



---

# MANUAL PARA LA EVALUACIÓN DE LA ESTIMACIÓN DE ENCADENAMIENTOS PRODUCTIVOS

---

## Subdirección de Instrumentos Permisos y Trámites Ambientales

---

### Elaborado por

Diego Castro Amado  
Sheyla Ojeda Yepes

**Actualizado por:**  
Guillermo Villamil Mora

---

### Revisó:

**Saralux Valbuena López**  
Coordinadora Grupo Instrumentos

**Lorena Pérez Gutiérrez**  
Líder Jurídica Grupo Instrumentos

**Subdirección de Instrumentos Permisos  
y Trámites Ambientales**

---

### Aprobó:

**Luis Enrique Orduz**  
Subdirector Instrumentos Permisos y  
Trámites Ambientales ANLA

---

### Fecha:

**Febrero 2024**

---

## LISTA DE ACRÓNIMOS Y SIGLAS

**ACB** Análisis Costo Beneficio

**BanREP** Banco de la Republica

**CI** Compras intermedias

**DANE** Departamento Administrativo Nacional de Estadística

**DNP** Departamento Nacional de Planeación

**DAA** Diagnóstico Ambiental de Alternativas

**EEA** Evaluación Económica Ambiental

**EIA** Estudio de Impacto Ambiental

**NEREUS** Laboratorio de Economía Regional y Urbana de la Universidad de São Paulo

**MGEPEA** Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales

**MIP** Matrices Insumo Producto

**MINAMBIENTE** Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

**POA** Proyectos Obras o Actividades

**VBP** Valor Bruto de producción

**VPN** Valor Presente Neto

**VEA** Valoración Económica Ambiental

## CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	5
2.	OBJETIVO.....	7
3.	ALCANCE .....	7
4.	NORMATIVIDAD.....	8
5.	DEFINICIONES .....	9
6.	DESARROLLO.....	11
6.1.	Consideraciones sobre la selección de Matrices insumo producto .....	13
6.1.1.	Técnicas para el análisis de Matrices.....	15
6.1.2.	Técnicas de estimación de coeficientes regionales .....	16
6.2.	Condiciones del beneficio (Cuantificación, tiempo y lugar) .....	16
6.3.	Exclusión de Impuestos y mano de obra dentro de la MIP .....	17
6.4.	Estimación de multiplicadores económicos.....	18
6.4.1.	Lectura de los valores de la Matriz Insumo Producto.....	18
6.4.2.	Creación de Matriz de coeficientes técnicos (A) .....	20
6.4.3.	Aplicación de la Matriz de identidad y Matriz inversa de Leontief.....	22
6.4.4.	Cálculo de multiplicadores .....	25
6.4.5.	Estimación de valores para el beneficio .....	25
6.5.	Estimación de nueva demanda con MIP .....	26
6.6.	Ab. Inclusión de los montos dentro del ACB ambiental.....	28
7.	Transferencia de Beneficios de valores Fijos.....	29
8.	LIMITACIONES .....	29
9.	PROYECTO PILOTO .....	30
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	34

## Listado de ilustraciones

<i>Ilustración 1</i> Aportes en la proyección y evaluación de beneficios desarrollados a partir de MIP y su inclusión dentro del MGEPEA manual de evaluación y la resolución 1669 de 2017 .....	6
<i>Ilustración 2</i> Esquema básico de una matriz insumo producto .....	12
<i>Ilustración 3</i> Orden metodológico para abordar un desarrollo basado en MIP ajustado al licenciamiento ambiental .....	13
<i>Ilustración 4</i> Ejemplo Flujo de bienes interregional e Interindustrial (Matriz Insumo Producto Interregional) economía China 2000 (¥10,000) .....	14
<i>Ilustración 5</i> Matriz insumo producto nacional .....	15
<i>Ilustración 6</i> Matriz insumo producto tomada BanRep .....	15
<i>Ilustración 7</i> Pasos por seguir para la estimación de multiplicadores económicos .....	18
<i>Ilustración 8</i> Simplificación de la Matriz insumo producto .....	19
<i>Ilustración 9</i> Estimación de la matriz (A) coeficientes técnicos .....	20
<i>Ilustración 10</i> Cálculos intermedios para la obtención de la matriz de Leontief .....	23
<i>Ilustración 11</i> Matriz de Leontief y multiplicadores resultantes .....	24
<i>Ilustración 12</i> encadenamientos totales .....	25
<i>Ilustración 13</i> metodología de nueva demanda, ajustada a licenciamiento ambiental colombiano .....	26
<i>Ilustración 14</i> MIP hipotética para nueva demanda .....	27
<i>Ilustración 15</i> Matriz de coeficientes técnicos (A) estimados .....	27
<i>Ilustración 16</i> Matriz de Leontief (L) $(I-A)^{-1}$ .....	27
<i>Ilustración 17</i> Representación teórica de la estimación de nueva demanda .....	28
<i>Ilustración 18</i> Proyecto piloto MIP .....	30
<i>Ilustración 19</i> Operaciones proyecto piloto .....	31
<i>Ilustración 20</i> matriz de Leontief .....	31
<i>Ilustración 21</i> matriz de inversa de Leontief .....	31
<i>Ilustración 22</i> resultados de los multiplicadores .....	32
<i>Ilustración 23</i> estimación de nueva demanda .....	32

## Listado de ecuaciones

<i>Ecuación 1</i> .....	21
<i>Ecuación 2</i> .....	21
<i>Ecuación 3</i> .....	22
<i>Ecuación 4</i> .....	22
<i>Ecuación 5</i> .....	28

## Listado de Tablas

<i>Tabla 1</i> Normativa vigente para la aplicación del instrumento .....	8
---	---

## 1. INTRODUCCIÓN

El Decreto 1076 de 2015 establece en el numeral 6 del artículo 2.2.2.3.5.1 que, en los Estudios de Impacto Ambiental (en adelante, EIA) debe incorporarse la *“Evaluación económica de los impactos positivos y negativos del proyecto”*; en ese sentido, se incluye este componente dentro del proceso de evaluación de los EIA, para establecer los costos y beneficios generados dada la ejecución de un Proyecto, Obra o Actividad (en adelante, POA) sujeto de licenciamiento, en una ubicación geográfica determinada.

La Evaluación Económica Ambiental (en adelante, EEA) se rige por el *“Manual de Criterios Técnicos para el Uso de Herramientas Económicas en los Proyectos Obras o Actividades Objeto de Licenciamiento Ambiental”* adoptado mediante la Resolución 1669 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Este componente es aplicable para las etapas de Diagnóstico Ambiental de Alternativas (en adelante, DAA), evaluación, modificación y seguimiento a la licencia ambiental.

El procedimiento de EEA abarca, en primer lugar, la gestión de los impactos internalizables susceptibles de prevenirse o corregirse mediante la acción de las medidas del Plan de Manejo Ambiental (en adelante, PMA) del POA. Por otra parte, están los impactos que no son internalizables de carácter positivo (beneficio) o negativo (costos), susceptibles de mitigación o compensación, los cuales son cuantificados a través de la aplicación de metodologías de valoración económica ambiental.

A partir del análisis conjunto de los valores asociados al manejo de los impactos no internalizables del POA, se desarrolla el Análisis Costo Beneficio (en adelante, ACB). Bajo este análisis y solo para aquellos impactos positivos, que se desarrollen a partir del uso de Matrices Insumo Producto (en adelante, MIP) es que surge este manual.

En este sentido, se han identificado en los EIA beneficios bajo la denominación de: *“Dinamización de la economía local”*, *“Aumento de oferta y demanda de bienes y servicios”*, y *“Aumento de ingresos en la comunidad local”*, entre otros, que son una muestra del tipo de beneficios que son reportados por los usuarios ante la ANLA y otras autoridades ambientales. Conceptualmente, las estimaciones de estos impactos positivos se enfocan en determinar los encadenamientos (efectos de un sector productivo sobre otro), a partir de la demanda y venta de productos y/o insumos según corresponda, de manera que para la determinación de dichos efectos resulta necesario hacer uso de las MIP; las cuales, representan un modelo macroeconómico de la generación

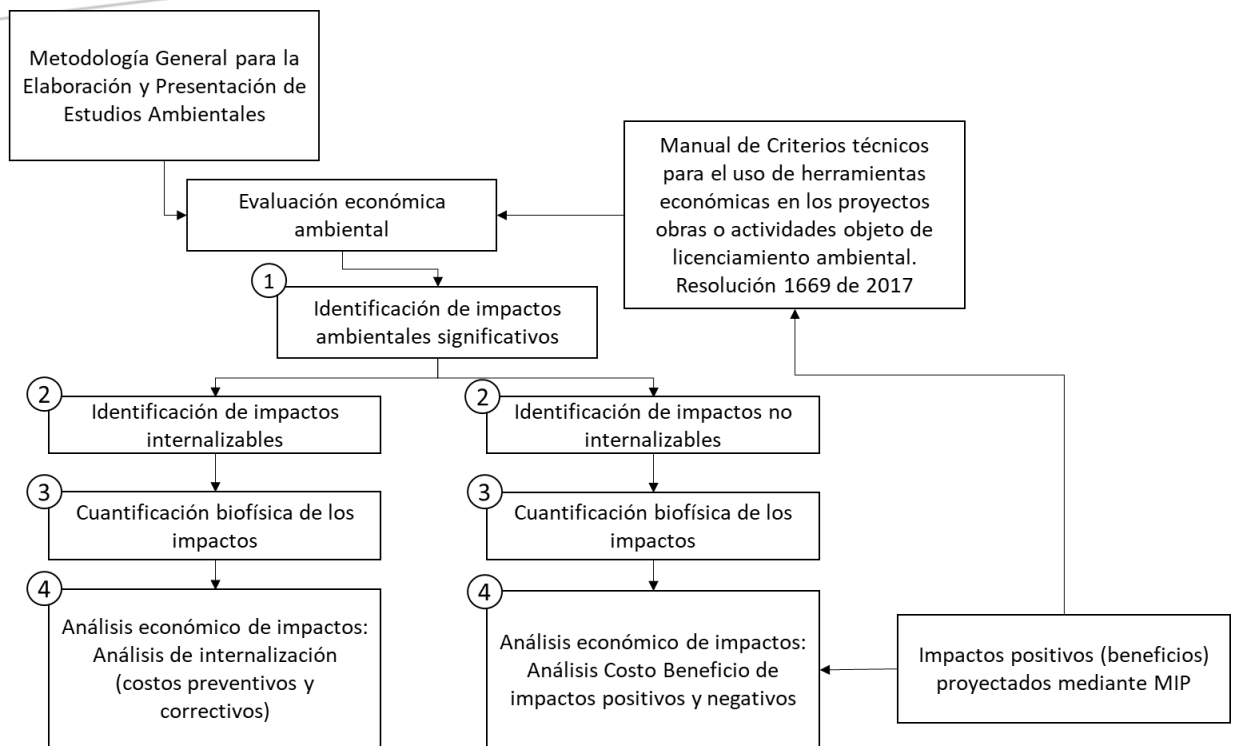
(oferta) y utilización (demanda) de los bienes y servicios dentro de la economía y también la estructura de producción y conductas de consumo.

Dado lo anterior, para un adecuado desarrollo y eventual revisión de los resultados estimados a partir de las MIP se requiere un detallado conocimiento de los fundamentos teóricos de esta metodología y del entendimiento de sus limitaciones en la incorporación de los resultados dentro del contexto de licenciamiento ambiental colombiano. En este sentido, en el presente documento se establece un conjunto de criterios metodológicos válidos para la estimación de los beneficios por encadenamientos productivos, de tal forma que se represente de manera real el efecto esperado en los territorios con el desarrollo de los POA.

La estrategia metodológica de este instrumento se basó en la revisión de múltiples fuentes literarias para validar las técnicas avaladas por la academia y los entes gubernamentales encargados de producción, socialización y aplicación de la información de Cuentas Nacionales y MIP.

Entidades como el Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, el Departamento Nacional de Planeación - DNP, el Banco de la República (BanRep), la Universidad de São Paulo y la Comunidad Latinoamericana de Contabilidad del Capital Natural, fueron consultadas en el desarrollo de este análisis. Por lo tanto, se establece un aporte metodológico (ilustración 1) a la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales – MGEPEA y al Manual de Criterios Técnicos acogido por la Resolución 1669 de 2017, incorporando la proyección y evaluación de los beneficios que puedan ser estimados mediante el uso de las MIP.

*Ilustración 1. Aportes en la proyección y evaluación de beneficios desarrollados a partir de MIP y su inclusión dentro del MGEPEA manual de evaluación y la resolución 1669 de 2017*



**Fuente:** Tomado y modificado de ANLA - Subdirección de Instrumentos, Permisos y Trámites Ambientales, equipo Valoración Económica Ambiental, 2016.

Este documento se estructura en nueve secciones más la bibliografía. La primera comprende la introducción en las secciones subsiguientes se abordan el objetivo, el alcance del trabajo, la normativa pertinente y las definiciones fundamentales. La sexta contempla el desarrollo del instrumento junto con sus recomendaciones tanto teóricas como prácticas. En la séptima sección se exponen las consideraciones con respecto al Diagnostico Ambiental de Alternativas (DAA) y a la transferencia de beneficios. En la octava sección se exponen las limitaciones identificadas. Finalmente, se presenta un ejemplo resumido de la aplicación de las MIP bajo dos tipos de análisis.

## 2. OBJETIVO

Establecer criterios metodológicos válidos para la proyección y evaluación de los beneficios socioeconómicos estimados mediante la metodología de MIP.

## 3. ALCANCE

Este instrumento aporta al proceso de formulación, ejecución y evaluación de métodos de valoración de impactos positivos estimados mediante el uso de MIP, dado que plantea una metodología estandarizada, replicable y verificable.

El presente manual podrá ser empleado en el procedimiento de licenciamiento ambiental, tanto en la etapa de evaluación como en la de seguimiento. Su utilización está dirigida a los usuarios solicitantes, titulares de licencias y a los funcionarios de la autoridad ambiental competente.

#### 4. NORMATIVIDAD

Las normas que aplican de acuerdo con el desarrollo de las actividades de este manual, en orden jerárquico, son:

*Tabla 1. Normativa vigente para la aplicación del instrumento*

NORMA	OBJETO
<b>Ley 99 de 1993</b> <b>Artículos 43 y 49</b>	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables y se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA.
<b>Decreto 3573 de 2011</b>	Por el cual se crea la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA, como el organismo responsable de otorgar o negar las licencias, permisos y trámites ambientales de competencia de Minambiente.
<b>Decreto 1076 de 2015</b> <b>Artículo 2.2.2.3.5.1</b>	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. <b>Numeral 6</b> establece, en relación con el estudio de impacto ambiental la Evaluación Económica de los impactos positivos y negativos del proyecto.
<b>Decreto 1076 de 2015</b> <b>Artículo 2.2.2.3.5.1</b>	<b>Parágrafo 2:</b> el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible fijará los criterios que deberán aplicar los usuarios para la elaboración de la evaluación económica de los impactos positivos y negativos del proyecto, obra o actividad con base en la propuesta que presente la Autoridad Nacional Licencias Ambientales (ANLA), antes del 15 de marzo de 2015.
<b>Resolución MINAMBIENTE</b> <b>1669 de 2017</b>	Por la cual se adoptan los Criterios Técnicos para el Uso de Herramientas Económicas en los Proyectos, Obras o Actividades Objeto de Licencia Ambiental o Instrumento Equivalente y se adoptan otras disposiciones.
<b>Resolución MINAMBIENTE</b> <b>1084 de 2018</b>	Por la cual se establecen metodologías de valoración de costos económicos del deterioro y de la conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables y se dictan otras disposiciones.
<b>Resolución MINAMBIENTE</b> <b>1402 de 2018<sup>1</sup></b>	Por la cual se adopta la Metodología General para Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales y se adoptan otras disposiciones.

Fuente: ANLA - SIPTA

<sup>1</sup> Modificada por la Resolución [629](#) de 2020, por la Resolución [1109](#) de 2019 y la Resolución 114 de 2019.

## 5. DEFINICIONES

**Adicionalidad ambiental o social:** Hace referencia a la posible ganancia de bienestar experimentada, efectivamente, por un individuo o una población, cuya situación se ve modificada de manera positiva por algún evento económico.

**Análisis costo beneficio:** Comprende una relación entre el coste por unidad producida de un bien o servicio y el beneficio que se derivaría de su venta. Esta metodología permite realizar la evaluación del proyecto y establecer de esta forma, su viabilidad desde el punto de vista ambiental y social.

**Análisis de sensibilidad:** Comprende una herramienta que permite predecir los resultados y la robustez de estos, mediante el cambio de parámetros (escenarios con mayores incertidumbres) de medición que se consideren relevantes para un o distintas variables. Esto ayuda a comprender las incertidumbres, las limitaciones y los alcances de un resultado.

**Coefficientes técnicos:** Corresponden a la relación de los insumos requeridos con el total de la producción, es decir son las necesidades del insumo por peso de producción bruta de un sector. Se estiman dividiendo el valor de las compras intermedias entre el valor de producción bruta para el sector en estudio (Lora & Prada, 2016).

Como determinantes de cambio en los coeficientes técnicos a través del tiempo Schuschny (2005), sustenta este delta mediante: cambio tecnológico, incremento de los beneficios surgidos de las economías de escala, variaciones en el conjunto de productos (nuevos insumos sustitutos o complementarios), cambios en los precios relativos y cambios en los patrones de intercambio.

**Compras intermedias:** Se entiende como los insumos requeridos por las diferentes industrias en cada uno de los sectores económicos de un país o de una región.

**Cuentas de producción:** Información generada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE, en donde se registran dentro de una economía las operaciones de cada rama de producción y permiten observar la estructura de costos o gastos (es decir consumos intermedios, remuneración a los asalariados, impuestos indirectos sin subsidios y los excedentes de explotación e ingreso mixto). El valor agregado de estos corresponde al valor bruto de producción nacional.

Las cuentas también comprenden registros respecto al balance oferta-utilización (ambos deben ser iguales para estar en equilibrio); estas tienen la capacidad de detallar: i) en cuanto a la oferta, las producciones secundarias que aportan a la oferta del producto, así como la producción doméstica, considerando las importaciones realizadas; ii) En cuanto a la utilización, los usos del producto que incluyen consumos intermedios de diferentes ramas, el consumo de los hogares y las administraciones públicas, la inversión, y las exportaciones de producción.

**Demanda:** Se entiende como la cantidad de un bien que se compra según el precio que tiene ese bien en el mercado.

**Encadenamiento económico:** Interconexión de actividades y sectores en una economía, donde cambios en una parte afectan a otras. Por ejemplo, un aumento en la producción de un sector puede impulsar la demanda en otros, generando un efecto dominó en la cadena productiva y de consumo.

**Externalidad:** Efecto secundario positivo o negativo de las actividades generadas por un proyecto que afecta el bienestar de terceros sin que exista ninguna compensación.

**Matriz insumo producto:** es una herramienta económica que representa las transacciones entre diferentes sectores de una economía. Muestra cómo la producción de un sector se utiliza como insumo por otros, revelando las interdependencias y flujos económicos.

**Oferta:** Se puede entender como la cantidad de un bien que se produce según el precio que tiene ese bien o servicio en el mercado.

## 6. DESARROLLO

De acuerdo con Hernández (2012), una MIP “*presenta en forma matricial el equilibrio sectorial entre la oferta y la utilización de los bienes y servicios de una economía, es una descripción sintética de la economía de un país o región*”. Puede definirse también como una matriz que describe simplificada el origen y la utilización de los bienes y servicios por parte de todas las ramas productivas y las demandas finales (Lora & Prada, 2016). De esta manera, los encadenamientos económicos presentados con base en una MIP parten de la idea de que la inversión, el flujo de dinero que ingresa a la región, y los efectos de dinamización de la economía local, impactan directamente a la población que se encuentra vinculada a los diferentes sectores económicos existentes.

En cuanto al impacto positivo abordado mediante la metodología de MIP, se entiende que la inversión de un proyecto tiende a dinamizar la economía local o regional donde este se desarrolla, además de contribuir a una mejora en el bienestar social. Por lo tanto, la definición de este impacto en el EIA no debe enfocarse en un aspecto financiero. Por el contrario, la descripción de este beneficio debe fundamentarse en el excedente del consumidor y del productor, es decir, en la generación de valor socioeconómico adicional que pueda surgir con la implementación de un POA en un área determinada.

En resumen, la MIP muestra cómo cada sector utiliza los productos de otros sectores en su propio proceso de producción dentro de una región.

En cuanto a la representación de las MIP, en la ilustración 2 se muestra un esquema replicable a varias regiones. La zona marcada con gris representa las compras intermedias ( $Z$ ), para estas, el super índice  $rr$  indica la economía para una sola región, en caso de haber otra región ( $s$ ), esta se denominaría como  $rs$ . Por otro lado, el subíndice menciona la relación entre sectores de una economía, es el caso de la compra del sector 1 con respecto al sector 2 en la región  $r$  ( $z_{12}^{rr}$ ).

Adicionalmente, la ilustración 2 ejemplifica dos tipos de lectura de las MIP como entendimiento genérico del funcionamiento de estas.

- A nivel horizontal: las ventas de los sectores se distribuyen en: inversión (privada), compras del gobierno (estatal y local) y las ventas al exterior (exportaciones). Estos tres grupos se agrupan en demanda final interna ( $C + I + G$ ). En último lugar, la demanda final incluye las exportaciones, ( $e$ ). Entonces la demanda final para los sectores 1,2 o 3 sería:  $v1 = c1 + i1 + g1 + e1$  y de manera similar  $v2 = c2 + i2 + g2 + e2$  y  $v3 = c3 + i3 + g3 + e3$ .
- A nivel vertical, las partes que componen el sector de compras para los sectores 1, 2 y 3 son: pago a asalariados ( $l$ ) y pago de impuestos ( $n$ ). Finalmente, se supone que algunos de los sectores utilizan bienes importados ( $m$ ) para producir sus productos. Esto significa que

las compras totales para cada sector corresponderían a:  $c1 = l1 + n1 + m1$  y de manera similar  $c2 = l2 + n2 + m2$  y  $c3 = l3 + n3 + m3$ .

Adicionalmente, los elementos en la intersección de las filas con las columnas representan:  
**lg**: los pagos a los trabajadores del gobierno; **nc**: los pagos de impuestos por los hogares; **mg**: las compras gubernamentales de artículos importados, y **me**: los artículos importados que se reexportan.

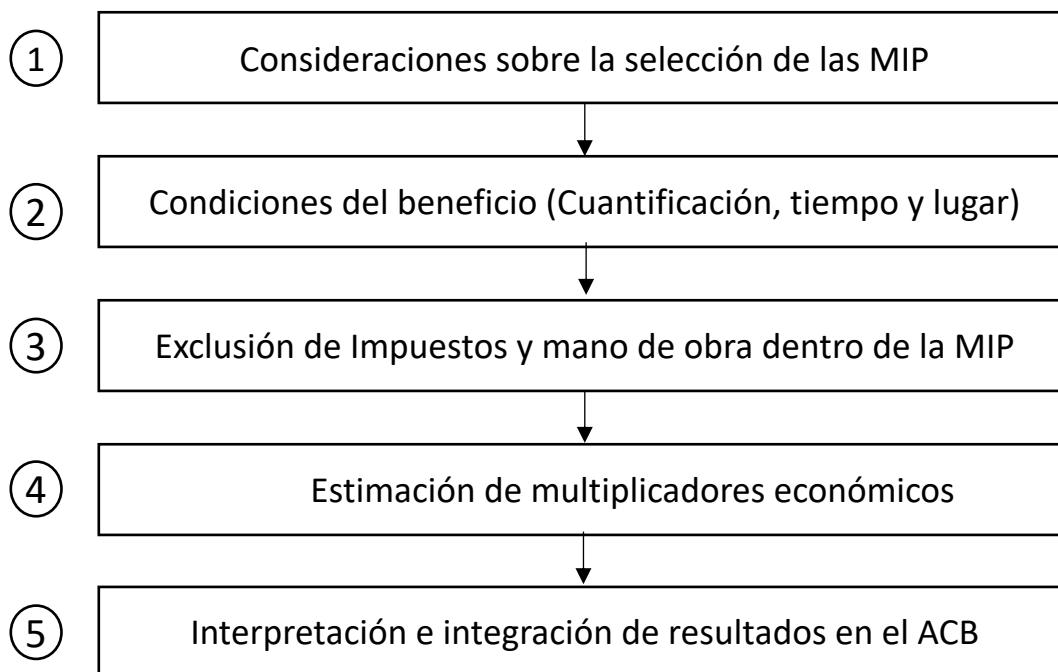
*Ilustración 2. Esquema básico de una matriz insumo producto MIP*

Compras /ventas		Productores y consumidores			Demanda final			
		Sector 1	Sector 2	Sector 3	Gastos de consumo personal (c)	Inversión interna privada (i)	Compras de bienes y servicios gobierno (g)	Exportaciones netas de bienes y servicios (e)
Productores y consumidores	Sector 1	$z_{11}^{rr}$	$z_{12}^{rr}$	$z_{13}^{rr}$				
	Sector 2	$z_{21}^{rr}$	$z_{22}^{rr}$	$z_{23}^{rr}$				
	Sector 3	$z_{31}^{rr}$	$z_{32}^{rr}$	$z_{33}^{rr}$				
Valor agregado	Empleados (l)	Pago a asalariados						
	Empresas y capital (n)	ingresos de tipo beneficio y asignaciones de consumo de capital						
	Gobierno (m)	Pagos de impuestos						
Valor bruto de producción (VBP)								

**Fuente:** ANLA - SIPTA

Dado lo anterior, se presenta una guía de consideraciones genéricas adaptada al licenciamiento ambiental, que se debe contemplar para el abordaje adecuado de los beneficios basados en el uso de MIP.

Ilustración 3. Orden metodológico para abordar un desarrollo basado en MIP ajustado al licenciamiento ambiental



Fuente: ANLA - SIPTA

### 6.1. Consideraciones sobre la selección de Matrices Insumo Producto

La estructura de las cuentas nacionales en Colombia y las MIP publicadas por el DANE, delimitan el uso de esta herramienta a estudios con una escala de país. Por lo tanto, los datos agregados nacionales plantean dos incertidumbres esenciales que limitan la extrapolación de los coeficientes nacionales a escala departamental o municipal.

- La primera incertidumbre establece que la estructura de producción de una región en particular puede diferir ampliamente de otra. A modo de ilustración, al contrastar los departamentos de La Guajira y Antioquia en términos de generación (kilovatios kW), se observa que, en el primero la energía podría generarse mediante la implementación de parques eólicos y campos fotovoltaicos, en el segundo la producción puede depender en gran medida de hidroeléctricas.
- La segunda incertidumbre, plantea que no todos los departamentos tienen el mismo número de sectores productivos, por ende, su demanda final depende en gran medida de las exportaciones de otros departamentos. Por ejemplo, Bogotá consume mucho azúcar para su industria alimentaria y de combustible, pero la mayoría de esta producción viene del Valle del Cauca, por lo que, para evaluar los encadenamientos de un nuevo ingenio

azucarero en el Valle del Cauca, no sería adecuado utilizar el factor de encadenamiento del sector azucarero reportado por Bogotá.

Dadas las necesidades planteadas, los modelos de insumo-producto regionales son una extensión directa de los modelos nacionales, bajo el supuesto de que permiten no sólo identificar los flujos sectoriales, sino también el origen y el destino geográfico de los flujos comerciales (Arón & Brugues, 2001). No obstante, la estimación de multiplicadores regionales usa la misma técnica convencional de una MIP nacional y por ende la interpretación de sus coeficientes no difiere conceptualmente.

En la ilustración 4 se muestra un ejemplo tomado de Miller & Blair (2011) de una nación dividida en 3 regiones y 3 sectores económicos (recursos naturales, manufactura y construcción y servicios); se muestra cómo se agrupa la información y los valores numéricos de las transacciones interregionales de China en el 2000.

*Ilustración 4. Ejemplo Flujo de bienes interregional e Interindustrial (Matriz Insumo Producto Interregional) economía China 2000 (¥10,000)*

	North			South			Rest of China		
	Nat. Res.	Manuf. & Const.	Services	Nat. Res.	Manuf. & Const.	Services	Nat. Res.	Manuf. & Const.	Services
<b>North</b>									
Natural Resources	1,724	6,312	406	188	1,206	86	14	49	4
Manuf. & Const.	2,381	18,458	2,987	301	3,331	460	39	234	57
Services	709	3,883	1,811	64	432	138	5	23	5
<b>South</b>									
Natural Resources	149	656	42	3,564	8,828	806	103	178	15
Manuf. & Const.	463	3,834	571	3,757	34,931	5,186	202	1,140	268
Services	49	297	99	1,099	6,613	2,969	31	163	62
<b>ROC</b>									
Natural Resources	9	51	3	33	254	18	1,581	3,154	293
Manuf. & Const.	32	272	41	123	1,062	170	1,225	6,704	1,733
Services	4	25	7	25	168	47	425	2,145	1,000
<b>Total Output</b>	<b>16,651</b>	<b>49,563</b>	<b>15,011</b>	<b>27,866</b>	<b>81,253</b>	<b>23,667</b>	<b>11,661</b>	<b>21,107</b>	<b>8,910</b>

En este modelo teórico, las regiones están divididas en dos (r y s) y cada una en sectores productivos.

**Fuente:** Miller and Blair 2011

Dado lo mencionado, las estimaciones del beneficio se deben centrar en un análisis regional o departamental, por lo cual, al presentarse un POA, este debe contemplar la MIP con la información más cercana al área. En caso de que un POA se presente en dos o más departamentos, el análisis se puede enfocar en dos vías:

- i) Estimar el beneficio en el departamento que mayor peso porcentual tenga dentro de las inversiones a realizar;
- ii) Estimar el beneficio mediante multiplicadores, delimitando el análisis a los departamentos involucrados.

En cuanto a las fuentes de información, existen dos tipos de MIP:

- i) Matriz actividad – actividad, es utilizada principalmente para analizar el impacto de medidas y políticas en determinadas industrias y sectores;

- ii) La matriz producto – producto, permite el análisis de productividad, de cambios en los factores de producción y de las variaciones de precios relativos (DANE 2013)

Un ejemplo de las matrices que pueden ser consultadas son las de DANE y BanREP-NEREUS. No obstante, se sugiere la utilización de matrices departamentales.

Ilustración 5. Matriz insumo producto nacional

**DANE**  
INFORMACIÓN PARA TODOS

**Matriz insumo producto, actividad por actividad, basada en supuesto de estructura fija de ventas de productos - nacional e importada**

**Año 2015**  
Unidad: millones de pesos

Sector/Actividad	Consumo Intermedio									
	A	B	CB1	CB2	CB3	CB4	CB5	CB6	D	E
11 Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca	6,999	18	35,832	666	619	699	28	46	8	7
12 Explotación de minas y canteras	172	10,281	121	17	30	9,962	5,091	41	2,388	13
13 Elaboración de productos alimenticios; elaboración de bebidas; elaboración de productos de tabaco	7,382	111	13,775	47	163	1,600	67	30	118	38
14 Fabricación de productos textiles; confección de prendas de vestir; curtido y acabado de cuero; fabricación de calzado; fabricación de artículos de cuero; maletas, bolsos de mano y artículos similares; y fabricación de artículos de bibertería y garmeniería adobo y tejido de punto	245	182	89	5,805	322	274	152	334	43	110
15 Transformación de la madera y fabricación de productos de madera y de corcho; carpintería; fabricación de artículos de carpintería y carpintería; fabricación de papel; cartón y productos de papel; de cartón; actividades de impresión; producción de copias a partir de originales; fabricación de productos de la refinación del petróleo y actividad de mezcla de combustibles; fabricación de sustancias químicas; fabricación de productos farmacéuticos; sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutico; fabricación de productos de caucho y de plástico; fabricación de otros productos minerales no metálicos	674	41	874	378	4,449	980	246	676	72	32
16 Copiación; fabricación de productos de la refinación del petróleo y actividad de mezcla de combustibles; fabricación de sustancias químicas; fabricación de productos farmacéuticos; sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutico; fabricación de productos de caucho y de plástico; fabricación de otros productos minerales no metálicos	5,781	5,376	5,192	1,330	1,331	47,067	2,105	625	1,127	781
17 Fabricación de productos metálicos básicos; fabricación de productos elaborados de metal excepto maquinaria y equipo; fabricación de aparatos y equipo eléctrico; fabricación de productos plásticos, caucho y cuero; fabricación de maquinaria y equipo (excepto maquinaria agrícola); fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques; fabricación de otros tipos de equipo de transporte; instalación, mantenimiento y reparación especializada de maquinaria y fabricación de muebles, cisternas y cisternas; otras industrias manufactureras	428	362	820	241	288	991	13,230	1,448	718	179
18 Comercio de electricidad, gas natural y aire acondicionado	28	78	68	181	201	276	177	201	23	25
19 Suministro de agua calienta y fría	245	1,472	2,051	495	815	7,959	697	209	16,134	179

Fuente: DANE <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-anales/matrices-complementarias#matriz-insumo-producto>

Ilustración 6. Matriz insumo producto tomada BanRep

**NEREUS**  
Núcleo de Economia Regional e Urbana  
da Universidade de São Paulo  
The University of São Paulo  
Regional and Urban Economics Lab

**Banco de la República | Colombia**  
Investigaciones económicas

Interregional Input-Output Tables for Colombia 2015

Reference: Haddad, E. A., Araújo, I. F., Galvis, L. A. (2019). Matriz Insumo-Producto Interregional de Colombia, 2015 (Nota Técnica), TD NEREUS 10 -2019, The University of São Paulo Regional and Urban Economics Lab (NEREUS).

Fuente: Banco de la República, 2019 <http://www.usp.br/nereus/?txtdiscussao=matriz-insumo-producto-interregional-de-colombia-2015-nota-tecnica>

### 6.1.1. Técnicas para el análisis de Matrices

Se pueden presentar diferentes análisis a partir de las MIP, mencionados en literatura especializada. No obstante, varias metodologías tienen un grado alto de dificultad, pero su aplicación es válida si estos datos se respaldan adecuadamente con referencias bibliográficas y sus cálculos se presentan de forma desprotegida en una hoja de Excel debidamente diligenciada.

Dentro del abanico de metodologías disponibles, se presentan a continuación algunas técnicas que se pueden utilizar para la evaluación económica ambiental en el marco del licenciamiento.

### 6.1.2. Técnicas de estimación de coeficientes regionales

A continuación, se presentan las metodologías para la estimación de coeficientes regionales que pueden ser más adecuadas para adelantar la evaluación económica ambiental de los beneficios de un POA.

- Coeficiente regional de producción

Dada la disponibilidad de información para la elaboración de MIP y la importancia de contar con coeficientes técnicos diferenciados por departamento, se han desarrollado diferentes técnicas para estimar aproximaciones a los coeficientes regionales de producción. Uno de estos comprende el método de “*encuestas parciales o no-encuestas*”, el cual parte del principio en el que los coeficientes regionales de producción son entendidos como la diferencia entre el coeficiente técnico regional y el coeficiente técnico regional de importación.

- Cocientes de Ubicación Simple

El Cociente de Ubicación Simple - SLQ (por sus siglas en inglés), expresa la capacidad de una industria regional para satisfacer las demandas realizadas por otras industrias y la demanda final en la misma región. En términos conceptuales, el SLQ busca identificar si en la región de estudio un sector es más o menos concentrado que a nivel nacional. Para transformar coeficientes técnicos nacionales a coeficientes técnicos regionales, Miller & Blair (2011) proponen multiplicar el SLQ por los coeficientes técnicos regionales.

Los resultados obtenidos dentro de la literatura sugieren que mediante la aplicación de metodologías SLQ la tecnología en producción en todas las regiones se comporta de forma semejante y la razón por lo que difieren los coeficientes regionales a los nacionales es por la capacidad regional para satisfacer su propia demanda.

- Otras metodologías para la estimación de coeficientes regionales

Otras metodologías usadas son: *Purchases-only Location Quotients*, *Cross-Industry Quotients*, *The Semilogarithmic Quotient and its Variants*, *FLQ and AFLQ*, *Supply-Demand Pool Approaches*, *Regional Purchase Coefficients* y el procedimiento RAS (*right-hand side*). Se anima al lector a revisar la bibliografía especializada para un resumen detallado de las técnicas que pueden usarse para estimar multiplicadores intrarregionales.

### 6.2. Condiciones del beneficio (Cuantificación, tiempo y lugar)

La demanda final en una MIP puede ser analizada mediante el incremento en el consumo de los hogares, gasto del Gobierno e incluso importaciones netas. En la gran mayoría de casos, la expresión de este beneficio se concentra en las primeras etapas de un POA, y es aquí donde los montos de inversión deben ser rigurosamente cuantificados dentro de un horizonte temporal (flujo económico). No obstante, solo una fracción de la inversión total de un POA es la que podría

dinamizar la economía de la región. En este sentido, el ejercicio también se debe enfocar en identificar, estimar y detallar aquellos montos efectivos dentro del total de inversión.

En cuanto a la selección del beneficio, se debe tener claridad cuáles son los encadenamientos que se logran a partir de la existencia del proyecto y tener definidos los sectores económicos que se van a analizar, es decir, los que dinamizan la economía.

En este punto, el beneficio no tiene que estar sujeto a la actividad principal del POA (por ejemplo, para un proyecto de energía, el beneficio puede no ser la producción de MW), por lo tanto, puede ser otra actividad relacionada directamente con el POA y requerida para su desarrollo (siguiendo con el ejemplo de energía, una actividad relacionada puede ser la compra de herramientas o la inversión en combustibles para transportar elementos). Lo relevante es que la actividad seleccionada esté descrita dentro de la evaluación ambiental<sup>1</sup> y se relacione con el objetivo del POA.

En cuanto a los montos de inversión, es posible categorizarlos en grupos según las actividades a desarrollar, lo que proporciona un desglose de los sectores económicos que mostrarían los multiplicadores asociados. En consecuencia, pueden surgir dos escenarios:

- i) Si la inversión de un POA que se enfocara en la región se concentra en una sola actividad, esta denotará el multiplicador con el cual se estimará el beneficio;
- ii) La inversión del proyecto puede estar desagregada en dos o más actividades importantes dentro del POA, en este caso, el análisis se centraría en los montos que mejor denoten la inversión del POA.

### **6.3. Exclusión de Impuestos y mano de obra dentro de la MIP**

Dadas las condiciones y contexto en el que opera el licenciamiento ambiental colombiano, este apartado corresponda a una adecuación de la metodología original del cálculo de las MIP. En este sentido, normalmente, la inversión de un proyecto se ve reflejada en la compra de insumos locales, inversión en capital fijo (construcciones, maquinaria etc.), pago de impuestos y la contratación de personal. Sin embargo, en cuanto a los dos últimos mencionados se presentan las siguientes consideraciones:

- i) El pago de impuestos se debe excluir de la MIP, debido a que los recaudos no se ejecutarán en su totalidad dentro del área de influencia o departamento;

---

<sup>1</sup> Según la MGEPEA, la evaluación ambiental prevé los impactos y cómo un POA modificaría las condiciones ambientales, se puede utilizar esta información para delimitar el área de influencia, formular medidas de manejo, entre otras acciones que aseguran el cumplimiento de los propósitos de la licencia ambiental como instrumento de manejo y control ambiental.

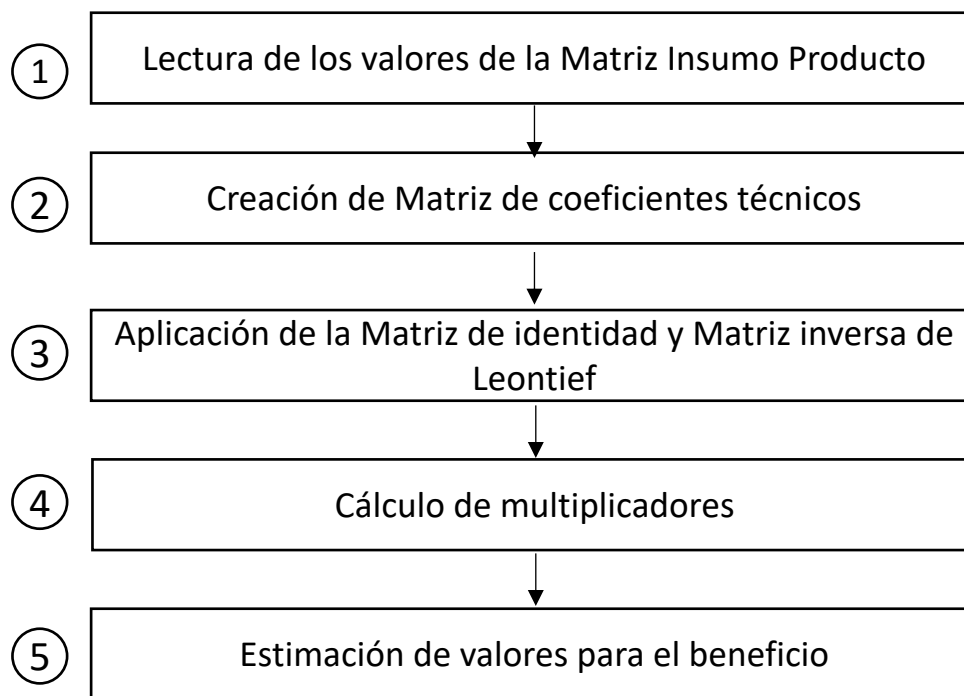
- ii) Se debe evitar la doble contabilidad con la contratación de mano de obra, dado que uno de los beneficios más comunes dentro de los proyectos es la generación de empleo (dinamización de empleo local).

En este sentido, para los ejercicios que se desarrollen en el marco del licenciamiento ambiental colombiano, se debe excluir los montos de impuestos y mano de obra de la información que se reporta en las MIP para la estimación del beneficio.

#### 6.4. Estimación de multiplicadores económicos

Dada la necesidad de avanzar en la estandarización de un proceso para la estimación de multiplicadores a partir del cálculo de las MIP, desde la ANLA se presenta una secuencia metodológica, respaldada en autores como Lora & Prada, (2016) y Miller & Blair (2011) para la obtención de multiplicadores económicos.

*Ilustración 7. Pasos por seguir para la estimación de multiplicadores económicos*



**Fuente:** ANLA - SIPTA.

Los pasos relacionados en la ilustración anterior se proyectarán considerando un enfoque departamental, para el que, este documento muestra una alternativa para su desarrollo.

##### 6.4.1. Lectura de los valores de la Matriz Insumo Producto

De manera simplificada y con fines demostrativos, se presenta el siguiente ejemplo en el que intervienen solo tres ramas y tres productos en una economía sin transacciones con el exterior. Los ejemplos que se muestran a continuación son desarrollados en hojas de cálculo de Excel.

Ilustración 8. Simplificación de la Matriz insumo producto

Compras / Ventas		Ramas de producción			Ventas Intermedias VI (1+2+3)	Consumo (C)	Inversión(I)	Producto final PIB	Valor bruto de producción – VBP (VBP= VI+ C+I)
		Primaria (A)	Secundaria (B)	Terciaria (C)					
Productos	Primaria (1)	-	200	-	200	200	100	300	500
	Secundaria (2)	300	-	100	400	200		200	600
	Terciaria (3)		100		100	100		100	200
<b>Compras intermedias CI = (A+ B+ C)</b>		300	300	100	700	500	100	600	<b>1300</b>
<b>Salarios S</b>		100	150	100	350				
<b>Ganancias G</b>		100	150		250				
<b>Valor agregado (ingreso) VA = S+G</b>		200	300	100	600				
<b>Valor bruto de producción – VBP (VBP= CI+VA)</b>		500	600	200	<b>1300</b>				

Fuente: Calculado a partir de los datos de Lora & Prada, (2016)

La matriz tiene dos tipos de análisis,

- El primero corresponde a una lectura en sentido vertical, en las columnas se ubican las **compras** realizadas por los sectores, en tal sentido el sector Terciario (C) compró insumos industriales por \$100 y pagó salarios por \$100, generando así un Valor Bruto de Producción de \$200.
- En segundo lugar, está la lectura en sentido horizontal, en las filas se ubican las **ventas**, se observa que el sector secundario vendió \$300 al primario y \$100 al terciario, presenta ventas intermedias de \$400.

Es importante mencionar que, los totales tanto en las filas como en las columnas son iguales, dado que son dos formas alternativas de calcular el valor bruto de la producción (en adelante, VBP) en cada sector. De acuerdo con Lora & Prada (2016), en este ejemplo el valor de la producción correspondiente a la suma de las compras intermedias y el valor agregado es de \$700 y \$600 respectivamente, resultando de la operación un total de \$1300. Complementariamente, indican que *“el valor de un producto final cualquiera es igual a la suma de los valores agregados, directa e indirectamente, por todos los sectores productivos en la generación de dicho producto. Por consiguiente, el valor final de un producto está compuesto íntegramente por las diferentes clases de valores agregados”*.

En cuanto al licenciamiento ambiental y los POA que están sujetos a estas condiciones, se aconseja a los lectores del presente manual hacer uso de los desarrollos que puedan surgir de un análisis vertical, es decir, enfocado a las compras (demanda), las cuales hacen alusión a las necesidades que debe suplir un POA en un área determinada.

Por otro lado, para los análisis enfocados en sentido horizontal, referidos a las ventas (oferta), se sugiere el uso de la matriz de Ghosh. Sin embargo, al tratarse de una proyección de las ventas en la etapa ex post, no se sugiere el uso de esta información en etapas de evaluación de un POA (etapa ex ante).

Ahora, respecto a la pregunta de ¿cuánto debe modificarse el VBP de cada sector si se desea elevar el consumo del bien industrial, dada la aplicación de un POA en un área determinada?, la respuesta sería que se debe aumentar en un porcentaje el VBP y, en consecuencia, cada una de las necesidades de insumos por sector industrial, por lo cual, los montos tendrían que incrementarse en una misma proporción. Para hacer esto posible, se utiliza una matriz de coeficientes técnicos.

#### **6.4.2. Creación de Matriz de coeficientes técnicos (A)**

La matriz de coeficientes técnicos se entiende como *“la mezcla de insumos directos que se requiere por cada unidad de producto”*, es decir, cuáles son las necesidades de insumos por peso de producción bruta de un sector. También se pueden entender como el resultado de dividir el valor de las compras intermedias entre el valor producción bruta de dicho sector (Lora & Prada, 2016). Continuando con el ejemplo citado anteriormente, se tienen los siguientes resultados:

*Ilustración 9. Estimación de la matriz (A) coeficientes técnicos*

Compras / Ventas		Ramas de producción		
		Primaria (A*)	Secundaria (B*)	Terciaria (C*)
Productos	Primaria (1)	\$ -	\$ 200	\$ -
	Secundaria (2)	\$ 300	\$ -	\$ 100
	Terciaria (3)	\$ -	\$ 100	\$ -
Compras intermedias CI		\$ 300	\$ 300	\$ 100
Salarios S		\$ 100	\$ 150	\$ 100
Ganancias G		\$ 100	\$ 150	\$ -
Valor agregado (ingreso) VA		\$ 200	\$ 300	\$ 100
Valor bruto de producción – VBP (VBP= CI+VA)		\$ 500	\$ 600	\$ 200

Matriz de coeficientes técnicos			
	Primaria (A*)	Secundaria (B*)	Terciaria (C*)
Primaria (1)	=D5/D12	0,33	0,00
Secundaria (2)	0,6	0,00	0,50
Terciaria (3)	0	0,17	0,00

**Fuente:** Calculado a partir de los datos de Lora & Prada, (2016)

Los anteriores resultados se pueden interpretar de la siguiente manera: el sector secundario para generar un VBP de 600, compra del sector primario 33% (200 en insumos industriales). Siguiendo con la relación antes expresada, tenemos que las compras intermedias de cada sector se pueden calcular multiplicando el valor del VBP por cada coeficiente técnico obtenido.

$$VI_i = \sum_j CI_{ij} = \sum_j a_{ij} VBP_j$$

*Ecuación 1*

Según la teoría, para obtener el valor bruto de la producción (VBP) de cada sector (j) se tiene:

$$VBP_j = C_i + I_i + VI_i$$

*Ecuación 2*

En donde:

$C_i$  Compras intermedias

$I_i$  impuestos (en el marco del licenciamiento ambiental colombiano, este rubro se debe excluir)

$VI_i$  Valor agregado por cada sector  $i$

De lo anterior reemplazando tenemos:

$$VBP_j = C_i + I_i + \sum_j a_{ij} VBP_j$$

*Ecuación 3*

Al usar MIP departamentales como se muestra en la ilustración 4, es importante aclarar que, generalmente, la fórmula del VBP consta de dos sumas:

- La sumatoria de todas las compras intermedias por sector de la economía.
- La suma de valores presentados en el rubro de: Valor agregado, el cual considera aspectos como: Salarios ( $s$ ) y ganancias ( $g$ ), pero, además, fuentes de información pueden tener diferentes o adicionales rubros como como: “Remuneración de los asalariados”, “Impuestos menos subvenciones sobre la producción e importaciones”, “Ingreso mixto”, “Excedente de explotación bruto”, “Importaciones Divisas” y “Excedente bruto de explotación + Ingreso Mixto”.

En estos casos, y para adecuar los valores del VBP según el departamento a analizar, se sugiere el entendimiento de los rubros mencionados, las limitaciones de información que existan en la base e incluso los resultados mismos a modo de aclarar los mejores valores de VBP.

### **6.4.3. Aplicación de la Matriz de identidad y Matriz inversa de Leontief**

Según Schuschny (2005), la expresión canónica del modelo de Leontief puede representarse de la siguiente manera:

$$X = (I - A)^{-1}$$

*Ecuación 4*

En donde:

$I$  corresponde a la matriz de identidad

$A$  corresponde a la matriz de coeficientes técnicos

$X$  corresponde a la demanda final (variación de la producción)

De esta manera tenemos que  $A$  nos indica la cantidad de insumos que demanda para generar una unidad de producto,  $(I - A)^{-1}$ , indica la relación de la producción de cada sector con la demanda final sin importaciones, es decir, los coeficientes contenidos en la matriz inversa de Leontief muestran cómo se impacta un sector determinado cuando existe variaciones en la demanda final.

En la ilustración 10, la primera parte del proceso para la obtención de la matriz de Leontief, involucra la resta de una matriz de identidad menos la matriz A.

Ilustración 10. Cálculos intermedios para la obtención de la matriz de Leontief

Matriz de coeficientes técnicos			
	Primaria (A*)	Secundaria (B*)	Terciaria (C*)
Primaria (1)	0	0,33	0,00
Secundaria (2)	0,6	0,00	0,50
Terciaria (3)	0	0,17	0,00

Matriz de identidad			
	1	0	0
	0	1	0
	0	0	1

Matriz de I-Coeficiente técnico			
	=+D21-D16	-0,33	0,00
	-0,6	1,00	-0,50
	0	-0,17	1,00

**Fuente:** ANLA – SIPTA

Respecto a la segunda parte del proceso, en la ilustración 11, se muestra cómo se obtiene la matriz inversa de Leontief, para esto, se hace uso del comando MINVERSA, el cual solicita los datos de entrada (MIP) y un área de espacio para depositar los datos de salida.

Es de mencionar que, los multiplicadores económicos, también denominados en la literatura como *encadenamientos económicos*, corresponden al valor total de la producción, en todos los sectores de la economía. Expresan cual es la necesidad para satisfacer una unidad monetaria adicional de demanda final para un sector de análisis (Haddad et al, 2012).

Ilustración 11. Matriz de Leontief y multiplicadores resultantes

Matriz de I-Coeficiente técnico			
	1	-0,33	0,00
	-0,6	1,00	-0,50
	0	-0,17	1,00

Matriz inversa de Leontief]			
	=MINVERSA(D27:F29)	0,47	0,23
		1,40	0,70
	0,14	0,23	1,12

**Fuente:** ANLA - SIPTA

Dentro de los análisis que se pueden plantear está el encadenamiento hacia atrás, el cual considera todos los insumos necesarios para la producción del sector (responde a las preguntas de cómo afecta la demanda); mientras que un encadenamiento hacia adelante considera todos los sectores en los cuales el sector respectivo entra en la estructura de costos (responde a los análisis de cómo se afecta la oferta).

Metodológicamente, se pueden diferenciar en que los encadenamientos hacia atrás se subdividen en directo (suma vertical de la matriz de coeficientes técnicos (A) por una rama de producción) y totales (suma vertical de los resultados obtenidos en la matriz de Leontief).

Por otro lado, están los encadenamientos hacia adelante, que al igual que los anteriores se subdividen en directo (suma horizontal de la matriz de coeficientes técnicos por productos) y totales (suma vertical)<sup>1</sup>. Cabe anotar que, los resultados estimados a partir del presente manual se enfocarán a los multiplicadores totales. De esta manera, la estimación de los multiplicadores se lleva a cabo restando la matriz de identidad de la matriz de coeficientes técnicos y aplicando el inverso a la matriz resultante.

<sup>1</sup> Como se mencionó en el apartado 6.4.1, del presente documento, se sugiere el uso de la matriz de Ghosh para el desarrollo de multiplicadores enfocados a la oferta. Además, dado que este análisis es una proyección de resultados futuros, se sugiere no incluirlos en procesos ex ante de evaluación de licencias ambientales.

#### 6.4.4. Cálculo de multiplicadores

Un multiplicador de producto se define para cada sector, como el valor total de la producción, en todos los sectores y todas las regiones de la economía, necesario para satisfacer una unidad monetaria adicional de demanda final en el sector (Haddad et al, 2012)

La matriz resultante de Leontief es la base de múltiples análisis que se pueden desarrollar a nivel país, departamental o regional, siempre y cuando se contemple la información adecuada. Por ello, el desarrollo que se presenta a continuación tiene como base este tipo de matriz.

En cuanto al encadenamiento a analizar, se sugiere contemplar aquellos que son totales, que muestra un efecto agregado de un incremento de la demanda final sobre la producción de todos los sectores. Para especificar más este parámetro, se recomienda el análisis de encadenamiento hacia atrás (el que se usa en estudios de economía regional del Banco de la República de Colombia), que considera todos los insumos necesarios para la producción del sector, cómo afecta la demanda.

Ilustración 11 encadenamientos totales

Matriz inversa de Leontief			
	1,08	0,39	0,19
	0,24	1,18	0,59
	0,04	0,20	1,10
SUMA	=SUMA(C11:C13)		1,88

Fuente: ANLA - SIPTA

#### 6.4.5. Estimación de valores para el beneficio

Se deben considerar algunos aspectos técnicos relevantes para la aplicabilidad de los resultados, empezando por la identificación del multiplicador por departamento y sector seleccionado (de acuerdo con la inversión requerida que tenga el POA y en donde se prevé un incremento). Para el caso en el que el POA se desarrolle en varios departamentos al mismo tiempo, se recomienda utilizar los multiplicadores resultantes de la matriz inversa de Leontief de cada uno de los departamentos en los que el POA tiene presencia.

Posteriormente, se procede a estimar el valor “encadenado” de la inversión, multiplicando el valor de la inversión por el multiplicador. Se entiende que, si el multiplicador de un sector en un departamento específico es 1.5, el beneficio socioeconómico a ser tenido en cuenta debería ser el de 0.5 (dado que el 1 representa la inversión. En otras palabras, se puede entender como: por

cada peso (1) que ingresa, se generarán 0.5 adicionales) valor que corresponde al impulso indirecto del sector por sus necesidades de compras intermedias en otros sectores.

En cuanto a los resultados, y en el marco del licenciamiento ambiental colombiano, no se considerarán valores inferiores a 1 (un multiplicador total de 0.85) o superiores a 2 para un solo multiplicador (un multiplicador total de 2.65; aunque el encadenamiento se puede representar por dos o más multiplicadores totales, como es el caso de 1.65 y 1.15). La razón de esto radica en la dificultad de la interpretación de resultados y en la consecuente integración de valores en el ACB.

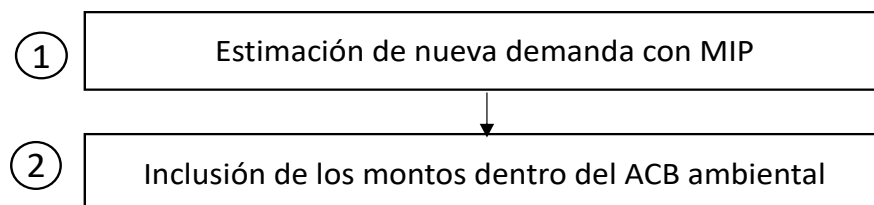
Como complemento al numeral 6.2 de este documento, sobre la inversión del proyecto, el beneficio puede desagregarse en dos o más actividades importantes dentro del POA. En este escenario, el análisis se centraría en los montos que mejor denoten la inversión del POA y el cálculo del beneficio se desarrollaría operando los multiplicadores por los montos de inversión que comprendan.

Cabe anotar, que, previo a la integración de los resultados en el ACB, se recomienda realizar un análisis de sensibilidad del valor total del multiplicador, definiendo un rango del valor que pueda capturar efectos exógenos no contemplados dentro de las estimaciones matriciales desarrolladas.

### 6.5. Estimación de nueva demanda con MIP

Como se ha venido mencionado, la matriz inversa de Leontief también es de utilidad para el cálculo de producción para satisfacer un incremento en la demanda. Este caso puede darse cuando un proyecto realiza una inversión significativa en una región que ocasiona cambios en la demanda final de los distintos sectores.

*Ilustración 12. metodología de nueva demanda, ajustada a licenciamiento ambiental colombiano*



**Fuente:** ANLA - SIPTA

Supongamos que tenemos la siguiente matriz insumo producto para una economía con 4 sectores:

Ilustración 13. MIP hipotética para nueva demanda

Compra / Ventas		Ramas de producción					
		Primario	Secundario	Terciario	Cuaternario	Demanda Final	Producción total
Productos	Primario	150	400	100	150	400	1200
	Secundario	200	100	150	100	1500	2050
	Terciario	50	200	150	400	500	1300
	Cuaternario	100	200	300	200	1800	2600

Fuente: ANLA - SIPTA

De acuerdo con lo expuesto en la sección 6.4.3, con ilustración 10 y siguiendo el orden metodológico expuesto en la sección 6.4. La matriz de coeficientes técnicos **A** es:

Ilustración 14 Matriz de coeficientes técnicos (A) estimados

Matriz de coeficientes técnicos (A)				
	Primario	Secundario	Terciario	Cuaternario
Primario	0,13	0,20	0,08	0,06
Secundario	0,17	0,05	0,12	0,04
Terciario	0,04	0,10	0,12	0,15
Cuaternario	0,08	0,10	0,23	0,08

Fuente: ANLA – SIPTA

Posterior a resta de I-A, la matriz inversa de Leontief resultante es:

Ilustración 15 Matriz inversa de Leontief (L)

Matriz de Leontief (L) $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$				
	Primario	Secundario	Terciario	Cuaternario
Primario	1,22	0,28	0,17	0,12
Secundario	0,23	1,13	0,19	0,09
Terciario	0,11	0,17	1,22	0,22
Cuaternario	0,16	0,19	0,34	1,16

Fuente: ANLA - SIPTA

Si se espera que un proyecto cambie la demanda final, esta puede ser estimada por medio del cambio en la matriz insumo producto, que permite responder a la pregunta sobre ¿cuál debe ser la nueva producción de cada sector para satisfacer un aumento en la demanda final?

El cambio en la demanda final es representado como  $\Delta Y = Y^1 - Y^0$ , donde  $Y^1$  es la nueva demanda y  $Y^0$  la inicial. De la misma forma, el cambio en la producción total se representa  $\Delta x =$

$\mathbf{x}^1 - \mathbf{x}^0$  donde  $\mathbf{x}^1$  es la producción total necesaria para satisfacer la nueva demanda, y  $\mathbf{x}^0$  es la producción total inicial. Si se asume que la tecnología entre sectores no cambia, la matriz de coeficientes técnicos se va a mantener  $\mathbf{A}^0 = \mathbf{A}^1 = \mathbf{A}$ , esto a su vez implica que la matriz inversa de Leontief se mantiene ya que sus componentes son la matriz identidad y la matriz de coeficientes técnicos como muestra la ecuación 5. De tal forma que el cambio en la producción para satisfacer de la demanda es:

$$\Delta \mathbf{x} = \mathbf{x}^1 - \mathbf{x}^0 = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{Y}^1 - (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{Y}^0 = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \Delta \mathbf{Y}$$

*Ecuación 5*

Como se puede observar, el cambio en la producción total será igual a la matriz inversa de Leontief multiplicada por el vector de cambio en la demanda.

Para el ejemplo de cuatro sectores, asumamos que ingresa un nuevo proyecto cuya inversión es significativa para modificar la demanda final de la región. El cambio en la producción total de cada sector podría calcularse de la siguiente forma al multiplicar la matriz inversa por el vector de cambio de la demanda final:

*Ilustración 16 Representación teórica de la estimación de nueva demanda*

$$\Delta \mathbf{Y} = \begin{bmatrix} 0 \\ 200 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} * \Delta \mathbf{Y} = \begin{bmatrix} 1.22 & 0.28 & 0.17 & 0.12 \\ 0.23 & 1.13 & 0.19 & 0.09 \\ 0.11 & 0.17 & 1.22 & 0.22 \\ 0.16 & 0.19 & 0.34 & 1.16 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0 \\ 200 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 55.78 \\ 225.67 \\ 34.02 \\ 37.39 \end{bmatrix}$$

**Fuente:** ANLA - SIPTA

Como se muestra en el ejemplo, la producción total del sector 2 (inversión de \$200) va a ser mayor a la demanda final. Esto se debe a que parte de la producción de determinado sector es utilizado como insumo por otro y su magnitud dependerá de la integración de este sector en la economía.

El cálculo de nueva demanda por MIP no debe combinarse con otra metodología, ya que resultaría en una doble contabilidad de los encadenamientos y una sobreestimación de los beneficios del proyecto.

## 6.6. Inclusión de los montos dentro del ACB ambiental

Teniendo en cuenta el desarrollo de la ilustración 17, la demanda total final alcanza un monto de \$352,86. No obstante, al restarlo del valor de la inversión (\$200) para obtener su variación, se obtienen \$152,86, resultado que debe ser incluido dentro del flujo económico.

No obstante, cabe anotar respecto a los multiplicadores económicos resultantes, que, previo a la integración de los resultados en el ACB, se recomienda realizar un análisis de sensibilidad del valor total del multiplicador, con miras de tomar un rango del valor que pueda capturar efectos exógenos no contemplados dentro de las estimaciones matriciales desarrolladas.

## **7. Transferencia de beneficios de valores fijos**

Se puede usar la metodología de transferencia de beneficios en la etapa de DAA, esto debido al tipo de información secundaria (o de referencia) y alcance de esta etapa dentro del proceso de evaluación. No obstante, se debe justificar y en dado caso ajustar los valores referentes a impuestos y contratación de mano de obra.

Cabe anotar, que, previo a la integración de los resultados en el ACB, se recomienda realizar un análisis de sensibilidad del valor total del multiplicador, definiendo un rango del valor que pueda capturar efectos exógenos no contemplados dentro de las estimaciones matriciales desarrolladas.

## **8. LIMITACIONES**

Es importante mencionar que, si bien en el Decreto 1076 de 2015 y en la Resolución 1669 de 2017 se establece que el proceso de evaluación del EIA se debe desarrollar considerando los costos y beneficios que se pueden generar dentro del área de influencia, los criterios y lineamientos metodológicos para la evaluación de los encadenamientos económicos aquí presentados, sugieren referenciar los beneficios con un margen que excede el área de influencia.

Esto debido a que los flujos económicos que se desarrollan a partir de la inversión de un proyecto pueden trascender los límites municipales o veredales que encierra el área de influencia; por lo cual, el nivel de análisis que se plantea con el presente manual es establecerlo a una escala departamental. Bajo esta premisa, y considerando que la estructura de sectores productivos difiere entre los departamentos, el análisis de un POA que impacte a nivel nacional se hará a través del aumento en la demanda de compras intermedias para cada uno de los departamentos involucrados.

En el desarrollo del EIA, se debe usar la información más detallada posible y a la escala más ajustada al área de influencia. Esto puede tener limitaciones dada la dificultad de información económica suficiente en el país para expresar las relaciones de compras y ventas en un área determinada, lo que refleja la ausencia de matrices regionales o a escalas menores a la departamental, que recojan la fluctuación de capital y del stock natural.

En cuanto a limitaciones del modelo de Leontief, se tiene que:

- El supuesto de la consistencia de los coeficientes técnicos puede ser poco realista. Este desarrollo no permite análisis en condiciones cambiantes de tecnología.
- Al mantenerse constantes los coeficientes técnicos ignora la posibilidad de sustitución de factores.
- Es un modelo rígido que no puede reflejar fenómenos como cuellos de botella e incremento de costos.
- Al tomar el incremento en la demanda como una variable independiente, puede implicar la necesidad de insumos más allá de los disponibles.

## 9. PROYECTO PILOTO

A continuación, se presenta de forma resumida un proyecto hipotético, en el que se usan dos metodologías basadas en MIP para estimar el beneficio “Cambio en la oferta de bienes y servicios locales”. Los datos aquí presentados son solo para ejemplificar el uso de las metodologías basadas en MIP.

En cuanto al beneficio, este se puede sustentar como aquellos procesos de contratación que demandará un proyecto. Es el caso de la actividad de compra de herramientas, ropa, consumo de alimentos, bebidas, servicios de hospedaje entre otros. Por consiguiente, la demanda de estos bienes y servicios en el área de influencia generará cambios temporales en las actividades comerciales, lo que incide positivamente en la dinámica productiva de la zona.

### Primer ejercicio metodológico.

A continuación, se describe el desarrollo del ejercicio para luego establecer las consideraciones.

*Ilustración 17 Proyecto piloto MIP*

Compra / Ventas		Ramas de producción				Demanda Final	Producción Bruta
		Primario	Secundario	Terciario	Cuaternario		
Productos	Primario	150	400	100	150	400	1200
	Secundario	200	100	150	100	1500	2050
	Terciario	50	200	150	400	500	1300
	Cuaternario	100	200	300	200	1800	2600

**Fuente:** ANLA - SIPTA

Tomada la información de las CI para un departamento, esta se acompaña de la demanda final y la producción bruta. Además, se toma la información del VBP en las últimas filas de la MIP,

denominado "Gorss output". se hacen las respectivas validaciones a fin de no presentar información relacionada con impuestos o con pago a asalariados.

Teniendo los valores de CI y VBP se calcula la matriz de coeficientes técnicos (A).

Ilustración 18 Operaciones proyecto piloto

Matriz de coeficientes técnicos (A)				
	Primario	Secundario	Terciario	Cuaternario
Primario	0,13	0,20	0,08	0,06
Secundario	0,17	0,05	0,12	0,04
Terciario	0,04	0,10	0,12	0,15
Cuaternario	0,08	0,10	0,23	0,08

Matriz de identidad (I)			
	1	0	0
1	1	0	0
0	0	1	0
0	0	0	1
0	0	0	0

Fuente: ANLA - SIPTA

Posteriormente, la matriz A se resta con la matriz I

Ilustración 19 matriz de Leontief

(I-A) matriz de Leontief				
	Primario	Secundario	Terciario	Cuaternario
Primario	0,88	-0,20	-0,08	-0,06
Secundario	-0,17	0,95	-0,12	-0,04
Terciario	-0,04	-0,10	0,88	-0,15
Cuaternario	-0,08	-0,10	-0,23	0,92

Posterior a la resta matricial, se obtiene la Matriz de Leontief (I-A), y siguiendo con los pasos descritos en el apartado 6.4.4 con ilustración 11 del presente documento, se procede a hacer la inversa de la matriz de Leontief (si se utiliza Excel, se usa el comando de Minversa).

Ilustración 20 matriz de inversa de Leontief

Matriz de Leontief (L) (I-A) <sup>(-1)</sup>				
	Primario	Secundario	Terciario	Cuaternario
Primario	1,22	0,28	0,17	0,12
Secundario	0,23	1,13	0,19	0,09
Terciario	0,11	0,17	1,22	0,22
Cuaternario	0,16	0,19	0,34	1,16
	SUMA	1,76		

Fuente: ANLA - SIPTA

Al obtener la matriz inversa de Leontief, se calcula el multiplicador mediante la suma vertical de los valores resultantes. Para esto, se tomó el sector secundario, que arrojó un resultado de 1.76.

Ilustración 21 resultados de los multiplicadores

Inversión	Multiplicador	Resultado
\$ 114	0,76	\$ 86.64

Fuente: ANLA - SIPTA

En cuanto a la aplicación del multiplicador, se tomó el 1.76, este se puede leer como por cada peso que se invertiría en el proyecto, se encadenarían 0.76 centavos. En este sentido, se operó 0.76 (valor de la adicionalidad económica) con el monto de inversión del proyecto, el cual se estimó en \$114. Como se muestra en la ilustración 22, el resultado arrojó un monto de \$86.64. Este valor correspondería a la adicionalidad que generaría el proyecto dentro de la región.

### Segundo ejercicio metodológico

La segunda metodología tratada en este manual corresponde al cálculo de una nueva demanda. Se recuerda al lector que estas metodologías son excluyentes por lo que los resultados estimados mediante una metodología no se deben introducir dentro de otra.

Ilustración 22 estimación de nueva demanda

	Demanda actual	Producción actual	Cambio por proyecto	Demanda esperada	Producción necesaria	Aumento de la producción
Primario	400	1200		400	1232	32
Secundario	1500	2050	114	1614	2179	14
Terciario	500	1300		500	1319	19
Cuaternario	1800	2600		1800	2621	21
Beneficio						86

Fuente: ANLA - SIPTA

El segundo ejercicio metodológico requiere de los datos de “Demanda actual” y “Producción actual”, provenientes de los resultados de las columnas “Demanda Final” y “Producción Bruta” de la matriz presentada en la ilustración 18 y que entrarían a ocupar los valores de las columnas “Demanda actual” y “Producción actual” de la ilustración 23.

Adicionalmente, se requieren los valores resultantes de la matriz inversa mostrada en la ilustración 21.

A este ejercicio también se une el monto del proyecto, correspondiente a \$114 dentro de la columna “Cambio por proyecto”, el cual se coloca en la fila correspondiente al sector secundario, el cual se estima que sea el que genere el beneficio de encadenamiento.

En cuanto al desarrollo, se suman los valores de las columnas “Demanda actual” y “Cambio por proyecto” y el resultante es la columna de “Demanda esperada”.

Para calcular la columna de “Producción necesaria” se usa la información la matriz inversa de Leontief la cual es multiplicada por el vector columna de “Cambio por proyecto”.

Finalmente, la columna de “Aumento de la producción” surge de la resta entre la “Producción necesaria” y la “Producción actual”; esta diferencia arroja el monto de \$86, monto final de la economía en la zona. Si bien, para muchos casos los resultados son similares, estos pueden variar dependiendo de la información de MIP que se ingrese. Sin embargo, para este caso la diferencia radicó en decimales.

Respecto a las consideraciones, se desarrollarán conforme a los cinco pasos descritos en los numerales anteriores.

1. Respecto a las MIP, se usó una MIP nacional, no obstante, esta información aun cuando puede ser adecuada, se recomienda el uso de matrices departamentales. Por otro lado, la información del ejercicio se ajustó a la zona mediante los sectores predominantes del PIB. Para este caso, la unión de compras intermedias y demás valores puede representar errores en los procedimientos posteriores.
2. En cuanto a la Información biofísica y montos de inversión, se relacionó un monto del incremento en la producción total de la economía regional por \$114, correspondiente a los rubros del sector secundario. Para este caso, se debió haber reportado de forma más amplia el monto de inversión y que este solo fuera la fracción del valor del proyecto destinada a compras dentro de la zona.
3. Respecto a la exclusión de rubros como mano de obra e impuestos dentro de la matriz, es de mencionar que, dada la organización de la información no se referenciaron estos rubros, por lo que, a la luz de un ejercicio enfocado al licenciamiento ambiental, este aspecto se debe aclarar.
4. Como se mencionó, se recomienda desarrollar una sola metodología, ya sea la expuesta dentro del numeral 6.4 o 6.5, del presente documento.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANLA .(2017). *Manual de criterios técnicos para el uso de herramientas económicas en los proyectos, obras o actividades objeto de licenciamiento ambiental. Acogido mediante resolución MADS 1669 de 2017*
- Lora, E., & Prada, S. (2016). *Técnicas de Medición Económica, Metodología y Aplicaciones en Colombia*. Cali: :Universidad Icesi.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. (2013). *Metodología de la Matriz Insumo-Producto (MIP)*. DANE.
- Schuschny, A. R. (2005). *Tópicos sobre el Modelo de Insumo-Producto: teoría y aplicaciones* . CEPAL.
- Miller, R., & Blair, P. (2009). *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*. Cambridge: Cambridge University.
- Eduardo A, H., Inácio F, A., & Luis Armando, G. (2019). *Matriz Insumo-Producto Interregional de Colombia, 2015 (Nota Técnica)*. The University of Sao Paulo Regional and Urban Economics Lab (NEREUS).
- Gustavo, H. (2012). Matrices Insumo-Producto y Análisis de Multiplicadores: Una Aplicación a Colombia. *Revista de Economía Institucional*, 203-221.
- Eduardo, H., Weslem, F., Luis Armando, G., & Lucas Wilfried, H. D. (2016). *Matriz insumo-producto interregional para Colombia, 2012*. Banco de la República .
- Sánchez, A. (2011). El gas de La Guajira y sus efectos económicos sobre el departamento. *Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional - Banco de la República*.