueno <80% y ≥70% Regular <70% Deficiente	\$ -	\$ 40.000.000	\$ 108.000.000	\$ 148.000.000

IMPACTO NEGATIVO	SERVICIOS ECOSISTÉMICOS O AMBIENTALES	INDICADOR LÍNEA BASE - EIA		CUANTIFICACIÓN DEL CAMBIO (c)	MEDIDA DEL PMA (CORRECCIÓN Y PREVENCIÓN)		COSTOS ANUALES (COP)			
		NOMBRE	VALOR (b)		NOMBRE	VALOR (a)	COSTOS DE TRANSACCIONES	COSTOS OPERATIVOS	COSTOS DE PERSONAL	COSTOS AMBIENTALES TOTALES
		100% de vehículos con certificados de gases vigente (No. de vehículos con certificado de gases vigente/No. de vehículos utilizados en el proyecto)*100	0%	100%						
Alteración en los niveles de presión sonora		100 % de materiales acopiados adecuadamente (Cantidad de materiales acopiados, señalizados y cubiertos adecuadamente / Cantidad de materiales acopiados en los frentes de obra )*100	0%	100%						

IMPACTO NEGATIVO	SERVICIOS ECOSISTÉMICOS O AMBIENTALES	INDICADOR LÍNEA BASE - EIA		CUANTIFICACIÓN DEL CAMBIO (c)	MEDIDA DEL PMA (CORRECCIÓN Y PREVENCIÓN)		COSTOS ANUALES (COP)			
		NOMBRE	VALOR (b)		NOMBRE	VALOR (a)	COSTOS DE TRANSACCIONES	COSTOS OPERATIVOS	COSTOS DE PERSONAL	COSTOS AMBIENTALES TOTALES
		Actividad de riego realizada al 100% (No. de veces de riego (humedecimiento) de zonas que lo requieren en el día/No. de veces de riego (humedecimiento) de zonas que lo requieren programadas en el día)*100	0%	100%						
Alteración a comunidades de fauna terrestre	Servicios de regulación	Delimitación, señalización y encerramiento de la zona de aprovechamiento forestal en el área de tendido de la línea (Total área de aprovechamiento forestal delimitada)	0%	100%	PMB-01 Manejo de flora	Bueno si $X \geq 100\%$ ; Deficiente si $X < 100\%$	\$ -	\$ 186.500.000	\$ -	\$ 186.500.000

IMPACTO NEGATIVO	SERVICIOS ECOSISTÉMICOS O AMBIENTALES	INDICADOR LÍNEA BASE - EIA		CUANTIFICACIÓN DEL CAMBIO (c)	MEDIDA DEL PMA (CORRECCIÓN Y PREVENCIÓN)		COSTOS ANUALES (COP)			
		NOMBRE	VALOR (b)		NOMBRE	VALOR (a)	COSTOS DE TRANSACCIONES	COSTOS OPERATIVOS	COSTOS DE PERSONAL	COSTOS AMBIENTALES TOTALES
		y señalizada/ Total área de aprovechamiento) x 100								
		Tala única y exclusivamente de los individuos autorizados (Número de árboles aprovechados/ números de árboles autorizados)*100	0%	100%						
									<b>Total</b>	<b>\$ 673.000.000</b>

\* El indicador referente al manejo del ruido es de gestión, lo cual la ficha de manejo no internaliza el impacto "alteración en los niveles de presión sonora".

FUENTE: CPA INGENIERÍA S.A.S., 2022.

De la anterior tabla se puede decir que el valor del indicador del PMA (a) garantiza un 100% en la prevención y la corrección descrito en cada una de las fichas propuestas. La cuantificación del cambio (b) es el grado de afectación del impacto en el proyecto de acuerdo al indicador de la medida biofísica de cambio y el valor del indicador de la línea base (c) es cero por ser un indicador porcentual.

Lo anterior se fundamenta en el documento publicado por la ANLA (2017, pg. 61-63) y es desarrollado a partir del siguiente proceso:

Descripción del impacto negativo e identificación de los servicios ecosistémicos comprometidos: Se realizó una lista de todos los impactos que son considerados significativos y de alta probabilidad de ocurrencia.

Definición del indicador: Expresión cuantitativa y/o cualitativa que mide el cambio previsible.

Cuantificación del cambio del servicio ecosistémicos: Cambio expresado en el indicador que se reporta en la línea base frente lo reportado en el escenario con proyecto.

Medida de manejo seleccionada e indicadores asociados: Nombre de la ficha del PMA y respectivo código de identificación.

Resultado esperado de la medida: Porcentaje de cumplimiento de la medida reportada en el PMA.

Estimación de los costos anuales: Valor reportado en la implementación de la ficha del PMA.

Los impactos del análisis de internalización presentan una serie de costos anuales que corresponden a la sumatoria de las inversiones ambientales de los programas y planes del PMA. Estos valores son ajustados anualmente de acuerdo con la tasa social de descuento propuesta por la ANLA (2017, Pg. 65) con un valor del 12,2% efectivo anual (1,06% mes vencido). De manera adicional, la temporalidad deberá llevarse en un horizonte de tiempo coherente con la duración del proyecto (24 meses) y la duración del impacto internalizado:

Tabla 2. Costos relacionados en el PMA para la internalización de impactos (prevención y corrección)

Proyección del proceso de internalización (mes)*	Alteración de las condiciones geotécnicas	Alteración a la calidad del suelo	Alteración a la calidad del recurso hídrico superficial	Alteración a la calidad del aire	Alteración en los niveles de presión sonora	Alteración a comunidades de fauna terrestre	TOTAL
1	\$ 153.000.000	\$	168.500.000	\$ 17.000.000	\$ 148.000.000	\$ 186.500.000	\$ 673.000.000
2	\$ 154.621.800	\$	170.286.100	\$ 17.180.200	\$ 149.568.800	\$ 188.476.900	\$ 680.133.800
3	\$ 156.260.791	\$	172.091.133	\$ 17.362.310	\$ 151.154.229	\$ 190.474.755	\$ 687.343.218
4	\$ 157.917.155	\$	173.915.299	\$ 17.546.351	\$ 152.756.464	\$ 192.493.788	\$ 694.629.056
5	\$ 159.591.077	\$	175.758.801	\$ 17.732.342	\$ 154.375.683	\$ 194.534.222	\$ 701.992.124
6	\$ 161.282.743	\$	177.621.844	\$ 17.920.305	\$ 156.012.065	\$ 196.596.284	\$ 709.433.241
7	\$ 162.992.340	\$	179.504.636	\$ 18.110.260	\$ 157.665.793	\$ 198.680.205	\$ 716.953.233
8	\$ 164.720.059	\$	181.407.385	\$ 18.302.229	\$ 159.337.050	\$ 200.786.215	\$ 724.552.938
9	\$ 166.466.091	\$	183.330.303	\$ 18.496.232	\$ 161.026.023	\$ 202.914.549	\$ 732.233.199
10	\$ 168.230.632	\$	185.273.604	\$ 18.692.292	\$ 162.732.899	\$ 205.065.443	\$ 739.994.871
11	\$ 170.013.876	\$	187.237.505	\$ 18.890.431	\$ 164.457.867	\$ 207.239.137	\$ 747.838.816
12	\$ 171.816.024	\$	189.222.222	\$ 19.090.669	\$ 166.201.121	\$ 209.435.872	\$ 755.765.908
13	\$ 173.637.273	\$	191.227.978	\$ 19.293.030	\$ 167.962.853	\$ 211.655.892	\$ 763.777.026
14	\$ 175.477.829	\$	193.254.994	\$ 19.497.537	\$ 169.743.259	\$ 213.899.445	\$ 771.873.063
15	\$ 177.337.894	\$	195.303.497	\$ 19.704.210	\$ 171.542.538	\$ 216.166.779	\$ 780.054.917
16	\$ 179.217.675	\$	197.373.714	\$ 19.913.075	\$ 173.360.888	\$ 218.458.147	\$ 788.323.499
17	\$ 181.117.383	\$	199.465.876	\$ 20.124.154	\$ 175.198.514	\$ 220.773.803	\$ 796.679.728
18	\$ 183.037.227	\$	201.580.214	\$ 20.337.470	\$ 177.055.618	\$ 223.114.005	\$ 805.124.534
19	\$ 184.977.421	\$	203.716.964	\$ 20.553.047	\$ 178.932.408	\$ 225.479.014	\$ 813.658.854

Proyección del proceso de internalización (mes)*	Alteración de las condiciones geotécnicas	Alteración a la calidad del suelo	Alteración a la calidad del recurso hídrico superficial	Alteración a la calidad del aire	Alteración en los niveles de presión sonora	Alteración a comunidades de fauna terrestre	TOTAL
20	\$ 186.938.182	\$	205.876.364	\$ 20.770.909	\$ 180.829.091	\$ 227.869.091	\$ 822.283.637
21	\$ 188.919.727	\$	208.058.653	\$ 20.991.081	\$ 182.745.880	\$ 230.284.504	\$ 830.999.844
22	\$ 190.922.276	\$	210.264.075	\$ 21.213.586	\$ 184.682.986	\$ 232.725.519	\$ 839.808.442
23	\$ 192.946.052	\$	212.492.874	\$ 21.438.450	\$ 186.640.625	\$ 235.192.410	\$ 848.710.412
24	\$ 194.991.280	\$	214.745.299	\$ 21.665.698	\$ 188.619.016	\$ 237.685.449	\$ 857.706.742
<b>VPN*</b>	<b>\$ 3.633.485.058</b>	<b>\$</b>	<b>85.152.614</b>	<b>\$ 403.720.562</b>	<b>\$ 3.514.743.717</b>	<b>\$ 4.429.052.048</b>	<b>\$ 12.066.154.000</b>

\*LA TASA SOCIAL DE DESCUENTO USADA ES EL 12,2%. PARÁMETRO PROPUESTO POR LA ANLA (2017, PG. 65)  
FUENTE: CPA INGENIERÍA S.A.S., 2022.

El resultado más relevante expone que el valor presente neto (VPN) de todos los costos internalizados por las fichas del PMA suma los **\$12.066.154.000 a pesos de hoy**. Proyección de 24 meses, lo cual considera el tiempo de ejecución de las actividades en ejecución y desarrollo del proyecto, descontado con un valor del 12,2% efectivo anual (1,06% mes vencido), el cual es el máximo valor indicado por los parámetros de la ANLA (2017).

## 8.5 Valoración económica de los costos ambientales y los beneficios del proyecto

Se valorarán económicamente los siguientes impactos a partir de aplicar el tercer criterio de selección de impactos:

- ▶ Alteración en los niveles de presión sonora
- ▶ Cambios de la dinámica de empleo

A continuación, se resumirá la descripción del impacto a valorar, seguido de la metodología usada en cada caso, seguido del desarrollo del ejercicio de valoración de los impactos seleccionados y el resultado final.

### 8.5.1 Alteración en los niveles de presión sonora

El impacto evaluado corresponde a la generación de ruido por aumento en la presión sonora. Esto es resultado de las actividades de construcción del proyecto a partir de un impacto categorizado como sinérgico y acumulativo, es decir, las actividades de la planta de tratamiento absorben el ruido generado por la construcción de la subestación específicamente en la movilización de materiales y equipos. Impacto que potencialmente puede afectar a la población circundante de los barrios El Corzo y El Cañaveralejo (área de influencia directa). Es así, que se asume que una porción de la comunidad puede ser afectada por el aumento de la presión sonora. El argumento es que este impacto no es localizado ya que está asociada a los espacios de movilidad que pueden cambiar en los niveles de ruido a lo largo del día y noche.

Este impacto fue seleccionado para ser valorado económicamente por que las fichas de manejo no lo internalizan en el PMA ya que no tiene asociado ningún indicador de eficacia ni de cumplimiento (no es prevenido y/o corregido al 100%), además de ser un impacto sinérgico y acumulativo, además de ser relevante en los talleres de socialización de impactos sostenidos con la comunidad local de Bosa, consignado en las respectivas actas de participación.

Por otro lado, la dinámica de la localidad aumenta la presión sonora ocasionada por el proyecto, sin embargo, la acumulación o suma de estos dos aportes auditivos se encuentra dentro de la



norma señalada en la Resolución 627 del 2006 del MADS. Es así, que el mayor aporte será en la etapa de construcción (seis meses), donde se hace necesario el uso de maquinaria para la cimentación y el desplazamiento del parque automotor con el fin de disponer los materiales de excavación, entre otros.

Para la evaluación económica de este impacto ambiental se establecen dos pasos; el primero consiste en determinar la población afectada por el posible aumento de ruido en el escenario con proyecto, seguido, se asigna un valor monetario a cada uno de los afectados calculando la disponibilidad a pagar de esta población por no tener ningún aumento en los niveles de ruido. Se aplica a continuación la metodología de “transferencia de beneficios” (Osorio y Correa, 2004).

El desarrollo de lo anterior es:

La aproximación de la población afectada por un posible aumento en el nivel de ruido en el área de estudio se realiza por el método de la “función exposición-respuesta”. Aproximación que se sustenta en diversos estudios científicos que afirman que la proporción de la población total que puede afectar su dinámica de sueño por la dinámica de una ciudad altamente poblada es del 20,8% (Rosenberger y Stanley, 2006), especialmente en afectaciones en trastornos del sueño (TS).

Por otro lado, y tal como se mencionó anteriormente, el nivel máximo permitido de registro de nivel sonoro es de 65 dB para zonas con usos industriales (Resolución 627 del 2006 del MADS). Sin embargo, los niveles promedios de ruido actual sumados a los niveles ocasionados por el ruido del proyecto (+5 dB) no afectan el bienestar de la población (62,5 dB en el día y 60,3 dB en jornada nocturna – medidas inferiores a la norma). Esto se calcula a partir de las mediciones realizadas desde el mes de octubre del 2022 en la zona aledaña a los barrios El Corzo y El Cañaveralejo. Las medidas indican que el nivel de ruido que generará el proyecto estará entre un rango de 57,5 a 60,3 decibeles (dB) de día y de noche respectivamente. Valores inferiores al nivel máximo permisible en la zona. Sumado a esto, la Resolución 832 del 2000 de la Secretaria Distrital de Ambiente establece que la medida promedio registrada es muy baja para este impacto. Sin embargo, el impacto se valora debido a que este tema fue relevante en los talleres de socialización y la ficha de manejo no desarrolla acciones con indicadores de eficacia ni de cumplimiento.

Tabla 3. Medidas biofísicas de decibeles (dB) generados por el proyecto

Punto de medición	Diurno laboral (dB)	Diurno dominical (dB)	Nocturno laboral (dB)	Nocturno dominical (dB)
R1	64	54	48	54

Punto de medición	Diurno laboral (dB)	Diurno dominical (dB)	Nocturno laboral (dB)	Nocturno dominical (dB)
R2	56	59	61	55
R3	54	58	56	58
<b>Promedio</b>	57.5		55.3	
<b>Limite adicional (+5)</b>	5			
<b>Límite CON proyecto</b>	62.5		60.3	

FUENTE: CPA INGENIERÍA, S.A.S., 2022.

El valor del porcentaje de la población con TS se ajusta con un factor multiplicador con los registros de ruido nocturno en decibeles (dB).

$$TS \% = 20,8 - 1,05 \cdot L_{night} + 0,01486 \cdot L_{night}^2$$

TS %: porcentaje población con alto trastorno del sueño

$L_{night}$  : nivel sonoro ponderado promedio de largo plazo

De acuerdo al ajuste, la población máxima afectada será de 28,2% del total del área de influencia directa. La Encuesta Multipropósito adelantada por la Secretaría Distrital de Planeación, para el año 2022 en la localidad de Bosa registra una población al interior del área de influencia directa que alcanza los 726.293 habitantes, pero solo en el área de influencia se estima una población del 10% de estos habitantes (7.262 personas). Si solo el 28,2% es afectado en las horas nocturnas, esto significa que la población afectada puede ser de 2.048 personas.

La metodología de transferencia de beneficios toma los datos encontrados en estudios primarios y los extrapola al caso de estudio específico que se requiere valorar (ANLA, 2017). Es considerada una metodología secundaria de valoración económica pues se basa en información de estudios de valoración de impactos ambientales o de servicios ecosistémicos realizados en otros lugares (MADS, 2003). Para este trabajo se cumplen los siguientes lineamientos estándar o recomendados en la literatura, al transferir los resultados del lugar de estudio real al lugar del proyecto (Brouwer, 2000; Chattopadhyay, 2003; Labandeira, et al., 2006):

- Si el valor del estudio está influenciado por alguna magnitud, este se debe adecuar al lugar del proyecto. Para este estudio se adecuan los valores a pago por persona al año por un decibel adicional de ruido.

- Se debe suponer que los valores son consistentes en el tiempo, esto implica que se deflactan los valores respectivos para dejarlos a precios base 2022 y se usa la TRM promedio para los años respectivos en caso que los valores se encuentran en dólares (USD).
- Se usa la transferencia de valor, basado en un conjunto de estudios para aproximar con una medida de tendencia central el valor del impacto ambiental. Esta transferencia de valor gana validez empírica si hay múltiples estudios (valores) que permitan obtener un rango y no un valor puntual sobre el servicio ambiental impactado.

Siguiendo los lineamientos estándar, la transferencia de beneficio se realiza siguiendo la formulación propuesta a continuación.

$$\$/ dB_{Colombia, 2014} = \$/ dB_{i, \text{año estudio}} \times \left( \frac{IPC_{i, 2014}}{IPC_{i, \text{año estudio}}} \right) \times \left( \frac{INB \text{ percapita}_{Colombia, 2014}}{INB \text{ percapita}_{i, 2014}} \right) \times TasaCambio_{i, 2014}$$

$i \neq Colombia$

Después de una amplia búsqueda de documentos con los cuales se evaluará económicamente el impacto asociado a la generación de ruido, se encontraron aquellos que indagan en la disponibilidad a pagar por unidad adicional de ruido (dB) y se descartaron aquellos estudios que hacían uso de la metodología de precios hedónicos en los que se evaluaba el efecto que tienen los niveles de ruido sobre el precio de las viviendas<sup>3</sup> (Brouwer, 2000; Chattopadhyay, 2003; Labandeira, et al., 2006).

Son cinco (5) estudios que determinan el cuál es la disponibilidad a pagar por una “*unidad*” de ruido (dB) adicional a las emisiones de fondo. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos por decibel o el rango de cada uno de los estudios que revelan la Disponibilidad a Pagar (DAP) por la disminución de un decibel de ruido (dB) en una ciudad altamente poblada.

---

<sup>3</sup> La literatura relacionada con la evaluación económica del impacto del ruido está enfocada en evaluar como esta característica que hace parte de una unidad territorial determinada incide como característica en los precios de las viviendas.

Tabla 4. Medidas de referencia de DAP para reducir el ruido en otros países

PAÍS	DAP pesos - Col/dB/mes/2022	
	DAP min	DAP máx
<b>España</b>	\$2.836	\$3.913
<b>Suiza</b>	\$2.028	
<b>Noruega</b>	\$3.015	\$5.026
<b>Finlandia</b>	\$171	\$256
<b>Francia</b>	\$2.150	
<b>Promedio</b>	<b>\$2.424</b>	

FUENTE: MODIFICADO DE CORREA, OSORIO, & PATIÑO (2011)

Haciendo uso de la transferencia de beneficio se obtiene que la disponibilidad a pagar de una persona para reducir el ruido en un dB en Colombia es de \$1.189 pesos del 2022, lo cual equivale para 5 dB a un monto de \$5.945 pesos mensuales.

La población total afectada que está en los linderos vecinos al área de influencia es de 2.048 habitantes, los cuales posiblemente serán afectados por la generación de ruido nocturno por la movilización de material y equipos, a pesar que los niveles se estiman por debajo de la norma establecida:

Tabla 5. Cálculo de la afectación del ruido generado por el proyecto

Nivel de ruido máximo adicional con proyecto (dB)	Nocturno
DAP mes por 5 dB (ajustado a Colombia)	\$ 5.945
Población total de la Localidad de Bosa	726.293
Población total vecina al área de influencia de la localidad*	7.263
Porcentaje afectado ajustado (Rosenberger y Stanley, 2006)	28,2%
Población afectada	2.048
Valor mensual por población (DAP)	\$12.176.435

\*Se calcula que solo el 3% de la población de la Localidad circunda el área de influencia del proyecto (El Corzo y El Cañaveralejo, que pertenece a la UPZ Provenir (UPL 15 Provenir) en la Localidad de Bosa)

FUENTE: CPA INGENIERÍA, S.A.S., 2022

El valor total asociado al impacto ambiental por el aumento de 5dB en la presión sonora y que resulta en la generación de ruido atribuido al proyecto, es igual a \$12.176.435 pesos mensuales solo en la etapa de construcción (seis primeros meses).

### 8.5.2 Cambios de la dinámica de empleo

Se considera la cuantificación económica de este impacto positivo el cual es significativo dentro del proyecto y que se resalta en los talleres de socialización de los impactos a los pobladores. La aproximación monetaria se establece a partir de la cuantificación de los pagos programados por la empresa (valor promedio por este tipo de actividades no calificadas), en donde se pretende realizar pagos mensuales programados por la mano de obra local no calificada por un valor aproximado de \$1.900.000 pesos mensuales en promedio con la respectiva carga prestacional (valor contemplado de acuerdo la tabla de contratistas de la compañía para este tipo de cargos).

Si se compara con el nivel de ingresos mensuales de los pobladores locales basados en el salario mínimo legal vigente para el año 2022 (\$1.000.000 pesos mensuales), se tiene un diferencial de ingresos mensuales por persona de \$900.000 pesos mensuales adicionales. Esto equivale a un ingreso adicional o de oportunidad en un escenario con proyecto propio de la “metodología de costo de oportunidad”. La metodología también es conocida como costo alternativo, es el valor (no un beneficio) de la elección de la mejor alternativa al tomar una decisión. Debe hacerse una elección entre varias alternativas mutuamente excluyentes; suponiendo que se haga la mejor elección, es el "costo" incurrido por no disfrutar el beneficio que se hubiera tenido al tomar la segunda mejor opción disponible (Farber, Costanza, & Wilson, 2002; Posnett & Jan, 1996).

La noción de costo de oportunidad juega un papel crucial en los intentos de garantizar que los recursos escasos se utilicen de manera eficiente. Por lo tanto, los costos de oportunidad no están restringidos a costos monetarios o financieros: el costo real del producto perdido, el tiempo perdido, el placer o cualquier otro beneficio que proporcione utilidad también debe considerarse un costo de oportunidad (Lamont, 1999). Cualquier cambio de un estado de bienestar a otro, constituye la diversificación de las alternativas que se deben estimar. En el contexto del presente proyecto, se apropia el postulado del costo de oportunidad que explica: “Si alguien pierde la oportunidad de ganar dinero, eso es parte del costo de oportunidad.”

Las oportunidades de trabajo para los habitantes de la localidad se centran principalmente en las actividades comerciales, siendo estas las generadoras del 32% de los empleos, formales e informales, registrados en la localidad (es así que se asume para este cálculo un nivel de ingresos asociado al salario mínimo legal vigente). Cabe resaltar que la encuesta mide la cantidad de gente ocupada o que haya generado ingresos económicos sin determinar el tipo de vinculación de las

personas, por lo cual no se tiene un dato estimado del tipo de vinculación laboral ni tampoco la tasa de empleos informales.

En relación con el área de influencia, la generación de empleo registra un total de 80 empleos de mano de obra no calificada (MONC). Como parte del componente de participación comunitaria, la oferta laboral para este tipo de cargos se extendió principalmente a los habitantes de las localidades de Bosa, proceso que se realiza con el apoyo de los presidentes de juntas de acción comunal y las alcaldías locales. La siguiente tabla muestra la estimación del costo de oportunidad generado por la vinculación de pobladores locales del área de influencia en las actividades del proyecto.

Tabla 6. Cálculo de la afectación del ruido generado por el proyecto

Actividad	Personal total para contratar	Ingreso mensual
Diseño, Pre–construcción	24	\$ 21.600.000
Construcción	40	\$ 36.000.000
Operación	10	\$ 9.000.000
Desmantelamiento	6	\$ 5.400.000
<b>TOTAL</b>	<b>80</b>	<b>\$ 72.000.000</b>

FUENTE: CPA INGENIERÍA, S.A.S., 2022

Lo anterior se estimó mediante la multiplicación del diferencial del salario mínimo y el factor prestacional para cada cupo laboral otorgado por el número de plazas disponibles en el marco de las actividades del proyecto, considerando la ejecución en el cronograma de cada una de ellas. Así se puede decir que la valoración del impacto positivo del proyecto es de \$ 72.000.000 pesos mensuales.

## 8.6 Análisis de los Costos y Beneficios Ambientales

Los costos ambientales surgen a partir de la valoración específica del impacto seleccionado como significativos en la aplicación de los criterios de selección. Este costo ambiental tiene un valor \$12.176.435 pesos mensuales (solo para los primeros seis meses que contempla la etapa de construcción) para la totalidad de la población que puede ser potencialmente afectada. Impacto denominado como la “Alteración en los niveles de presión sonora” el cual se encuentran por fuera de las medidas de prevención y corrección de las fichas de manejo establecidas en el Plan de Manejo Ambiental – PMA. Además, es un impacto que se relaciona en los talleres de socialización con gran relevancia.

Este impacto negativo genera el costo ambiental a los que los individuos están expuestos cuando se realicen las actividades del proyecto. Por otro lado, estas actividades de infraestructura generan escenarios de inclusión, tales como la generación de ingresos por la vinculación de la comunidad del área de influencia al proyecto, considerando la vinculación de mano de obra no calificada como un beneficio. Esta relación de los costos y los beneficios debe ser proyectada en el tiempo, para identificar la evolución de estos cambios en el bienestar socioeconómico. La herramienta económica que se incorporó en este análisis fue el Índice de Precios al Consumidor (IPC), para de este modo, generar una inflación temporal en los costos, de igual forma los beneficios fueron determinados por los aumentos porcentuales del Salario Mínimo Legal Vigente (SMLV) para cada año.

Con el fin de tratar económicamente a los ajustes del beneficio positivo valorado, se usó el Índice de Precios al Consumidor (IPC), el cual es una medida en la que se cotejan los precios de un conjunto de productos ofertados en los mercados, sobre la base de la encuesta continua a presupuestos familiares (se basa en la encuesta nacional de hogares por departamento). Esto considera una cantidad de consumidores que adquieren de manera regular bienes y servicios en un mercado establecido, determinando la variación de los precios en el tiempo, teniendo en cuenta el precio de cada uno en un periodo anterior. Es así como el objetivo es medir la evolución de los precios de los bienes y servicios representativos de los gastos de consumo de los hogares de una región. El IPC anual de Colombia promedio para los años 2012 a 2022 es de 6,10% (reporte público generado por el Banco de la República al final de cada año). Este dato se tuvo en cuenta para considerar el aumento en los costos ambientales que fueron obtenidos mediante los cálculos econométricos.

Para calcular la viabilidad económica–ambiental de las actividades del proyecto, se calculó el Valor Presente Neto (VPN) de la relación de los costos y beneficios ambientales. Este es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado monto monetario proyectado en una línea de tiempo. El método, además descuenta una determinada tasa igual para todo el período considerado. La obtención del VPN constituye una herramienta fundamental para la evaluación de proyectos, así como para la administración financiera de los mismos:

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

Donde,  $B_i$  son los beneficios del proyecto en el año  $i$ ;  $C_i$  son los costos del proyecto en el año  $i$ ;  $r$  es la tasa social de descuento;  $i$  es el indicador del año.

Los valores  $i$  representan el flujo de costos y beneficios individuales que el proyecto generaría en cada período a un individuo. Este valor va desde el periodo 1 hasta el periodo final ( $n$ )

considerados. El valor  $r$  corresponde a la tasa de descuento temporal que se consideró. Los resultados del VPN se pueden interpretar de la siguiente forma, siendo el elemento importante al momento de tomar la decisión con respecto a la viabilidad del proyecto (Mudford, 2000):

**Si el VPN > 0:** Los costos ambientales son menores que los beneficios en el tiempo, garantizando un bienestar positivo en las personas. El proyecto puede aceptarse desde la valoración económica ambiental.

**Si el VPN < 0:** Los costos ambientales son mayores que los beneficios en el tiempo, garantizando un detrimento en el bienestar de las personas. El proyecto debe rechazarse desde la valoración económica ambiental.

**Si el VPN = 0:** Hay incertidumbre en la relación de los costos y beneficios ambientales, en donde la valoración económica ambiental no sería la herramienta más eficiente para la toma de decisiones de viabilidad de proyecto a ejecutar.

Como se mencionó anteriormente, los beneficios de propiciar la continuidad del proyecto se calcularon a partir de la inclusión laboral de los pobladores. Para calcular el incremento porcentual anual de los beneficios se empleó el aumento del salario mínimo legal en el país, considerando un promedio de 10 años pasados, donde el salario mínimo ha aumentado desde el 2012 hasta el 2022 en un 7,58% en promedio.

Tabla 7. Cálculo del flujo de los costos y beneficios ambientales a valores constantes, año base 2022

Meses	Impactos Negativos (Costos Ambientales)	Impacto Positivo (Beneficios)	Costos - Beneficios
	Alteración en los niveles de presión sonora	Cambios de la dinámica de empleo	
0	\$ 12.176.435	\$ 72.000.000	\$ 59.823.565
1	\$ 12.177.044	\$ 72.454.800	\$ 60.277.756
2	\$ 12.177.654	\$ 72.912.473	\$ 60.734.819
3	\$ 12.178.264	\$ 73.373.037	\$ 61.194.772
4	\$ 12.178.874	\$ 73.836.510	\$ 61.657.635
5	\$ 12.179.484	\$ 74.302.910	\$ 62.123.426
6	\$ 12.180.094	\$ 74.772.257	\$ 62.592.163
7	\$ -	\$ 75.244.568	\$ 75.244.568
8	\$ -	\$ 75.719.863	\$ 75.719.863
9	\$ -	\$ 76.198.160	\$ 76.198.160
10	\$ -	\$ 76.679.479	\$ 76.679.479
11	\$ -	\$ 77.163.837	\$ 77.163.837
12	\$ -	\$ 77.651.256	\$ 77.651.256
13	\$ -	\$ 78.141.753	\$ 78.141.753
14	\$ -	\$ 78.635.348	\$ 78.635.348



	Impactos Negativos (Costos Ambientales)	Impacto Positivo (Beneficios)	Costos - Beneficios
Meses	Alteración en los niveles de presión sonora	Cambios de la dinámica de empleo	
15	\$ -	\$ 79.132.061	\$ 79.132.061
16	\$ -	\$ 79.631.912	\$ 79.631.912
17	\$ -	\$ 80.134.921	\$ 80.134.921
18	\$ -	\$ 80.641.106	\$ 80.641.106
19	\$ -	\$ 81.150.489	\$ 81.150.489
20	\$ -	\$ 81.663.090	\$ 81.663.090
21	\$ -	\$ 82.178.928	\$ 82.178.928
22	\$ -	\$ 82.698.025	\$ 82.698.025
23	\$ -	\$ 83.220.401	\$ 83.220.401
24	\$ -	\$ 83.746.077	\$ 83.746.077
Valor Presente Neto - VPN	\$ 83.565.309	\$ 1.788.701.370	\$ 1.620.837.722
Tasa de ajuste mensual (%)	0,50%	0,63%	1,02%
<b>Relación Beneficios/Costos</b>			<b>21,40</b>

\*Se considera un monto anual dentro del área de influencia. \*\*Se aplica una tasa de interés social del 12,2% para el cálculo del Valor Presente Neto (DNP, 2016)

FUENTE: CPA INGENIERÍA, S.A.S., 2022

De acuerdo con lo anterior, la relación de los costos y los beneficios (RBC = 21,40) es mayor a la unidad, lo que hace viable el proyecto, debido a que los beneficios compensan en el tiempo a los costos ambientales. La internalización de estos costos mediante el diseño y aplicación de las respectivas medidas de manejo permite el desarrollo de las actividades solicitadas, es decir, la generación de ingreso a los locales es suficiente para compensar los potenciales impactos significativos. Es así que la proyección estimada para este ejercicio es de dos años (24 meses), considerando la duración de las operaciones del proyecto.

De acuerdo con lo anterior, la relación de los costos y los beneficios se muestran en la anterior tabla, donde se realizan los cálculos de acuerdo a las inflaciones del IPC y al aumento porcentual del salario mínimo vigente. Los análisis se realizaron para un período de 24 meses, considerando el cronograma del proyecto, pero especialmente por la capacidad de asimilación ambiental de los impactos generados por las actividades del proyecto. Se considera la aplicación del PMA y la capacidad de asimilación y recuperación ecosistémica calculada, en donde se diseñó el presente análisis de los periodos expuestos en la proyección realizada. Lo anterior muestra que, desde el

inicio del proyecto los costos ambientales se empiezan a amortizar por los valores positivos del beneficio económico derivado de la contratación local.

Para finalizar, se plantea el análisis de sensibilidad que plantea el cálculo del VPN con las diferentes tasas posibles de descuento social las cuales se pueden categorizar en tres rangos (conservadoras, esperadas y optimistas). Las tasas sociales de descuento son definidas por el documento de la ANLA (2017) dando referencias del Departamento Nacional de Planeación y el Banco Mundial. Esa correlación permite aproximar la sensibilidad de los indicadores de viabilidad del proyecto:

Tabla 8. Cálculo del Valor Presente Neto – VPN a diferentes tasas de descuento para un periodo de 24 meses

Tasa de Descuento (%)*	VPN Pesos (\$)
0,4%	\$ 1.755.506.946
0,7%	\$ 1.688.223.899
1,0%	\$ 1.620.837.722

\*Las tasas de descuento social usadas se contemplan en el documento de la ANLA (2017) y las suministra el Departamento De Planeación Nacional (DNP) y el Banco Mundial.

FUENTE: CPA INGENIERÍA S.A.S., 2022.

Es decir, **las actividades dentro del área del proyecto son viables en los 24 meses del proyecto**, garantizando que los beneficios en el tiempo internalizan en su totalidad todos aquellos costos ambientales que puedan suceder. La sensibilidad se puede apreciar mediante la siguiente figura:

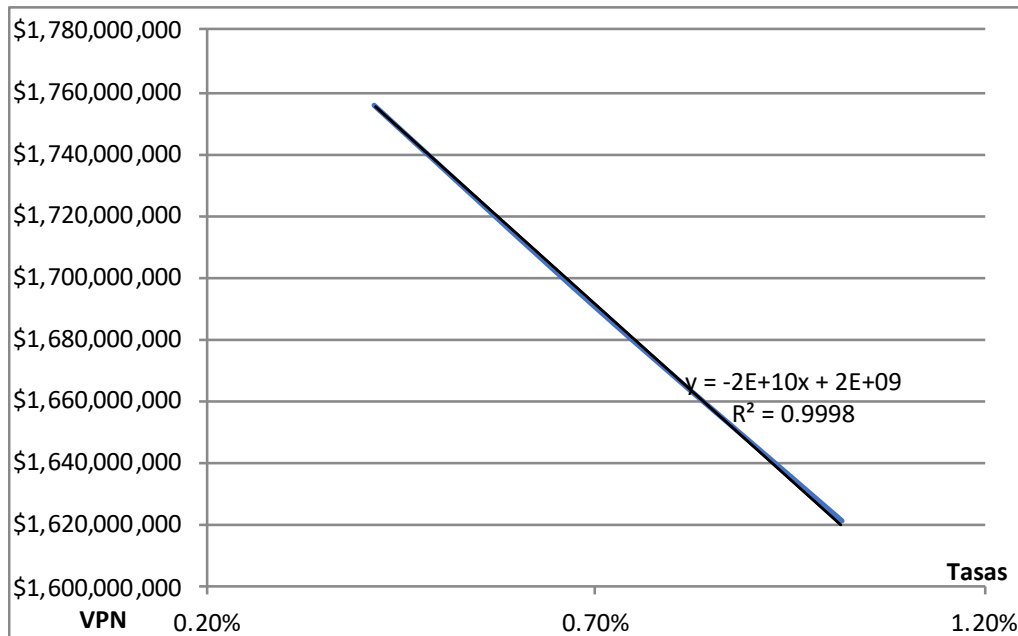


Figura 1. Análisis de sensibilidad del Valor Presente Neto – VPN, a diferentes tasas de descuento\*

\*Las tasas de descuento social usadas se contemplan en el documento de la ANLA (2017) y las suministra el Departamento De Planeación Nacional (DNP) y el Banco Mundial.

FUENTE: CPA INGENIERÍA S.A.S., 2022.

Se analiza el grado de relación bajo la curva de relación con un porcentaje de correspondencia del 99,9%, donde todo valor superior al 90% presenta alta correlación y baja sensibilidad financiera del proyecto, en otras palabras, cualquier cambio en las magnitudes biofísicas de los impactos analizados no generan cambios significativos en los cálculos económicos a lo largo del proyecto (Lamont, 1999; Posnett & Jan, 1996).

## 8.7 Conclusiones del capítulo

Este último elemento integra los resultados y los presenta en las siguientes conclusiones que orientan al equipo evaluador del proyecto:

- ▶ El capítulo se desarrolló bajo los lineamientos normativos vigentes definidos por las autoridades ambientales, consignando cada uno de los pasos que aplican para este caso.
- ▶ Se registran seis (6) impactos que se categorizan en los niveles de significancia leve y moderado, con una baja capacidad de acumularse, establecer sinergia y generar residuos en el tiempo de ejecución del proyecto.
- ▶ Después de aplicar los criterios de selección de los impactos a internalizar se abordan con los indicadores de eficacia y cumplimiento consignados en las fichas del PMA.

- ▶ En el ejercicio de internalización hace la descripción del impacto negativo (Aumento en la presión sonora) e identificación de los servicios ecosistémicos comprometidos, considerando los indicadores de medición de las medidas biofísicas que estiman el cambio en las magnitudes del impacto, así mismo se establece la medida establecida por la respectiva medida de manejo bajo la óptica de los indicadores planteados en las fichas.
- ▶ El análisis de internalización asegura que los demás impactos relevantes son moderados y son internalizados al 100% desde la prevención y la corrección en el PMA.
- ▶ La Relación Beneficios-Costos (RBC) es 21,40 y el Valor Presente Neto (VPN) es positivo (\$1.620.837.722) a una tasa de descuento social de 1,02% mes vencido, proyectado a 24 meses.
- ▶ El proyecto SER1 es altamente viable en términos de la prevención y corrección de los posibles impactos que se puedan generar a lo largo de la ejecución del proyecto.

## 8.8 Referencias

- BROUWER, R. (2000). *Environmental Value Transfer: State of the Art and Future*. MC. Alister, New York.
- CHATTOPADHYAY; S. (2003). A Repeated Sampling Technique in Assessing the Validity of Benefit Transfer in Valuing Non-Market Goods. *Land Economics* , Vol. 79, No. 4 ,pp. 576-596.
- CORREA, F., OSORIO, J. D., & PATIÑO, B. (2011). Valoración económica del ruido: una revisión analítica de estudios. *Semestre Económico*, 14(29), 53–75. <https://doi.org/10.22395/seec.v14n29a3>
- FARBER, S. C., COSTANZA, R., & WILSON, M. A. (2002). Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services. *Ecological Economics*, 41(3), 375–392. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00088-5](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00088-5)
- LABANDEIRA, V., FRANCISCO, X., GONZÁLEZ, L., JAVIER, C., & VÁQUEZ, y. M. (2006). *Economía Ambiental*. Pearson Education.
- LAMONT, J. W. (1999). Cost analysis of reactive power support. *IEEE Transactions on Power Systems*, 14(3), 890–898. <https://doi.org/10.1109/59.780900>
- MUDFORD, B. S. (2000). Valuing and Comparing Oil and Gas Opportunities: A Comparison of Decision Tree and Simulation Methodologies. *SPE Annual Technical Conference and Exhibition*, PI, 701–710. <https://doi.org/10.2118/63201-MS>
- OSORIO, J.D. y CORREA, F. (2004). *Valoración Económica de Costos Ambientales: Marco Conceptual y Métodos de Estimación*, 170 p.
- POSNETT, J., & JAN, S. (1996). Indirect cost in economic evaluation: the opportunity cost of unpaid inputs. *Health Economics*, 5(1), 13–23. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1050\(199601\)5:1<13::AID-HEC182>3.0.CO;2-J](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1050(199601)5:1<13::AID-HEC182>3.0.CO;2-J)
- ROSENBERGER, R.S.; STANLEY, T.D. (2006). Measurement, generalization and publication: Sources of error in benefit transfers and their management. *Ecol. Econ.* 60, 372–378.