

**Análisis comparativo de la Matriz Insumo-Producto de Leontief en Colombia:
sectores económicos de servicios de transporte terrestre y obras civiles (2010 y 2019)**

Monografía regular

Natalia Juliana Gómez Bernal

Katherine Melo Mongua

Programa de Economía

Facultad de Administración y Economía

Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca

Bogotá D.C., 2024

Resumen

En esta investigación se evalúa cuál es el impacto de las variaciones en las inversiones en los sectores de construcción de obras civiles y servicios de transporte terrestre en Colombia en los años 2010 y 2019. El propósito de este estudio es analizar las variaciones económicas desde los sectores de interés durante los años señalados previamente para Colombia mediante la Matriz Insumo Producto (MIP) y la estructura económica del país. Esto se realiza mediante la implementación de la metodología Leontief que aborda un cambio marginal (\$1) y un cambio real (30%), se ha concluido que existe significancia intersectorial tanto en el año 2010 como en el año 2019, aunque en este último tuvo una mayor significancia. Además, la aplicación de la MIP y el análisis de los multiplicadores de Leontief han permitido identificar las interdependencias entre los sectores investigados, proporcionando información importante para comprender cómo las variaciones en un sector afectan a otros de manera directa o indirecta.

Palabras clave: Matriz Insumo Producto, intersectorial, transporte, construcción, sector económico, demanda final.

Clasificación JEL: C42, C67, D57, L74, L91

Abstract

This research evaluates the impact of variations in investments in the sectors of civil works construction and land transportation services in Colombia in the years 2010 and 2019. The purpose of this study is to analyze the economic variations from the sectors of interest during the years previously indicated for Colombia through the Input-Output Matrix (IPM) and the economic structure of the country. This is done through the implementation of the Leontief methodology that addresses a marginal change (\$1) and a real change (30%), it has been concluded that there is intersectoral significance both in 2010 and 2019, although in the latter it had a greater significance. In addition, the application of IPM and the analysis of Leontief multipliers have allowed us to identify interdependencies between the sectors investigated, providing important information to understand how variations in one sector affect others directly or indirectly.

Keywords: Input-output matrix, intersectoral, transportation, construction, economic sector, final demand.

JEL classification: C42, C67, D57, L74, L91.

Índice

1. <i>Introducción</i>	7
2. <i>Marco teórico</i>	10
2.1 Importancia de los sectores de construcción de obras civiles y servicios de transporte terrestre desde una perspectiva teórica	10
2.2 La matriz MIP desde una perspectiva teórica	11
2.3 Ecuación general Matriz Insumo Producto	12
2.4 Beneficios y limitaciones de la Matriz Insumo Producto	21
3. <i>Marco empírico</i>	22
4. <i>Hechos estilizados</i>	26
4.1 Panorama de los sectores de estudio en Colombia	27
5. <i>Resultados y análisis de la aplicación modelo</i>	30
6. <i>Conclusiones</i>	46
7. <i>Recomendaciones</i>	48
8. <i>Referencias</i>	50

Índice de Figuras

<i>Figura 1</i>	14
<i>Matriz cáscara</i>	14
<i>Figura 2</i>	18
<i>Función de producción Leontief</i>	18
<i>Figura 3</i>	28
<i>Inversión vs insumos de las obras civiles en Colombia</i>	28
<i>Figura 4</i>	29
<i>Recursos presupuestales vs valor agregado del servicio de transporte terrestre en Colombia</i>	29

Índice de Tablas

<i>Tabla 1</i>	26
<i>Recapitulación de autores</i>	26
<i>Tabla 2</i>	31
<i>Multiplicadores del sector de construcción de obras civiles 2010</i>	31
<i>Tabla 3</i>	32
<i>Multiplicadores del sector de construcción de obras civiles 2019</i>	32
<i>Tabla 4</i>	35
<i>Multiplicadores del sector de servicios de transporte terrestre 2010</i>	35
<i>Tabla 5</i>	36
<i>Multiplicadores del sector de servicios de transporte terrestre 2019</i>	36
<i>Tabla 6</i>	39
<i>Multiplicador cambio en \$1 de los sectores construcción de obras civiles y servicios de transporte terrestre 2010</i>	39
<i>Tabla 7</i>	40
<i>Multiplicador cambio 30% de los sectores construcción de obras civiles y servicios de transporte terrestre 2010</i>	40
<i>Tabla 8</i>	41
<i>Multiplicadores de los sectores construcción de obras civiles y servicios de transporte terrestre 2019</i>	41
<i>Tabla 9. Principales resultados</i>	45

1. Introducción

La Matriz Insumo Producto (MIP) es una herramienta utilizada en la economía para analizar interdependencias entre sectores económicos de una región o país. Esta muestra cómo la producción de una actividad económica puede convertirse en el insumo de otra actividad; de este modo, cada columna determina los valores monetarios de cada producto o servicio y cada fila representa los valores monetarios de la producción según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (DANE, 2013)

La infraestructura del transporte terrestre desempeña un papel crucial para determinar la calidad de vida de los habitantes de una región junto con la conectividad de las zonas, el crecimiento y desarrollo económico de un país. De acuerdo con el DANE (2011), para el año 2010 Colombia registró un Producto Interno Bruto (PIB) que se detalla por ramas de actividad económica; entre ellas, están la construcción (con una variación porcentual ascendente del 1,1 con respecto al 2009) y el transporte (con una variación porcentual ascendente del 3,4).

Los anteriores datos se pueden comparar con los del año 2019. Según el DANE (2020), el sector de construcción obtuvo una variación porcentual decreciente del 1,3 respecto al 2018, y para el sector de transporte el resultado fue de 4,7. Por ende, se denota la importancia del PIB en los sectores correspondientes al estudio, teniendo en cuenta que abarca dos de las actividades económicas relevantes en Colombia.

De igual modo, Pérez (2005) destaca la importancia del transporte terrestre en Colombia, que radica en su extenso uso como el principal medio de desplazamiento en el país, junto con la calidad de su infraestructura vial, que desempeña un papel fundamental. A su vez, es relevante destacar que la inversión en obras civiles no solo mejora la infraestructura, sino que

también impulsa la inversión nacional y extranjera, lo cual contribuye al crecimiento del PIB del país.

Por otro lado, mediante la MIP de Leontief, elaborada para los años 2010 y 2019, se puede analizar la interrelación entre los sectores económicos. En ella, es posible identificar las diferentes ramas de la actividad económica en Colombia, que en total son 61 sectores para el año 2010 y 68 (algunos sectores están agrupados) en el 2019; entre estas, se encuentran dos sectores: (1) Construcción de carreteras y vías de ferrocarril, de proyectos de servicio público y de otras obras de ingeniería civil y (2) servicios de transporte terrestre. (DANE, 2023)

De acuerdo con lo anterior, se puede considerar la importancia en Colombia dichos sectores para el comercio, la movilidad y el crecimiento económico, debido a que se incluyen carreteras, puentes y otros sistemas de transporte público, según el DANE (2023). Además, es fundamental destacar que cualquier cambio en la demanda final de los sectores de obras civiles y transporte terrestre tiene un impacto significativo en los demás sectores identificados en la MIP.

En este sentido, la aplicación del modelo de Leontief permite calcular los multiplicadores de estos sectores, lo que simplifica la identificación de posibles beneficios en los sectores clave relacionados con los sectores bajo estudio, de acuerdo con el documento “Matriz Insumo Producto análisis Bogotá 2018”. (2020)

No obstante, se presentan desafíos que surgen de externalidades, tales como el crecimiento demográfico y el crecimiento del comercio en Colombia. En el caso del crecimiento demográfico, según datos del Ministerio de Salud y Protección Social (s.f), la cifra aumentó en aproximadamente cinco millones de personas entre 2010 y 2019. Y en cuanto al crecimiento del comercio, en lo que respecta al manejo de cargas pesadas, la falta de planificación adecuada y la gestión a largo plazo de la ciudad son cuestiones problemáticas que deben abordarse.

A partir de estas definiciones se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es el impacto de las variaciones en las inversiones en los sectores de construcción de obras civiles y servicios de transporte terrestre en la actividad económica intersectorial durante los años 2010 y 2019 en Colombia?

Es así como el objetivo general consiste en analizar las variaciones económicas desde los sectores construcción de obras civiles y servicio de transporte terrestre durante los años 2010 y 2019 en Colombia, mediante la MIP y la estructura económica del país; con el fin de comprender las interdependencias de dichos sectores, a través de los multiplicadores de Leontief. En cuanto a los objetivos específicos, se propone: (1) Calcular el cambio que equivale a una variación marginal¹ y real² en los sectores económicos de estudio en los años 2010 y 2019; y (2) Comparar los multiplicadores de las MIP en Colombia para los años 2010 y 2019. (3) Analizar los multiplicadores de los sectores estudiados y su significancia en Colombia.

Por lo tanto, este trabajo se encuentra dividido por secciones. En primer lugar, el marco teórico, en el cual se contextualiza de manera general el concepto y el funcionamiento de la MIP; en segundo lugar, el marco empírico que apoya y respalda la investigación demostrando resultados que validan el concepto y utilización de la MIP en contextos nacionales e internacionales; en tercera posición, se presentan los hechos estilizados, que proporcionan los datos necesarios para comprender la problemática de los sectores estudiados, así como un panorama general de los sectores de estudio de Colombia en los años 2010 y 2019; en cuarto lugar, los resultados del método de solución, entre los que se exponen los multiplicadores de Leontief de la MIP en Colombia para los años de estudio; y por último, las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

¹ La variación marginal es el incremento en \$1 en la inversión.

² La variación real es el incremento del 30% en la inversión declarada.

2. Marco teórico

En este apartado se propone explorar la utilidad y la aplicación del método Leontief para la Matriz Insumo Producto de Colombia en los años 2010 y 2019 en los sectores de construcción de obras civiles y servicios de transporte terrestre. Este método es utilizado para el estudio de las interdependencias de los sectores económicos y es una herramienta fundamental para comprender la estructura, así como el funcionamiento de las economías modernas.

El estudio que se presenta a continuación tiene como finalidad ofrecer una exposición tanto cualitativa como cuantitativa de la MIP y de los multiplicadores fundamentales para Colombia. De esta manera, se puede evaluar el impacto en los sectores servicios de transporte terrestre y la construcción en obras civiles.

2.1 Importancia de los sectores de construcción de obras civiles y servicios de transporte terrestre desde una perspectiva teórica

La relevancia histórica que ha tenido el tema del transporte comienza con Smith (1776), donde se menciona la importancia de la proximidad geográfica como un factor que puede disminuir la demanda y dependencia de transporte. En su análisis sobre la división del trabajo y sus efectos en la productividad, indicaba que cuando las actividades económicas se concentran en una sola ubicación, puede reducirse la necesidad de transporte. Sin embargo, con la división del trabajo, el comercio puede encargarse de transportar los bienes y servicios de manera más eficiente.

Del mismo modo, Ricardo (1817) aborda la relevancia del transporte en el contexto del comercio internacional. En su estudio, Ricardo argumenta que cada nación debería enfocarse en la producción en la que posea ventajas comparativas, lo que, a su vez, implica la necesidad de un sistema eficiente de transporte entre países. Adicionalmente, el costo y la eficacia del

transporte juegan un papel crucial en la determinación de los beneficios económicos de una nación.

Por otro lado, Keynes (1936) expone como uno de los temas centrales la importancia de la inversión en infraestructura, generando como consecuencia un efecto en el transporte o en proyectos que se relacionen directamente a este. También, Keynes destaca la relevancia de promover proyectos de construcciones civiles con el fin de impulsar la economía e incentivar el empleo.

2.2 La matriz MIP desde una perspectiva teórica

Para dar inicio, se introduce con una breve línea del tiempo con los modelos que contribuyeron a la creación de los análisis económicos. En el libro *Tableau économique* de Quesnay (1758), propone un modelo que describe el flujo de mercancías en una economía de manera análoga a la circulación sanguínea en el cuerpo humano. Este modelo representa un equilibrio económico estacionario y cerrado, donde no se distingue entre los factores productivos y los bienes producidos. La obra es significativa por ser el primer intento documentado de esquematizar el funcionamiento de un sistema económico, lo que marca el comienzo del análisis económico formal y sistemático.

Adicionalmente, Walras (1896) en su libro *Études d'économie sociale* examina la interacción entre la economía y la sociedad, explorando temas como la distribución del ingreso, el papel del estado en la economía, además, la relación entre competencia y bienestar social. Por ello, con la finalidad de entender como los principios económicos pueden mejorar el funcionamiento y organización de la economía.

Más adelante, Leontief (1966) en su obra *Input-Output Economics* introdujo la MIP formalizándola como una herramienta económica fundamental, para analizar las

interdependencias entre distintos sectores de una economía y como un cambio en la producción de un sector puede afectar a los demás. Asimismo, de proporcionar un marco cuantitativo para entender las interrelaciones con la finalidad de planificar políticas económicas más eficientes.

Para hablar de la MIP es necesario resaltar que esta se adquiere a partir de las cuentas nacionales de un territorio, tal como lo indica Miguel y Pereira, (2011). A través de la MIP se analiza las relaciones intersectoriales, se miden los impactos directos e indirectos de cada sector, se cuantifica el impacto en un sector específico y se analiza cómo este cambio puede influir en la producción final de todos los sectores. Se constituye en tres partes: Transacciones intersectoriales, valor agregado y producción final. Este modelo parte de los siguientes supuestos: (1) No se contempla la producción secundaria; (2) los precios relativos permanecen constantes; (3) no existe la sustitución; (4) se asume la homogeneidad y proporcionalidad ante las necesidades tecnológicas.

Además, se agrega que la MIP se basa en la demanda y la oferta de bienes y servicios según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2019), los cuales varían por el mismo mercado o por factores externos. Para cuantificar estas variaciones a nivel sectorial, se emplea una metodología conocida como los multiplicadores de la Matriz Insumo-Producto de Leontief. Esta herramienta, se enfoca en realizar un análisis económico detallado que permite medir las interrelaciones entre los diversos sectores económicos. Con esta matriz se puede calcular el valor bruto de la producción de cada industria para complacer un conjunto de necesidades en demanda final de los bienes y servicios. (Lora y Prada, 2016)

2.3 Ecuación general Matriz Insumo Producto

En primer lugar, la ecuación general de la MIP explica de dónde se toman los datos principales para luego hacer la metodología correspondiente. Esto, se hace con el objetivo de obtener los

multiplicadores de Leontief (para el actual estudio se utiliza la MIP a precios de mercado corrientes).

$$VBP_j = \sum_i CI_{ij} + S_j + G_j \quad (1)$$

VBP = Valor Bruto de la Producción.

*$\sum_i CI_{ij}$ = Compras intermedias (de insumos) a las otras industrias *i*.*

S = Salarios

G = Ganancias

S + G = Valor agregado

Transcrito quedaría:

$$VBP_j = \sum_i CI_{ij} + VA \quad (2)$$

Con el propósito de determinar el impacto en los sectores económicos con una variación en la demanda final en obras civiles y transporte terrestre, el método de solución en esta investigación es la matriz de Leontief. Esto se debe a que en la matriz se encuentra la información necesaria para conocer las interrelaciones entre los sectores económicos. Aunque, el modelo insumo-producto no solo se limita a las interrelaciones, sino que, tiene muchas utilidades además del análisis económico, esto es consecuencia de la expansión de esta matriz a los diversos entornos. Para la elaboración de una MIP se requiere de diferentes fuentes; la más importante entre ellas son las cuentas nacionales de la región o país.

Figura 1*Matriz cáscara*

	Sector 1 2 3 4 . . . N	Demanda final			
		Hogares	Gobierno	Inversión	Exportaciones netas
Sectores j	1 2 3 4 . . N	Demanda intermedia: insumos consumos o insumos intermedios (Z)			
Valor Agregado (VAB)	Remuneración asalariados	Producto Interno Bruto			
	Remuneración al capital				
	Impuestos netos				

Nota. Elaboración propia con base en datos tomados de CEPAL (2019).

La MIP es una matriz con dos entradas (ver Figura 1), donde, en las columnas tienen la perspectiva de gasto y en las filas la perspectiva de ingreso. Las tablas de la MIP son simétricas, ya que están conformadas por $N \times N$ sectores tanto en filas como en columnas. (Durán y Banacloche, 2021)

También, se observa en la Figura 1 el despliegue de tres matrices: (1) La matriz de insumos intermedios (Z), la cual se compone del valor bruto de producción; (2) la matriz de demanda final (f); (3) la matriz de valor agregado (VAB). La matriz se compone de una estructura productiva donde los sectores producen y requieren de insumos intermedios de otros sectores para producir. En la matriz Z se detallan las transacciones bisectoriales de insumos intermedios.

La estructura matemática del modelo MIP se fundamenta en un conjunto de n ecuaciones lineales, por lo que es conveniente tenerlo en forma matricial. Las suposiciones para esta investigación son: 1) que la economía tiene n sectores; 2) que el sector i es el objeto

de estudio; para esta investigación se toman como objeto de estudio la industria de construcción y el servicio de transporte.

La demanda depende de la producción del sector i :

$$x_i = z_{i1} + \dots + z_{ij} + \dots + z_{in} + f_i = \sum_{j=1}^n z_{ij} + f_i \quad (3)$$

El término x_i representa la producción total del sector i . Por otro lado, f_i equivale a la demanda final total del producto del sector i ; y por último, el término z_{ij} corresponde a las ventas interindustriales o ventas intermedias del sector i . La ecuación 3 representa la distribución de la producción del sector i en forma lineal, y las ecuaciones lineales se elaboran para cada n sectores con el fin de determinar las ventas de la producción:

$$\begin{aligned} x_1 &= z_{11} + \dots + z_{1j} + \dots + z_{1n} + f_1 \\ &\vdots \\ x_i &= z_{i1} + \dots + z_{ij} + \dots + z_{in} + f_i \quad (4) \\ &\vdots \\ x_n &= z_{n1} + \dots + z_{nj} + \dots + z_{nn} + f_n \end{aligned}$$

En la ecuación 4 se puede apreciar cómo las ecuaciones lineales están para todos los n sectores; este paso se hace con el fin de compilar los datos y que sea más fácil llevar a cabo la elaboración de la matriz. Ya con los datos de las ecuaciones en conjunto (4) se obtienen los siguientes resultados:

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}, \quad \mathbf{Z} = \begin{bmatrix} z_{11} & \cdots & z_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{n1} & \cdots & z_{nn} \end{bmatrix} \quad \mathbf{y} \quad \mathbf{f} = \begin{bmatrix} f_1 \\ \vdots \\ f_n \end{bmatrix} \quad (5)$$

A fin de identificar las matrices se utilizan letras mayúsculas y negrita; y para distinguir las columnas se emplean minúsculas y negrita. En este caso \mathbf{Z} es matriz, pero \mathbf{x} y \mathbf{f} son columnas, como se puede observar en la ecuación 5. La información que proporciona la ecuación 4 contribuye para la elaboración de la ecuación 6 de forma compacta en notación matricial:

$$\mathbf{x} = \mathbf{Z}_i + \mathbf{f} \quad (6)$$

Con la información que proporciona la matriz de insumos intermedios \mathbf{Z} se hallan los coeficientes técnicos, los cuales son de utilidad para el cálculo de la matriz inversa de Leontief, un pilar fundamental para el análisis insumo-producto. Los coeficientes técnicos (a_{1j}) indican la cantidad de insumo del sector i necesaria para la producción de una unidad del sector j (Duran y Banacloche, 2021). Un supuesto importante es que las relaciones interindustriales de i a j dependen de la producción total del sector j en un periodo de tiempo determinado t .

$$a_{ij} = \frac{Z_{ij}}{x_j} = \frac{\text{Valor del cemento comprado por las fabricantes del año pasado}}{\text{Valor de la producción de las obras civiles el año pasado}} \quad (7)$$

Para interpretar el coeficiente técnico de la fórmula 7 se da el siguiente ejemplo: si $Z_{83} = \$500$ y $x_3 = \$32.000$ estos datos indican que el sector 3 utilizó \$500 del sector 8 para producir \$32.000 de lo que se elaboró en el sector 3. Al continuar el proceso se obtiene: $a_{83} = \frac{Z_{83}}{x_3} = \frac{\$500}{\$32.000} = 0,016$. Dicho resultado es el coeficiente técnico, el cual es 0,016. Este número indica el valor monetario de los insumos del sector 8 por el valor monetario de la producción del sector 3.

$$a_{ij} = \frac{Z_{ij}}{x_j}$$

$$a_{ij}x_j = Z_{ij}$$

En el análisis insumo-producto un supuesto es que el coeficiente técnico es invariable, por lo que si el sector j triplica su producción el aporte de los insumos del sector i igualmente se triplica. Se asumen rendimientos a escala, por lo tanto, la producción Leontief funciona bajo los rendimientos constantes a escala.

$$x_j = f(z_{1j}, z_{2j}, \dots, z_{nj}; v_j; m_j)$$

$$x_j = \frac{z_{1j}}{a_{1j}} = \frac{z_{2j}}{a_{2j}} = \dots = \frac{z_{nj}}{a_{nj}}$$

La formulación anterior carece de relevancia para el modelo, debido a que si un insumo i no es requerido en la producción de j entonces $a_{1j} = 0$, por lo que, la ecuación tendría un resultado infinito. Por eso, la definición que habitualmente se utiliza para representar el tipo de función de producción que se ejerce en el modelo MIP $x_j = \min \left(\frac{z_{1j}}{a_{1j}}, \frac{z_{2j}}{a_{2j}}, \dots, \frac{z_{nj}}{a_{nj}} \right)$. Los siguientes coeficientes tienen un fundamento dentro de la función de producción en el modelo que refleja el supuesto de rendimientos constantes a escala:

$$a_{1j} = 0 \rightarrow \text{relación } \frac{z_{1j}}{a_{1j}} = \infty +$$

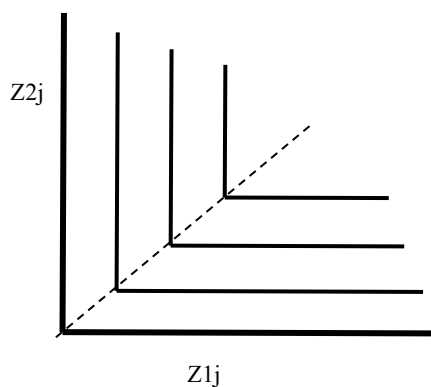
$$a_{1j} \neq 0 \rightarrow \text{ratios} = \text{Todos}$$

En la función de producción del modelo de Leontief (ver Figura 2), las curvas de nivel representan una producción constante y la función que se tiene para las entradas 1 y 2 es la siguiente $p_{12} = Z_{1j}/Z_{2j}$, esto implica que las cantidades adicionales producidas en las entradas por separado carecen de utilidad en la función. Sin embargo, si se generan cantidades adicionales en ambas entradas, es posible aumentar x_j . En un caso que las entradas 1 y 2 sean equivalentes a p_{12} , ambas cantidades disponibles se acabarían. Comúnmente la combinación de los factores o entradas deben tener cierto grado de complementariedad y sustituibilidad, en las curvas isocuantas. Se concluye que las funciones de producción de Leontief necesita de insumos en proporciones fijas en las que se precisa una cantidad fija de cada insumo para producir una unidad de producto. (Blair & Miller, 1985)

En la fórmula 4 de conjunto de coeficientes técnicos fijos, se sustituye z_{ij} por $a_{ij}x_j$ para formar el conjunto de ecuaciones 8 y da como resultado:

Figura 2

Función de producción Leontief



Nota. Elaboración propia.

$$x_1 = a_{11}x_1 + \dots + a_{1i}x_i + \dots + a_{1n}x_n + f_1$$

$$\begin{aligned}
& \vdots \\
x_i &= a_{i1}x_1 + \dots + a_{ii}x_i + \dots + a_{in}x_n + f_i \quad (8) \\
& \vdots \\
x_n &= a_{n1}x_1 + \dots + a_{ni}x_i + \dots + a_{nn}x_n + f_n
\end{aligned}$$

Cuando se obtienen los coeficientes de cada ecuación lineal se sustituyen en el conjunto de datos inicial, debido a que, cada una de estas ecuaciones son utilizadas para explicar la dependencia que encuentran en los flujos interindustriales de la producción total de cada sector.

$$\begin{aligned}
(1 - a_{11})x_1 - \dots - a_{1i}x_i - \dots - a_{1n}x_n &= f_1 \\
& \vdots \\
-a_{i1}x_1 - \dots - (1 - a_{ii})x_i - \dots - a_{in}x_n &= f_i \quad (9) \\
& \vdots \\
a_{n1}x_1 - \dots - a_{ni}x_i - \dots - (1 - a_{nn})x_n &= f_n
\end{aligned}$$

Continuando con el conjunto de datos de la ecuación 8, se observa el siguiente paso que es el 9. Donde, los coeficientes pasan al lado de x y se agrupan los datos repetidos, esto con el fin de despejar la variable f . Este conjunto de datos se puede representar de forma matricial y de forma compacta. Para diferenciarlo de las demás matrices, se coloca una notación matricial con un “ \hat{x} ” sobre el vector, como se muestra a continuación:

$$\hat{\mathbf{x}} = \begin{bmatrix} x_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & x_n \end{bmatrix}$$

$$(\hat{\mathbf{x}})(\hat{\mathbf{x}})^{-1} = I$$

$$\hat{\mathbf{x}}^{-1} = \begin{bmatrix} 1/x_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 1/x_n \end{bmatrix}$$

La matriz de \hat{x} está compuesta de forma diagonal, la inversa de esta matriz es " \hat{x}^{-1} " donde la información se encuentra de forma diagonal, a estos datos se les denomina coeficientes técnicos. Las matrices están compuestas por $n \times n$ coeficientes y se pueden representar por la siguiente denotación:

$$A = Z\hat{x}^{-1} \quad (10)$$

Para llegar a la ecuación 11 se utilizan las definiciones de las ecuaciones 5 y 10, además de la expresión matricial de la ecuación 8, por lo que da como resultado:

$$x = Ax + f \quad (11)$$

$$\mathbf{I} = \begin{bmatrix} 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (\mathbf{I} - \mathbf{A}) = \begin{bmatrix} (1 - a_{11}) & -a_{12} & \cdots & -a_{1n} \\ -a_{21} & (1 - a_{22}) & \cdots & -a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -a_{n1} & -a_{n2} & \cdots & (1 - a_{nn}) \end{bmatrix}$$

$$(I - A)x = f \quad (12)$$

La solución depende de si $(I - A)$ es o no singular, es decir, si se halla la inversa $(I - A)^{-1}$. La matriz A es denominada como la matriz de coeficientes técnicos. Para ecuaciones lineales, la solución única a la ecuación 12 es la siguiente:

$$x = (I - A)^{-1} f = Lf \quad (13)$$

La inversa de Leontief $(I - A)^{-1}$ en la ecuación 13 tiene una gran relevancia en el análisis de MIP, por la información recolectada. Esta ecuación también se le conoce como modelo abierto de Leontief, en donde x depende de la demanda final exógena y x es *output* total que equivale a la inversa de Leontief $(I - A)^{-1}$ por un vector de la demanda final f .

$$\Delta x = Lf^1 - Lf^0 = L\Delta f \quad (14)$$

Con la ecuación 13 se puede calcular la expresión 14, si existen cambios en Δx esto generaría un cambio en la demanda final Δf (en este se incluye la demanda hogares, inversión del gobierno, exportaciones netas y demanda del gobierno) de la economía. Este modelo facilita ver los cambios de un año base “0” al año final “1” las variaciones se denotan en la demanda final Δf suponiendo que la tecnología no cambia y se mantiene constante.

2.4 Beneficios y limitaciones de la Matriz Insumo Producto.

En este apartado se observarán las ventajas y limitación de la MIP en los diversos estudios que se realizan. Empezando, con la revista “Investigación de Multiplicadores y Encadenamientos de la Economía Argentina”, Fabris (2015) identifica que el modelo MIP, tiene como finalidad la evaluación de políticas económicas y análisis de la producción del país, adicional a esto, se le agrega la posibilidad de crear multiplicadores para conocer el nivel de satisfacción en la demanda de productos, empleo y encadenamientos productivos con la metodología de planificación económica.

Por otro lado, Bonet (2005) presenta que una MIP multirregional tiene limitaciones en cuanto a la medición de encadenamientos directos e indirectos. Dado que, en cada una de las regiones del estudio no posee los mismos sectores económicos dominantes, causados por los sectores con los eslabones más determinantes, estos se encuentran concentrados en las regiones catalogadas como prósperas, presentando una alta probabilidad de desigualdad regional en un mediano plazo.

Teniendo en cuenta, un caso nacional de Gracia, et al. (2006) en su artículo “Guía para la construcción de matrices insumo-producto y de contabilidad social en Colombia”, exponen la poca documentación existente de la MIP en Colombia y la importancia que tiene en la recolección de información de las relaciones económicas y productivas en un periodo de

tiempo. En el mismo artículo se realizó el último estudio anual de la MIP durante el año 2002, siendo esta una matriz básica, pero que exponía las relaciones intersectoriales de su momento. Concluyendo que el desarrollo de este tipo de instrumentos ayuda al manejo de información de países como Colombia, ya que, tiene adaptabilidad tecnológica y permite entender los flujos económicos regional o nacionalmente.

3. Marco empírico

En la siguiente sección se presenta la MIP como una herramienta esencial para comprender las interconexiones de los sectores económicos y sus implicaciones en una economía. Además, este marco empírico busca destacar las contribuciones precursoras y las múltiples perspectivas que han enriquecido el uso de la MIP en diversas áreas, desde la planificación económica hasta la evaluación de un impacto nacional o regional.

Comenzando con el estudio en México por Hernández, et al. (2010), el objetivo de este documento fue realizar un análisis estadístico con las interrelaciones sectoriales económicas entre el sector transporte mexicano y los demás sectores, se efectuó tanto para la parte oferente del sector como para la demandante. Se utilizaron varios métodos, el primero fue la MIP, el segundo fue un análisis comparativo entre los sectores desde 1990 hasta 2003 y por último usaron el *data envelopment Analysis* para poder determinar si este sector era eficiente o no. Sin embargo, es importante destacar la amplia gama de métodos empleados, los cuales resultan útiles para el análisis en curso. Se concluyó que la combinación de estos métodos permitió obtener información relevante sobre el sector de transporte en México.

A su vez, Hernández, G. (2012), realizó una investigación con los datos de las cuentas nacionales de Colombia en el año 2007 con base en el año 2000. Se calcularon coeficientes de manera indirecta y se analizaron multiplicadores que identifican sectores claves de la

economía. Se empleó una metodología que ajusta la MIP para evitar los coeficientes negativos y permitir un análisis de multiplicadores en las relaciones intersectoriales. Los resultados indicaron potenciales relaciones intersectoriales óptimas para la ejecución de políticas económicas, destacando sectores como petróleo, químicos y plásticos. Este estudio amplía la comprensión de la MIP que proporciona una metodología aplicable para futuras investigaciones y facilita la implementación de conceptos.

Además, en el artículo “Estudios Económicos Estadísticos” de Rébora y Vivanco (2016), recalcan la importancia y definición de la MIP, los cuales son significativos para analizar las transacciones entre sectores de la economía. Esta logra desagregar las exportaciones brutas en definición del valor agregado de los bienes y servicios, así como también se utiliza para analizar su contribución tanto a las exportaciones como a las importaciones, permitiendo así identificar los efectos directos e indirectos de los sectores económicos presentados de forma cuantitativa de la MIP.

Asimismo, en México el estudio de Galván et al. (2020), muestra la estructura económica del estado de Tamaulipas a través de la regionalización sub-sectorial de la MIP nacional en el año 2013, utilizando un método cuyo objetivo es poder establecer la existencia de cadenas productivas estatales, y así poder analizar acerca de su grado de asociación, la incidencia en el modelo productivo estatal y sus posibles impactos en este mismo. Lo que se concluye en el documento fue que la economía tamaulipeca tiene una especialización industrial marcada, debido a que tiene una gran presencia en las cadenas productivas, esto a consecuencia de la alta localización y por tener las mayores demandas internas que el resto de la economía del estado. El aporte de este documento radica en la metodología usada para lograr demostrar la relevancia de los sectores productivos en el estado de Tamaulipas a partir de la MIP y con los datos obtenidos logran analizar qué industria tiene un mayor desarrollo en el estado.

Por otro lado, el documento propuesto por Durán y Banacloche (2021), se demuestra que la MIP puede ser utilizada para diversas funciones, desde un análisis económico hasta aplicaciones en el área ambiental, esto se debe a que los sistemas de producción transfronteriza son más comunes. Utilizando la MIP de los países que conforman la CEPAL, se modifican para obtener matrices regionales (RIOT) y multirregionales (MRIOT) con el fin de obtener indicadores que permitan demostrar los vínculos sectoriales.

Adicionalmente, en el mismo estudio se puede comprobar que la MIP es una herramienta con muchas funciones, además, de que puede tener distintas finalidades en sus investigaciones tanto para evaluar encadenamientos productivos y cadenas de valor, así como estimar aspectos sociales y ambientales. Esta investigación de la CEPAL aporta varias perspectivas de la MIP, con los diferentes enfoques que se pueda tener en un estudio, además de la posibilidad de conocer la economía de un país, región o multirregión.

Añadiendo, una investigación realizada en Argentina por Bertin, et al. (2021), cuenta con un documento de trabajo en donde se analizan los encadenamientos y multiplicadores en la MIP del año 2015 para dicho país. En donde, establecen las dificultades y desafíos que tiene el proceso de desarrollo, exponiendo que por medio de la MIP se logra revisar la estructura de la productividad argentina consolidando el nivel de empleo y actividad económica, para desagregar progresivamente los sectores hasta alcanzar una asignación sectorial, o la relevancia de las importaciones y exportaciones por sector por medio de los multiplicadores sectoriales y los encadenamientos productivos, contribuyendo a la planeación y generación de políticas económicas.

Teniendo en cuenta, la MIP del Banco Central de Chile (2022), esta matriz se representa con cuadros que registran operaciones de bienes y servicios, las cuales son afectadas por los agentes económicos en un tiempo y área determinada en cifras a precios corrientes. También,

dichos agentes están divididos por productores, las cuales son las ramas de la actividad económica dictaminada por la Clasificación Internacional Industrial Uniforme (CIIU), y usuarios intermedios o finales. Constituido por los diferentes cuadrantes que conforman la MIP, el primer cuadrante identificado con las transacciones intermedias nos muestra el flujo de bienes y servicios de las ramas económicas más sus importaciones. En segundo, se encuentra las transacciones finales destinadas a la inversión. En tercero, está el valor agregado y la producción bruta. En cuarto, está el control de las cifras mostradas en el total de los datos. Lo más importante del modelo MIP es la integración de la oferta y demanda del exterior que no se basa en una economía cerrada.

En particular, el estudio de Faria, et al. (2018) explica los aspectos para tener en cuenta para la elaboración de una MIP interregional en el país. Los objetivos son: (1) Dar a conocer cómo se hace una matriz y qué insumos utilizar; (2) la utilización del MIP para obtener las diferencias que afectan profundamente las regiones colombianas. Los métodos utilizados son la MIP, modelo CEER y un modelo de equilibrio general computable interregional estimado con los datos económicos de Colombia. Con el análisis se obtuvo las diferencias que afectan a las estructuras internas de las economías regionales del país. Al alterar la demanda final en el exterior, los más afectados son los departamentos dependientes de los sectores mineros. El análisis a nivel local demuestra que la MIP puede ser muy importante en un estudio, incluyendo la obtención de información diversa, el caso mencionado en el escrito trató acerca de cómo las distancias pueden influir en las MIP, además, la economía de cada región puede verse influenciada por la estructura interna del país.

Tabla 1*Recapitulación de autores*

Nombre del estudio	Autor	Metodología usada	Contribución principal
Análisis económicos a partir de matrices de insumo-producto: definiciones, indicadores y aplicaciones para América Latina.	Durán y Banacloche (2021).	La MIP puede ser utilizada para diversas funciones, desde análisis económico hasta aplicaciones en el área ambiental, esto se debe a que los procesos de producción transfronteriza son más comunes.	Sistematizan las bases teóricas del modelo de insumo-producto aplicado a análisis económicos de países y grupos de países (subregiones).
Identificación de subsectores estratégicos y flujos intersectoriales a partir de la matriz insumo-producto del estado de Tamaulipas, México.	Galván, et al. (2020).	Muestra la estructura económica del estado de Tamaulipas a través de la regionalización sub-sectorial de la MIP nacional en el año 2013, utilizando el método de Flegg y Weber.	Poder establecer la existencia de cadenas productivas estatales, y así poder analizar acerca de su grado de asociación, la incidencia en el modelo productivo estatal y sus posibles impactos en este mismo.
Análisis de las relaciones intersectoriales y la eficiencia técnica del Sector Transporte en México.	Hernández, et al. (2010).	Lo primero fue la MIP, el segundo fue un análisis comparativo entre los sectores y por último usaron el <i>data envelopment 2bnálisis</i> para poder determinar si este sector era eficiente o no.	Un análisis estadístico con las interrelaciones sectoriales económicas entre el sector transporte mexicano y los demás sectores, se efectuó tanto para la parte oferente como para la demanda.
La estructura productiva nacional Un análisis de los encadenamientos y multiplicadores sobre la base de la matriz insumo-producto de 2015.	Bertin, et al. (2021).	La MIP, multiplicadores, y encadenamientos principalmente.	Asignación sectorial o la relevancia de las importaciones y exportaciones, además del nivel de empleo del país.
Matrices Insumo Producto y análisis de multiplicadores: Una aplicación para Colombia.	Hernández (2012).	Utilizan la metodología propuesta por Raa. Este se basa en cambiar la MIP para que no aparezcan coeficientes técnicos negativos, incluyendo que al sacar los coeficientes insumo-producto.	Los resultados de este fue que la economía colombiana presenta potenciales vínculos entre los sectores, además de que los sectores de petróleo, químicos, plásticos, etc. Tienen un peso importante en la oferta y la demanda de los demás.
Matriz insumo-producto interregional para Colombia.	Faria, et al. (2018).	Los métodos utilizados son la MIP, modelo CEER y un modelo de equilibrio general computable interregional estimado con los datos económicos de Colombia.	La obtención de diversa información, en el caso anterior trató acerca de cómo las distancias pueden influir en las MIP además de que dependiendo de la estructura interna del país puede afectar a la economía de cada región.

Nota. Elaboración propia.

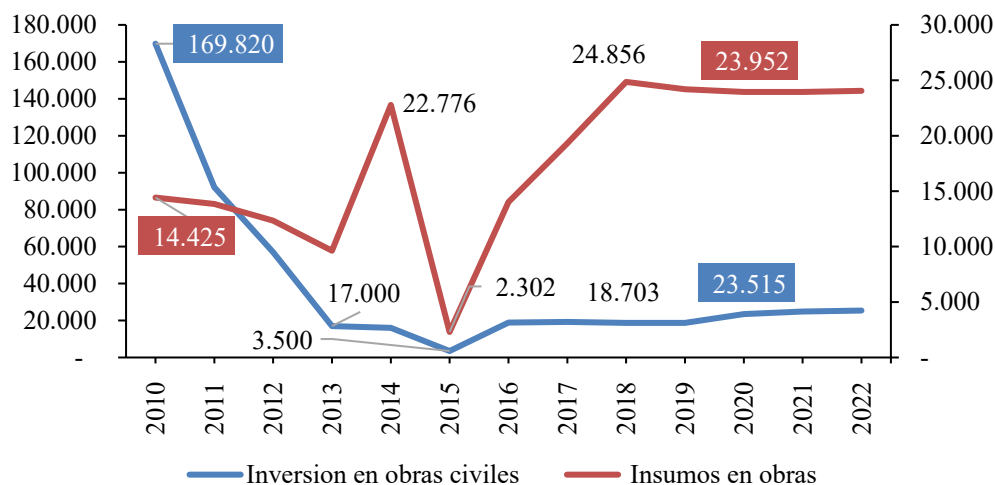
4. Hechos estilizados

En el siguiente apartado se expone el contexto relacionado con la perspectiva de varios índices y estadísticas, utilizados para conocer la influencia en los sectores de transporte y las obras civiles en la MIP en Colombia. A través, de un análisis de las variaciones e inversiones en la materia prima o insumos a nivel nacional de los sectores de estudio.

4.1 Panorama de los sectores de estudio en Colombia

En Colombia, la importancia de la construcción de obras civiles radica en que su mejora representa una calidad de vida superior, por medio de la inversión en infraestructura que apoya sectores como; transporte, energía, comunicación, recreación y formas de abastecimiento a las regiones (DANE, 2023). Además, durante el año 2010 se registró un aumento en la inversión del 7.3% con respecto al año anterior. Sumado a esto, únicamente en el cuatrimestre del 2010 hubo un aumento del 4.7% respecto al cuatrimestre del 2009, siendo los principales aportes las construcciones para la minería y las centrales generadoras eléctricas.

Adicionalmente, para el año 2019 según el DANE (2020), el aumento de 7,3% en las obligaciones adquiridas frente al año anterior, debido a los grupos de obra que se conforman principalmente por (1) carreteras, calles, caminos, puentes, carreteras sobreelevadas, túneles y construcción de subterráneos aumentó 10,2%; (2) obras de ingeniería presentó un aumento de 13,1%; (3) el de vías de agua, puertos, represas, acueductos, alcantarillados, y otras obras portuarias presentó un aumento de 18,0%; y (4) el grupo construcciones para la minería, centrales generadoras eléctricas y tuberías para el transporte túneles y construcción de subterráneos aumentó 1,2.

Figura 3*Inversión vs insumos de las obras civiles en Colombia*

Nota. Elaboración propia con datos tomados del Departamento Nacional de Planeación, (DNP) 2024.

Nota. Cifras expresadas en millones.

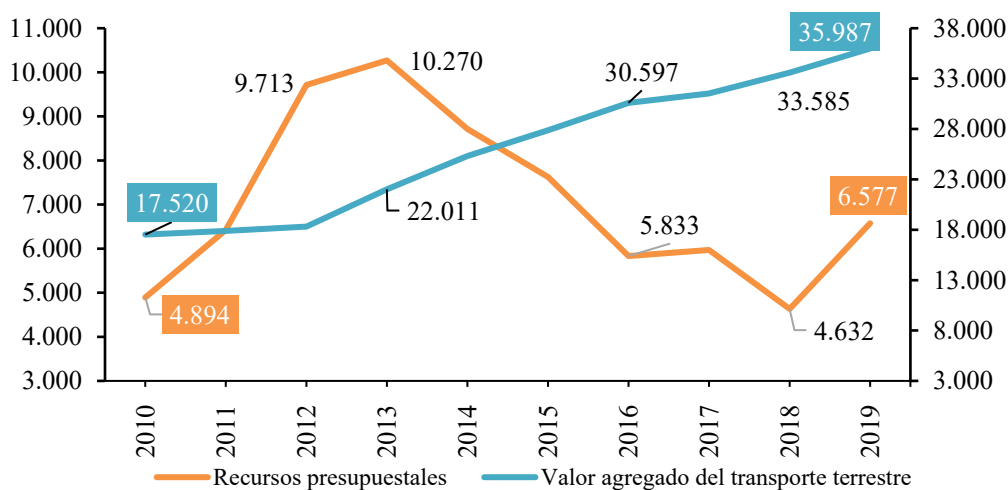
En la Figura 3, se analiza la inversión e insumos en obras civiles desde el año 2010 hasta el 2022. Donde, en el año 2010 fue el año donde mayor inversión tuvo con un valor aproximado de 169.820 millones y los insumos un valor de 14.425 millones, explicado principalmente por la construcción de carreteras, calles, caminos y puentes para su mantenimiento o reparación. Mientras, en el año 2019 la inversión fue de 23.515 millones causado por la generación de medios terrestres, el aumento de los insumos y las obligaciones generó necesariamente la disminución de la inversión, ya que aumento en 9.527 millones aproximadamente.

Por otro lado, en el sector de transporte terrestre los recursos presupuestales proporcionan los medios para llevar a cabo las operaciones de una organización, mientras que el valor agregado es el resultado de esas operaciones que determinan la competitividad y la rentabilidad del sector en el mercado según el Departamento Nacional de Planeación. (DNP, 2019)

Sumado a eso, para el servicio de transporte terrestre en el año 2010 existían en promedio 39.806 vehículos en servicio. De este total, 36,27 % correspondían a microbuses y colectivos, 29,13 % a busetas, 28,64 % a buses, y el restante 5,96 % correspondía a los sistemas integrados de transporte masivo (DANE, s.f). Aunque, para el 2019 tuvo una cobertura promedio de 33.554 vehículos de transporte, disminuyendo en un 1,3% respecto al año anterior. Además, la utilización de los microbuses y colectivos fueron los que mayor disminución obtuvieron en la prestación del servicio de transporte con un -2,8% respecto al 2018. (DANE, 2020)

Figura 4

Recursos presupuestales vs valor agregado del servicio de transporte terrestre en Colombia



Nota. Línea azul expresa las cifras en millones y la naranja lo hace en miles. Fuente: Elaboración propia con datos de Ministerio de Transporte, 2020.

En la Figura 4 se analizan los recursos presupuestales y el valor agregado del servicio de transporte terrestre en Colombia. Donde, durante los años de estudio (2010-2019) el valor agregado del sector tuvo un crecimiento constante, teniendo un aumento de \$18.467 miles aproximadamente. En cambio, los recursos presupuestales dirigidos al transporte tuvieron dos fluctuaciones teniendo un punto máximo en el año 2013 por un valor de \$10.270 millones y un

punto mínimo de \$4.632 millones en el 2018 lo que repercutió en el siguiente año, con una diferencia de únicamente de \$1.683 millones entre los años 2010 y 2019.

En síntesis, en Colombia es fundamental para el desarrollo económico la inversión de los sectores de obras civiles y de servicios de transporte terrestre, ya que facilita el movimiento de bienes, la importación y exportación de productos, reduce las desigualdades sociales y aumenta la competitividad del país según la Agencia Nacional de Infraestructura. (ANI, 2020)

5. Resultados y análisis de la aplicación modelo

En esta sección se presentan los resultados obtenidos con la metodología de Leontief, en los sectores de construcción de obras civiles y servicio de transporte terrestre en Colombia durante los años 2010 y 2019; con base en estos se determinarán las posibles variaciones del mercado dentro de los sectores económicos. Dichas variaciones se denominan multiplicadores de Leontief, los cuales ayudan a interpretar los resultados de los efectos en las interrelaciones de los sectores económicos. En este caso, se realiza una variación tanto marginal como real del mercado obteniendo los multiplicadores en los dos años de estudio, con el objetivo de analizar los sectores con un impacto significativo.

Los sectores de estudio en las MIP de los años 2010 y 2019 se definirán como: la construcción de obras civiles y el servicio de transporte terrestre. Debido a que, en las matrices obtienen diferentes nombres y códigos; aunque sean distintos por el año de estudio, esto no afecta el análisis comparativo que se realiza a continuación.

Tabla 2*Multiplicadores del sector de construcción de obras civiles 2010*

Nº	Sector	Cambio en \$1	Cambio 30%
42	Trabajos de construcción, construcción de obras civiles y servicios de arrendamiento de equipo con operario	1,02	1.213
52	Servicios inmobiliarios y de alquiler de vivienda	0,11	125
51	Servicios de intermediación financiera, de seguros y servicios conexos	0,06	68
45	Servicios de alojamiento, suministro de comidas y bebidas	0,04	49
49	Servicios complementarios y auxiliares al transporte	0,03	32
50	Servicios de correos y telecomunicaciones	0,03	32
43	Comercio	0,03	31
37	Desperdicios y desechos	0,03	31
Otros sectores		0,19	219
Total		1,52	1.801

Nota. Elaboración propia. Fuente: DANE (2015)

La variación en \$1 en la demanda final del sector equivale a la variación marginal, y el cambio del 30% se refiere al aumento en las demandas finales en las interrelaciones de los sectores económicos, esta variación representa la real. Al variar en \$1 en la demanda del sector 42 trabajos de construcción, construcción de obras civiles y servicios de arrendamiento de equipo con operario, se obtiene un impacto en el ámbito financiero como se observa en la Tabla 2.

Los ocho sectores con un gran impacto son: 1) El sector 42 (trabajos de construcción, construcción de obras civiles y servicios de arrendamiento de equipo con operario) con \$1,02; 2) el sector 52 (servicios inmobiliarios y de alquiler de vivienda) con \$0,11; 3) el sector 51 (servicios de intermediación financiera, de seguros y servicios conexos) con \$0,06; 4) el sector

45 (servicios de alojamiento, suministro de comidas y bebidas) con \$0,04; 5) el sector 49 (servicios complementarios y auxiliares al transporte) con \$0,03; 6) el sector 50 (servicios de correos y telecomunicaciones) con \$0,03; 7) el sector 43 (comercio) con \$0,3; 8) el sector 37 (Desperdicios y desechos) con \$0,03. Por último, están los otros sectores que suman entre ellos \$0,19 y el total de la variación marginal es de \$1,52.

Por otro lado, la variación real se realiza con el Total de la Demanda Final (TDF) de los sectores de estudio. En este caso es el total de la demanda final del sector de construcción de obras civiles, este dato se multiplica por el 30% y da el resultado: $TDF \times 30\% \rightarrow 3.950 \times 30\% = 1.185$.

Al incrementar \$1.185 en la variación real, se observa que el orden de los sectores sigue siendo el mismo. Si el sector tiene una variación en su demanda final esta afecta directamente a x como lo dice la ecuación 14, esto se denota en los diferentes sectores. Si, el sector varió 30% en este caso \$1.185 (Δf), el impacto generado en el mismo sector, el cual está en primer lugar, es de \$1.213 (Δx), es decir, un efecto neto de \$28. En segundo lugar, está el sector 52 con \$125; en tercer lugar, está el sector 51 con \$68; en cuarto lugar, está el sector 45 con \$49; el quinto y sexto lugar son los sectores 49 y 50 tienen un impacto de \$32; el séptimo y el octavo lugar son los sectores 43 y 37 con \$31 y por último los otros sectores tienen la suma de \$219 y el total del impacto en todos los sectores es de \$1.801.

Tabla 3

Multiplicadores del sector de construcción de obras civiles 2019

Nº	Sector	Cambio en \$1	Cambio 30%
68	Construcción de carreteras y vías de ferrocarril, de proyectos de servicio público y de otras obras de ingeniería civil	1,00	17.292

49	Fabricación de otros productos minerales no metálicos	0,17	2.888
69	Actividades especializadas para la construcción de edificaciones y obras de ingeniería civil (Alquiler de maquinaria y equipo de construcción con operadores)	0,14	2.469
70	Comercio al por mayor y en comisión o por contrata; comercio al por menor (incluso el comercio al por menor de combustibles); comercio de vehículos automotores y motocicletas, sus partes, piezas y accesorios	0,11	1.963
50-51	Fabricación de productos metalúrgicos básicos; fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	0,11	1.883
45-46	Fabricación de sustancias y productos químicos;	0,07	1.227
72-74	Transporte terrestre y transporte por tuberías	0,06	1.114
43-44	Coquización, fabricación de productos de la refinación del petróleo y actividades de mezcla de combustibles	0,06	1.070
Otros sectores		0,55	9.567
Total		2,28	39.473

Nota. Elaboración propia. Fuente: DANE (2023)

La variación de \$1 en la demanda final del sector 68 (construcción de carreteras y vías de ferrocarril, de proyectos de servicio público y de otras obras de ingeniería civil) del año 2019 tiene un impacto en los sectores financieros esto se observa en la Tabla 3. Los ocho sectores con gran impacto son los siguientes: 1) 68 (construcción de carreteras y vías de ferrocarril, de proyectos de servicio público y de otras obras de ingeniería civil) con un impacto de \$1,00; 2) 49 (fabricación de otros productos minerales no metálicos) con un impacto \$0,17; 3) 69 (Actividades especializadas para la construcción de edificaciones y obras de ingeniería civil) con un impacto de \$0,14; 4) 70 (comercio al por mayor y en comisión o por contrata; comercio al por menor [incluso el comercio al por menor de combustibles]; comercio de vehículos automotores y motocicletas, sus partes, piezas y accesorios) con un impacto \$0,11; 5) 50-51 (fabricación de productos metalúrgicos básicos; fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo) con un impacto \$0,11; 6) 45-46 (fabricación de sustancias y productos químicos) con un impacto \$0,07; 7) 72-74 (transporte terrestre y transporte por tuberías) con un impacto \$0,06; 8) 43-44 (coquización, fabricación de productos

de la refinación del petróleo y actividades de mezcla de combustibles) con un impacto \$0,06. El total de los otros de sectores es de \$0,55 y el total de todos los sectores es \$2,28.

Para la columna Cambio 30% de la Tabla 3, se realiza el mismo procedimiento que en la Tabla 2 donde se calcula la variación real, en esta parte la única diferencia es el TDF que en este caso es \$57.626 y haciendo la fórmula quedaría: $57.626 \times 30\% = 17.287,8$. Por lo que si se incrementa \$17.287 en la demanda final del sector construcción de obras civiles, el que tendrá una gran repercusión es el mismo sector contando con un impacto de \$17.292 con tan solo un impacto neto de \$5.

Siguiendo con la Tabla 3, con el ranking en la primera columna, el segundo con mayor impacto fue el sector 49 con \$2.888; el tercero fue el sector 69 con \$2.469; el cuarto lugar fue el sector 70 con un impacto de \$1.963; el quinto fue el sector 50-51 con \$1.883; el sexto es 45-46 con un impacto en la demanda final en \$1.227; el séptimo lugar es 72-74 con un impacto \$1.114; el octavo lugar es del sector 43-44 con \$1.070 y por último, la suma de los otros sectores, la cual da \$9.567 y la tabla concluye con la sumatoria de todos los sectores que da \$39.473.

Comparando las Tablas 2 y 3 la demanda final del 2010 del sector construcción de obras civiles es de \$3.950; esta cifra es inferior a la demanda final del mismo sector en el año 2019, la cual fue de \$57.626, de acuerdo con la información del DANE (2015 y 2023 respectivamente). Aunque, fué mayor la cifra de la demanda final en el año 2019, la variación marginal fue menor ante este incremento; esto se puede evidenciar en la Tabla 3 ante el cambio en \$1 donde el mismo sector tiene una variación marginal neta de \$0,0002; en cambio, en el año 2010 la demanda es menor y la variación marginal neta es mayor; en la Tabla 2 se puede observar que es de \$0,02.

Cabe aclarar, que estos multiplicadores son muy importantes en el aumento real (columna del cambio 30%) debido a que, ellos se pueden identificar qué tanto será el impacto

dentro de la demanda intersectorial. El total del impacto neto real del año 2010 es de \$1.801 – \$1.185 = \$616 y del año 2019 es de \$39.473 – \$17.287,8 = \$22.185,2, por lo que se puede concluir que los multiplicadores del sector de obras de construcción civil en el año 2010 ejercen mayor impacto en las relaciones intersectoriales por corresponder a una cifra más alta. Sin embargo, la demanda final del año 2019 es mayor y aunque los multiplicadores sean inferiores, se observa que el cambio es significativo en el impacto intersectorial.

Tabla 4

Multiplicadores del sector de servicios de transporte terrestre 2010

N°	Sector	Cambio en \$1	Cambio 30%
46	Servicios de transporte terrestre	1,21	6.244
27	Productos de la refinación del petróleo; combustible nuclear	0,24	1.252
7	Petróleo crudo, gas natural y minerales de uranio y torio	0,09	477
52	Servicios inmobiliarios y de alquiler de vivienda	0,06	292
32	Maquinaria y equipo	0,05	244
34	Equipo de transporte	0,04	217
42	Trabajos de construcción, construcción de obras civiles y servicios de arrendamiento de equipo con operario	0,04	212
50	Servicios de correos y telecomunicaciones	0,03	173
	Otros sectores	0,13	688
	Total	1,90	9.800

Nota. Elaboración propia. Fuente: DANE (2015)

En la Tabla 4 el objeto de estudio en esta tabla es el sector de servicio de transporte terrestre. Para el cambio real, se realiza el mismo procedimiento que las anteriores tablas, en este caso el TDF es \$17.233 y daría como resultado \$5.169,8 como cambio real.

Cuando se realiza un cambio marginal y un cambio real el ranking no se afectaría, por lo que los ocho sectores que tuvieron más impacto son los siguientes; 1) sector 46 (servicios de transporte terrestre) con un cambio marginal de \$1,21 y un cambio real \$6.244 dando como resultado un cambio neto de \$0,21 y \$ 1.074,2 respectivamente; 2) sector 27 (productos de la refinación del petróleo; combustible nuclear) con un cambio marginal de \$0,24 y real de \$1.252; 3) sector 7 (petróleo crudo, gas natural y minerales de uranio y torio) con un cambio marginal de \$0,09 y real de \$477; 4) sector 52 (servicios inmobiliarios y de alquiler de vivienda) con un cambio marginal de \$0,06 y real de \$292; 5) sector 32 (Maquinaria y equipo) con un cambio marginal de \$0,05 y real de \$244; 6) sector 34 (Equipo de transporte) con un cambio marginal de \$0,04 y real de \$217; 7) sector 42 (Trabajos de construcción, construcción de obras civiles y servicios de arrendamiento de equipo con operario) con un cambio marginal de \$0,04 y real de \$212; 8) sector 50 (servicios de correos y telecomunicaciones) con un cambio marginal de \$0,03 y real de \$173. También se observa en la Tabla 4 la sumatoria de los otros sectores que fue un equivalente de \$0,13 en el cambio marginal y en el cambio real \$688, y se concluye con la sumatoria de todos los sectores que da como resultado en el cambio marginal y real de \$1,90 y \$9.800 respectivamente.

Tabla 5

Multiplicadores del sector de servicios de transporte terrestre 2019

Nº	Sector	Cambio en \$1	Cambio 30%
72-74	Transporte terrestre y transporte por tuberías	1,08	22.176
43-44	Coquización, fabricación de productos de la refinación del petróleo y actividades de mezcla de combustibles	0,29	5.875
76	Almacenamiento y actividades complementarias al transporte	0,08	1.586

18	Extracción de petróleo crudo y gas natural	0,07	1.485
70	Comercio al por mayor y en comisión o por contrata; comercio al por menor (incluso el comercio al por menor de combustibles); comercio de vehículos automotores y motocicletas, sus partes, piezas y accesorios	0,07	1.450
71	Mantenimiento y reparación de vehículos automotores y motocicletas	0,06	1.210
45-46	Fabricación de sustancias y productos químicos;	0,04	823
85-86	Actividades de servicios financieros de intermediación; servicios financieros de inversión, custodia y otros servicios conexos	0,03	711
Otros sectores		0,32	6.510
Total		2,03	41.826

Nota. Elaboración propia. Fuente: DANE (2023)

Los multiplicadores del sector de servicios de transporte terrestre para el año 2019, se ubican en la tercera columna cambio en \$1 y en la cuarta columna el cambio ante el aumento del 30% de la inversión del sector (ver Tabla 5). Para conocer el cambio real se realiza el siguiente procedimiento: $TDF = \$68.670 \rightarrow \$68.670 \times 30\% = \$20.601$; al incrementar 30% en la inversión del sector de servicios de transporte terrestre en 2019 da como resultado \$20.601 y cuando se aumenta esa cantidad se obtiene la columna cuatro.

Se observa en la Tabla 5 un ranking con los ocho sectores que tuvieron un gran impacto por el cambio que se realizó en el sector, este efecto se denota tanto en un cambio marginal como en un cambio real. El ranking es el siguiente: 1) sector 72-74 (transporte terrestre y transporte por tuberías) con un cambio marginal de \$1,08 y un cambio real \$22.176 dando como resultado un cambio neto marginal y real de \$0,08 y \$1.575 respectivamente; 2) sector 43-44 (Coquización, fabricación de productos de la refinación del petróleo y actividades de mezcla de combustibles) con un cambio marginal \$0,29 y un cambio real \$5.875; 3) sector 76 (almacenamiento y actividades complementarias al transporte) con un cambio marginal \$0,08 y un cambio real \$1.586; 4) sector 18 (extracción de petróleo crudo y gas natural) con un cambio marginal \$0,07 y un cambio real \$1.485; 5) sector 70 (comercio al por mayor y en

comisión o por contrata; comercio al por menor, incluso el comercio al por menor de combustibles; comercio de vehículos automotores y motocicletas, sus partes, piezas y accesorios) con un cambio marginal \$0,07 y un cambio real \$1.450; 6) sector 71 (mantenimiento y reparación de vehículos automotores y motocicletas) con un cambio marginal \$0,06 y un cambio real \$1.210; 7) sector 45-46 (fabricación de sustancias y productos químicos) con un cambio marginal \$0,04 y un cambio real \$823; 8) sector 85-86 (actividades de servicios financieros de intermediación; servicios financieros de inversión, custodia y otros servicios conexos) con un cambio marginal \$0,03 y un cambio real \$711. Los otros sectores suman en el cambio marginal \$0,32 y en el cambio real \$6.510 y por último la suma de todos los sectores es de \$2,03 y \$41.826 en el cambio marginal y real respectivamente.

Con la anterior información, se hace la comparativa entre las Tablas 4 y 5 donde el sector de estudio es del sector servicios de transporte terrestre en los años 2010 y 2019. En las tablas se puede evidenciar los cambios de los sectores afectados por los cambios marginales y reales. Además, se observa que los primeros dos no cambian en el transcurso de los años; el primero es el mismo sector, debido a que este es el que recibe la variación de los multiplicadores; y el segundo es el sector productos de la refinación del petróleo; combustible nuclear, aunque es diferente el nombre además del código, pero no afecta en la comparativa.

Añadiendo, se denota una variación en el multiplicador tanto en la columna marginal en \$1 como en la real del 30% para el año 2010, el cambio neto total es de: \$0,90 y \$4.630,2 en la tercera y cuarta columna respectivamente (ver Tabla 4) y en la 2019 el cambio neto de la tercera y cuarta columna es de: \$1,03 y \$21.225 respectivamente (ver Tabla 5). Se contempla un aumento en los multiplicadores reales y marginales, por lo que se puede afirmar que los demás sectores han demandado más del sector de servicios de transporte terrestre en el transcurso del 2010 hasta 2019.

Tabla 6

Multiplicador cambio en \$1 de los sectores construcción de obras civiles y servicios de transporte terrestre 2010

N°	Sector	Cambio en \$1
46	Servicios de transporte terrestre	1,21
42	Trabajos de construcción, construcción de obras civiles y servicios de arrendamiento de equipo con operario	1,06
27	Productos de la refinación del petróleo; combustible nuclear	0,26
52	Servicios inmobiliarios y de alquiler de vivienda	0,16
7	Petróleo crudo, gas natural y minerales de uranio y torio	0,10
51	Servicios de intermediación financiera, de seguros y servicios conexos	0,06
50	Servicios de correos y telecomunicaciones	0,06
45	Servicios de alojamiento, suministro de comidas y bebidas	0,05
Otros sectores		0,44
Total		3,42

Nota. Elaboración propia. Fuente: DANE (2015)

En la Tabla 6 se aprecia el incremento en \$1 en ambos sectores tanto de construcción de obras civiles como servicios de transporte terrestre en el año 2010; en esta tabla se demuestra el impacto que tienen la suma de los dos incrementos de los sectores estudiados. En la tercera columna de la tabla se observa el cambio marginal donde el ranking es el siguiente: 1) Sector 46 (servicios de transporte terrestre) con un cambio marginal \$1,21 y un cambio neto marginal de \$0,21; 2) sector 42 (trabajos de construcción, construcción de obras civiles y servicios de arrendamiento de equipo con operario) con un cambio marginal \$1,06 y un cambio neto marginal de \$0,06; 3) sector 27 (productos de la refinación del petróleo; combustible nuclear) con un cambio marginal de \$0,26; 4) sector 52 (servicios inmobiliarios y de alquiler de

vivienda) con un cambio marginal de \$0,16; 5) sector 7 (petróleo crudo, gas natural y minerales de uranio y torio) con un cambio marginal de \$0,10; 6) sector 51 (servicios de intermediación financiera, de seguros y servicios conexos) con un cambio marginal de \$0,06; 7) sector 50 (servicios de correos y telecomunicaciones) con un cambio marginal de \$0,06; 8) sector 48 (servicios de alojamiento, suministro de comidas y bebidas) con un cambio marginal de \$0,05.

Por último, está la suma de los otros sectores que es \$0,44 incluyendo el total de sectores que es de \$3,42. Por lo tanto, el cambio en \$2 (\$1 por sector de estudio) obtiene un impacto de \$3,42 en los sectores económicos de Colombia en el 2010.

Tabla 7

Multiplicador cambio 30% de los sectores construcción de obras civiles y servicios de transporte terrestre 2010

N°	Sector	Cambio 30%
46	Servicios de transporte terrestre	6.245
42	Trabajos de construcción, construcción de obras civiles y servicios de arrendamiento de equipo con operario	1.425
27	Productos de la refinación del petróleo; combustible nuclear	1.271
7	Petróleo crudo, gas natural y minerales de uranio y torio	485
52	Servicios inmobiliarios y de alquiler de vivienda	417
32	Maquinaria y equipo	246
34	Equipo de transporte	219
50	Servicios de correos y telecomunicaciones	205
Otros sectores		1.088
Total		11.601

Nota. Elaboración propia. Fuente: DANE (2015)

El cambio real del impacto de ambos sectores se observa en la Tabla 7 con un aumento 30% en la inversión en el 2010. Para entender este cambio se realiza la ecuación para cada sector: 1) $TDF_O = \$3.950 \rightarrow \$3.950 \times 30\% = \$1.185$; 2) $TDF_S = \$17.233 \rightarrow \$17.233 \times 30\% = \$5.170$, $TDF_O =$ Total de la Demanda Final de construcción de obras civiles $TDF_S =$ Total de la Demanda Final de servicios de transporte terrestre.

Se aprecia en la Tabla 7 el impacto generado a los sectores económicos por el aumento del 30% en la inversión, los ocho sectores con más variación son los siguientes: 1) El sector 46 (servicios de transporte terrestre) con \$6.245 y un cambio neto de \$1.075; 2) sector 42 (trabajos de construcción, construcción de obras civiles y servicios de arrendamiento de equipo con operario) con \$1.425 y un cambio neto de \$240; 3) sector 27 (productos de la refinación del petróleo; combustible nuclear) con \$1.271; 4) sector 7 (petróleo crudo, gas natural y minerales de uranio y torio) con \$485; 5) sector 52 (servicios inmobiliarios y de alquiler de vivienda) con \$417; 6) sector 32 (maquinaria y equipo) con \$246; 7) sector 34 (equipo de transporte) con \$219; 8) sector 50 (servicios de correos y telecomunicaciones) con \$205.

Continuando con la columna tres, la suma de los otros sectores es de \$1.088 y el total de todos los sectores juntos es de \$11.601. En la Tabla 6 y 7 se denota el cambio de ranking de los sectores con más impacto, esto es a causa del TDF debido a que $TDF_S > TDF_O$, esto causa que los multiplicadores de servicio de transporte incrementen del mismo modo, por lo que afectaría a los sectores con un impacto significativo.

Tabla 8

Multiplicadores de los sectores construcción de obras civiles y servicios de transporte terrestre 2019

Nº	Sector	Cambio en \$1	Cambio
----	--------	---------------	--------

72- 74	Transporte terrestre y transporte por tuberías	1,14	23.290
68	Construcción de carreteras y vías de ferrocarril, de proyectos de servicio público y de otras obras de ingeniería civil	1,00	17.360
43- 44	Coquización, fabricación de productos de la refinación del petróleo y actividades de mezcla de combustibles	0,35	6.945
70	Comercio al por mayor y en comisión o por contrata; comercio al por menor (incluso el comercio al por menor de combustibles); comercio de vehículos automotores y motocicletas, sus partes, piezas y accesorios	0,18	3.413
49	Fabricación de otros productos minerales no metálicos	0,17	2.958
69	Actividades especializadas para la construcción de edificaciones y obras de ingeniería civil (Alquiler de maquinaria y equipo de construcción con operadores)	0,15	2.637
50- 51	Fabricación de productos metalúrgicos básicos; fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	0,12	2.136
45- 46	Fabricación de sustancias y productos químicos;	0,11	2.050
Otros sectores		1,08	20.510
Total		4,31	81.299

Nota. Elaboración propia. Fuente: DANE

En la Tabla 8 se observan los multiplicadores de los sectores de construcción de obras civiles y servicios de transporte terrestre en el año 2019. Esta tabla demuestra el impacto que proporciona el aumento de la inversión en los dos sectores en la economía de Colombia en el año 2019.

En la columna tres se realiza el mismo procedimiento de TDF para ambos sectores y queda de la siguiente forma: 1) $TDF_O = \$57.626 \rightarrow \$57.626 \times 30\% = \$17.287,8$; 2) $TDF_S = \$68.670 \rightarrow \$68.670 \times 30\% = \$20.601$. Consecuente a las variaciones reales y marginales el ranking quedo así: 1) Sector 72-74 (transporte terrestre y transporte por tuberías) con un cambio marginal y real de \$1,14 y \$23.290 respectivamente, además de los cambios netos que son \$0,14 marginal y \$2.689 real; 2) sector 68 (construcción de carreteras y vías de ferrocarril, de proyectos de servicio público y de otras obras de ingeniería civil) con un cambio marginal y real de \$1,00 y \$17.360 respectivamente, además de los cambios netos que son \$0 marginal y

\$72,2 real; 3) sector 43-44 (coquización, fabricación de productos de la refinación del petróleo y actividades de mezcla de combustibles) con un cambio marginal de \$0,35 y un cambio real de \$6.945; 4) sector 70 (comercio al por mayor y en comisión o por contrata; comercio al por menor [incluso el comercio al por menor de combustibles]; comercio de vehículos automotores y motocicletas, sus partes, piezas y accesorios) con un cambio marginal y real de \$0,18 y \$3.413 respectivamente; 5) sector 49 (fabricación de otros productos minerales no metálicos) con un cambio marginal y real de \$0,17 y \$2.958 respectivamente; 6) sector 69 (actividades especializadas para la construcción de edificaciones y obras de ingeniería civil [alquiler de maquinaria y equipo de construcción con operadores]) con un cambio marginal y real de \$0,15 y \$2.637 respectivamente; 7) sector 50-51 (fabricación de productos metalúrgicos básicos; fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo) con un cambio marginal y real de \$0,12 y \$2.236 respectivamente; 8) sector 45-46 (fabricación de sustancias y productos químicos) con un cambio marginal y real de \$0,11 y \$2.050 respectivamente.

Finalmente, la tabla concluye con la suma de los otros sectores, la cual es de \$1,08 en cambio marginal y \$20.510 en cambio real. Con la totalidad de todos los sectores en donde, el cambio marginal es de \$4,31 y el cambio real es de \$81.299. De las últimas cifras se saca el valor neto del cambio generado por el incremento en la inversión de los dos sectores, el valor neto total marginal es de \$2,31 y el cambio neto total real es de \$43.410.

Los cambios generados por los multiplicadores de ambos sectores son diferentes en los años 2010 y 2019, se denota en la Tabla 6, 7 y 8. En el año 2010 los valores de cambio marginal en la columna 3 de la Tabla 6 en los sectores de estudio (construcción de obras civiles y servicios de transporte terrestre) son mayores que en el 2019 (ver Tabla 8), pero el cambio marginal en los demás sectores es mayor en el año 2019 que en año 2010. Por lo que, el cambio total marginal del año 2019 es mayor que el año 2010. La anterior información es un factor

determinante en el cambio real, incluyendo que el otro factor es el incremento en 30% en la inversión de los sectores, donde se toman las cifras reales de la inversión en los sectores.

En la Tabla 9 se observan los sectores que fueron más impactados por el cambio en cada uno de los sectores de estudio y el cambio en conjunto de los sectores en los años 2010 y 2019. En la columna de construcción de obras civiles se encuentran dos sectores que coinciden en ambos años: El primero es el mismo sector y el segundo el sector de comercio, el cual cambia de rango, pasa de ser el séptimo lugar al cuarto. Por otro lado, en la columna servicios de transporte terrestre coinciden tres; los dos primeros sectores de cada año y el sector de extracción de petróleo crudo que pasa de tercer lugar a cuarto. Por último, está la columna construcción de obras civiles y servicios de transporte terrestre donde coincide en los tres primeros sectores.

Tabla 9. Principales resultados

2010						2019						
Construcción de obras civiles		Servicios de transporte terrestre		Construcción de obras civiles y Servicios de transporte terrestre		Construcción de obras civiles		Servicios de transporte terrestre		Construcción de obras civiles y Servicios de transporte terrestre		
Ranking	Nº	Sector	Nº	Sector	Nº	Sector	Nº	Sector	Nº	Sector	Nº	Sector
1	42	Trabajos de construcción, construcción de obras civiles y servicios de arrendamiento de equipo con operario con los siguientes multiplicadores: 1,02 y 1213	46	Servicios de transporte terrestre con los siguientes multiplicadores: 1,21 y 6244	46	Servicios de transporte terrestre con los siguientes multiplicadores: 1,21 y 6244	68	Construcción de carreteras y vías de ferrocarril, de proyectos de servicio público y de otras obras de ingeniería civil con los siguientes multiplicadores: 1 y 17292	72-74	Transporte terrestre y transporte por tuberías con los siguientes multiplicadores: 1,08 y 22176	72-74	Transporte terrestre y transporte por tuberías con los siguientes multiplicadores: 1,14 y 23290
2	52	Servicios inmobiliarios y de alquiler de vivienda con los siguientes multiplicadores: 0,11 y 125	27	Productos de la refinación del petróleo; combustible nuclear con los siguientes multiplicadores: 0,24 y 1252	42	Trabajos de construcción, construcción de obras civiles y servicios de arrendamiento de equipo con operario con los siguientes multiplicadores: 1,06 y 1425	49	Fabricación de otros productos minerales no metálicos con los siguientes multiplicadores: 0,17 y 2888	43-44	Coquización, fabricación de productos de la refinación del petróleo y actividades de mezcla de combustibles con los siguientes multiplicadores: 0,29 y 5875	68	Construcción de carreteras y vías de ferrocarril, de proyectos de servicio público y de otras obras de ingeniería civil con los siguientes multiplicadores: 1 y 17360
3	51	Servicios de intermediación financiera, de seguros y servicios conexos con los siguientes multiplicadores: 0,06 y 68	7	Petróleo crudo, gas natural y minerales de uranio y torio con los siguientes multiplicadores: 0,09 y 477	27	Productos de la refinación del petróleo; combustible nuclear con los siguientes multiplicadores: 0,26 y 1270	69	Actividades especializadas para la construcción de edificaciones y obras de ingeniería civil con los siguientes multiplicadores: 0,14 y 2469	76	Almacenamiento y actividades complementarias al transporte con los siguientes multiplicadores: 0,08 y 1586	43-44	Coquización, fabricación de productos de la refinación del petróleo y actividades de mezcla de combustibles con los siguientes multiplicadores: 0,35 y 6945
4	45	Servicios de alojamiento, suministro de comidas y bebidas con los siguientes multiplicadores: 0,04 y 49	52	Servicios inmobiliarios y de alquiler de vivienda con los siguientes multiplicadores: 0,06 y 292	52	Servicios inmobiliarios y de alquiler de vivienda con los siguientes multiplicadores: 0,16 y 416	70	Comercio al por mayor y en comisión o por contrata; comercio al por menor (incluso el comercio al por menor de combustibles) con los siguientes multiplicadores: 0,11 y 1963	18	Extracción de petróleo crudo y gas natural con los siguientes multiplicadores: 0,07 y 1485	70	Comercio al por mayor y en comisión o por contrata; comercio al por menor (incluso el comercio al por menor de combustibles) con los siguientes multiplicadores: 0,18 y 3413
5	49	Servicios complementarios y auxiliares al transporte con los siguientes multiplicadores: 0,03 y 32	32	Maquinaria y equipo con los siguientes multiplicadores: 0,05 y 244	7	Petróleo crudo, gas natural y minerales de uranio y torio con los siguientes multiplicadores: 0,1 y 485	50-51	Fabricación de productos metalúrgicos básicos; fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo con los siguientes multiplicadores: 0,11 y 1883	70	Comercio al por mayor y en comisión o por contrata; comercio al por menor (incluso el comercio al por menor de combustibles) con los siguientes multiplicadores: 0,07 y 1450	49	Fabricación de otros productos minerales no metálicos con los siguientes multiplicadores: 0,17 y 2958
6	50	Servicios de correos y telecomunicaciones con los siguientes multiplicadores: 0,03 y 32	34	Equipo de transporte con los siguientes multiplicadores: 0,04 y 217	51	Servicios de intermediación financiera, de seguros y servicios conexos con los siguientes multiplicadores: 0,06 y 205	45-46	Fabricación de sustancias y productos químicos; con los siguientes multiplicadores: 0,07 y 1227	71	Mantenimiento y reparación de vehículos automotores y motocicletas con los siguientes multiplicadores: 0,06 y 1210	69	Actividades especializadas para la construcción de edificaciones y obras de ingeniería civil con los siguientes multiplicadores: 0,15 y 2637
7	43	Comercio con los siguientes multiplicadores: 0,03 y 31	42	Trabajos de construcción, construcción de obras civiles y servicios de arrendamiento de equipo con operario con los siguientes multiplicadores: 0,04 y 212	50	Servicios de correos y telecomunicaciones con el siguiente multiplicador: 0,06	72-74	Transporte terrestre y transporte por tuberías con los siguientes multiplicadores: 0,06 y 1114	45-46	Fabricación de sustancias y productos químicos; con los siguientes multiplicadores: 0,04 y 823	50-51	Fabricación de productos metalúrgicos básicos; fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo con los siguientes multiplicadores: 0,12 y 2136
8	37	Desperdicios y desechos con los siguientes multiplicadores: 0,03 y 31	50	Servicios de correos y telecomunicaciones con los siguientes multiplicadores: 0,03 y 173	45	Servicios de alojamiento, suministro de comidas y bebidas con el siguiente multiplicador: 0,05	43-44	Coquización, fabricación de productos de la refinación del petróleo y actividades de mezcla de combustibles con los siguientes multiplicadores: 0,06 y 1070	85-86	Actividades de servicios financieros de intermediación; servicios financieros de inversión, custodia y otros servicios conexos con los siguientes multiplicadores: 0,03 y 711	45-46	Fabricación de sustancias y productos químicos; con los siguientes multiplicadores: 0,11 y 2050
Total otros sectores		Multiplicadores 0,19 y 219	Multiplicadores 0,13 y 688		Multiplicador 0,44 y 1.088		Multiplicadores 0,55 y 9567		Multiplicadores 0,32 y 6510		Multiplicadores 1,08 y 20510	
TOTAL		Multiplicadores 1,52 y 1801	Multiplicadores 1,9 y 9800		Multiplicador 3,42 y 11.601		Multiplicadores 2,28 y 39473		Multiplicadores 2,03 y 41826		Multiplicadores 4,31 y 81299	

Nota. Elaboración propia. Fuente: DANE

6. Conclusiones

En este estudio, se realizó un análisis de la Matriz Insumo-Producto de Leontief, centrado en los sectores económicos de servicios de transporte terrestre y obras civiles en Colombia de los años 2010 y 2019. Este análisis se fundamenta en los modelos de Quesnay hasta la formalización de la MIP por Leontief. La Matriz Insumo Producto se presenta como una herramienta esencial que calcula multiplicadores y evalúa los impactos sectoriales a través de estos, convirtiéndose así en un instrumento valioso para el análisis de interdependencias sectoriales y la planificación de políticas económicas en Colombia.

Siendo respaldado por resultados que validan su utilidad en contextos nacionales e internacionales. Además, los datos recopilados proporcionan la información necesaria para comprender la problemática de los sectores estudiados, así como un panorama general en Colombia durante los años mencionados.

Por otro lado, la MIP tiene unas limitantes, una de ellas es la simplificación de la realidad debido a que se asume una estructura lineal. Debido a que, no representa en su totalidad la complejidad económica y para su construcción es necesario tener datos detallados y actualizados lo que afecta la precisión de los resultados si no cumple estos criterios. Además, en las investigaciones analizadas, se resalta que la MIP por sí misma no es totalmente eficaz para la planeación de políticas económicas, pero, pueden ser de gran ayuda para identificación de las relaciones sectoriales y para la recopilación de información.

Asimismo, en los resultados que se obtienen de la MIP en Colombia, se toman los datos de la columna f , en la cual se encuentran la sumatoria de las demandas finales de hogares, inversión, gasto de gobierno y exportaciones netas, este cálculo es intrínseco. Por lo que, no se refleja directamente en los resultados de esta investigación, sino que se procede a realizar la ecuación 14, en donde se hace el cambio en f para hallar los multiplicadores x .

Adicionalmente, se presentan los resultados del método de solución, entre los que se exponen los multiplicadores de Leontief de la MIP en Colombia. Los principales resultados del 2010 fueron: \$3,42 total marginal y \$11.601 total real y en el año 2019 fueron: \$4,31 total marginal y \$81.299 total real. Los anteriores resultados son cuando ambos sectores varían; por lo tanto, se puede decir que en el año 2019 los multiplicadores incrementaron debido al aumento en la demanda de los insumos que ofrecen los sectores de estudio.

Incluso en los resultados principales (ver Tabla 9) se revelan los sectores más afectados por los cambios tanto en cada sector como en ambos sectores estudiados durante los años 2010 y 2019. En la categoría de construcción de obras civiles, se identifican dos sectores que mantienen su posición en ambos años: el primero permanece constante, mientras que el segundo, el sector del comercio, experimenta un ascenso del séptimo al cuarto lugar. En cuanto a los servicios de transporte terrestre, tres sectores coinciden como los dos primeros en ambos años, además del sector de extracción de petróleo crudo, que desciende del tercer al cuarto lugar. Por último, en la columna que combina la construcción de obras civiles y los servicios de transporte terrestre, los tres primeros sectores coinciden en ambos períodos los cuales fueron: (1) construcción de obras civiles (2) servicios de transporte terrestre y (3) refinación del petróleo.

Se concluye que la inversión en transporte terrestre y obras civiles ejerce un efecto significativo en la economía colombiana tanto en 2010 como en 2019, generando impactos positivos en la demanda final, lo que resalta la importancia de estos sectores para el desarrollo económico del país. Además, se observa que las interrelaciones entre los sectores cambian con el tiempo en una escala relativamente pequeña. Este factor es crucial para la comprensión de las dinámicas económicas, el cual, destaca la utilidad de promover la inversión en infraestructura de transporte y construcción civil como una estrategia clave para impulsar el

crecimiento económico y fortalecer la interconexión entre los diferentes sectores de la economía.

La aplicación de la MIP proporciona información clave para comprender cómo las variaciones en un sector afectan a otros de manera directa o indirecta. Por esta razón, se resalta la importancia de analizar no solo los valores absolutos de la demanda final, sino también los multiplicadores y las variaciones marginales para comprender mejor cómo las inversiones en sectores específicos pueden influir en la actividad económica intersectorial en Colombia.

7. Recomendaciones

Basado en los hallazgos de esta investigación, se presentan las siguientes recomendaciones para futuras investigaciones:

- **Publicación de estudios periódicos:** Se sugiere realizar estudios comparativos utilizando la Matriz Insumo-Producto cada cierto período de tiempo, cada 5 años para analizar las variaciones en las interrelaciones sectoriales y evaluar el impacto de políticas económicas a lo largo del tiempo. Aunque en Colombia, se sugiere llevar a cabo esta práctica a nivel regional, ya que no se implementa completamente por falta de documentación o datos, lo cual limita la investigación especializada por sectores, dado que no todas las regiones cuentan con los mismos sectores principales.
- **Inversión en infraestructura:** Se destaca la importancia de invertir en la mejora y mantenimiento de la infraestructura vial, especialmente en sectores como el transporte terrestre. Esto no solo mejora la conectividad y la calidad de vida de las personas, sino que también puede impulsar la inversión nacional y extranjera, contribuyendo al crecimiento económico y generando nuevas oportunidades de desarrollo para diversas industrias y comunidades.

- Fortalecer la planificación a largo plazo: Para continuar explorando y profundizando las interrelaciones sectoriales en la economía colombiana. Es fundamental, establecer estrategias de planificación a largo plazo que consideren las necesidades de infraestructura de transporte y construcción civil para garantizar un desarrollo sostenible y eficiente para el país.

Se recomienda para las futuras investigaciones llevar a cabo comparaciones con otros países, que enfrenten desafíos similares en los sectores de servicios de transporte terrestre y construcción de obras civiles. Esto permitirá identificar buenas prácticas, lecciones aprendidas y posibles estrategias de mejora que puedan ser aplicadas en Colombia, contribuyendo así a un desarrollo más efectivo y sostenible de estas áreas clave.

8. Referencias

- Agencia Nacional de Infraestructura [ANI]. (2020). Informe de gestión 2020.
https://www.ani.gov.co/sites/default/files/informe_gestion_2020.pdf
- Banco Central de Chile. (2022). Cuentas nacionales anuales principales resultados 2022.
<https://www.bcentral.cl/web/banco-central/areas/estadisticas/cuentas-nacionales-anuales>
- Bertin, P. Molina, Fernández, M., Guaita, N. y Molina, M. (2021). La estructura productiva nacional: un análisis de los encadenamientos y multiplicadores sobre la base de la matriz insumo-producto de 2015.
https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2021/09/dt_8_-_la_estructura_productiva_nacional.pdf
- Bonet, J. (2005). Cambio estructural regional en Colombia: una aproximación con matrices insumo-producto. <https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/951>
- Blair, P. & Miller, R. (2009). *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*. Editorial Cambridge.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2019). Repositorio de los cuadros de oferta y utilización y las matrices de insumo-producto en América Latina y el Caribe. <https://statistics.cepal.org/repository/cou-mip/index.html?lang=es>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2011). Producto Interno Bruto - Cuarto trimestre de 2010 - Base 2005. Boletín de prensa N.º 4.
https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib/bolet_PIB_IVtrim10.pdf
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2011). Indicador de inversión en obras civiles. Boletín de prensa
https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/obras/bol_obr_civi_IVtrim10.pdf

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2013). Encuesta de transporte urbano de pasajeros- ETUP. Boletín de prensa.
https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/transporte/bolet_transp_IIItrim12.pdf
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2013). Indicador de inversión en obras civiles, por tipo de construcción.
<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/indicador-de-inversion-en-obras-civiles/historicos-indicadores-de-inversion-en-obras-civiles>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2013). Metodología de la Matriz Insumo-Producto (MIP).
https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/especiales/metodologia_matriz_insumo_producto_07_13.pdf
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2019). Indicador de Inversión en Obras Civiles (IIOC). Boletín técnico
https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/obras/bol_obr_civi_IVtrim19.pdf
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2019). Encuesta de Transporte Urbano de Pasajeros (ETUP) Cuarto trimestre de 2019. Boletín Técnico
https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/transporte/bol_transp_IVtrim19.pdf
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2020). Producto Interno Bruto – PIB IV trimestre y año 2019. Comunicado de prensa
https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib/cp_PIB_IVtrim19.pdf

Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2023). Producto Interno Bruto nacional trimestral. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-trimestrales>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (s.f.). Matrices complementarias <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-anuales/matrices-complementarias#matriz-insumo-producto>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (s.f.). Atlas estadístico. Tomo III económico https://geoportal.dane.gov.co/servicios/atlas-estadistico/src/Tomo_III_Economico/4.1.-veh%C3%ADculos-en-servicio.html

Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (2019). Aspectos generales del proceso presupuestal colombiano. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Normograma/Lineamiento%20Ministerio%20de%20Hacienda%20y%20Credito%20P%C3%ABlico.pdf>

Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (2024). Ejecución Presupuesto General de la Nación (PGN) https://www.dnp.gov.co/LaEntidad_/subdireccion-general-inversiones-seguimiento-evaluacion/direccion-programacion-inversiones-publicas/Paginas/ejecucion-presupuesto-general-de-la-nacion.aspx

Durán, L. y Banacloche, S. (2021). Análisis económicos a partir de matrices de insumo-producto: definiciones, indicadores y aplicaciones para América Latina, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Documentos de Proyectos (LC/TS.2021/177), Santiago de Chile.

Fabris, J. (2015). Multiplicadores y encadenamientos de la economía argentina. Un análisis a partir de la Matriz Insumo Producto. *Revista de Investigación en Modelos Matemáticos Aplicados a la Gestión y la Economía*, 3(3), Rango ps25-49.

<https://www.economicas.uba.ar/wp-content/uploads/2016/04/8-Multiplicadores-y-encadenamientos-de-la-econom%C3%ADa-argentina.-Un-an%C3%A1lisis-a-partir-de-la-matriz-de-insumo-producto.-Julio-Eduardo-Fabris.pdf>

Faria, W., Gálvis, L., Haddad, E. y Hahn, E. (2018). Matriz insumo-producto interregional para Colombia. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2011-21062018000100001#:~:text=La%20matriz%20insumo%2Dproducto%20interregional%20para%20Colombia%20ofrece%20la%20oportunidad,la%20construcci%C3%B3n%20\(CNT\)%2C%20el](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2011-21062018000100001#:~:text=La%20matriz%20insumo%2Dproducto%20interregional%20para%20Colombia%20ofrece%20la%20oportunidad,la%20construcci%C3%B3n%20(CNT)%2C%20el)

Galván, A., García, F. y Walle, G. (2020). Identificación de subsectores estratégicos y flujos intersectoriales a partir de la matriz insumo-producto del estado de Tamaulipas, México. *Análisis Económico*, 35, 209–238.

<https://doi.org/10.24275/uam/azc/dcsh/ae/2020v35n88/Garcia>

Gracia, O., Tenjo, J. y Karl, C. (2006). Guía para la construcción de matrices insumo-producto y de contabilidad social en Colombia.

<https://repository.urosario.edu.co/server/api/core/bitstreams/df8fe738-bfb0-470f-b123-3dc429fee4f4/content>

Hernández, G. (2012). Matrices insumo-producto y análisis de multiplicadores: una aplicación para Colombia. *Economía Institucional*. 14, 26 (jun. 2012).

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-59962012000100009

Hernández, S., Islas, V., Rivera, C., & Zaragoza, M. (2010). Análisis de las relaciones intersectoriales y la eficiencia técnica del Sector Transporte en México.

<https://imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=360&IdBoletin=133>

Keynes, J. (1936). *Teoría general del empleo, el interés y el dinero*. Fondo de Cultura Económica. México, Buenos Aires.

http://www.iunma.edu.ar/doc/MB/lic_historia_mat_bibliografico/Fundamentos%20de%20Econom%C3%ADa%20Pol%C3%ADtica/Teor%C3%ADa%20general%20de%20la%20ocupaci%C3%B3n,%20el%20inter%C3%A9s%20y%20el%20dinero%20-%20John%20Maynard%20Keynes.pdf

Lora, E. y Prada, S. (2016). Técnicas de medición económica: metodología y aplicaciones en Colombia - Quinta edición

http://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/handle/10906/80745

Miguel, C. y Pereira, M. (2011). Análisis de Insumo Producto.

https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/cc_02.2011_de.miguel-pereira.analisis_insumo_producto.esp_.pdf

Ministerio de Hacienda y Crédito público. (2019). Aspectos generales del proceso presupuestal colombiano

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Normograma/Lineamiento%20Ministerio%20de%20Hacienda%20y%20Credito%20P%C3%ABlico.pdf>

Ministerio de Transporte. (2020) Transporte en Cifras

<https://mintransporte.gov.co/publicaciones/9443/transporte-en-cifras/>

Pérez, G. J. (2005). La infraestructura del transporte vial y la movilización de carga en Colombia.

<https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/DTSER-64.pdf>

Quesnay, F. (1758). *Tableau économique*. (Traducción al español: El cuadro económico).

Rébora, D. y Vivanco, S. (2016). Valor Agregado Doméstico y Contenido Importado de las Exportaciones: Evidencia de las Matrices Insumo-Producto de Chile 2008-2012.

Estudios Económicos Estadísticos. 115. Banco Central de Chile.

<https://www.bcentral.cl/web/banco-central/detalle-eventos/->

[/asset_publisher/Exzd719NC3Y6/document/id/1773889?_com_liferay_asset_publiche](https://www.bcentral.cl/web/banco-central/detalle-eventos/-/asset_publisher/Exzd719NC3Y6/document/id/1773889?_com_liferay_asset_publiche)

r_web_portlet_AssetPublisherPortlet_INSTANCE_Exzd719NC3Y6_redirect=https%3A%2F%2Fwww.bcentral.cl%2Fweb%2Fbanco-central%2Fdetalle-eventos%3Fp_p_id%3Dcom_liferay_asset_publisher_web_portlet_AssetPublisherPortlet_INSTANCE_Exzd719NC3Y6%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26_com_liferay_asset_publisher_web_portlet_AssetPublisherPortlet_INSTANCE_Exzd719NC3Y6_cur%3D0%26p_r_p_resetCur%3Dfalse%26_com_liferay_asset_publisher_web_portlet_AssetPublisherPortlet_INSTANCE_Exzd719NC3Y6_assetEntryId%3D1773889

Ricardo, D. (1817). Principios de Economía Política y Tributación. Ediciones Pirámide.

https://ehu.eus/Jarriola/Docencia/EcoInt/Lecturas/David%20Ricardo_Principios_VII_Comercio%20exterior.pdf

Smith, A. (1776) La Riqueza de las Naciones. Editorial Alianza.

[http://www.iunma.edu.ar/doc/MB/lic_historia_mat_bibliografico/Fundamentos%20de%20Econom%C3%ADa%20Pol%C3%ADtica/194-Smith,%20Adam%20-%20La%20riqueza%20de%20las%20naciones%20\(Alianza\).pdf](http://www.iunma.edu.ar/doc/MB/lic_historia_mat_bibliografico/Fundamentos%20de%20Econom%C3%ADa%20Pol%C3%ADtica/194-Smith,%20Adam%20-%20La%20riqueza%20de%20las%20naciones%20(Alianza).pdf)

Walras, L. (1896) *Études d'économie sociale* (Traducción al español: El cuadro económico).