

# **ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL PROYECTO “SUBESTACIÓN NORTE 230/115 kV, LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE 115 kV Y MÓDULOS DE CONEXIÓN”**

## **Capítulo 7. Evaluación económica de los impactos**

L. Angulo	L. Arévalo	A. Galindo	2017-11-24	Complemento reunión oralidad	VF
L. Angulo	L. Arévalo	A. Galindo	2015-12-18	Revisión Final	VF
<b>Elaboró</b>	<b>Revisó</b>	<b>Aprobó</b>	<b>Fecha</b>	<b>Descripción</b>	<b>Rev.</b>

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
7 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE IMPACTOS.....	1
7.1 Metodología general para la evaluación económica de impactos ambientales .....	1
7.2 Determinación de impactos ambientales relevantes sujetos a evaluación económica ambiental .....	4
7.3 Evaluación Económica de Impactos Ambientales .....	12
7.3.1 Cambio en la demanda de bienes y servicios locales .....	12
7.3.2 Pérdida de cobertura vegetal .....	21
7.3.3 Variación en la estructura y composición florística .....	30
7.4 Flujo de beneficios y costos ambientales .....	45
7.5 Criterios de decisión.....	46
7.5.1 Relación costo-beneficio.....	46
7.5.2 Valor Presente Neto .....	47
7.6 Análisis de sensibilidad .....	48

## ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 7-1 Impactos identificados en la implementación del proyecto Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión de 115 kV y Módulos de conexión .....	5
Tabla 7-2 Clasificación de los resultados de los impactos Nivel de Importancia .....	11
Tabla 7-3 Personal que trabajará durante las etapas de construcción, puesta en marcha y operación y mantenimiento de la subestación Norte .....	13
Tabla 7-4 Valor económico de la mayor demanda por servicios hoteleros durante la etapa de construcción (COP).....	15
Tabla 7-5 Valor económico de la mayor demanda por servicios hoteleros durante la etapa depuesta en marcha y pruebas a equipos (COP) .....	15
Tabla 7-6 Valor económico de la mayor demanda por servicios hoteleros durante la etapa de operación y mantenimiento (COP).....	15
Tabla 7-7 Valor económico de la mayor demanda por servicios de alimentación durante la etapa de construcción (COP).....	16
Tabla 7-8 Valor económico de la mayor demanda por servicios de alimentación durante la etapa de puesta en marcha y pruebas a equipos (COP).....	17
Tabla 7-9 Valor económico total de la mayor demanda por servicios de alimentación durante la etapa de operación y mantenimiento (COP).....	17
Tabla 7-10 Empleo no calificado del proyecto.....	17
Tabla 7-11 Evaluación económica del impacto positivo por variación de la demanda de servicios hoteleros y de alimentación (COP).....	19
Tabla 7-12 Beneficios por generación de empleo .....	20
Tabla 7-13. Beneficio total por la mayor demanda de bienes y servicios locales .....	20
Tabla 7-14 Cronograma de implementación del Subprograma de Manejo Paisajístico ....	22
Tabla 7-15 Costo del Subprograma de Manejo Paisajístico .....	22
Tabla 7-16 Cronograma de implementación del Subprograma de Manejo de Remoción de Cobertura Vegetal y Descapote .....	23
Tabla 7-17 Costo del Subprograma de Subprograma de Manejo de Remoción de Cobertura Vegetal y Descapote.....	24
Tabla 7-18 Caracterización de los medios afectados con la implementación del proyecto de líneas de transmisión dentro de la reserva forestal .....	25
Tabla 7-19 Caracterización de los medios afectados con la implementación del proyecto de líneas de transmisión fuera de la reserva forestal .....	26
Tabla 7-20 Valor anual por hectárea de los servicios ecosistémicos de las coberturas que serán removidas por el proyecto de Líneas de Transmisión (USD).....	28
Tabla 7-21 Costo anual del impacto por pérdida de cobertura vegetal.....	29

Tabla 7-22 Cronograma de implementación del Subprograma de Aprovechamiento Forestal .....	31
Tabla 7-23 Costo del Subprograma de Aprovechamiento Forestal .....	32
Tabla 7-24 Cronograma de implementación del Subprograma de Compensación .....	33
Tabla 7-25 Beneficio del Subprograma de Compensación .....	34
Tabla 7-26 Volumen total y comercial por cobertura de la tierra .....	35
Tabla 7-27 Valoración económica de las pérdidas por alteración en el régimen de escorrentía (COP).....	40
Tabla 7-28 Valoración económica de las pérdidas por alteración en el régimen de retención de sedimentos (COP) .....	41
Tabla 7-29 Costo ambiental por pérdida disminución en la capacidad de captura de CO <sub>2</sub> .....	42
Tabla 7-30 Valoración económica del aprovechamiento forestal (COP).....	43
Tabla 7-31 Valoración económica de la variación de la estructura y composición florística .....	44
Tabla 7-32 Flujo de beneficios y costos ambientales y sociales asociados a la ejecución del proyecto.....	45
Tabla 7-33 Interpretación RBC .....	46
Tabla 7-34 Interpretación VPN.....	47
Tabla 7-35 Resultado de los criterios de decisión .....	47
Tabla 7-36 Análisis de sensibilidad .....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

<b>Figura 7-1</b> Etapas Evaluación Económica Ambiental .....	2
---	---

## 7 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE IMPACTOS

En el presente capítulo se realiza la estimación del valor económico de los beneficios y costos ambientales, potenciales y considerados relevantes, sobre los flujos de bienes y servicios de la zona de influencia directa e indirecta del proyecto “*Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión de 115 kV y Módulos de conexión*”, en el escenario de línea base y desde una perspectiva con proyecto. Por otra parte, se estiman los valores económicos de los impactos relevantes del proyecto, a fin de aplicar criterios en la asignación del grado de importancia para el control de las afectaciones de las actividades del proyecto.

### 7.1 Metodología general para la evaluación económica de impactos ambientales

El objetivo de la evaluación económica de impactos ambientales (EEIA) asociados a los proyectos de licenciamiento ambiental es “conocer y cuantificar los beneficios y costos económicos de dichas acciones para saber las verdaderas consecuencias sobre la sociedad. Por lo tanto, siempre se debe tener en cuenta que estos estudios son herramientas útiles en los procesos de planeación *ex ante* de las acciones a tomar”<sup>1</sup>.

La metodología general para la EEIA busca determinar, dentro del conjunto de impactos ambientales, aquellos que son relevantes sobre los flujos de bienes y servicios ecosistémicos que pueden ser afectados de forma adversa o benéfica por cualquier actividad del proyecto. El cambio de dichos flujos se reflejará en el bienestar de la sociedad, en otras palabras, movimientos de las curvas de oferta y/o demanda debidas a cambios en las cantidades o en precios que permitan determinar el cambio en el excedente del consumidor o del productor.

A fin de evaluar económicamente los impactos sobre los flujos de bienes y servicios relacionados con el proyecto “*Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión de 115 kV y Módulos de conexión*”, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) proponen lineamientos que debe seguir todo análisis de beneficio-costos en los proyectos sujetos a licencia ambiental, el cual se compone de los pasos descritos en la siguiente figura:

<sup>1</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. (MADS-CEDE). Evaluación económica de impactos ambientales en proyectos sujetos a licenciamiento ambiental. p. 16. Recuperado el 18 de septiembre de 2015, de < <http://www.academia.edu/7483596/Manualtecnico> >

**Figura 7-1** Etapas Evaluación Económica Ambiental



**Fuente:** Adaptado de MAVDT<sup>2</sup> por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

En los capítulos 2 y 5 del presente estudio de impacto ambiental, se han definido las características propias del proyecto, y se ha realizado la evaluación de impactos asociados a una cuantificación de la línea base.

En esta sección se indican cuáles son los impactos ambientales relevantes dentro del conjunto y son sujetos de evaluación económica, para obtener el valor monetario (paso 1: evaluación económica de los impactos más relevantes). Una vez determinado el conjunto de impactos ambientales relevantes, se define para cada uno la metodología de evaluación económica apropiada, que está reglamentada mediante la Resolución 1478 del 2003, la cual define este ejercicio como un “intento de asignar valores cuantitativos a los bienes y

<sup>2</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 1503 de 2010 (5, agosto, 2010). Por la cual se adopta la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales y se toman otras determinaciones. Diario Oficial. Bogotá D.C., 2010. No. 47792.

servicios proporcionados por recursos naturales independientemente de si existen o no precios de mercado que nos ayuden a hacerlo”<sup>3</sup>.

De acuerdo con lo anterior, esta valoración económica constituye una aproximación del cambio en el bienestar que se genera para la sociedad. En el documento, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) <sup>4</sup> describe las metodologías de valoración económica aceptadas desde el ámbito académico a nivel internacional, y también presenta los supuestos, alcances y las limitaciones de cada uno. Por lo tanto, los resultados obtenidos pueden derivar en juicios de valor individual, si no se considera contrastar los resultados con los supuestos, los alcances y la información disponible. De igual forma, no se ha indicado un máximo o mínimo de impactos a los cuales se les deba aplicar la evaluación económica ambiental de un proyecto.

Por otra parte, se indica que el valor monetario de los impactos relevantes de carácter negativo del proyecto es considerado como costos ambientales; y la valoración monetaria del impacto relevante y de naturaleza positiva, como beneficios sociales. Ambos se agregan para construir un flujo de beneficios y costos ordenado bajo un mismo horizonte de tiempo (Paso 2: descontar el flujo de beneficios y costos)\*. Este valor monetario puede ser de uso o de no uso, de acuerdo con la definición del impacto y la metodología de evaluación usada.

Posteriormente, se determina mediante el análisis de la relación beneficio-costos (RBC) y el valor presente neto (VPN) la rentabilidad social del proyecto sujeto a licenciamiento ambiental (Paso 3: obtención de los principales criterios de decisión).

Por último, se realiza el análisis de sensibilidad de los criterios económicos, evaluando los intervalos de confianza de los elementos que lo componen, para observar la robustez de los resultados encontrados (Paso 4: análisis de sensibilidad).

A continuación, se mencionan los impactos ambientales relevantes del proyecto sujetos a evaluación económica ambiental, de acuerdo con la matriz de impactos evaluados en el escenario con proyecto, construida a partir de la evaluación ambiental realizada en el capítulo 5 del presente EIA. En la sección 7.3 se da la definición de cada uno de los

<sup>3</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 1478 del 2003 (18, diciembre, 2003). Por la cual se establecen las metodologías de valoración de costos económicos del deterioro y de la conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables. Diario Oficial. Bogotá D.C.: El Ministerio. 2003. No. 45417.

<sup>4</sup> MAVDT. *Ibid.*

\* Este flujo de costos construidos no incluye los costos de los Planes de Manejo Ambiental (PMA), ya que estos son valores de prevención, corrección, mitigación y compensación de impactos ambientales, y son internalizados en la estructura económica del proyecto.

impactos ambientales y, de acuerdo con el alcance indicado en la definición, se explica el método de valoración económica, así como los datos usados, sus respectivas fuentes y, posteriormente, el resultado obtenido de cada uno. En la sección 7.4 se construye el flujo de costos y beneficios de todos los impactos relevantes generados en el proyecto “*Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión de 115 kV y Módulos de conexión*”. La sección 7.5 evalúa los criterios de evaluación económica; y en la sección 7.6 se realiza un análisis de sensibilidad\* de los criterios de evaluación económica ante cambios en algunos valores usados en el desarrollo de la metodología de valoración.

## 7.2 Determinación de impactos ambientales relevantes sujetos a evaluación económica ambiental

Para determinar la relevancia de los impactos ambientales asociados a la ejecución del proyecto “*Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión de 115 kV y Módulos de conexión*”, se realizó un análisis cuantitativo basado en la importancia ambiental (IA) de la matriz con proyecto para la subestación y para las líneas de transmisión, considerando la totalidad de impactos de carácter negativo.

Los impactos que hacen parte del conjunto seleccionado para obtener la relevancia de los impactos ambientales se describen en la Tabla 7-1.

---

\* El Análisis de Sensibilidad determina la robustez de los resultados obtenidos en la valoración del impacto, a través de la estimación del VPN y la RBC a diferentes tasas de descuento.



**Tabla 7-1** Impactos identificados en la implementación del proyecto Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión de 115 kV y Módulos de conexión

Componente		Impacto	Descripción del impacto
Socioeconómico	Dimensión político-organizativa	Generación y/o potencialización del conflicto social	Con la ejecución del proyecto, se pueden generar conflictos con las organizaciones comunitarias y propietarios del área de influencia que no desean la ejecución del proyecto o que se pueden ver afectados por las actividades a desarrollar. Lo anterior, asociado al ingreso de personal a las zonas de intervención dentro de los predios, de vehículos, maquinaria y herramientas; afectación de los predios y áreas contiguas, desvalorización del terreno, cambios y limitaciones en el uso del suelo, cambios en el paisaje, afectación a reservas forestales; generación de ruido, residuos sólidos y líquidos; comportamientos del personal, entre otros.
		Modificaciones en las organizaciones de las comunidades en torno al proyecto	Por la ejecución del proyecto se crean nuevas organizaciones comunitarias (veedurías ciudadanas) y se fortalecen las existentes (JAC) para legitimar el proceso de seguimiento y control social. El desarrollo de actividades que conlleven al uso de la infraestructura pública puede generar inconformismo en la comunidad, por su posible deterioro (caso de las vías), situación que probablemente conlleve a la organización comunitaria.
	Dimensión cultural	Modificación en los patrones culturales	Durante la ejecución del proyecto, se pueden generar cambios temporales en las dinámicas comunitarias por la presencia de personal foráneo, así como con el desarrollo de actividades asociadas a la construcción y puesta en marcha, principalmente en la ejecución de la subestación norte.
Socioeconómico	Dimensión demográfica	Modificación en la dinámica de la población	La ejecución del proyecto, las oportunidades laborales y actividades asociadas a la construcción pueden incrementar los procesos migratorios, por la expectativa de generación de empleo en torno al proyecto.

Componente		Impacto	Descripción del impacto
	Dimensión espacial	Exposición a situaciones de riesgo y/o accidentalidad	Incremento de posibles afectaciones físicas sobre población, como consecuencia de accidentes o incidentes asociados a las actividades del proyecto como la presencia de maquinaria y actividades como movimientos de materiales, excavaciones y movilización de materiales y personal y el desarrollo de actividades de mantenimiento de la infraestructura
		Cambio en la oferta y demanda de servicios públicos y sociales	Se encuentra asociado al aumento en el número de personas que requieren el consumo de servicios públicos (acueducto, energía eléctrica, alcantarillado) y sociales (servicios de salud, vivienda, transporte) durante la etapa de construcción del proyecto.
	Dimensión económica	Cambio en demanda de bienes y/o servicios locales	Se puede generar el incremento temporal en la demanda de servicios de alojamiento y alimentación durante la etapa de construcción del proyecto al contar con personal que requiera de estos servicios.
		Alteración de las actividades productivas de los predios	Durante el desarrollo de la etapa constructiva, se pueden alterar las dinámicas productivas de ganadería y agricultura, por el ingreso e intervención de los frentes de trabajo.
Socioeconómico	Dimensión económica	Cambio en el valor de la tierra	La ubicación de los puntos de estructura y el tendido de las líneas pueden generar modificaciones en el valor de la tierra, por la permanencia de las estructuras del sistema, así como la constitución de servidumbres de paso permanentes. También se incluye en esta definición la posible alteración en los ingresos económicos por cambio en las actividades productivas (análisis del daño y lucro cesante).
		Cambio en el uso de suelo	Con la ejecución del proyecto se generan restricciones en el uso del suelo por el área de servidumbre, con relación a la construcción de viviendas, siembra de árboles de alto porte y uso de maquinaria agrícola, así como la implementación de cultivos de tipo permanente.

Componente		Impacto	Descripción del impacto
		Percepción negativa de la comunidad con relación a las actividades del proyecto	Las comunidades de las áreas de influencia han expresado temores por las actividades del proyecto, asociados a posibles afectaciones en la salud por generación de ondas electromagnéticas, deterioro en la seguridad por la presencia de personal foráneo, actividades que involucran acceso de personal, de maquinaria, equipos, modificaciones al paisaje por adecuación del terreno y pérdida de coberturas vegetales.
	Patrimonio arqueológico	Pérdida, daño y/o afectación del patrimonio arqueológico	Las actividades constructivas en el área de la subestación y en el área de ubicación de las estructuras (torres y/o postes) pueden alterar distintos tipos de evidencias arqueológicas y, por ende, generar la pérdida del patrimonio arqueológico de la Nación.
Geosférico	Geología	Generación y/o activación de procesos erosivos; cambios en la susceptibilidad a la erosión	Estos procesos pueden ser generados y/o activados por dinamismo antrópico (ejecución de actividades construcciones, talas, cultivos), y fenómenos naturales (sismos, lluvias, saturación de suelos, fallas), lo cual puede generar movimientos en masa a diferentes escalas.
	Geomorfología	Cambio en la geoformas del terreno	Se encuentra asociado al cambio en los aspectos geométricos, topológicos y fisiográficos del relieve, generado por actividades propias de la ejecución del proyecto.
		Alteración de las características fisicoquímicas y/o microbiológicas del suelo	El cambio de las propiedades fisicoquímicas y/o microbiológicas de los suelos que se encuentran dentro del área de influencia directa del proyecto se asocia con modificaciones o cambios en la parte tanto química como física, como, por ejemplo, cambios en la estructura, compactación, acidez o alcalinidad, la densidad aparente y real, contaminación del suelo por derrames de elementos externos, entre otros, los cuales ocasionan procesos de deterioro acumulativos.

Componente		Impacto	Descripción del impacto
		Activación de procesos erosivos y de remoción en masa	Este proceso se da a partir de la remoción de la cobertura vegetal, capa orgánica, y de movimientos superficiales o profundos del material terrestre; esto, junto con la exposición temporal a factores climáticos tales como precipitación, vientos y otros, que pueden degenerar paulatinamente el suelo en su capacidad productiva, provocando que sea removido por la actividad del agua o del viento.
Geosférico	Geomorfología	Cambios en el uso del suelo	La ejecución del proyecto conlleva a la conformación de áreas para la instalación de las estructuras y su correspondiente mantenimiento a futuro, por lo cual se generan restricciones en el uso del suelo en estas zonas específicas; por ejemplo, el cambio en el uso del suelo en zona de reserva forestal. Por otra parte, la presencia de facilidades para la ubicación de áreas industriales genera la probabilidad de nuevas ocupaciones, cambiando el uso tradicional agrícola de la zona a pequeñas zonas de desarrollo industrial.
		Pérdida de suelo por remoción y/o enterramiento	Pérdida de los primeros horizontes del suelo, donde se ubica la capa orgánica o capa fértil por la intervención del área con la movilización o remoción del material durante la construcción del proyecto.
	Paisaje	Alteración de la calidad paisajística	Este impacto puede darse a partir de perturbaciones en la colorimetría de los elementos que conforman el paisaje, generando cambios en la visibilidad del paisaje. La calidad paisajística se ve afectada con la transformación de la cobertura vegetal establecida para dar entrada al proyecto, al incluir nuevos elementos al paisaje, alterando la calidad paisajística actual, como la subestación y el tendido de las líneas de transmisión.
Hídrico	Superficial	Alteración de las características fisicoquímicas y/o microbiológicas del agua superficial	Se presenta por la incorporación de materias extrañas, como microorganismos, aguas residuales, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos, por acciones antrópicas y actividades constructivas durante el desarrollo del proyecto que conllevan, de forma parcial o total, a que no sean aptas para uso doméstico o industrial.

Componente		Impacto	Descripción del impacto
Biótico	Flora	Pérdida de cobertura vegetal	Las actividades de descapote y excavaciones implican la pérdida de todo tipo de cobertura vegetal en el área de intervención directa, lo que se verá reflejado en su disminución, reduciendo la protección del suelo y la consecuente generación de procesos erosivos y probable arrastre de material a los cuerpos de agua.
		Variación de la estructura y composición florística	Cambio en la estructura interna de una cobertura, entendido como pérdida de individuos y un cambio en su arreglo horizontal y vertical.
	Fauna	Reducción y/o pérdida de hábitat apropiado para la fauna silvestre	Las actividades de construcción implican la reducción y/o pérdida de lugares de posible permanencia de fauna silvestre, sea como lugar de refugio y alimentación o como paso y sitio de percha.
		Atropellamiento de fauna silvestre	El paso constante de maquinaria y vehículos, así como su llegada y salida, puede generar atropellamiento de la fauna circundante o presente en la zona.
		Movimiento temporal de fauna silvestre	Muchas de las especies de fauna silvestre cuyo hábitat o sitio de refugio, alimentación y estadía, de posible presencia en las áreas de intervención, se pueden ver afectadas por el desarrollo del proyecto. El ruido, la presencia de maquinaria y del personal generan el ahuyentamiento de la fauna hacia un lugar donde las condiciones sean óptimas para su supervivencia.
Atmosférico	Calidad de aire	Alteración de la calidad de aire por emisión de material particulado	Se encuentra relacionado con el incremento en la concentración de material particulado, debido a las actividades de descapote y movimiento de materiales y movilización de maquinaria y equipos durante la etapa de construcción.
		Alteración de la calidad de aire por emisión de gases	Incremento en la concentración de gases, debido a la utilización de maquinaria y el tránsito de vehículos pesados en la etapa de construcción y operación.

Componente		Impacto	Descripción del impacto
		Generación de campos electromagnéticos	La puesta en marcha de la subestación y las líneas de transmisión pueden generar campos electromagnéticos.
	Ruido	Alteración en los niveles normales de presión sonora	Incremento en los niveles de presión sonora asociado a actividades a desarrollar en el proyecto, como movimiento de material, uso de maquinaria, vehículos, pitos, etc.

**Fuente:** ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

Para determinar si un impacto es relevante o no, se toma la sumatoria de las importancias ambientales de cada uno de los impactos negativos descritos anteriormente, asociados a las actividades de las etapas del proyecto. Conceptualmente se refiere a lo siguiente.

$$IIA_j = \sum_{j=1}^J C(3I + 2Ex + Pr + D + T + Rv + Mt + Mo + Pe + S + A)$$

$$IAT = \sum_i^I IIA_i$$

Donde:

$j$  = conjunto de actividades  
 $i$  = impacto ambiental de carácter negativo  
 $C$  = Carácter  
 $I$  = Intensidad  
 $Ex$  = Extensión  
 $Pr$  = Probabilidad  
 $D$  = Duración  
 $T$  = Tendencia  
 $Rv$  = Reversibilidad  
 $Mt$  = Mitigabilidad  
 $Mo$  = Momento  
 $Pe$  = Periodicidad  
 $S$  = Sinergia  
 $A$  = Acumulación

Así, la interpretación de los resultados de la fórmula se realiza de acuerdo a los rangos especificados en la Tabla 7-2:

**Tabla 7-2** Clasificación de los resultados de los impactos Nivel de Importancia

Importancia de impactos Positivos (+)	Clasificación	Importancia de impactos Negativos (-)	Clasificación
Leve	15 a 33	Irrelevante	-15 a -33
Notable	34 a 52	Moderado	-34 a -52
Significativo	53 a 71	Severo	-53 a -71
Importante	72 a 90	Crítico	-72 a -90

**Fuente:** CONESA 1995<sup>5</sup>. Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

<sup>5</sup> CONESA FERNÁNDEZ-VITÓRA, V. *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. 2000. Tercera edición. Madrid: Mundi Prensa.

De acuerdo con la evaluación ambiental realizada en el capítulo 5 del presente EIA, particularmente el Anexo 5-1 en las hojas denominadas “7.ConsolidadoconProyecto SE” y “7.ConsolidadoconProyecto LT”, se observa que los impactos ambientales relevantes tanto positivos como negativos a evaluar económicamente de acuerdo con el alcance y magnitud del proyecto son los siguientes: i) cambio en la demanda de bienes y servicios locales para el caso de la Subestación y para el caso de las líneas de transmisión ii) Pérdida de cobertura vegetal y iii) Variación de la composición y estructura florística.

### **7.3 Evaluación Económica de Impactos Ambientales**

#### **7.3.1 Cambio en la demanda de bienes y servicios locales**

##### **7.3.1.1 Definición del impacto**

Este impacto es un impacto positivo, debido a la dinamización económica promovida en los municipios del área de influencia, debido al incremento temporal en la demanda de servicios de alojamiento y alimentación durante las etapas de construcción, puesta en marcha y de operación y mantenimiento de la subestación, al contar con personal que requiera de estos servicios.

Asimismo, asociado a este impacto se identificó un impacto positivo por una mayor demanda por servicios de mano de obra no calificada del personal de la región que, a su vez, generará unos efectos sinérgicos en la dinámica local y regional.

##### **7.3.1.2 Metodología de valoración económica**

Para la evaluación económica de este impacto, se considera:

- Determinar los ingresos adicionales para las familias o personas que trabajen en el sector hotelero de los municipios del área de influencia, debidos al aumento de la demanda de este servicio por parte de los trabajadores durante las tres etapas mencionadas.
- Determinar los ingresos adicionales para las familias o personas poseedoras de restaurantes de los municipios del área de influencia del proyecto, debidos al aumento de la demanda de servicios de alimentación por parte de los trabajadores durante las etapas mencionadas.



- Estimar los beneficios generados por la contratación de mano de obra durante la ejecución del proyecto.

Determinar los ingresos adicionales por una mayor demanda de servicios hoteleros:

Para determinar la mayor demanda por servicios hoteleros, se requiere determinar la población que demandará dichos servicios de alojamiento. Dado que la subestación Norte 230/115 kV será construida en el municipio de Gachancipá, los empleados que trabajarán durante las etapas de construcción, puesta en marcha y de operación y mantenimiento de la subestación serán quienes demanden los servicios de alojamiento y quienes aumentarán los ingresos de las familias o personas que trabajen en el sector hotelero del municipio.

De acuerdo con la Tabla 7-3, se requiere un total de 86 empleados durante las fases de construcción y operación de la subestación norte, de los cuales 70 serán personal permanente y 16 estarán presentes sólo en la etapa de pruebas y puesta en servicio.

**Tabla 7-3** Personal que trabajará durante las etapas de construcción, puesta en marcha y operación y mantenimiento de la subestación Norte

Ítem	Cargo	Cant.	Tipo	OBSERVACIONES
1	Ingeniero director de Proyecto	1	Personal de dirección	Personal Permanente
2	Ingeniero gestor Contrato	1	Personal de dirección	Personal Permanente
3	Ingeniero Residente Montaje Electromecánico	1	Personal de dirección	Personal Permanente
4	Ingeniero Residente Obra Civil	1	Personal de dirección	Personal Permanente
5	Ingeniero auxiliar	1	Personal de dirección	Personal Permanente
6	Encargado Sistema Gestión Integral HSEQ	1	Personal de apoyo	Personal Permanente
7	Preventivista Salud y seguridad ocupacional	2	Personal de apoyo	Personal Permanente
8	Ingeniero Especialista en Protecciones Eléctricas	2	Personal de apoyo	Personal presente en etapa de pruebas y puesta en servicio
9	Ingeniero Especialista en Comunicaciones	2	Personal de apoyo	Personal presente en etapa de pruebas y puesta en servicio
10	Supervisor de Montaje Electromecánico	1	Personal Operativo	Personal Permanente
11	Supervisor Control y protecciones	1	Personal Operativo	Personal Permanente
12	Supervisor de Obra civil (capataz)	2	Personal Operativo	Personal Permanente
13	Maestro de obra civil	4	Personal Operativo	Personal Permanente
14	Oficiales Obra civil	8	Personal Operativo	Personal Permanente
15	Oficiales Linieros	4	Personal Operativo	Personal Permanente
16	Ayudantes rasos (obra Civil)	15	Personal Operativo	Personal Permanente
17	Técnico montaje Electromecánico	7	Personal Operativo	Personal Permanente

Ítem	Cargo	Cant.	Tipo	OBSERVACIONES
18	Técnico Conexionista tableros de control y protecciones	5	Personal Operativo	Personal Permanente
19	Ayudante de Montaje electromecánico	5	Personal Operativo	Personal Permanente
20	Operador de Maquinaria Obra civil	2	Personal Operativo	Personal Permanente
21	Operador de Maquinaria y vehículos de carga Obra civil	4	Personal Operativo	Personal Permanente
22	Conductor	4	Personal Operativo	Personal Permanente
23	Personal de apoyo Externo _ Fabricante de Transformadores	2	Personal de apoyo	Personal presente en etapa de pruebas de equipo y puesta en servicio
24	Personal de apoyo Externo _ Fabricante equipos de Potencia	2	Personal de apoyo	Personal presente en etapa de pruebas de equipo y puesta en servicio
25	Personal de apoyo Externo _ Equipos de control y Protección	2	Personal de apoyo	Personal presente en etapa de pruebas de equipo y puesta en servicio
26	Personal de apoyo Externo _ Comunicaciones	2	Personal de apoyo	Personal presente en etapa de pruebas de equipo y puesta en servicio
27	Personal de apoyo Externo _ Certificación RETIE	2	Personal de apoyo	Personal presente en etapa de pruebas de equipo y puesta en servicio
28	Personal de apoyo Externo _ Interventoría	2	Personal de apoyo	Personal presente en etapa de pruebas de equipo y puesta en servicio
<b>CANTIDAD TOTAL</b>		<b>86</b>		

**Fuente:** Adaptado de "CODENSA S.A. ESP, 2015" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

Teniendo en cuenta que la etapa de construcción de la subestación es de 11 meses, la etapa de operación y mantenimiento dura 3 meses y las pruebas y puesta en servicio tardarán dos meses, se puede calcular el valor total de la demanda por servicios de alojamiento de estos empleados.

La Tabla 7-4, Tabla 7-5 y Tabla 7-6 presentan el valor económico de la mayor demanda por servicios hoteleros durante estas etapas; donde se estima que el valor económico de este impacto durante la etapa de construcción es de COP\$ 839.568.417.; durante la etapa de puesta en marcha y pruebas a equipos, es de COP\$184.856.023; y durante la operación y mantenimiento será de COP\$228.973.205, para un beneficio total de **COP\$ 1.253.397.645**

 <b>INGENIERÍA &amp; DISEÑO S.A.</b>	 Codensa es una empresa del Grupo Enel		<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b> <b>CAPÍTULO 7. Evaluación económica de los impactos</b> <b>CONTRATO 5700004954</b>
---	--	---	--

**Tabla 7-4** Valor económico de la mayor demanda por servicios hoteleros durante la etapa de construcción (COP)

Tipo de trabajador	Número de trabajadores	Etapa de construcción		Valor total alojamiento
		Número de noches	Precio de alojamiento por noche	
Personal directivo	5	330	72690	\$ 119.938.345
Personal de apoyo	3	330	33549	\$ 33.213.696
Personal operativo	62	330	33549	\$ 686.416.376
<b>VALOR TOTAL</b>				<b>\$ 839.568.417</b>
<b>VPN TOTAL</b>				<b>\$ 749.614.658</b>

\* Precio promedio de habitación individual en hoteles de 4 estrellas por noche en el Municipio de Gachancipá

\*\* Precio promedio de habitación individual en hoteles de 3 estrellas por noche en el Municipio de Gachancipá

**Fuente:** ACON, Miembro Grupo INERCO, 2017

**Tabla 7-5** Valor económico de la mayor demanda por servicios hoteleros durante la etapa depuesta en marcha y pruebas a equipos (COP)

Tipo de trabajador	Número de trabajadores	Etapa de puesta en marcha		Valor total alojamiento
		Número de noches	Precio de alojamiento por noche*	
Personal directivo	5	60	\$ 72.690	\$ 21.806.972
Personal de apoyo	19	60	\$ 33.549	\$ 38.246.074
Personal operativo	62	60	\$ 33.549	\$ 124.802.978
<b>VALOR TOTAL</b>				<b>\$ 184.856.023</b>
<b>VPN TOTAL</b>				<b>\$ 165.050.021</b>

\* Los mismos precios utilizados para la etapa de construcción

**Fuente:** ACON, Miembro Grupo INERCO, 2017.

**Tabla 7-6** Valor económico de la mayor demanda por servicios hoteleros durante la etapa de operación y mantenimiento (COP)

Tipo de trabajador	Número de trabajadores	Etapa de operación y mantenimiento		Valor total alojamiento
		Número de noches	Precio de alojamiento por noche*	
Personal directivo	5	90	\$ 72.690	\$ 32.710.458
Personal de apoyo	3	90	\$ 33.549	\$ 9.058.281
Personal operativo	62	90	\$ 33.549	\$ 187.204.466
<b>VALOR TOTAL</b>				<b>\$ 228.973.205</b>
<b>VPN TOTAL</b>				<b>\$ 204.440.361</b>

\* Los mismos precios utilizados para la etapa de construcción.

**Fuente:** ACON, Miembro Grupo INERCO, 2017.

Determinar los ingresos adicionales por una mayor demanda de servicios alimenticios:

La mayor demanda por servicios de alimentación se calculará a partir de los empleados que trabajarán durante las etapas de construcción, puesta en marcha y de operación y mantenimiento de la del proyecto “*Subestación Norte 230/115 kV, líneas transmisión de 115 kV y módulos de conexión*” relacionados en la Tabla 7-3. Se estima que durante estas etapas los empleados demandarán servicios de alimentación para desayuno, almuerzo y cena durante los días de permanencia.

De acuerdo con la información recogida en campo, el precio promedio de estas comidas es de COP\$ 4.000 para desayuno sencillo y COP\$ 6.000 para desayuno ejecutivo; COP\$ 6.500 un almuerzo corriente y COP\$ 9.000 para almuerzo ejecutivo. Estos últimos precios son los mismos para la cena. Así, se obtiene que la alimentación diaria sencilla tendría un precio total de COP\$ 17.000, mientras que la alimentación diaria para un ejecutivo tendría un costo total de COP\$ 24.000. *Estos valores fueron ajustados de acuerdo con el IPC del 2016 (5.75%), estableciendo los valores redondeados para la valoración económica por COP \$19.000 y COP \$26.850 respectivamente.*

Con esta información se calculan los ingresos adicionales que obtendrían los dueños de los restaurantes del municipio Gachancipá, donde la demanda por estos servicios aumentaría durante las tres etapas mencionadas anteriormente. Las Tabla 7-7, Tabla 7-8 y Tabla 7-9 presentan el valor económico de la mayor demanda por servicios de alimentación durante estas etapas, donde se estima que el valor económico de este impacto durante la etapa de construcción es de *COP\$ 452.075.302; durante la etapa de puesta en marcha y pruebas a equipos, COP\$ 100.446.267; y durante la operación y mantenimiento será de COP\$ 123.293.264; para un beneficio total de COP\$ 675.814.833.*

**Tabla 7-7** Valor económico de la mayor demanda por servicios de alimentación durante la etapa de construcción (COP)

Tipo de trabajador	Número de trabajadores	Etapas de construcción		Valor total de la alimentación
		Servicios de alimentación diaria	Precio de alimentación diaria	
Personal directivo	5	330	\$ 26.839	\$ 44.284.928
Personal de apoyo	3	330	\$ 19.011	\$ 18.821.094
Personal operativo	62	330	\$ 19.011	\$ 388.969.280
<b>VALOR TOTAL</b>				<b>\$ 452.075.302</b>
<b>VPN TOTAL</b>				<b>\$ 403.638.662</b>

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2017.

**Tabla 7-8** Valor económico de la mayor demanda por servicios de alimentación durante la etapa de puesta en marcha y pruebas a equipos (COP)

Tipo de trabajador	Número de trabajadores	Etapa de puesta en marcha		Valor total de la alimentación diaria
		Servicios de alimentación diaria	Precio de alimentación diaria	
Personal directivo	5	60	\$ 26.839	\$ 8.051.805
Personal de apoyo	19	60	\$ 19.011	\$ 21.672.775
Personal operativo	62	60	\$ 19.011	\$ 70.721.687
<b>VALOR TOTAL</b>				<b>\$ 100.446.267</b>
<b>VPN TOTAL</b>				<b>\$ 89.684.167</b>

\* Los mismos precios utilizados para la etapa de construcción

**Fuente:** ACON, Miembro Grupo INERCO, 2017.

**Tabla 7-9** Valor económico total de la mayor demanda por servicios de alimentación durante la etapa de operación y mantenimiento (COP)

Tipo de trabajador	Número de trabajadores	Etapa de operación y mantenimiento		Valor total de la alimentación diaria
		Servicios de alimentación diaria	Precio de alimentación diaria	
Personal directivo	5	90	\$ 26.839	\$ 12.077.708
Personal de apoyo	3	90	\$ 19.011	\$ 5.133.026
Personal operativo	62	90	\$ 19.011	\$ 106.082.531
<b>VALOR TOTAL</b>				<b>\$ 123.293.264</b>
<b>VPN TOTAL</b>				<b>\$ 110.083.271</b>

\* Los mismos precios utilizados para la etapa de construcción

**Fuente:** ACON, Miembro Grupo INERCO, 2017.

#### Estimar el valor económico de la contratación de mano de obra local:

La información necesaria para valorar económicamente estos beneficios se indica en el capítulo 2, numeral 2.2.7.2, en el cual se señala que las personas requeridas con perfil operativo son 74 personas (Tabla 7-10).

**Tabla 7-10** Empleo no calificado del proyecto

Cargo	Cantidad	Tipo
Supervisor de montaje electromecánico	1	Personal Operativo
Supervisor control y protecciones	1	Personal Operativo
Supervisor de obra civil (capataz)	2	Personal Operativo
Maestro de obra civil	4	Personal Operativo
Oficiales obra civil	8	Personal Operativo
Oficiales linieros	4	Personal Operativo

Cargo	Cantidad	Tipo
Ayudantes rasos (obra civil)	15	Personal Operativo
Técnico montaje electromecánico	7	Personal Operativo
Técnico conexcionista tableros de control y protecciones	5	Personal Operativo
Ayudante de montaje electromecánico	5	Personal Operativo
Operador de maquinaria obra civil	2	Personal Operativo
Operador de maquinaria y vehículos de carga obra civil	4	Personal Operativo
Conductor	4	Personal Operativo
Personal de apoyo externo _ fabricante de transformadores	2	Personal de apoyo
Personal de apoyo externo _ fabricante equipos de potencia	2	Personal de apoyo
Personal de apoyo externo _ equipos de control y protección	2	Personal de apoyo
Personal de apoyo externo _ comunicaciones	2	Personal de apoyo
Personal de apoyo externo _ certificación retie	2	Personal de apoyo
Personal de apoyo externo _ interventoría	2	Personal de apoyo
<b>Total</b>	<b>74</b>	

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

De acuerdo con Ministerio del Trabajo<sup>6</sup>, el factor salarial base para el cálculo del beneficio incluye el concepto de formalidad de empleo, el cual se obtiene al liquidar un salario mínimo mensual legal vigente de 2017, las prestaciones sociales (cesantías, primas e intereses sobre cesantías), el descanso remunerado, los aportes a seguridad social (pensión, salud y riesgos profesionales) y los parafiscales. Este factor denominado de formalidad es de 0,67 del salario base. El salario de referencia para el escenario sin proyecto corresponde al SMMLV:

$$\Delta w = w_1 - w_0$$

$$w_1 = smmlv \times 1,67 \times t \times N$$

$$w_0 = smmlv \times t \times N$$

$\Delta w$  : diferencial salarial

$w_1$  : salario CON proyecto

$w_0$  : salario SIN proyecto

t: tiempo (meses)

N: número empleos no calificados

<sup>6</sup> Ministerio del Trabajo. Calculadora Laboral [en línea]. 2015. [Citado el 28 de abril de 2015] Disponible en Internet: <<http://www.mintrabajo.gov.co/calculadora-laboral.html>>

Adicionalmente, de acuerdo con los resultados de la Gran Encuesta Integrada de Hogares Nov/2014- Ene/2015 del DANE, en la ciudad de Bogotá se presentó un desempleo igual a 8,7%. Esto indica que, de los 74 empleos no calificados para cada actividad que generará el proyecto, cinco (5) empleos serán para personas que vienen de estar desempleadas. Esto indica que el beneficio social de emplear a personas que previamente están desempleadas aumenta, debido a que no reciben ingreso previo a la ejecución del proyecto.

### 7.3.1.3 Resultados de la evaluación económica del impacto por variación de la demanda de servicios locales

La mayor demanda por servicios locales de alojamiento y alimentación en el municipio de Gachancipá es un impacto positivo, por los ingresos adicionales que recibirán personas de la comunidad que son dueños de hoteles y restaurantes, donde los empleados de la del proyecto “*Subestación Norte 230/115 kV, líneas transmisión de 115 kV y módulos de conexión*” se hospedarán y se alimentarán durante los 16 meses que duran las etapas de construcción, puesta en marcha y de operación y mantenimiento.

Los cálculos presentados en la Tabla 7-11 reflejan que el mayor beneficio económico será generado durante la etapa de construcción, por ser la etapa más larga del proyecto, con un beneficio total de 1.291 millones de pesos; suma que supera en un 73% el beneficio económico generado durante la etapa de operación y mantenimiento. Las etapas posteriores a la construcción generan beneficios económicos de 285 millones de pesos durante los dos meses de la puesta en marcha y 352 millones durante la operación de la subestación. Así, el beneficio generado a causa del aumento de la demanda de servicios hoteleros y servicios de alimentación, es de COP\$ 1.929.212.478.

**Tabla 7-11** Evaluación económica del impacto positivo por variación de la demanda de servicios hoteleros y de alimentación (COP)

<b>Etapas del proyecto</b>	<b>Servicio de alojamiento</b>	<b>Servicio de alimentación</b>	<b>Valor total</b>
Construcción	\$ 839.568.417	\$ 452.075.302	\$ 1.291.643.719
Puesta en marcha	\$ 184.856.023	\$ 100.446.267	\$ 285.302.291
Operación y mantenimiento	\$ 228.973.205	\$ 123.293.264	\$ 352.266.469
<b>Valor Total</b>			<b>\$ 1.929.212.478</b>
<b>VPN Total</b>			<b>\$ 1.722.511.141</b>

**Fuente:** ACON, Miembro Grupo INERCO, 2017

Adicional a este beneficio, se estima el valor económico generado por la contratación de mano de obra local durante la ejecución del proyecto. La Tabla 7-12 presenta los resultados



de los beneficios generados a las comunidades del área de influencia, por la generación de empleo, que ascienden a **COP\$ 1.006.614.847**.

**Tabla 7-12** Beneficios por generación de empleo

		Beneficio para mano de obra	
		Empleados antes del proyecto	Desempleados antes del proyecto
N.º	A	69	5
tiempo (mes)	B	25	25
$smmlv$	C	737.717	
$smmlv \times 1,67$	D	1.231.987	1.231.987
$w_0$	$E = c \times b \times a$	1.272.561.825	-
$w_1$	$F = d \times b \times a$	2.125.178.248	153.998.424
$\Delta w$	$G = f - e$	852.616.423	153.998.424
<b>Valor total</b>		<b>1.006.614.847</b>	

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2017.

El desarrollo de la obra civil implica unos beneficios adicionales por mano de obra, por un valor de **\$1.006.614.847 pesos, a los que actualmente tendría la población (\$475.925.413 para el año 1 y \$ 530.689.433 para el año 2)**.

De esta forma, se puede calcular el beneficio total del impacto positivo por una mayor demanda de servicios locales como servicios hoteleros, servicios de alojamiento y servicios de mano de obra, calculados en la Tabla 7-13 y que ascienden a un beneficio total de **COP\$ 2.935.827.325**.

**Tabla 7-13.** Beneficio total por la mayor demanda de bienes y servicios locales

Beneficio	Valor
Mayor demanda por servicios de alojamiento	\$ 1.253.397.645
Mayor demanda por servicios de alimentación	\$ 675.814.833
Demanda por mano de obra local	\$ 1.006.614.847
<b>Valor Total</b>	<b>\$ 2.935.827.325</b>

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2017.

La valoración económica ambiental se realiza para los impactos establecidos y evaluados con un nivel de significancia crítica o severa en la matriz de impacto. A continuación, se



presenta la valoración económica para los impactos pérdida de cobertura vegetal y variación en la estructura y composición florística.

### 7.3.2 Pérdida de cobertura vegetal

#### 7.3.2.1 Definición del impacto

Este impacto negativo hace referencia a la pérdida de cobertura vegetal en el área donde se construirán las líneas de transmisión de 115 kV y los módulos de conexión de la subestación Norte. Este impacto está asociado a las actividades de descapote y de excavaciones que implicarán la pérdida de todo tipo de cobertura vegetal que puede generar conjuntamente efectos sinérgicos, dado que el suelo quedará desprotegido, lo que podría resultar en la generación de procesos erosivos y probable arrastre de material a los cuerpos de agua.

#### 7.3.2.2 Metodología de valoración económica

##### A Impacto internalizable

##### Programa de Manejo del Suelo, PMAS-2:

A fin de mitigar el impacto por pérdida de cobertura vegetal dentro del Programa de Manejo del Suelo, se ha diseñado el Subprograma de Manejo Paisajístico (código PMAS-2 en el Plan de Manejo Ambiental, PMA), que busca ejecutar medidas de compensación de acuerdo con la afectación paisajística que se presente durante la ejecución del proyecto.

Durante las actividades previas a la construcción de las líneas de transmisión, el impacto se generará por la adecuación del terreno, a través del descapote y remoción del suelo en aquellas zonas donde existirán estructuras, además de la tala y remoción de la cobertura vegetal. En la etapa de construcción se desarrollará la adecuación estructural y construcción civil, el montaje electromagnético, y se hará la adecuada disposición de residuos sólidos para evitar la afectación a la composición del suelo.

Por la ejecución de las actividades anteriormente mencionadas, el Subprograma de Manejo Paisajístico es una medida de prevención, mitigación, corrección y compensación, a través de la cual se desarrollarán acciones de manejo durante las etapas de actividades previas y de construcción de las líneas de transmisión, como se muestra en la Tabla 7-14.

**Tabla 7-14** Cronograma de implementación del Subprograma de Manejo Paisajístico

Acción	Actividades previas									Construcción								
	Semanas																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Capacitaciones (talleres de sensibilización al personal del proyecto)																		

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015

En la primera etapa, el subprograma contempla la capacitación del profesional contratado, acerca de la importancia ecológica y ambiental de la flora y la fauna silvestre del área de estudio, haciendo énfasis en las especies de hábitos arborícolas con presencia en el área de intervención del proyecto. Además, se realizará la demarcación y señalización de las áreas a intervenir, para evitar la afectación de los recursos naturales de zonas aledañas, y se optará por una tala selectiva para conservar aquellos individuos identificados como importantes. Los residuos sólidos y líquidos generados durante esta etapa, así como los materiales sobrantes de las excavaciones, residuos de la construcción o del aprovechamiento forestal, serán transportados a lugares para su adecuada disposición final.

La medida tiene un período de implementación de 20 meses, durante los cuales será contemplada como un costo ambiental. El costo total de esta medida es de COP\$ 39.000.000 (Tabla 7-15), que corresponden a 24 millones de pesos en capacitaciones al personal del proyecto y 15 millones de pesos en la señalización y demarcación de las áreas de intervención.

**Tabla 7-15** Costo del Subprograma de Manejo Paisajístico

Descripción	Cantidad	Unidad	Periodicidad	Costo Unitario (COP)	Valor total (COP)
Capacitaciones por frente de trabajo (medios audiovisuales, salón de capacitación, papelería, memorias, transporte) Incluye charla de inducción y capacitación periódica	20	Jornadas de Capacitación	Mensual	\$ 1.200.000	\$ 24.000.000
Señalización y demarcación de las áreas de intervención.	1	Global	Una vez	\$ 15.000.000	\$ 15.000.000
<b>Valor Total</b>					<b>\$ 39.000.000</b>

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015

#### Programa de Pérdida de la Cobertura Vegetal, PMAPVC-1:

Como parte de este programa, se ha creado el Subprograma de Manejo de Remoción de Cobertura Vegetal y Descapote como medida de prevención y mitigación. Las actividades planeadas en esta medida se realizarán durante la etapa previa a la construcción de las líneas de transmisión e involucran la señalización y delimitación de áreas de trabajo para proteger la vegetación cercana a la obra y evitar el deterioro e intervención de otras coberturas vegetales.

Para evitar la afectación de la fauna con hábitos fosoriales y arborícolas, se ahuyentará la fauna existente o se reubicará. Además, se realizarán charlas de sensibilización a los trabajadores sobre el manejo adecuado de las especies vegetales y la adecuada disposición de los residuos vegetales y residuos sólidos, para evitar la contaminación de los cuerpos de agua.

Se realizará la remoción de la capa superficial del terreno (incluyendo hierbas, pastos y sedimentos) y el descapote con los equipos apropiados. El material de excavación se dispondrá temporalmente en lugares cercanos al área de intervención, que sean de fácil acceso sin la presencia de árboles o arbustos, a una distancia mínima de 50 metros de drenajes o cuerpos de agua y, en lo preferible, que sean sitios con baja pendiente, para su posterior transporte y disposición final en sitios autorizados

Las medidas tienen un período de implementación de 4 meses en la etapa previa del proyecto (Tabla 7-16), durante el cual será contemplada como un costo ambiental. El costo total de estas medidas es de COP\$ 19.390.720 (Tabla 7-17), que corresponden a más de 15 millones de pesos para la remoción de la cobertura y 4 millones en capacitaciones al personal del proyecto.

**Tabla 7-16** Cronograma de implementación del Subprograma de Manejo de Remoción de Cobertura Vegetal y Descapote

Acción	Actividades previas							Construcción							Puesta en marcha						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Capacitación ambiental al personal																					
Remoción de la cobertura vegetal																					

**Fuente:** ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

 <b>INGENIERÍA &amp; DISEÑO S.A.</b>	 Codensa es una empresa del Grupo Enel		<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b> <b>CAPÍTULO 7. Evaluación económica de los impactos</b> <b>CONTRATO 5700004954</b>
---	--	---	--

**Tabla 7-17** Costo del Subprograma de Subprograma de Manejo de Remoción de Cobertura Vegetal y Descapote

Descripción	Cantidad	Unidad	Periodicidad	Costo Unitario (COP)	Valor total
Capacitación sobre manejo de residuos vegetales (por frente de trabajo)	4	Capacitación	Al iniciar la actividad	\$ 1.000.000	\$ 4.000.000
Remoción de la cobertura vegetal (en m <sup>2</sup> )	42.752	m <sup>2</sup>	Mensual	\$ 360	\$ 15.390.720
<b>COSTO TOTAL MEDIDA</b>					<b>\$ 19.390.720</b>

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015

## B Impacto no internalizable

La metodología usada para evaluar económicamente el impacto por la remoción de la cobertura vegetal es la transferencia por beneficios. Esta metodología toma los datos encontrados en estudios primarios y los extrapola al caso de estudio específico que se requiere valorar. 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<sup>7</sup>. La principal ventaja de esta técnica de valoración es permitir evaluar de forma amplia y rápida varios servicios ecosistémicos prestados por un área particular; y se pueden imputar, por este método, varios valores de forma simultánea. La desventaja es que se debe tener cuidado a la hora de hacer política pública, ya que los métodos de valoración y los contextos en los cuales fueron realizadas pueden variar y arrojar diferencias porcentuales significativas entre el valor transferido y el valor real del bien ambiental<sup>8</sup>.

Para valorar económicamente la pérdida de cobertura vegetal por la construcción de las líneas de transmisión, se deben considerar los siguientes lineamientos estándar y recomendaciones sugeridas en la literatura, a fin de realizar una adecuada transferencia de resultados del lugar del estudio utilizado al lugar de análisis de este proyecto <sup>9,10</sup>:

<sup>7</sup> MAVDT - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2003). Metodologías para la Valoración Económica de Bienes, Servicios Ambientales y Recursos Naturales. Bogotá.

<sup>8</sup> OSORIO, J. D. O. (2006). El método de transferencia de beneficios para la valoración económica de servicios ambientales: Estado del arte y aplicaciones. Semestre económico, 9(18), 107-124.

<sup>9</sup> AZQUETA, D. (2002). Introducción a la economía ambiental. Madrid: McGraw-Hill. 420p

<sup>10</sup> MOGAS, J. & Riera, P. (2003). Validación del experimento de elección en la transferencia de beneficios. Hacienda pública española, (165), 79-95.

- El propósito del valor estimado del impacto ambiental en el lugar de estudio original se debe ajustar al objetivo del valor en el lugar de análisis del proyecto.
- Si el valor del estudio del lugar está influenciado por alguna magnitud temporal o geográfica, ésta se debe adecuar al lugar de análisis del proyecto. Para esta valoración se adecúan los valores a hectárea por año (ha año<sup>-1</sup>).
- Se debe suponer que los valores son consistentes en el tiempo; esto implica que se deflactan los valores respectivos para dejarlos a precios base 2015, y se usa la TRM (Tasa Representativa del Mercado) promedio de 2015 para los valores que se encuentran en dólares (USD).

Dentro de la transferencia de beneficios existen dos tipos de transferencia: la transferencia de valor y la función de transferencia. Para este estudio de evaluación económica de impactos ambientales se usa la transferencia de valor, basada en un conjunto de estudios para aproximar con una medida de tendencia central el valor del servicio ecosistémico afectado. La 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.

Considerando la descripción del impacto, para el caso de la remoción de la cobertura vegetal para la construcción de las líneas de transmisión, se usa la caracterización realizada en el presente Estudio de Impacto Ambiental (EIA), en la que se evidencia que 1,22 ha de coberturas que serán intervenidas se encuentran dentro de la reserva forestal (Tabla 7-18) y que 4,38 ha intervenidas están fuera de dicha reserva (Tabla 7-19)<sup>11</sup>. De acuerdo con esta clasificación, el área de los ecosistemas o coberturas que se verían afectados por la implementación del proyecto es de 5,6 hectáreas<sup>12</sup>

**Tabla 7-18** Caracterización de los medios afectados con la implementación del proyecto de líneas de transmisión dentro de la reserva forestal

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NOMENCLATURA CORINE	ÁREA ha
Territorios Agrícolas	Pastos	Pastos limpios		PI	0,29
Bosques y Áreas Seminaturales	Bosques	Plantación forestal		Pf	0,22
		Herbazal	Herbazal denso	Hzd	0,04

<sup>11</sup> Los datos registrados en las Tablas 7-15 y 7-16 corresponden al área en puntos de estructura dentro y fuera de la Reserva Forestal Productora Protectora de la Cuenca Alta del Río Bogotá.

<sup>12</sup> En las tablas 7-15 y 7-16 no se contempla las coberturas de Territorios Artificializados.

 <b>INGENIERÍA &amp; DISEÑO S.A.</b>	 Codensa es una empresa del Grupo Enel		<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b> <b>CAPÍTULO 7. Evaluación económica de los impactos</b> CONTRATO 5700004954
---	--	---	---

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NOMENCLATURA CORINE	ÁREA ha
	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Arbustal	Arbustal denso	Arld	0,51
			Arbustal abierto	Ara	0,09
	Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	Afloramientos rocosos		Afr	0,07
<b>TOTAL</b>					<b>1,22</b>

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO 2015.

**Tabla 7-19** Caracterización de los medios afectados con la implementación del proyecto de líneas de transmisión fuera de la reserva forestal

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NOMENCLATURA CORINE	ÁREA ha
Territorios Agrícolas	Cultivos transitorios	Otros cultivos transitorios		Oct	0,17
	Cultivos permanentes	Cultivos permanentes arbóreos		Cpb	0,01
	Pastos	Pastos limpios		Pl	3,80
		Pastos arbolados		Pa	0,02
		Pastos enmalezados		Pe	0,03
	Áreas agrícolas heterogéneas	Mosaico de pastos y cultivos		Mpc	0,01
Bosques y Áreas Seminaturales	Bosques	Plantación forestal		Pf	0,14
	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Arbustal	Arbustal denso	Arld	0,05
			Arbustal abierto	Ara	0,04
	Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	Tierras desnudas y degradadas		Tdd	0,04
Áreas Húmedas	Áreas húmedas continentales	Zonas pantanosas		Zpn	0,01
Superficies de Agua	Aguas continentales	Canales		C	0,06
<b>TOTAL</b>					<b>4,38</b>

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO 2015.

La transferencia de beneficios utilizada en esta valoración económica se realiza a partir de la información suministrada por Figueroa *et al.*<sup>13</sup>, quienes calcularon con sumo detalle la valoración económica de los diferentes servicios ecosistémicos ofrecidos por varios tipos de ecosistemas en áreas protegidas, estimando los valores de uso directo e indirecto y los

<sup>13</sup> FIGUEROA, B., *et al.* Valoración económica detallada de las áreas protegidas de Chile. 2010. Proyecto GEF-MMA-PNUD, 1-233.

 <p>INGENIERÍA &amp; DISEÑO S.A.</p>	 <p>Codensa es una empresa del Grupo Enel</p>		<p><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b> <b>CAPÍTULO 7. Evaluación económica de los impactos</b> CONTRATO 5700004954</p>
---	--	---	--

valores de no uso de dichos ecosistemas. La Tabla 7-20 presenta el valor anual en dólares por hectárea de los servicios ecosistémicos ofrecidos por las diferentes coberturas, de acuerdo al valor económico estimado por Figueroa *et al.*<sup>14</sup>

---

<sup>14</sup> *Ibid.*

**Tabla 7-20** Valor anual por hectárea de los servicios ecosistémicos de las coberturas que serán removidas por el proyecto de Líneas de Transmisión (USD)

	Servicios de regulación									Valor Uso indirecto	Servicios de provisión			Valor de no uso			Valor total de la cobertura
Cobertura	Purificación de agua	Polinización	Regulación disturbios ambientales	Regulación climática	Regulación hídrica	Regulación atmosférica	Control de erosión y formación del suelo	Regulación de nutrientes	Provisión de hábitat	Valor de herencia	Abastecimiento de alimentos y fibras	Abastecimiento de agua	Recreación	Cultural y espiritual	Valor de existencia		
Zonas pantanosas	81,1		128,06	0,05	0,45	3,6			9,12								222,38
Afloramientos rocosos									9,12				1,52	0,59			11,23
Tierras desnudas y degradadas						35,24			9,12								44,36
Arbustal		19,02				49,02	11,15	46,2	9,12			78,99					213,5
Herbazal		19,02				35,24			9,12			78,99					142,37
Plantación forestal		19,02				35,24	11,15	46,2	9,12		5,92	78,99					205,64
Canales			128,06	0,05	0,45	175,42			9,12	16,95		78,99	1,52	0,59	2,93		414,08
Mosaico de pastos y cultivos		19,02				35,24			9,12								63,38
Cultivos permanentes arbóreos		19,02				35,24	11,15	46,2	9,12			78,99					199,72
Otros cultivos transitorios						35,24			9,12								44,36
Pastos arbolados		19,02				35,24	11,15	46,2	9,12			78,99					199,72
Pastos enmalezados						35,24			9,12								44,36
Pastos limpios						35,24			9,12			78,99					123,35

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.



### 7.3.2.3 Resultados de la evaluación económica del impacto por pérdida de cobertura vegetal

De acuerdo con la valoración de los servicios ecosistémicos y valores de uso y de no uso de las coberturas a ser intervenidas dentro y fuera de la Reserva Forestal por la construcción y operación de las líneas de transmisión y presentadas en la Tabla 7-20, se calcula el costo anual del impacto por pérdida de cobertura vegetal en cada una de ellas (Tabla 7-21). El costo anual del impacto para toda el área intervenida de 5,6 ha corresponde a **COP\$ 2.911.403**.

Ahora bien, teniendo en cuenta que este impacto se generará durante las etapas de construcción, puesta en marcha y operación y mantenimiento de las líneas de transmisión, que tienen una duración global de 16 meses, el costo total de este impacto es de **COP\$ 3.881.871**.

**Tabla 7-21** Costo anual del impacto por pérdida de cobertura vegetal

Cobertura	Valor cobertura anual/ha	Hectáreas intervenidas	Valor total de la cobertura intervenida USD*	Valor total de la cobertura intervenida COP\$**
Zonas pantanosas	222,38	0,01	2,77	8.332
Afloramientos rocosos	11,23	0,07	0,98	2.948
Tierras desnudas y degradadas	44,36	0,04	2,21	6.648
Arbustal	213,5	0,69	183,58	552.212
Herbazal	142,37	0,04	7,1	21.357
Plantación forestal	205,64	0,36	92,25	277.490
Canales	414,08	0,06	30,96	93.128
Mosaico de pastos y cultivos	63,38	0,01	0,79	2.376
Cultivos permanentes arbóreos	199,72	0,01	2,49	7.490
Otros cultivos transitorios	44,36	0,17	9,4	28.275
Pastos arbolados	199,72	0,02	4,98	14.980
Pastos enmalezados	44,36	0,03	1,66	4.993
Pastos limpios	123,35	4,09	628,71	1.891.172

Cobertura	Valor cobertura anual/ha	Hectáreas intervenidas	Valor total de la cobertura intervenida USD*	Valor total de la cobertura intervenida COP\$**
<b>Total</b>		<b>5,60</b>	<b>967,88</b>	<b>2.911.403</b>
<b>Costo total del impacto durante la implementación del proyecto</b>				<b>3.881.871</b>
<b>VPN Costo total del impacto</b>				<b>\$ 3.465.955,95</b>

\* Valor anual de cada cobertura según los servicios ecosistémicos que ofrece, actualizado con el incremento promedio del IPC de 2016 para Colombia que corresponde a 5.75% durante dicho período.

\*\* La tasa de cambio utilizada para convertir el valor de dólares a pesos colombianos es el promedio de la TRM (tasa representativa del mercado) durante el año 2015 que corresponde a COP\$ 2.689, según la serie histórica presentada por el Banco de la República en su página web.

**Fuente:** ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

### 7.3.3 Variación en la estructura y composición florística

#### 7.3.3.1 Definición del impacto

Para las áreas de construcción de las torres y postes de la línea de transmisión eléctrica del proyecto, se solicita un aprovechamiento forestal único, en el cual se realizarán actividades de tala a los individuos arbóreos mayores de 10 cm de DAP y que representen un alto riesgo a los tendidos de líneas (árboles > 4 metros de altura). El requerimiento de volumen de aprovechamiento forestal para el proyecto “*Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión de 115 kV y Módulos de conexión*” tendrá un valor de 2551,18 m<sup>3</sup>, que se compone de la suma de los siguientes datos: volumen de tala directo a partir del inventario forestal, (2042,46 m<sup>3</sup>) y volumen de tala estimado o indirecto, para las áreas sin inventario forestal (508,72 m<sup>3</sup>).

Así, este impacto se encuentra relacionado con la pérdida de 4501 individuos, distribuidos en 12 coberturas, que alterará la cobertura vegetal y podrá generar la eliminación de especies vegetales, provocando la fragmentación de ecosistemas. Esta alteración tiene repercusiones en las tendencias regionales para el mantenimiento de la biodiversidad, colonización, abundancia relativa de especies, tipos de hábitat y dinámicas espacio temporales de los componentes estructurales de la cobertura vegetal.

#### 7.3.3.2 Metodología de valoración económica

##### A Impacto internalizable

Las coberturas vegetales son las principales receptoras de los impactos, especialmente en la etapa de construcción y montaje de las líneas de transmisión, por ser necesaria la eliminación de la vegetación presente en la zona. Por lo tanto, para la valoración de los impactos internalizables, se utilizará el enfoque de costo de recuperación o costos de compensación. Para tal efecto, se tomará como base para la valoración del impacto el valor de las medidas de manejo. Para el recurso flora, las medidas de manejo a implementar son las siguientes:

#### Subprograma de Aprovechamiento Forestal, PMAAF-3:

Este Subprograma hace parte del Programa de Manejo por Aprovechamiento Forestal, cuyo objetivo es implementar mecanismos técnicos que generen el menor impacto posible al área de afectación puntual. Para ello, previo a las actividades de tala, se realizará un procedimiento de avistamiento de fauna para identificar aves de anidación, polluelos o presencia de mamíferos con profesionales idóneos, y se dará el tratamiento adecuado a las especies encontradas.

Con relación a la tala, se marcarán con la letra “T” aquellos individuos arbóreos sujetos de tala, de tal manera que, quienes hacen las labores de apeo, lo hagan únicamente sobre las especies identificadas y no haya tala de individuos no requeridos y no incluidos en el permiso de aprovechamiento forestal. Además, se verificará que la dirección de caída sea viable y recomendada, evitando cualquier riesgo de accidentes. Dado el caso, el tronco a talar será limpiado previamente para retirar los nidos de insectos, como termitas o abejas.

Se contactarán a aquellas personas de la comunidad interesadas en recibir donaciones de madera que no se va a utilizar dentro del proyecto y que puedan entregarse para uso doméstico. Para la movilización de la madera se hará uso de los caminos existentes, para dar paso a las bestias de carga. El material resultante del aprovechamiento y podas se clasificará como material de desecho o donación.

Las medidas tienen un período de implementación de 4 meses en la etapa previa del proyecto (Tabla 7-22), durante el cual será contemplada como un costo ambiental. El costo total de esta medida es de COP\$ 1.303.121.735 (Tabla 7-23), que corresponden a casi 1.240 millones de pesos para la tala de todos los individuos arbóreos y 64 millones en el transporte y disposición final de los residuos vegetales y maderables.

**Tabla 7-22** Cronograma de implementación del Subprograma de Aprovechamiento Forestal

Acción	Actividades previas	Construcción
--------	---------------------	--------------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Marcación de los individuos arbóreos																		
Procedimiento de tala																		
Acopio y clasificación de residuos vegetales																		
Disposición de residuos vegetales																		

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

**Tabla 7-23** Costo del Subprograma de Aprovechamiento Forestal

Descripción	Cantidad	Unidad	Periodicidad	Costo Unitario (COP)	Valor total
Aprovechamiento forestal (tala por cada individuo)	6354	Individuos arbóreos	Una vez	\$ 195.000	\$ 1.239.030.000
Transporte y disposición final de residuos en sitio autorizado (distancia de transporte máxima de 30 km)	2549,19	m <sup>3</sup>	Por capacidad de transporte	\$ 25.142	\$ 64.091.735
<b>COSTO TOTAL DE LA MEDIDA</b>					<b>\$ 1.303.121.735</b>

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

#### Subprograma de Compensación, PMACAF-4:

Este programa tiene como objetivo compensar las acciones por remoción de las coberturas vegetales presentes en el área de influencia directa del proyecto. Así, la compensación se hará con especies nativas, en relación de 1:3 (por cada árbol talado se sembrarán 3), definidas en plantaciones protectoras, en un área equivalente a una densidad de siembra de 1100 árboles por hectárea.

Para el aprovechamiento forestal en el proyecto se consideraron dos valores. El primero corresponde al inventario forestal realizado en los predios con permiso de ingreso, en el cual se identificaron 4501 individuos con DAP mayor a 10 cm, y ocupa el 93,73% (139,53 ha.) del total del área de intervención. El segundo valor corresponde al cálculo que se realizó de manera indirecta, y corresponde a la estimación del volumen de aprovechamiento forestal de las coberturas con árboles, en los predios donde no se permitió

el ingreso para realizar el inventario. La suma de estas dos cantidades de individuos es de 6.354 árboles que serían susceptibles de aprovechamiento.

Con la relación de 1 a 3, se tiene que la compensación del aprovechamiento forestal corresponde a 19,206 árboles. Se plantea una reforestación con una densidad de siembra de más o menos 1100 árboles por hectárea, lo que determinaría un total de 17,46 ha para la compensación por aprovechamiento forestal.

Aunque esta medida de compensación se implementará en un periodo de 11 meses distribuidos en las etapas de actividades previas y construcción, se tiene contemplado realizar un mantenimiento a los árboles en los años 2 y 3 del proyecto durante la etapa de operación y mantenimiento, tal y como se presenta en la Tabla 7-24. El costo de esta medida es de COP\$ 197.298.000 (Tabla 7-25) que, por ser una compensación que hará la empresa, se tomará como un beneficio del proyecto durante el tiempo en el que sea implementado.

**Tabla 7-24** Cronograma de implementación del Subprograma de Compensación

Acción	Actividades previas				Construcción				Puesta en marcha				Operación y mantenimiento								
	Meses																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Vigésimo mes en adelante
Identificación de áreas con la Autoridad Ambiental CAR																					
Plantación de árboles a compensar																					
Mantenimientos																					

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

**Tabla 7-25** Beneficio del Subprograma de Compensación

Descripción	Cantidad	Unidad	Periodicidad	Costo Unitario (COP)	Valor total
Establecimiento de la reforestación con una densidad de siembra de 1100 árboles por hectárea	17,46	ha	Una vez	\$ 7.000.000	\$ 122.220.000
Mantenimiento de la compensación año 1 para una (1) ha.	17,46	ha	Anual	\$ 1.500.000	\$ 26.190.000
Mantenimiento año 2 una (1) ha	17,46	ha	Anual	\$ 1.500.000	\$ 26.190.000
Mantenimiento año 3 una (1) ha	17,46	ha	Anual	\$ 1.300.000	\$ 22.698.000
<b>Beneficio total de la medida</b>					<b>\$ 197.298.000</b>

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

## B Impacto no internalizable

La presencia de vegetación impide una afectación directa del agua lluvia sobre el suelo, reduciendo la fuerza con la que llega y evitando así el arrastre de materiales y la erosión del mismo. Con la ausencia de varios individuos vegetales en el área intervenida, se impide que los complejos radicales de dicha vegetación atrapen y retengan las partículas del suelo, permitiendo que éste conserve su estructura básica. Por otro lado, la cantidad de agua infiltrada debe ser la adecuada para que permanezca en la superficie y no altere los procesos físico-bióticos naturales. Debido a estos impactos colaterales generados por la variación en la estructura y composición florística de la zona intervenida, la valoración económica de este impacto requiere contemplar varios de los servicios ecosistémicos que se pierden por la no presencia de aquellos individuos sujetos al aprovechamiento forestal.

Para la valoración de este impacto, se tomaron como referencia los tipos de coberturas identificados en el presente EIA, consolidados en la Tabla 7-26, donde también se presentan las especies y el número de individuos que será talados como parte de la implementación del proyecto “*Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión de 115 kV y Módulos de conexión*”.

**Tabla 7-26** Volumen total y comercial por cobertura de la tierra

Cobertura de la tierra	Nombre científico	Nombre común	Cantidad	Volumen total m³	Volumen comercial m³
Arbustal abierto	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	1	0,03	0,02
	<i>Morella parvifolia</i>	Laurel	4	0,14	0,03
	<i>Pinus patula</i>	Pino patula	1	0,06	0,03
<b>Total arbustal abierto</b>			<b>6</b>	<b>0,23</b>	<b>0,08</b>
Arbustal denso	<i>Abatia parviflora</i>	Duraznillo	1	0,03	0,02
	<i>Acacia decurrens</i>	Acacia negra	4	0,29	0,17
	<i>Acacia melanoxylon</i>	Acacia japonesa	5	1,1	0,44
	<i>Alnus acuminata</i>	Aliso	12	0,84	0,63
	<i>Baccharis bogotensis</i>	Chilco	16	1,76	1,35
	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	1	0,1	0,07
	<i>Baccharis macrantha</i>	Ciro	1	0,05	0
	<i>Bejaria resinosa</i>	Pegamosco	20	0,71	0,47
	<i>Citharexylum subflavescens</i>	Cajeto	1	0,04	0,03
	<i>Clethra fimbriata</i>	Manzano	33	2,17	1,07
	<i>Clusia multiflora</i>	Gaque	6	0,34	0,12
	<i>Cordia cylindrostachya</i>	Salvio negro	28	2,01	0,47
	<i>Cornutia odorata</i>	Salvio	5	0,61	0,23
	<i>Cupressus lusitánica</i>	Ciprés	32	45,13	13,77
	<i>Daphnopsis caracasana</i>	Granado	17	1,39	0,54
	<i>Diplostephium rosmarinifolium</i>	Romero	3	0,25	0,1
	<i>Duranta mutisii</i>	Espino	11	0,57	0,04
	<i>Escallonia paniculata</i>	Tíbar	18	1,68	0,49
	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	13	14,97	5,11
	<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	Mortiño	76	6,47	4,11
	<i>Ilex kunthiana</i>	Mulato	91	7,41	2,61
	<i>Miconia squamulosa</i>	Tuno	97	6,63	3,56
	<i>Morella parvifolia</i>	Laurel	122	9,88	5,84
	<i>Myrcianthes leucoxylla</i>	Arrayán	64	5,94	1,74
	<i>Myrsine coriácea</i>	Espadero	139	14,59	4,48
	<i>Myrsine guianensis</i>	Cucharo	77	5,98	3,82
	<i>Oreopanax incisus</i>	Mano de oso	2	0,18	0,14
	<i>Pinus patula</i>	Pino patula	2	0,87	0,7
	<i>Pinus radiata</i>	Pino radiata	14	34,47	7,92
	<i>Piper bogotense</i>	Cordoncillo	12	0,6	0,09
	<i>Sambucus nigra</i>	Sauco	1	0,04	0,01
	<i>Syzygium paniculatum</i>	Eugenia	1	0,06	0,02
	<i>Tibouchina lepidota</i>	Siete cueros	10	0,78	0,56
	<i>Vallea stipularis</i>	Raque	32	2,38	1,7
	<i>Viburnum tinoides</i>	Garrocho	17	1,56	0,57



 <p>INGENIERÍA &amp; DISEÑO S.A.</p>	  <p>Codensa es una empresa del Grupo Enel</p>	<p><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>  <b>CAPÍTULO 7. Evaluación económica de los impactos</b>  CONTRATO 5700004954</p>
---	--	--

Cobertura de la tierra	Nombre científico	Nombre común	Cantidad	Volumen total m³	Volumen comercial m³
	<i>Viburnum triphyllum</i>	Chuque	87	7,46	2,61
	<i>Weinmannia tomentosa</i>	Encenillo	478	70,88	38,48
	<i>Xylosma spiculifera</i>	Corono	57	4,15	2,56
<b>Total arbustal denso</b>			<b>1606</b>	<b>254,36</b>	<b>106,62</b>
<b>Bosque de galería y/o ripario</b>	<i>Acacia decurrens</i>	Acacia negra	1	0,18	0,07
	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	7	5,68	3,91
	<i>Myrsine coriácea</i>	Espadero	1	0,62	0,12
	<i>Prunus serótina</i>	Cerezo	5	2,25	1,57
<b>Total bosque de galería y/o ripario</b>			<b>14</b>	<b>8,73</b>	<b>5,67</b>
<b>Herbazal denso</b>	<i>Bocconia frutescens</i>	Trompeto	1	0,04	0,02
	<i>Cordia cylindrostachya</i>	Salvio negro	6	0,97	0,36
	<i>Lippia hirsuta</i>	Salvio blanco	8	1,03	0,35
	<i>Morella parvifolia</i>	Laurel	1	0,08	0,03
	<i>Myrcia cucullata</i>	Arrayan	1	0,1	0,04
	<i>Pinus patula</i>	Pino patula	1	11,2	7,28
	<i>Weinmannia tomentosa</i>	Encenillo	2	0,2	0,08
	<i>Xylosma spiculifera</i>	Corono	2	0,07	0,03
<b>Total herbazal denso</b>			<b>22</b>	<b>13,69</b>	<b>8,19</b>
<b>Mosaico de pastos y cultivos</b>	<i>Cupressus lusitánica</i>	Ciprés	1	4,47	2,98
	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	3	0,75	0,58
	<i>Fraxinus chinensis</i>	Urapán	1	0,33	0,24
<b>Total mosaico de pastos y cultivos</b>			<b>5</b>	<b>5,55</b>	<b>3,8</b>
<b>Pastos arbolados</b>	<i>Acacia melanoxylon</i>	Acacia japonesa	30	8,83	1,75
<b>Total pastos arbolados</b>			<b>30</b>	<b>8,83</b>	<b>1,75</b>
<b>Pastos limpios</b>	<i>Acacia decurrens</i>	Acacia negra	46	23,31	11,15
	<i>Acacia melanoxylon</i>	Acacia japonesa	62	12,06	4,32
	<i>Alnus acuminata</i>	Aliso	11	1,97	1,39
	<i>Bejaria resinosa</i>	Pegamosco	1	0,03	0,02
	<i>Clusia multiflora</i>	Gaque	1	0,02	0
	<i>Cordia cylindrostachya</i>	Salvio negro	1	0,04	0
	<i>Cupressus lusitánica</i>	Ciprés	46	14,25	2,75
	<i>Duranta mutisii</i>	Espino	1	0,02	0
	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	195	367,45	173,97
	<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	Mortiño	3	0,22	0,13
	<i>Montanoa quadrangularis</i>	Árbol loco	1	0,08	0,03
	<i>Morella parvifolia</i>	Laurel	14	0,98	0,72
	<i>Myrcianthes leucoxylo</i>	Arrayán	2	0,06	0,01
	<i>Myrsine coriácea</i>	Espadero	2	0,09	0,03
	<i>Myrsine guianensis</i>	Cucharo	3	0,19	0,09
	<i>Pinus patula</i>	Pino patula	6	4,3	3,02



 <b>INGENIERÍA &amp; DISEÑO S.A.</b>	  Codensa es una empresa del Grupo Enel	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b> <b>CAPÍTULO 7. Evaluación económica de los impactos</b> CONTRATO 5700004954
---	--	---

Cobertura de la tierra	Nombre científico	Nombre común	Cantidad	Volumen total m³	Volumen comercial m³
	<i>Pinus radiata</i>	Pino radiata	3	0,2	0,12
	<i>Prunus serótina</i>	Cerezo	5	2,08	1,48
	<i>Salix humboldtiana</i>	Sauce	29	37,42	11,79
	<i>Sambucus nigra</i>	Sauco	6	1,74	0,7
	<i>Xylosma spiculifera</i>	Corono	8	0,41	0,11
<b>Total pastos limpios</b>			<b>446</b>	<b>466,93</b>	<b>211,82</b>
<b>Plantación forestal</b>	<i>Acacia baileyana</i>	Acacia mimosa	1	0,1	0,03
	<i>Acacia decurrens</i>	Acacia negra	125	26,4	13,25
	<i>Acacia melanoxylon</i>	Acacia japonesa	271	48,3	23,51
	<i>Alnus acuminata</i>	Aliso	19	2,08	1,28
	<i>Clethra fimbriata</i>	Manzano	2	0,08	0,03
	<i>Cordia cylindrostachya</i>	Salvio negro	23	1,61	0,62
	<i>Cornutia odorata</i>	Salvio	3	0,25	0,06
	<i>Cupressus lusitánica</i>	Ciprés	20	14,74	5,11
	<i>Daphnopsis caracasana</i>	Granado	7	0,98	0,39
	<i>Escallonia paniculata</i>	Tíbar	6	0,52	0,36
	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	1315	893,53	504,51
	<i>Fraxinus chinensis</i>	Urapán	9	3,65	1,42
	<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	Mortino	5	0,53	0,27
	<i>Ilex kunthiana</i>	Mulato	13	1,11	0,42
	<i>Lippia hirsuta</i>	Salvio blanco	6	0,51	0,13
	<i>Macleanea rupestris</i>	Uvo	4	0,63	0,25
	<i>Miconia squamulosa</i>	Tuno	17	1,15	0,43
	<i>Morella parvifolia</i>	Laurel	12	0,81	0,26
	<i>Myrcia cucullata</i>	Arrayan	7	0,32	0,1
	<i>Myrcianthes leucoxylo</i>	Arrayán	48	3,67	0,97
	<i>Myrsine coriácea</i>	Espadero	36	2,9	0,94
	<i>Myrsine guianensis</i>	Cucharo	13	0,9	0,38
	<i>Paraserianthes lophantha</i>	Acacia bracinga	5	0,26	0,12
	<i>Pinus patula</i>	Pino patula	287	234,84	140,78
	<i>Pinus radiata</i>	Pino radiata	12	7,49	2,89
	<i>Prunus serótina</i>	Cerezo	1	0,15	0,1
	<i>Sambucus nigra</i>	Sauco	1	0,17	0,09
	<i>Viburnum tinoides</i>	Garrocho	2	0,07	0,02
	<i>Viburnum triphyllum</i>	Chuque	6	0,61	0,17
	<i>Weinmannia tomentosa</i>	Encenillo	26	1,83	0,48
	<i>Xylosma spiculifera</i>	Corono	8	0,72	0,19
	<i>Zanthoxylum sp.</i>	Tachuelo	1	0,06	0,04
<b>Total plantación forestal</b>			<b>2311</b>	<b>1250,98</b>	<b>699,59</b>
<b>Red vial y territorios asociados</b>	<i>Acacia melanoxylon</i>	Acacia japonesa	8	1,46	0,07

 <b>INGENIERÍA &amp; DISEÑO S.A.</b>	  Codensa es una empresa del Grupo Enel	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b> <b>CAPÍTULO 7. Evaluación económica de los impactos</b> CONTRATO 5700004954
---	--	---

Cobertura de la tierra	Nombre científico	Nombre común	Cantidad	Volumen total m <sup>3</sup>	Volumen comercial m <sup>3</sup>
	<i>Alnus acuminata</i>	Aliso	1	0,44	0,1
	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	4	0,93	0,38
<b>Total red vial y territorios asociados</b>			<b>13</b>	<b>2,83</b>	<b>0,55</b>
<b>Tejido urbano discontinuo</b>	<i>Cupressus lusitánica</i>	Ciprés	11	4,81	2,99
	<i>Pinus patula</i>	Pino patula	1	0,66	0,47
	<i>Salix humboldtiana</i>	Sauce	4	1,02	0,7
	<i>Sambucus nigra</i>	Sauco	2	0,23	0,01
<b>Total tejido urbano discontinuo</b>			<b>18</b>	<b>6,71</b>	<b>4,17</b>
<b>Tierras desnudas y degradadas</b>	<i>Acacia melanoxylon</i>	Acacia japonesa	2	0,31	0,14
	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	6	2,3	1,06
<b>Total tierras desnudas y degradadas</b>			<b>8</b>	<b>2,61</b>	<b>1,21</b>
<b>Zonas industriales o comerciales</b>	<i>Acacia melanoxylon</i>	Acacia japonesa	1	0,12	0,02
	<i>Alnus acuminata</i>	Aliso	1	0,05	0,03
	<i>Cupressus lusitánica</i>	Ciprés	2	2,73	1,6
	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	11	17,16	12,85
	<i>Fraxinus chinensis</i>	Urapán	1	0,69	0,43
	<i>Pinus patula</i>	Pino patula	1	0,1	0,05
	<i>Prunus serótina</i>	Cerezo	2	0,08	0,05
	<i>Sambucus nigra</i>	Sauco	2	0,05	0,03
	<i>Syzygium paniculatum</i>	Eugenia	1	0,03	0,02
<b>Total zonas industriales o comerciales</b>			<b>22</b>	<b>21</b>	<b>15,08</b>
<b>Total</b>			<b>4501</b>	<b>2042,46</b>	<b>1058,55</b>

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015

El volumen total de la composición florística que será removida es de 2042,46 m<sup>3</sup> que corresponde a un aprovechamiento forestal de 4501 individuos. Sin embargo, en este EIA se estima que habrá un aprovechamiento forestal indirecto de 1853 árboles adicionales, con un volumen total de 508,72 m<sup>3</sup>. Así, el aprovechamiento forestal directo e indirecto corresponde a la tala de 6.354 individuos, con un volumen total de 2551,18 m<sup>3</sup>.

No obstante, y de acuerdo con el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, RETIE, el área de intervención es considerada teniendo en cuenta la servidumbre, según el tipo de tensión eléctrica. Para este proyecto contemplan torres con una servidumbre de 10 m a lado y lado del eje de la línea de transmisión y postes con una servidumbre de 7,5 m a cada lado de dicho eje, teniendo así un área de intervención total de 77,18 ha.

La valoración económica de la variación de la composición y estructura florística contempla el impacto ocasionado por la desaparición de la vegetación arbórea del área a intervenir que, por lo descrito anteriormente, corresponde a 77,18 ha.

Para estimar el costo total del impacto, se calcula el valor monetario de las pérdidas por alteración en el régimen de escorrentía, alteración del régimen de retención de sedimentos, disminución en la capacidad de captura de CO<sub>2</sub> y tala forestal.

#### Alteración del régimen de escorrentía:

Para estimar la valoración de la pérdida de este servicio ambiental, se consideran los siguientes criterios:

- Una hectárea que recibe determinados mm/año de precipitación puede aportar una fracción de esta (en m<sup>3</sup>) durante tres meses secos del año. El valor de este volumen de agua es el costo ambiental del proyecto, debido a que se dejaría de percibir esta cantidad de agua.
- La precipitación media anual del área de influencia directa del proyecto es de 671,35 mm/año, que sería equivalente a 6.713,5 m<sup>3</sup>/ha/año<sup>15</sup>.
- El número total de hectáreas intervenidas de cobertura arbórea es de 77,18 ha, como ya se mencionó.
- El valor promedio del metro cúbico de agua, de **COP\$ 980**, corresponde a la tarifa promedio en pesos por m<sup>3</sup> **ajustada con el IPC 2016 (5.75%)** para los municipios del área de influencia directa del proyecto<sup>16</sup>.
- Se considera la tasa por uso de agua que fijó el Ministerio de Ambiente en el año 2004, mediante la Resolución 240 de 2004. Cada Corporación Autónoma Regional fija la que le corresponde mediante Resolución. El valor de la Tasa de Utilización de Agua (TUA) incorpora el coeficiente de escasez del recurso. La TUA representa solamente el valor de uso del recurso, es decir, no se contemplan otros servicios del agua. Desde el punto de vista teórico, el valor de la tasa representa el valor de la productividad marginal del

<sup>15</sup> La precipitación promedio de los 7 municipios pertenecientes al área de influencia directa del proyecto (Sesquillé, Gachancipá, Zipaquirá, Cogua, Suesca, Tocancipá, y Nemocón), de acuerdo a la información obtenida del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM), registra un valor intermedio de 671,35 mm anuales. La conversión utilizada fue la siguiente: 1mm equivale a 10m<sup>3</sup> /Ha por lo tanto esto corresponde a 6713,5 m<sup>3</sup>/Ha/año. Información consultada el 24 de noviembre de 2015 en <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/precipitacion-diaria>

<sup>16</sup> La tarifa promedio del servicio de acueducto para los municipios de Tocancipá, Zipaquirá, Cogua y Nemocón es de COP\$ 876 / m<sup>3</sup> para el año 2015. Información de la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Zipaquirá (EAAAZ) quien provee el recurso a los diferentes Municipios y que ha sido consultada el 03 de diciembre de 2015 en <http://eaaaz.com.co/index.php/nuestros-servicios/acueducto/tarifas-acueducto.html>.

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

Los costos por pérdida del régimen de escorrentía se presentan en la Tabla 7-27, en la cual se puede observar que el costo ambiental anual por la pérdida de los beneficios de la regulación hídrica para todas las coberturas directas e indirectas a intervenir es de **COP\$ 675.053.076**.

**Tabla 7-27** Valoración económica de las pérdidas por alteración en el régimen de escorrentía (COP)

Régimen de escorrentía	CRITERIOS	TIPO DE COBERTURA
	Cobertura vegetal	Cobertura arbórea
	N.º hectáreas	77,18
Pérdida anual	Regulación hídrica 6713 m³/ha/año	518.109
	Valor m³(\$)	\$ 980
	Valor anual en pesos (\$)	\$ 507.558.704
	Años establecimiento*	1,33
Pérdida total	Valor total pesos (\$)	\$ 675.053.076

\* Se considera un periodo de 1,33 años que corresponde a los 16 meses en los que se hará la intervención en la cobertura arbórea.

**Fuente:** ACON, Miembro Grupo INERCO, 2017

#### Alteración del régimen de sedimentos:

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

Es necesario tener en cuenta que, una vez establecido el volumen de agua aportado al suelo en el impacto de alteración del régimen de regulación hídrica o de escorrentía, se estima que el valor retenido en el sedimento llega a ser del 50% del volumen total, ya que por la escorrentía y evaporación se pierde una fracción del volumen que genera la precipitación. Por lo tanto, se estima un valor de 6.713 m³/ha/año para el cálculo de la regulación por retención de sedimentos.

Para la valoración de la pérdida de este servicio ambiental, y considerando que el costo de tratamiento por turbiedad (sedimentación) es de **COP\$ 56** por m<sup>3</sup>, se obtienen los resultados que se muestran en la Tabla 7-28, donde el costo ambiental total por la pérdida de retención de sedimentos equivale a **COP\$ 19.262.344**.

**Tabla 7-28** Valoración económica de las pérdidas por alteración en el régimen de retención de sedimentos (COP)

Componente Biótico	Cobertura Vegetal		Cobertura arbórea
	N.º hectáreas		77,18
Alteración del régimen natural de retención de sedimentos	Regulación hídrica	3356 m <sup>3</sup> /ha-año	259.016
	Valor m <sup>3</sup> (\$) *		\$ 56
	Valor anual en pesos (\$)		\$ 14.482.965
	Años establecimiento**		1,33
	<b>Valor total pesos (\$)</b>		<b>\$ 19.262.344</b>

\* El valor del m<sup>3</sup> de agua se obtuvo de la Resolución 240 de 2004 del MAVDT y se actualizó según los índices de inflación del periodo.

\*\* Se considera un periodo de 1,33 años que corresponde a los 16 meses en los que se hará la intervención en la cobertura arbórea.

**Fuente:** ACON, Miembro Grupo INERCO, 2017

#### Disminución en la capacidad de captura de CO<sub>2</sub>:

Para la valoración de la pérdida de este servicio ambiental, se consideraron los siguientes criterios:

- De acuerdo con un estudio realizado por Fundación Natura y la Corporación Ambiental Empresarial, CAEM, para calcular la captura de CO<sub>2</sub> de 25 especies de árboles y arbustos nativos de la cordillera oriental colombiana, la captura de carbono promedio es de 6,2 ton/ha en un año<sup>17</sup>.
- De acuerdo con cifras del Banco Mundial, el costo de la tonelada de CO<sub>2</sub> es de US\$ 5. Se estima que en los últimos años este valor pueda llegar hasta los US\$ 15, pero hasta el momento esto no ha sido aprobado.

<sup>17</sup> SUÁREZ *et al.* Crecimiento, biomasa acumulada y carbono capturado de 25 especies de árboles y arbustos nativos de la cordillera oriental colombiana. 2015. Convenio No. 005 de 2013, suscrito entre Fundación Natura y la Corporación Ambiental Empresarial. Cámara de Comercio de Bogotá: 1-58.

Los resultados se muestran en la Tabla 7-29, donde se observa que el costo total por la pérdida de capacidad de captura de CO<sub>2</sub> alcanza un monto de **COP\$ 9.570.748**.

**Tabla 7-29** Costo ambiental por pérdida disminución en la capacidad de captura de CO<sub>2</sub>

Capacidad de captura CO <sub>2</sub>	CRITERIOS	Valor Total US\$	Valor Total COP\$****
	Cobertura vegetal	Cobertura arbórea	
	N.º hectáreas	77,18	
Pérdida anual	Captura de CO <sub>2</sub> – 6,2 Ton/ha/año*	478,52	
	Valor/Ton - US\$ 5/Ton**	\$ 2.676	\$ 7.196.051
	Años establecimiento***	1,33	
Pérdida total	Valor total	\$ 3.559	\$ 9.570.748

\* Un bosque colombiano captura aproximadamente 6,2 toneladas de CO<sub>2</sub> por hectárea al año según Suárez *et al.* 2015<sup>18</sup>

\*\* El valor de la tonelada de CO<sub>2</sub> se obtuvo del Banco Mundial. Ton. CO<sub>2</sub> = US\$5.

\*\*\* Se considera un periodo de 1,33 años que corresponde a los 16 meses en los que se hará la intervención en la cobertura arbórea.

**Fuente:** ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015

#### Valoración del servicio de aprovechamiento forestal:

Como se mencionó anteriormente, la construcción de las torres y postes de la línea de transmisión eléctrica del proyecto requiere un aprovechamiento forestal único, en el cual se realizarán actividades de tala a los individuos arbóreos mayores de 10 cm de DAP y que representen un alto riesgo a los tendidos de líneas (árboles > 4 metros de altura).

Así, el volumen de aprovechamiento forestal para el proyecto “*Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión de 115 kV y Módulos de conexión*” tendrá un volumen maderable a remover de 2551,18 m<sup>3</sup> que se compone de la suma de los datos: volumen de tala directo a partir del inventario forestal, (2042,46 m<sup>3</sup>) y volumen de tala estimado o indirecto, para las áreas sin inventario forestal (508,72 m<sup>3</sup>).

De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 7-26, se obtienen los volúmenes de madera a ser removida en cada cobertura y los volúmenes comerciales en m<sup>3</sup>. Con esta información, y considerando que el costo del m<sup>3</sup> de madera comercial en Colombia para el 2015 es de COP\$ 340.181, **valor que fue ajustado con el IPC 2016 (5.75%) y arroja como resultado el valor \$380.427**, se estima el costo ambiental del aprovechamiento forestal a

<sup>18</sup> *Ibid*, p. 47.

realizarse por la construcción de las líneas de transmisión del proyecto. La Tabla 7-30 señala que el costo total equivale a **COP\$ 653.456.386.**

**Tabla 7-30** Valoración económica del aprovechamiento forestal (COP)

Cobertura	Volumen removido m <sup>3</sup>	Volumen comercial (m <sup>3</sup> )	Valor (\$)/m <sup>3</sup> *	Valor presente anual (\$)	Valor Total (\$) **
Arbustal abierto	0,23	0,08	\$ 380.427	\$ 30.434	\$ 40.558,07
Arbustal denso	254,36	106,62	\$ 380.427	\$ 40.561.078	\$ 54.053.765,49
Bosque de galería y/o ripario	8,73	5,67	\$ 380.427	\$ 2.157.018	\$ 2.874.553,09
Herbazal denso	13,69	8,19	\$ 380.427	\$ 3.115.693	\$ 4.152.132,24
Mosaico de pastos y cultivos	5,55	3,8	\$ 380.427	\$ 1.445.621	\$ 1.926.508,24
Pastos arbolados	8,83	1,75	\$ 380.427	\$ 665.746	\$ 887.207,74
Pastos limpios	466,93	211,82	\$ 380.427	\$ 80.581.949	\$ 107.387.625,27
Plantación forestal	1251	699,59	\$ 380.427	\$ 266.142.602	\$ 354.675.237,29
Red vial y territorios asociados	2,83	0,55	\$ 380.427	\$ 209.235	\$ 278.836,72
Tejido urbano discontinuo	6,71	4,17	\$ 380.427	\$ 1.586.379	\$ 2.114.089,31
Tierras desnudas y degradadas	2,61	1,21	\$ 380.427	\$ 460.316	\$ 613.440,78
Zonas industriales o comerciales	21	15,08	\$ 380.427	\$ 5.736.832	\$ 7.645.195,87
Cobertura arbórea indirecta	508,72	230,4	\$ 380.427	\$ 87.650.274	\$ 116.807.236,63
<b>TOTAL</b>	<b>2551,18</b>	<b>1288,93</b>	<b>\$ 380.427</b>	<b>\$ 490.343.178</b>	<b>\$ 653.456.386,74</b>

\* El valor del metro cubico de madera se obtiene de datos suministrados por el Decreto 2474 del 2008 de la CAR, que corresponde a COP 249.975, y es actualizado al IPC 2016.<sup>19</sup>

\*\* Se considera un periodo de 1,33 años que corresponde a los 16 meses en los que se hará la intervención en la cobertura arbórea.

**Fuente:** ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015

<sup>19</sup> INDEXMUNDI. 2015. Precio mensual por metro cúbico de la madera en Colombia. Consultado el 25 de noviembre de 2015 en <http://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=madera-suave&moneda=cop>



### 7.3.3.3 Resultados de la valoración económica de la variación de la estructura y composición florística

Los costos generados por actividades propias de la ejecución del proyecto “*Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión de 115 kV y Módulos de conexión*”, tales como el desmonte, el descapote y la tala forestal, generan impactos sobre el ambiente que resultan en la pérdida de prestación de servicios ecosistémicos, Dicha pérdida es considerada un costo durante la totalidad del periodo de ejecución del proyecto.

Así, la valoración económica del impacto por la variación de la estructura y composición florística considera el costo ambiental generado por la alteración en el régimen de escorrentía, en el régimen del servicio ecosistémico de retención de sedimentos, el costo asociado a la pérdida de capacidad para capturar CO<sub>2</sub>, y por el aprovechamiento forestal a realizarse. La Tabla 7-31 presenta los costos asociados a cada servicio ambiental no disponible que, en agregado, generan un costo ambiental total de **COP\$ 1.357.342.555**.

**Tabla 7-31** Valoración económica de la variación de la estructura y composición florística

Impactos ambientales sobre el recurso flora		
Tipo de impacto	Servicios y bienes ambientales	Costos (COP)
No internalizables	Alteración del régimen de escorrentía	\$ 675.053.076
	Alteración del régimen natural de retención de sedimentos	\$ 19.262.344
	Disminución de la capacidad de captura de CO <sub>2</sub>	\$ 9.570.748
	Aprovechamiento forestal	\$ 653.456.387
	<b>Valor Total</b>	<b>\$ 1.357.342.555</b>

**Fuente:** ACON, Miembro Grupo INERCO, 2017

Analizando el costo ambiental generado por la carencia de cada servicio ecosistémico, se observa que los mayores costos provienen de la alteración del régimen de escorrentía que se producirá por la no infiltración del agua, y del aprovechamiento forestal. El costo por escorrentía representa el 49,73% del total del impacto y el de aprovechamiento forestal es de 48,14% de los costos ambientales; mientras que los servicios de retención de sedimentos y captura de CO<sub>2</sub> no alcanzan a representar el 2% del impacto generado (1,42% y 0,7%, respectivamente).



#### 7.4 Flujo de beneficios y costos ambientales

En esta sección, se presentan los resultados de la monetización de los impactos y los beneficios potenciales; asumiendo que la ocurrencia de los impactos ambientales relevantes tiene lugar durante la etapa de ejecución del proyecto que, en este caso, son 20 meses. La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** presenta el flujo de beneficios y costos del proyecto durante su ejecución:

**Tabla 7-32** Flujo de beneficios y costos ambientales y sociales asociados a la ejecución del proyecto

<i>Beneficios</i>	Año 1	Año 2	VPN
Demanda por servicios hoteleros	\$ 1.253.397.645	\$ 1.253.397.645	\$2.118.305.968,91
Demanda por servicios de alimentación	\$ 675.814.833	\$ 675.814.833	\$ 1.142.161.548,12
Generación de empleo	\$ 1.006.614.847	\$ 1.006.614.847	\$ 1.701.230.448,49
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 2.935.827.325</b>	<b>\$ 2.935.827.325</b>	<b>\$ 4.961.697.965,51</b>
<i>Costos</i>	Año 1	Año 2	VPN
Alteración del régimen natural de retención de sedimentos	\$ 19.262.344	\$ 19.262.344	\$ 32.554.343,33
Alteración del régimen de escorrentía	\$ 675.053.076	\$ 675.053.076	\$ 1.140.874.140,20
Disminución de la capacidad de captura de CO2	\$ 9.570.748	\$ 9.570.748	\$ 16.175.052,89
Aprovechamiento forestal	\$ 653.456.387	\$ 653.456.387	\$ 1.104.374.633,20
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1.357.342.555</b>	<b>\$ 1.357.342.555</b>	<b>\$ 2.293.978.169,62</b>
<b>Flujo de proyecto</b>		<b>\$ 3.156.969.540</b>	

**Fuente:** ACON, Miembro Grupo INERCO, 2017

El flujo de beneficios y costos del proyecto “Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión de 115 kV y Módulos de conexión” indica que el Valor Presente Neto de los beneficios totales equivalen a **COP\$ 4.961.697.965**, y que el VPN de los costos de los impactos ambientales ascienden a un total de **COP\$ 2.293.978.169**. Así, el proyecto genera unos VPN de beneficios netos por **COP\$ 2.667.719.796**.

## 7.5 Criterios de decisión

### 7.5.1 Relación costo-beneficio

La relación beneficio-costos RBC es un indicador que permite analizar en qué medida los beneficios y los costos sociales se relacionan en el marco del proyecto. Otra definición plantea que se puede definir cuál es la proporción de beneficios que se realizan por cada unidad de costo generado por el proyecto:

$$RBC_k = \frac{\sum_t \frac{Beneficios_t}{(1+r_k)^t}}{\sum_t \frac{Costos_t}{(1+r_k)^t}} \quad k = \text{escenarios}$$

**Tabla 7-33** Interpretación RBC

Relación beneficio-costos	Interpretación
$RBC_k > 0$	Por cada unidad de costos ambientales se generan más beneficios sociales; por lo tanto, se acepta el proyecto y se dice que este genera ganancias en bienestar social.
$RBC_k = 0$	Por cada unidad de costos ambientales se generan iguales beneficios sociales; por lo tanto, el proyecto no produce beneficios ni costos y, por consiguiente, no genera cambios sustanciales en el bienestar social.
$RBC_k < 0$	Por cada unidad de costos ambientales se generan menos beneficios sociales; por lo tanto, los costos del proyecto son mayores que sus beneficios, y se debe rechazar el proyecto, ya que provoca pérdidas en bienestar social.

**Fuente:** ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015

En la Tabla 7-35 se muestran los resultados de la RBC del proyecto, que equivale a 2.16. Lo cual indica que el proyecto es viable, por generar mayores beneficios ambientales y sociales que costos.

### 7.5.2 Valor Presente Neto

El valor presente neto (VPN) es un criterio de decisión que toma todos los costos y todos los beneficios de un proyecto; los agrega y los lleva a un periodo de referencia, utilizando una tasa de descuento. El VPN corresponde a la siguiente formula:

$$VPN_k = \sum_t^T \frac{Beneficios_t - costos_t}{(1 + r_k)^t}$$

La utilidad de este instrumento es determinar en unidades monetarias una medida aproximada de generación o pérdida de bienestar social. Su interpretación es fácil y se realizará tomando como referencia la información de la siguiente tabla:

**Tabla 7-34** Interpretación VPN

Valor presente neto	Interpretación
$VPN_k > 0$	Los beneficios del proyecto son mayores que sus costos; por lo tanto, se acepta el proyecto y se dice que este genera ganancias en bienestar social.
$VPN_k = 0$	El proyecto no produce beneficios ni costos; por lo tanto, no genera cambios sustanciales en el bienestar social.
$VPN_k < 0$	Los costos del proyecto son mayores que sus beneficios; por tanto, se debe rechazar el proyecto, ya que provoca pérdidas en bienestar social.

**Fuente:** ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015

**Tabla 7-35** Resultado de los criterios de decisión

Indicadores		
TSD	VPN	B/C
12%	\$ 2.667.719.796	2,16

**Fuente:** ACON, Miembro Grupo INERCO, 2017

En la Tabla 7-35 se presentan los resultados obtenidos del flujo de costos y beneficios asociados al proyecto; tal como se indica, se puede afirmar que los beneficios del proyecto son mayores que sus costos; por lo tanto, se acepta el proyecto y se dice que este genera ganancias en bienestar social.

## 7.6 Análisis de sensibilidad

El propósito del análisis de sensibilidad es conocer cual parámetro produce una mayor sensibilidad sobre el VPN y por ende afecta más los criterios de aceptación o rechazo sobre el proyecto.

Finalmente se lleva a cabo un análisis de sensibilidad, el cual se presenta en la tabla 7.36

**Tabla 7-36** Análisis de sensibilidad

TSD	VPN PROYECTO
6%	\$ 2.978.273.150,56
8%	\$ 2.923.119.944,07
10%	\$ 2.869.972.308,72
12%	\$ 2.818.722.803,21
14%	\$ 2.769.271.525,96
16%	\$ 2.721.525.465,17
18%	\$ 2.675.397.914,91

**Fuente:** ACON, Miembro Grupo INERCO, 2017.

Las cifras desarrolladas en el análisis de sensibilidad evidencian que el proyecto soporta variaciones sobre la tasa social de descuento y sobre los VPN tanto de costos como de beneficios, arrojando resultados siempre favorables en el indicador Beneficio – Costo ambiental. Este comportamiento obedece a que los beneficios son superiores a los costos ambientales.