

BANCO CENTRAL DEL ECUADOR
SUBGERENCIA DE PROGRAMACIÓN Y REGULACIÓN
DIRECCIÓN DE CUENTAS NACIONALES

NOTA TÉCNICA

CONSTRUCCIÓN MATRIZ INSUMO PRODUCTO

JULIO, 2017

1. Introducción

La Matriz Insumo-Producto (MIP) presentada es una matriz tipo Industria por Industria bajo el supuesto de la estructura de ventas fija por producto. A continuación se describe teóricamente una MIP y el proceso de construcción específica para el caso ecuatoriano.

Una MIP tiene como objetivo representar en una sola tabla las inter-relaciones entre las actividades económicas de una economía.

Tabla 1 Ejemplo de matriz Insumo Producto. Producto por producto

	Utilización			
	Agricultura P	Manufactura P	Uso Final	Uso Total
Agricultura P	32	88	50	170
Manufactura P	57	33	130	220
Salarios	58	22		
EBE	23	77		
Total	170	220	180	

En general, una MIP luce similar a la Tabla 1. Al leer una columna de la MIP se quiere entender qué insumos se requieren para la producción de un producto determinado, así como la generación de valor agregado por este proceso. Por el contrario, desde las filas se quiere resaltar quién utiliza ese producto para sus propios procesos productivos como para consumo final.

Asumiendo una función de producción tipo Leontieff, se puede reproducir la producción final de una economía a partir de su demanda de consumo final. Una función producción de Leontieff es una función de participaciones (coeficientes) fijas (fijos).

A partir de una MIP, se puede construir una matriz de coeficientes técnicos como la proporción de cada componente en la producción de cada actividad económica. Así, para producir 170 de producto agrícola en la Tabla 1, se requieren 32 del mismo producto agrícola. Esto significa que se requieren 0.19 de insumo agrícola por cada unidad de producto agrícola producido. Asimismo se requiere 0.34 de producto manufacturero. Siguiendo la misma lógica, se obtiene la siguiente matriz de coeficientes técnicos (A):

Tabla 2 Ejemplo de matriz de coeficientes técnicos

	Agricultura P	Manufactura P
Agricultura P	0.19	0.40
Manufactura P	0.34	0.15

De esta manera, se puede replicar el total del consumo intermedio (CI) como $A * x = CI$.

Dónde CI es un vector igual a $\begin{bmatrix} 32 + 88 = 120 \\ 57 + 33 = 90 \end{bmatrix}$ y equivale al total del uso por consumo intermedio; x representa la producción total y equivale a $\begin{bmatrix} 170 \\ 220 \end{bmatrix}$.

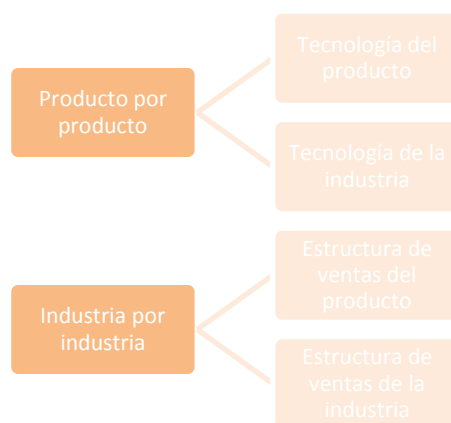
Además se define “ y ” como el vector de demanda final, y por lo tanto $x = CI + y$. Consecuentemente, $x = (I - A)^{-1}y$. Donde I es la matriz identidad. De este modo, asumiendo una estructura productiva con funciones de producción tipo de Leontieff, se puede saber cuál será la producción generada por una economía para cubrir una demanda final específica.

La matriz $(I - A)^{-1}$ es conocida como la matriz inversa de Leontief y es la base del análisis insumo producto para simular qué efectos tendría sobre la producción un cambio en la demanda final de cada producto, asumiendo que la oferta puede absorber los requerimientos de demanda.

2. Tipos de matrices insumo producto

En la literatura (Eurostat (2008)) existen cuatro¹ tipos de matrices insumo producto (MIP) agrupadas en dos categorías más grandes (Ilustración 1).

Ilustración 1 Tipos de MIP



En primer lugar, están las MIP producto por producto. La lógica de este tipo de MIP es evidenciar la utilización y el proceso productivo de cada producto. Es decir, tanto los totales de columna como de fila son iguales a la producción reportada por cada producto. Así, por ejemplo, si la MIP de la Tabla 1 fuese producto por producto, se leería que el producto agrícola requiere 32 del mismo producto agrícola y 57 del manufacturero para producir 170 de su producto. Esos 170 generan 81 (23+58) de valor agregado bruto. Desde la óptica del uso, en cambio, los 170 del producto agrícola se distribuyen del siguiente modo:

- 32 para la producción del mismo producto agrícola
- 88 para la producción del producto manufacturero
- 50 para consumo final

Por su parte, una MIP industria por industria muestra en la misma estructura el uso y los requerimientos de la producción de cada industria, donde la producción de cada industria es una canasta de productos en lugar de un producto específico. Por ejemplo, la industria de agricultura produce manzanas (producto agrícola), a la vez que produce sidra de manzana (producto manufacturero) como producción secundaria. Así, una MIP industria por industria evidenciará los

¹ Existen más de cuatro si se consideran opciones híbridas entre las cuatro generales.

requerimientos de insumos de otras industrias para producir la canasta de productos de manzanas y sidra, así como su uso para producción de otras industrias como para consumo final. Luce estructuralmente igual a la Tabla 1, pero los totales de fila y columna no son de productos, sino de industrias.

3. Construcción de matrices insumo producto a partir de las tablas de oferta y utilización

En el sistema de cuentas nacionales (SCN), la síntesis macroeconómica se muestra en tablas de oferta y utilización (TOU). Estas tablas están construidas de modo que en las filas se enlistan los productos, mientras en las columnas se muestran las industrias. En la tabla de oferta se muestra cuánto produce cada industria de cada producto. Por su parte, la tabla de utilización muestra desde la óptica de las columnas qué productos usa cada industria para su proceso productivo y el valor agregado generado por ésta. Desde la óptica de las filas, en cambio se describe el uso de cada producto por cada industria y luego para el consumo final.

Así, para la construcción de las MIP se parte de las TOU a precios básicos² como se ejemplifica en la Tabla 3.

Tabla 3 Ejemplo de tabla de Oferta y Utilización

	Utilización				Oferta		
	Agricultura I	Manufactura I	Uso Final	Uso Total	Agricultura I	Manufactura I	Oferta Total
Agricultura P	40	80	50	170	170	0	170
Manufactura P	60	30	130	220	20	200	220
Salarios	60	20					
EBE	30	70					
Total	190	200	180		190	200	

Para la construcción de las MIP, ya sea producto por producto o industria por industria, se requiere reubicar la producción secundaria. Producción secundaria es aquella producción generada por una industria fuera de su actividad principal. Así, la producción secundaria existente en el ejemplo de la Tabla 3 son los 20 de producto manufacturero generado por la industria agrícola. En los siguientes párrafos se explica el proceso de construcción de una MIP industria por industria, pero en el Anexo 1 se describe el proceso que debería seguir teóricamente para construir una MIP producto por producto.

Para crear una MIP industria por industria, los totales de industria deben permanecer fijos y se debe reubicar la oferta y utilización de los productos para que sean iguales a los totales industriales. Así, la producción secundaria se la agrega a la oferta de producción agrícola para crear una oferta

² El precio básico equivale al precio del bien antes de impuestos, subsidios, derechos arancelarios y márgenes comerciales. En general la tabla de oferta está valorada en precios básicos, mientras la tabla de utilización se valora en precios de comprador. Más adelante se explica la transformación de la tabla de utilización a precios básicos.

diagonal. Dado que se reubica la oferta, se requiere también reubicar los usos intermedios, además del uso final de los productos.

Para el ajuste de la tabla de utilización se pueden ajustar los usos según la estructura de ventas del producto desde donde se origina el cambio (estructura fija de ventas de producto) o del producto receptor (estructura fija de ventas de la industria). El primero implica, en el ejemplo de la Tabla 3, un cambio proporcional de las ventas del producto de manufactura hacia el agrícola en función de la estructura de ventas del producto de manufactura. El segundo es un movimiento proporcional en función de la estructura de ventas del producto agrícola.

Económicamente, es más probable que los productos manufactureros reubicados se utilicen según el perfil de uso del producto manufacturero. Es por esto que se trabaja en general con el supuesto de estructura fija de ventas del producto. Además, la estructura fija de ventas de la industria puede generar utilidades negativas. En las siguientes tablas se muestra el proceso de reubicación de producción secundaria bajo ambos supuestos para una MIP industria por industria.

Tabla 4 Ejemplo de matriz de Transformación bajo la estructura fija de ventas de productos

	Utilización				Oferta		
	Agricultura I	Manufactura I	Uso Final	Uso Total	Agricultura I	Manufactura I	Oferta Total
Agricultura P	5.45	2.73	11.82	20.00	20.00	0.00	20.00
Manufactura P	-5.45	-2.73	-11.82	-20.00	-20.00	0.00	-20.00
Salarios	0.00	0.00					
EBE	0.00	0.00					
Total	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	

Tabla 5 Ejemplo de MIP industria por industria bajo la estructura fija de ventas de productos

	Matriz Insumo Producto			
	Agricultura P	Manufactura P	Uso Final	Uso Total
Agricultura P	45.45	82.73	61.82	190
Manufactura P	54.55	27.27	118.18	200
Salarios	60.00	20.00		
EBE	30.00	70.00		
Total	190.00	200.00	180.00	

Tabla 6 Ejemplo de matriz de Transformación bajo la estructura fija de ventas de la industria

	Utilización				Oferta		
	Agricultura I	Manufactura I	Uso Final	Uso Total	Agricultura I	Manufactura I	Oferta Total
Agricultura P	4.71	9.41	5.88	20.00	20.00	0.00	20.00
Manufactura P	-4.71	-9.41	-5.88	-20.00	-20.00	0.00	-20.00
Salarios	0.00	0.00					
EBE	0.00	0.00					

Total	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-------	------	------	------	------	------

Tabla 7 Ejemplo de MIP industria por industria bajo la estructura fija de ventas de la industria

	Matriz Insumo Producto			
	Agricultura I	Manufactura I	Uso Final	Uso Total
Agricultura I	44.71	89.41	55.88	190
Manufactura I	55.29	20.59	124.12	200
Salarios	60.00	20.00		
EBE	30.00	70.00		
Total	190.00	200.00	180.00	

En caso de la estructura fija de ventas del producto, la reubicación se hará a partir de la estructura de mercado de la industria manufacturera. Por lo tanto, originalmente el producto manufacturero es igual a 220 y se venden 60 a la industria agrícola (0.27 de cada unidad) y 30 a la industria manufacturera (0.14 de cada unidad). Además se venden 130 a consumo final (0.59 de cada unidad). Así, para aumentar en 20 la producción de la canasta de productos agrícolas, se multiplica 20 por 0.27, 0.14, y 0.59. Esos valores se aumentan en la fila de agricultura y restan de aquella de manufactura en la tabla de utilización para obtener la MIP de la Tabla 5.

Para la construcción de la MIP bajo la estructura fija de ventas de la industria se utiliza la estructura de ventas del producto agrícola en lugar de aquella del producto manufacturero.

Dados los criterios expuestos en esta sección, se construyó para Ecuador una MIP industria por industria bajo el supuesto de estructura fija de ventas del producto. En la siguiente sección, se expone el proceso específico de construcción particular para el Ecuador.

4. Construcción de MIP para Ecuador

4.1. Valoración de TOU a precios básicos

La tabla de utilización está valorada en general en precios de comprador, mientras que la tabla de oferta está valorada en precios básicos. De este modo, el primer proceso que debe hacerse es valorar la tabla de utilización en precios básicos.

Para esto se requieren cuatro tablas:

- Tabla de utilización de componente doméstico
- Equilibrio del componente doméstico
- Tabla de utilización de componente importado
- Equilibrio del componente importado

La tabla de utilización, tanto doméstica como importada, tiene originalmente una estructura de 278 productos con 71 industrias más el consumo final. El consumo final incluye el consumo de los

hogares, de las instituciones sin fines de lucro que sirven a los hogares (ISFLSH), del gobierno, además de la formación bruta de capital fijo (FBKF), la variación de existencias y las exportaciones.

Paralelamente, el BCE internamente tiene los equilibrios de cada producto para el total del consumo intermedio, el consumo de los hogares, aquel de las ISFLSH y el del gobierno, además de la FBKF, la variación de existencias y las exportaciones. Los equilibrios muestran para cada uso:

- Uso a precio básico
- Impuestos netos (excepto IVA)
- IVA
- Derechos arancelarios (para las importaciones)
- Margen comercial

Tanto para el consumo de las ISFLSH, el consumo del gobierno y la variación de existencias, la valoración a precios básicos equivale a aquella a precios de comprador. Por lo tanto, estos tres usos no requieren ninguna transformación. Para el consumo de hogares, exportaciones y FBKF, se resta de la utilización a precios de comprador los impuestos netos, el IVA, los derechos arancelarios y los márgenes comerciales reflejados en los equilibrios.

En el caso del consumo intermedio, se resta proporcionalmente de cada una de las 71 industrias los impuestos netos, el IVA, los derechos arancelarios y los márgenes comerciales.

Los equilibrios que maneja internamente el BCE son a nivel de 71 productos (6 dígitos de CPCN) mientras que la TOU está a 278 productos (9 dígitos de CPCN). Dado que las MIP deben ser cuadradas y el número de industrias es 71, se puede agregar la TOU a 71 productos sin que se comprometa ninguna pérdida de información. Una vez agregada la utilización a 71 productos, se puede realizar la transformación de precios de comprador a precios de básicos como se describió en los anteriores párrafos.

Finalmente, el total de los márgenes comerciales, tanto domésticos como importados, se agrega por cada uso, tanto intermedio como final, y se lo asigna al producto de comercio doméstico. Con esta última transformación se tiene la TOU a precios básicos y separada por componente doméstico e importado.

4.2. Construcción de MIP industria por industria bajo el supuesto de estructura fija de ventas del producto

Una vez valoradas tanto la tabla de oferta como la de utilización doméstica e importada en precios básicos, siguiendo la notación de Eurostat (2008), se tienen los siguientes elementos:

- V^3 : matriz de oferta (71x71)
- q : vector de producción total de productos (71x1)
- g : vector de producción total de las industrias (71x1)
- $\text{diag}(q)$: matriz diagonal de producción de productos (71x71)
- $\text{diag}(g)$: matriz diagonal de producción de industrias (71x71)

³ En Eurostat (2008) la tabla de oferta se denota como V^T .

- U: matriz de consumo intermedio doméstico a precios básicos (71x71)
- Y: matriz de consumo final⁴ a precios básicos (71x6)
- W: matriz de valor agregado bruto⁵ (3x71)
- m^I: vector de uso de importaciones totales a precios básicos por industria (71x1)
- m^F: vector de uso importaciones totales a precios básicos por uso final (6x1)
- cd^I: vector de compras directas de agentes no residentes por industria⁶ (71x1)
- cd^F: vector de compras directas de agentes no residentes por uso final⁷ (6x1)
- tax^I: vector de impuestos netos sobre los productos pagados por cada industria (71x1)
- tax^F: vector de impuestos netos sobre los productos por cada uso final (6x1)
- l: vector de total de empleados por industria (71x1)

Con estos elementos como insumos básicos, se puede construir la MIP industria por industria bajo el supuesto de estructura fija de ventas del producto. Lo primero es crear la matriz de contribución de cada industria en la producción de cada producto (D) como:

$$D = V' * diag(q)^{-1}$$

En segundo lugar, se requiere construir la matriz de requerimientos de productos por cada unidad de producción industrial (Z):

$$Z = U * diag(q)^{-1}$$

Con estas dos matrices, se puede obtener la matriz de coeficientes técnicos ($A_{I \times I}$), como:

$$A_{I \times I} = D * Z$$

Ya con la matriz de coeficientes técnicos, se puede estimar la matriz de consumos intermedios para la MIP como:

$$B = A * diag(g)$$

Dado que se está construyendo una MIP industria por industria, es necesario reubicar también el consumo final. Esto se lo hace del siguiente modo:

$$F = D * Y$$

Es importante recordar que la matriz al final se trata de una matriz industria x industria y por lo tanto el valor agregado y el empleo no se reajusta.

Con esto se obtiene una MIP con la siguiente estructura:

⁴ Consumo final incluye: consumo final de los hogares, consumo final del gobierno, consumo final de las ISFLSH, FBKF, variación de existencias y exportaciones.

⁵ El valor agregado bruto está distribuido en remuneraciones, impuestos sobre la producción y la mezcla entre excedente bruto de explotación e ingreso mixto. En el caso de las MIP a precios constantes, se distribuyó el valor agregado bruto en función de las proporciones reportadas en precios corrientes.

⁶ Es un vector igual a 0 para todas las industrias.

⁷ Las compras directas por no residentes es un ajuste del consumo de hogares que en realidad son exportaciones, pues son consumos realizados en el país por no residentes que se contabilizaron como consumo de los hogares.

Tabla 8 Estructura final de MIP industria por industria para el Ecuador

	Uso Intermedio	Uso Final	Total
Doméstico	B	F	g
Compras Directas	cd ^I ,	cd ^F ,	cd
Importado	m ^I ,	m ^F ,	m
Impuestos netos	tax ^I ,	tax ^F ,	tax
VAB	W		
Total	g'		
Empleo	l'		

Referencias bibliográficas

Eurostat (2008). *“Eurostat Manual of Supply, Use and Input-Output Tables”*. Luxemburgo. ISBN 978-92-79-04735-0.

United Nations (1999). *“Handbook of National Accounting”*. Studies in Methods. Series F No 74. Nueva York. ISBN 92-1-161416-3.

Anexo 1 Construcción de MIP producto por producto

Si bien, el BCE ya no presenta MIP producto por producto, en esta sección se describe conceptualmente la construcción de este tipo de MIP.

Regresando a la TOU de la Tabla 3, la producción secundaria se la puede agregar a los 200 de la producción manufacturera. Así, se tendrá una tabla de oferta con 170 de producto agrícola y 220 de producto manufacturero en la diagonal principal. Haciendo esto se trabajará en una MIP producto por producto, pues en la matriz de oferta se tiene tanto en los totales de columna como de fila, el total de la producción de los productos.

Sin embargo, si se reubica la producción secundaria, es necesario también reubicar los insumos que se requieren para su producción, así como el valor agregado generado por esta producción secundaria. Para la reubicación de los insumos y valor agregado, se puede trabajar bajo dos supuestos. La reubicación se puede hacer en función de la estructura productiva de la industria donde la producción secundaria se origina (tecnología de la industria) o en función de la estructura productiva de la industria receptora (tecnología del producto).

La tecnología del producto es, económicamente, un supuesto más convincente, pues para producir 20 de producto manufacturero en la industria agrícola, es más probable que se siga el proceso productivo de la industria manufacturera antes que aquella de la industria agrícola general.

De esta manera, partiendo de las TOU de la Tabla 3, se ejemplifica la reubicación de la producción secundaria, sus insumos y su valor agregado, según cada supuesto expuesto.

Tabla 9 Ejemplo de matriz de Transformación bajo la tecnología del producto

	Utilización				Oferta		
	Agricultura I	Manufactura I	Uso Final	Uso Total	Agricultura I	Manufactura I	Oferta Total
Agricultura P	-8	8	0	0	0	0	0
Manufactura P	-3	3	0	0	-20	20	0
Salarios	-2	2					
EBE	-7	7					
Total	-20	20	0		-20	20	

Tabla 10 Ejemplo de MIP producto por producto bajo la tecnología del producto

	Matriz Insumo Producto			
	Agricultura P	Manufactura P	Uso Final	Uso Total
Agricultura P	32.00	88.00	50.00	170
Manufactura P	57.00	33.00	130.00	220
Salarios	58.00	22.00		
EBE	23.00	77.00		
Total	170.00	220.00	180.00	

Tabla 11 Ejemplo de matriz de Transformación bajo la tecnología de la industria

	Utilización				Oferta		
	Agricultura I	Manufactura I	Uso Final	Uso Total	Agricultura I	Manufactura I	Oferta Total
Agricultura P	-4.21	4.21	0	0	0	0	0
Manufactura P	-6.32	6.32	0	0	-20	20	0
Salarios	-6.32	6.32					
EBE	-3.16	3.16					
Total	-20	20	0		-20	20	

Tabla 12 Ejemplo de MIP producto por producto bajo la tecnología de la industria

	Matriz Insumo Producto			
	Agricultura P	Manufactura P	Uso Final	Uso Total
Agricultura P	35.79	84.21	50.00	170
Manufactura P	53.68	36.32	130.00	220
Salarios	53.68	26.32		
EBE	26.84	73.16		
Total	170.00	220.00	180.00	

Los valores de las matrices de transición equivalen a cuánto proporcionalmente deben aumentar los insumos y el valor agregado de la industria manufacturera, si su producción aumentara en 20.

En caso de la tecnología del producto, la reubicación se hará a partir de la estructura productiva de la industria manufacturera. Por lo tanto, originalmente la industria manufacturera produce 200 y requiere 80 de producto agrícola (0.4 por cada unidad) y 30 de producto manufacturero (0.15 por cada unidad). Además genera 20 en salarios (0.1 por cada unidad) y 70 en excedente bruto de explotación (0.35 por cada unidad). Así, al aumentar 20 de su producción, se multiplica 20 por 0.4, 0.15, 0.1 y 0.35. Esos valores se aumentan en la columna de manufactura y restan de aquella de agricultura de la tabla de utilización para obtener la MIP de la Tabla 10.

Si bien este supuesto es el más convincente desde la óptica producto por producto, puede generar utilidades negativas, las cuales carecen de coherencia económica. Para esto, basta imaginar que existe otro producto, por ejemplo servicios, que lo utiliza la industria de manufactura, pero no lo utiliza la industria de agricultura. En ese caso, al reubicar la producción secundaria, se aumentará también el uso del producto servicios en la industria de manufactura y se restará de la industria agrícola. No obstante, al ser el valor original del uso de servicios en la industria agrícola igual a cero, el resultado será negativo.

La presencia de utilidades negativas se ajusta comúnmente mediante el algoritmo de RAS. Este algoritmo reubica los elementos internos de una matriz manteniendo la coherencia de los totales de fila y de columna. No obstante, la reubicación empírica también puede generar valores negativos en el valor agregado o el empleo, lo cual no puede ser efectivamente reubicado sin hacer supuestos estrictos. Por este motivo, el BCE decidió dejar de publicar este tipo de matrices.

En el caso de la tecnología de la industria se toma la estructura productiva de la industria donde originalmente estaba la producción secundaria y se llega a la MIP de la Tabla 12. Bajo este supuesto, no se crean coeficientes negativos, más su lógica económica es más criticada que aquella de la tecnología del producto.

Si bien se pueden hacer manualmente las reubicaciones, se puede seguir un proceso de operaciones matriciales similar al caso industria por industria. Para entender este proceso, se recomienda la revisión tanto de Eurostat (2008) como United Nations (1999).