

Software Libre para el manejo de Matrices de Contabilidad Social: Xamú

Julie C. Vera Ramírez, Rodrigo Boet

Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres – CENDITEL.
Mérida, Venezuela
jvera@cenditel.gob.ve, rboet@cenditel.gob.ve

Fecha de recepción: 13/09/2016

Fecha de aceptación: 02/11/2016

Pág: 173 – 201

Resumen

Las matrices de contabilidad social se han empleado como insumo base para el análisis macroeconómico, debido a que sistematiza el flujo de dinero que se genera en la economía, registrando la distribución del ingreso y los patrones de gastos de los distintos sectores económicos. Además de utilizar el álgebra matricial para construir modelos que permiten estimar el impacto que tiene una determinada política o un shock externo sobre el flujo de dinero que se genera en la economía y cómo éste se distribuye. Bajo este contexto, surge desde la Fundación Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres - CENDITEL, la iniciativa de desarrollar Xamú, un software libre que facilite el manejo de las matrices de contabilidad social, con el objetivo de dotar a los investigadores y analistas de una base tecnológica sólida para la formulación políticas públicas, dirigidas a mejorar la eficiencia en el gasto y garantizar una justa distribución del ingreso de la nación.

Palabras Clave: encadenamientos; matriz de contabilidad social; modelo de multiplicadores

Introducción

Desde las primeras ideas de Francois Quesnay¹, acerca de estudiar la economía por medio de un conjunto de herramientas que permitan describir y analizar el flujo circular de los bienes y servicios, hasta la actualidad con la construcción de matrices de contabilidad social (MCS), se han diversificado la cantidad de técnicas desarrolladas para estimar impactos de corto y largo plazo de las políticas económicas o realizar estudios de pobreza. De allí que los países destinen parte de sus esfuerzos en construir un sistema de cuentas nacionales sólido y en levantar todos los datos requeridos para el mismo.

¹1694 -1774, médico y economista Francés[1]

Por otro lado, una parte de los estudios económicos que se realizan para evaluar escenarios de política económica, utilizan como fuente de información los datos presentados en la MCS, la cual se puede definir como una tabla de doble entrada que refleja el flujo de ingresos y gastos de los distintos actores económicos, por lo que en una primera instancia permite estudiar la distribución del ingreso en un espacio y tiempo determinado, así como estimar impactos de políticas y evaluar escenarios, por medio de una serie de técnicas de modelado y simulación.

Venezuela al igual que otros países ha desarrollado estudios en esta materia. Particularmente investigadores del Banco Central de Venezuela (BCV), órgano rector en lo que respecta al manejo de las cuentas nacionales ha construido la matriz de contabilidad social, bajo los estándares estipulados por la Organización de Naciones Unidas (ONU), descritos en el Manual de Cuentas Nacionales y en el manual sobre la Compilación y el análisis de las tablas de insumo-producto. El BCV utiliza hojas de cálculo y macros del software privativo Microsoft Excel para el manejo de las MCS y la evaluación de escenarios económicos sectoriales. Sin embargo, el sistema económico es complejo, por lo que el uso de este software limita procesar grandes cantidades de información y generar resultados robustos. Además de ello, el Gobierno venezolano estableció como línea estratégica el uso de software libre dentro de las instituciones públicas, partiendo del hecho de que la tecnología es libre, es producto de un proceso histórico y colectivo; y que se traduce en un conjunto de habilidades y conocimiento que deben estar al alcance de cualquier individuo o grupo que desee utilizarla, mejorarla o adaptarla de acuerdo a sus necesidades.

Bajo este contexto, durante el período 2015-2016 CENDITEL, con el apoyo informal del personal de la Oficina de Investigaciones Económicas del BCV, desarrolló un software para el manejo de las Matrices de Contabilidad Social, denominado Xamú, palabra proveniente del vocablo indígena del Estado Mérida, que hace referencia al primer individuo que llegó y pobló el sector conocido actualmente como Lagunillas, fundando así la cultura originaria de la región.

Este software fue desarrollado en el marco del proyecto Mapa Productivo de Venezuela (MPV), el cual está compuesto por un conjunto de herramientas tecno-políticas desarrolladas para sistematizar y procesar datos estadísticos acerca del tejido productivo nacional, generando información pertinente acerca de la producción y distribución de bienes e ingresos en el país.

En este artículo, se pretende exponer en la primera sección los aspectos teóricos que están detrás de las MCS (antecedentes, importancia, ¿para qué?), en la segunda sección se describirá la herramienta privativa utilizada actualmente por BCV y en la tercera se presentará Xamú, sus funcionalidades y la formulación matemática que lo sustenta.

Marco Teórico

Antecedentes

La economía y las relaciones sociales que se construyen a su alrededor, han incentivado el desarrollo de herramientas, técnicas y metodologías para explicar los fenómenos económicos que

se presentan. Uno de los pioneros en esta materia, fue William Petty², quién es considerado uno de los fundadores de la estadística como disciplina, sus conocimientos en medicina influyeron en la forma en que explicó el flujo de dinero y bienes que circula en una economía, al hacer la analogía con el sistema circulatorio del ser humano.

Posteriormente en Francia, durante el siglo XVIII Francois Quesnay, uno de los fundadores de la corriente del pensamiento económico conocida como los Fisiócratas³, elaboró una herramienta descriptiva que al igual que Petty pretendía estudiar el flujo circular de bienes y servicios, específicamente la producción agrícola, que de acuerdo a la visión de los fisiócratas era la única actividad económica que generaba riqueza a la nación. Esta herramienta fue descrita en su obra más importante *Tableau Économique* publicada en el año 1758[2], convirtiéndose en uno de los pilares de estudio de la macroeconomía. En dicho trabajo, especifica el ingreso y la riqueza generada por cada una de las clases sociales y actividades económicas.

Por su parte, en la década de los setenta, el Economista Wassily Leontief⁴ basándose en la *Tableau Économique* de Quesnay, desarrolló una metodología para estudiar la interdependencia entre las distintas actividades y sectores económicos de un país, introduciendo para ello el análisis matricial. Leontief, debió construir en primer lugar las tablas Input-Output, en donde se representan las transacciones de los agentes económicos, diferenciando las relaciones desde su origen hasta su destino, las cuales pueden ser elaborada en un espacio geográfico y período determinado, para luego realizar estudios de impacto sobre la producción cuando varía la demanda de un producto.

Gracias a los aportes de Quesnay y de Leontief, Richard Stone⁵ en el año 1944 desarrolla un sistema de contabilidad para registrar las principales transacciones de los sectores económicos, incluyendo además el modelo relacional insumo-producto, registró las partidas de ingreso y gasto en una tabla de doble entrada, sentando así las bases para el estudio de la macroeconomía moderna. Fue precisamente el desarrollo del sistema de cuentas nacionales lo que le valió el Premio Nobel en el año 1984.

Aspectos teóricos

Sistema de Cuentas Nacionales SCN

El SCN, es un ensamblaje complejo de técnicas, normas, definiciones y elementos diseñados con el objetivo de describir contablemente las características de la economía y las transacciones

²1623-1687, Inglés. Médico y matemático[1]

³Corriente del pensamiento económico, entre sus principales exponente se destaca Francois Quesnay, Jacques Turgot y Du Pont de Nemour. Sus argumentos se centraban en desmontar el paradigma establecido desde el mercantilismo, además de estar en contra de la excesiva participación que tenía el Estado durante esa época. Por otro lado, reconocían la existencia de tres clases sociales: los propietarios, los agricultores y los artesanos o comerciantes, estos últimos considerados como una clase estéril, dado que la única actividad que generaba riqueza en la agricultura.[3]

⁴1905-1999, Economista Ruso. Premio Nobel de Economía en el año 1973[1]

⁵1913-1991, Economista Británico. Premio Nobel de Economía 1984 [1]

realizadas entre los distintos agentes económicos. El SCN tiene sus orígenes en los trabajos de Quesnay y Leontief. Sin embargo, es hasta finalizar la segunda guerra mundial cuando se comienza a sistematizar todos los elementos necesarios para levantar el registro contable de cada nación.

En el Manual del Sistema de Cuentas Nacionales[4], se expone que el objetivo principal del SCN es: *Proporcionar un comprensivo marco conceptual y contable que pueda utilizarse para crear una base de datos macroeconómicos adecuada para el análisis y la evaluación de los resultados de una economía.* (ONU, 1993. p. 76)

En la década del 60, la ONU realizó el esfuerzo en establecer las técnicas requeridas para levantar, procesar y sistematizar datos económicos estandarizados, y así comparar los resultados económicos entre los países. En 1968 se publicó *A System of National Account, Studies in Methods*, el manual donde se describe la metodología para levantar el SCN.

De forma complementaria, la ONU realizó la estandarización de las actividades, los productos y los agentes económicos, de manera que cualquier país, independientemente de su grado de desarrollo construya su SCN. Por un lado, se cuenta con el clasificador de actividades económicas conocido como el Código Industrial Internacional Uniforme (CIIU), compuesto por diecisiete (17) categorías principales, con sus respectivas divisiones, grupos y clase. Y por el otro, el clasificador del productos (vinculado con el CIIU), compuesto por diez (10) categorías.

Una de las ventajas del SCN, es que integra las distintas fuentes de datos como censos, encuestas, entre otros instrumentos, para luego sintetizar el comportamiento de los distintos actores económicos en un determinado período. Además, la presentación del registro contable, facilita la construcción de instrumentos como la matriz de contabilidad social y de insumo producto.

Matriz Insumo Producto MIP

Definición

Es una tabla de doble entrada, en donde se presenta por un lado la oferta de bienes y servicios producidos en el país e importados y por el otro, el consumo de acuerdo al destino, interno o externo (exportación). Esto permite obtener de manera indirecta la función de producción (lineal), al conocer la demanda intermedia y los requerimientos de una industria determinada.

En resumen, una MIP es una sistematización del flujo de bienes y servicios generados en un espacio geográfico y período determinado que refleja el origen y destino de los mismos[5]. En la tabla 1, se muestra cada uno de los elementos que conforman dicha matriz: la oferta, demanda final, demanda intermedia y por último una sub-matriz de valor agregado, para estimar el Producto Interno Bruto por medio del método de producción, tipo de gasto y tipo de ingreso.

Ahora bien, para construir la matriz insumo producto, se toma como insumo la información plasmada en tres cuentas del SCN, para luego construir las tablas de oferta y utilización, donde se registra la producción de cada una de las industrias, su destino (interno o externo) y el ingreso generado por los sectores económicos:

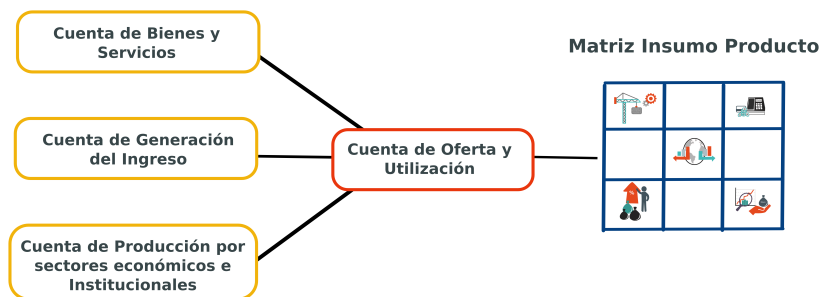
Descripción	Industria		
	Sub-matriz Oferta	Sub-matriz Demanda Intermedia	Sub-matriz Demanda Final
Productos		Sub-matriz Valor Agregado	

Fuente: Elaboración propia, basada en Shuschuny (2005).

Tabla 1: Estructura de la Matriz Insumo Producto

1. Cuenta de bienes y servicios: esta cuenta refleja por el lado de los recursos la oferta total (producción interna, impuestos, subsidios e importaciones), es decir el valor bruto de la producción a precios básicos⁶. Y por el uso, se muestra la demanda total, compuesta por la demanda intermedia, gasto de consumo final, formación bruta de capital y exportaciones de bienes y servicios.
2. Cuenta de generación del ingreso: presenta por un lado el producto interno generado en el país, y por el otro el valor agregado de la economía, por la vía del ingreso, es decir la riqueza generada por cada agente económico en la forma de remuneración de asalariados, excedente de explotación e ingreso mixto.
3. Cuenta de producción por sectores institucionales: registra por el lado de los recursos los costos de la producción de cada sector económico, conformado por el consumo intermedio, el producto interno bruto y el consumo de capital fijo. Mientras que por medio de su uso, se obtiene el valor de la producción (producción interna, impuestos y subsidios).

Sistema de Cuentas Nacionales



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1: Insumos para la construcción de la matriz insumo producto

⁶Es el valor de cada producto menos los impuestos y más las subvenciones, no incluye los gastos de transporte ni derechos de importación[4]

Supuestos

Construir y analizar el registro contable de la economía de cualquier nación es complejo, dado que involucra miles de transacciones. Por lo que se establecieron una serie de supuestos que facilitan la construcción de la matriz insumo producto[6]

1. Homogeneidad: se establece que cada industria sólo produce un tipo de mercancía y que el conjunto de empresas que componen dicha industria emplea la misma tecnología, generando así una estructura única de insumo (costos de producción).
2. Proporcionalidad: la demanda intermedia (insumos requeridos) se representa como una función lineal del nivel de producción. En otras palabras, el flujo de insumos de una industria varía en la misma proporción que el producto total.
3. Aditividad: el efecto total de la producción de los distintos sectores económicos es igual a la sumatoria de diferentes efectos[7].

Aplicaciones

La matriz insumo producto es la fuente y medio sobre la cual se construyen distintos modelos económicos, y es utilizada ampliamente para cuantificar los efectos que genera un cambio en los impuestos, salarios, importaciones, sobre la producción de una industria.

Son diversos los estudios sectoriales que se han realizado por medio de esta herramienta, como por ejemplo estimar los encadenamientos hacia atrás y hacia adelante, conocer cuales son las industrias afectadas tras una variación en la producción de un bien, determinando los sectores claves de la economía. Por ejemplo, Schuschny utilizó la MIP para estimar la demanda de energía eléctrica, dado un incremento en la producción de un sector económico[8] *Calcular intensidades energéticas... El análisis permite determinar los requerimientos primarios totales de energía para satisfacer la producción de la demanda final.* (Schuschny, 2005. p. 76)

A través de la matriz insumo producto se puede obtener la estructura de costos del sector productivo de una nación, por lo que se han desarrollado técnicas para estudiar los precios, analizando las relaciones que afectan el comportamiento de los mismos, permitiendo evaluar escenarios de política. La MIP se convierte entonces en una herramienta que apoya el proceso de planificación de políticas sectoriales.

Matriz de Contabilidad Social MCS

Definición

La MCS, es una tabla cuadrada que registra el flujo de ingreso y gasto de una economía en un período determinado, y cómo este flujo de dinero se distribuyen entre los distintos actores. Es una versión ampliada de la MIP, al incluir otras cuentas como la utilización del

ingreso (consumo), cuentas capital, financiera (ahorro, inversión), el ingreso primario, entre otras. Taylor & Yunez[9] definen la MCS como:

Una representación de la economía de un país, una región o un pueblo durante un período determinado, generalmente un año. Es una matriz de insumo-producto expandida que incluye, además de la estructura de la producción, datos sobre la distribución del ingreso y la estructura de demanda de las instituciones locales, así como las vinculaciones de la economía local con el exterior.
(1999. p. 14)

Una de las características de la MCS, es su flexibilidad dado que su estructura puede adaptarse al país en estudio, su nivel de desagregación y número de cuentas dependerá del objeto de estudio. Por ejemplo, Bracamontes y Méndez[10] abordaron el estudio de la pobreza en la región de Sonora, México, elaborando una matriz de contabilidad social sólo para dicha región, utilizando encuestas y otros instrumentos de levantamiento de información. Su intención era comprender la forma en que se distribuye el ingreso en la región, conocer las potencialidades en materia productiva de la región, y así suministrar información pertinente para la formulación de políticas dirigidas a disminuir la pobreza.

En la tabla 2, se presenta la estructura macro de una matriz de contabilidad social, por el lado de las filas se refleja la demanda total de bienes y servicios, el ingreso distribuidos entre los distintos factores de producción, el ingreso por agente económico (dependerá de la clasificación que realice el investigador), el ahorro y la salida de divisas (pagos al resto del mundo). Mientras que las columnas de las MCS se muestra la oferta de bienes y servicios, el gasto realizado por los factores de producción y por cada uno de los agentes económicos, la inversión y la entrada de divisas. Es importante resaltar, que la MCS es cuadrada y que el total fila es igual al total columna (es decir, la oferta es igual a la demanda; ingreso igual al gasto).

La matriz de contabilidad social, arrastra las limitaciones y supuestos de la matriz insumo producto, al presentar una visión lineal y estática de la realidad económica. Es una fotografía de cómo se distribuye los ingreso de la nación en un período dado. Siendo una herramienta útil para sistematizar el flujo de dinero que se genera en la economía, permitiendo conocer la estructura económica y productiva del país en estudio, además de suministrar información pertinente para el proceso de formulación de políticas públicas y de planificación económica[11].

Aplicaciones

Alrededor de las MCS se han desarrollado una serie de modelos económicos, que permiten estimar impactos de políticas sobre las principales variables sectoriales y macroeconómicas, calcular elasticidades, elementos importantes para el análisis económico [12]. Además, se han diseñado distintas técnicas, empleando álgebra matricial para realizar estudios de distribución del ingreso, evaluar el efecto de políticas fiscales, monetarias, arancelarias, entre otras.

Por medio de la MCS, se obtienen dos parámetros fundamentales para el análisis económico. El primero es el coeficiente técnico, el cual recoge los requerimientos directos del sector j-ésimo.

Cuenta	Productos	Actividades	Factores de producción	Ingreso Primario	Utilización	Cuenta Capital	RM Cuenta Corriente	Total
Productos		Consumo Intermedio			Consumo Final	Inversión	Exportaciones	Demanda
Actividades	Producción							Producción
Factores de producción		Valor Agregado Bruto					Remuneración recibida del RM	Ingreso de los factores
Ingreso primario	Impuestos a los Productos		Valor Agregado Bruto	Renta de la propiedad			Renta de la propiedad recibida del RM	Ingreso
Utilización				Gasto de consumo				Consumo
Cuenta Capital				Ahorro		Transferencias de capital		Fuentes
RM Cuenta Corriente	Importaciones		Remuneración pagada al RM	Renta de la propiedad pagada al RN				Ingresos del exterior
Total	Oferta	Producción	Pago de factores	Gasto	Consumo	Usos	Gastos en el exterior	

Fuente: Elaboración propia, basada en Miguel De, Manresa y Hernandez (1998).

Tabla 2: Matriz de Contabilidad Social (T)

Bajo el enfoque de insumo producto, no es más que la función lineal de producción, la cantidad de insumos requeridos por la industria j -ésima. Sin embargo, en el contexto de las matrices de contabilidad social, esos coeficientes técnicos representan las propensiones medias al gasto de cada uno de los sectores económicos.

Por su parte, los multiplicadores de Leontief, desde el análisis insumo-producto refleja los requerimientos directos e indirectos de las industrias para satisfacer una variación de la demanda final. Estos parámetros son utilizados para la evaluación de escenarios, dado que estiman el impacto *multiplicativo* de la industria i -ésima al registrarse un cambio en la demanda final. Es multiplicativo porque también toma en cuenta el efecto indirecto, el cual representa los requerimientos de aquellas industrias que son afectadas por la industria i -ésima.

Ahora bien, bajo el análisis de las matrices de contabilidad social, los multiplicadores de Leontief cuantifican el impacto del ingreso del i -ésimo sector económico cuando se registra un shock externo.

Schuschny[8] lo define como: “(...) la cantidad de producción que debería realizar el sector i , para satisfacer, *ceteris paribus*, una unidad de demanda final neta de importaciones del producto j -ésimo” (Schuschny. Ibidem)

De acuerdo a la literatura consultada, específicamente lo presentado por el BCV[13], entre los modelos más utilizados para la evaluación de escenarios y el análisis económico de las matrices de contabilidad social se encuentran:

1. Modelo Clásico: cuantifica el efecto directo e indirecto que se genera en la sector i -ésimo, cuando se presenta una variación en la cuenta exógena j -ésima.
2. Modelo No Clásico: estima los multiplicadores del área exógena y el efecto que genera la

ejecución de cierta política económica sobre la sección exógena.

3. Modelo de Precios Homogéneos Clásico: por medio de estos modelos, se puede obtener el efecto y la incidencia que tiene sobre los precios una variación de los costos del sector j -ésimo. La variación de los costos afectará de forma homogénea a cada uno de los componentes del área endógena.
4. Modelo de Precios Homogéneos No Clásico: Es similar al modelo anterior, sólo que en el modelo no clásico, se puede obtener el impacto generado sobre los precios del área exógena, ante cambio de un componente exógeno.
5. Modelo de Precios No Homogéneos: Este modelo genera una matriz individualizada para cuantificar en qué proporción varían los precios de un componentes específico (manteniendo constante el resto de las variables) si se modifica un componente exógeno.
6. Descomposición de Multiplicadores: Una de las características del sistema económico es la interdependencia de los distintos sectores, ya sea de forma directa o indirecta. En este sentido, se han desarrollado técnicas que permiten descomponer los multiplicadores de la MCS en partes, con el objetivo de estimar los efectos internos, abiertos y circulares.[11]

La MCS es considerada una herramienta básica para la planificación sectorial, al dejar en evidencia las actividades económicas que son claves para la economía, las que tienen un fuerte arrastre y empuje sobre el aparato productivo de la nación. En este sentido, los multiplicadores de Leontief permite cuantificar, el efecto que ejerce un sector económico sobre el resto de los sectores que le provee insumos o presta servicios (encadenamiento hacia atrás), conocido también *efecto difusión*. Así como *efecto absorción* el encadenamiento hacia adelante, que representa la capacidad de sector de empujar a otros sectores económicos, permitiendo además clasificar las cuentas y actividades económicas, por medio de la técnica de Rasmussen, descrita por Schuschny de la siguiente manera[8]:

- a. Independientes: son sectores económicos que no tienen gran influencia sobre la economía, poder y la sensibilidad de dispersión se encuentran por debajo de la media.
- b. Base: La sensibilidad de dispersión se encuentra por debajo del promedio. Sin embargo, son sectores económicos que tienen poder de absorción mayor de uno.
- c. Impulsores de la Economía: Poseen una gran capacidad de arrastre, mientras que su sensibilidad de dispersión está por debajo de la media.
- d. Claves: Son los más importantes, debido al impacto que genera en los sectores aguas arriba y aguas abajo de la cadena productiva.

Dada la complejidad de construir una matriz de contabilidad social anualmente, se han desarrollado una serie de técnicas que permiten extrapolar la matriz, permitiendo realizar un

análisis del comportamiento dinámico del flujo de ingreso y gasto, ya no sólo se trata de una fotografía de un momento dado. Uno de los métodos más usados para proyectar la matriz es el RAS, empleado además para obtener de una MCS nacional la matriz regional. En el año 2013, se inició el desarrollo de una aplicación que permite estimar la MCS y de la matriz de insumo producto para t-períodos[14].

En resumen, las aplicaciones que tienen las matrices de contabilidad social son muchas y dependerán del objeto de estudio. Si se desea establecer políticas sectoriales debe conocer la estructura industrial de la región o si se desea formular políticas dirigidas a redistribuir de forma más justa la riqueza generada por una nación o beneficiar a un sector desfavorecido, puede evaluar el impacto que tiene sobre el ingreso la ejecución de ciertas políticas. De allí la importancia que tienen las MCS para el análisis económico y la construcción de políticas económicas.

Software Privativo: Excel

Microsoft Excel es un software que forma parte del paquete Office (conjunto de herramientas: procesadores de texto, generador de diapositivas, gestores de base de datos, entre otros), desarrollado por la empresa Microsoft y enfocado al área administrativa[15]. Este software cuenta con una interfaz amigable, comprendida por una barra de herramientas y una hoja compuesta por casi infinitas celdas, para que el usuario introduzca datos de cualquier tipo (entero, float, booleanos, string, entre otros), realice operaciones aritméticas de diferente complejidad y genere gráficos. Su principal atractivo está en la forma sencilla de mostrar y modificar datos, acompañada de la variedad y sencillez para graficar y ejecutar fórmulas matemáticas o estadísticas.

Excel cuenta además, con una herramienta que facilita la automatización los procesos repetitivos y tediosos, conocida como *macros*, esta se configura para implementar un proceso o tarea y así probar y ejecutar n veces el mismo proceso en la macro, permitiendo modificarlo y almacenarlo para posteriores ejecuciones. Esta automatización y simplificación de procesos parece idónea, sin embargo la cantidad de datos disponibles ha crecido de forma exponencial, por lo que herramientas como las macros son ineficientes en lo que respecta al procesamiento de enormes cantidades de datos.

Este crecimiento en el volumen de datos disponibles y el incremento de la capacidad de cómputo, que con el paso del tiempo va dejando obsoletas algunas herramientas o las mismas se van quedando cortas, han colocado en primer plano, la importancia de los lenguajes de programación robustos como C o C++, que permiten optimizar la ejecución de operaciones matemáticas de alto uso de computo y procesar grandes cantidades de datos en poco tiempo. Es aquí donde se ve marcada la diferencia entre el software privativo Excel y sus macros versus y los software basados en lenguajes de programación como C o C++, ya que se puede demostrar que pese a que Excel podría abrir un archivo con una gran cantidad de datos, los macros podrían dejar de responder, sumándole por supuesto los largos tiempos de espera, siendo necesario entonces desarrollar sistemas libres sobre lenguajes robustos que puedan ser

ajustados a las necesidades que cualquier investigador. Por otra parte, Microsoft Excel es una herramienta privativa, su desarrollo y mejoras están determinadas por una empresa y son cerradas, ninguna persona con conocimiento en desarrollo tiene acceso a su código fuente para ajustar la herramienta de acuerdo a sus necesidades, optimizarlo, entre otras cosas; además, esta empresa obtiene una renta infinita sobre un producto.

Teniendo esto en cuenta, el BCV, principal ente encargado de la estimación de la matrices de contabilidad social, realiza las operaciones matriciales en hojas de cálculo de Microsoft Excel, software utilizado para tareas financieras y contables a través del uso de fórmulas tanto matemáticas como lógicas, las cuales en combinación con macros permiten realizar al BCV las estimaciones de las matrices de contabilidad social y construir modelos utilizando como base la información de esta tabla. En la actualidad, se cuenta con matrices con más dos mil (2000) filas y columnas, un tamaño difícil de manejar en Excel, sin contar que no se pueden realizar las operaciones requeridas en dichos macros, dado que sobrepasa la capacidad de computo de Excel, exigiendo entonces programas robustos y con una mayor capacidad, como los desarrollados bajo el código C o C++.

Software Libre: Xamú

Descripciones Técnicas

Para el desarrollo Xamú, sistema para el manejo de matrices de contabilidad social se partió de la capacidad de C++ para la manipulación de operaciones matemáticas y la robustez del lenguaje de programación. Pero el lenguaje por sí sólo no es suficiente para el desarrollo de una herramienta con interfaz gráfica, por lo que fue necesario complementarlo con el framework *Qt Creator* [16], usado principalmente para el desarrollo de aplicaciones de escritorio. Es importante resaltar que Qt no es un lenguaje de por sí, sino que implementa C++ y extiende su funcionalidad con muchas nuevas características, donde lo más importante es poder desarrollar una interfaz gráfica de *'drag and drop'*, compuesta por un lienzo vacío en el cual se van ajustando todos los elementos disponibles que ofrece Qt, ya con una interfaz lista el framework maneja los *'SIGNAL's & SLOT's'* que permiten que se ejecuten acciones al interactuar con cierto elemento disponible en la interfaz, por ejemplo: la acción que debe ocurrir al darle click en un botón y el objeto que se ve afectado tras dicha acción.

Bajo la estructura de *'SIGNAL's & SLOT's'*, el trabajo más importante viene dado por el SLOT, que es donde se ejecuta la acción como tal. Éstos no son más que métodos en los que se definen todo el código que se necesite al momento de ser activado, por lo general en una aplicación estándar donde se ejecutan los métodos que le dan vida a una aplicación realizada en Qt. Una característica importante de que Qt esté asociado con C++, es poder utilizar todas sus librerías propias, así como también incluir librerías externas, característica que lo hace bastante extensible y muy limpio a la hora de reutilizar algún otro código realizado con anterioridad.

Debido al contexto de la aplicación, fue necesario y relevante incluir una librería externa para la realización de operaciones matriciales, ya que la longitud de las mismas podría crecer

de forma exponencial en el tiempo, en este caso particular por su fácil implementación, rapidez, extensa documentación y por contar con las operaciones necesarias para el correcto desarrollo del sistema, se utilizó la librería de C++ *Eigen*[17], la cual cuenta con un modo sencillo de uso y una manipulación excelente para las matrices, teniendo en ella definidas estructuras de datos para matrices dinámicas, siendo esto óptimo para el ahorro de memoria en el computador. Dichas estructuras cuentan con funciones de fácil uso para determinar el número de filas, columnas entre otros elementos. Su punto fuerte viene dado por los métodos utilizados para las operaciones de matrices, entre los que destacan: estimar una matriz identidad de $n \times n$, la matriz inversa, un determinante o una transpuesta, dado que su implementación no implica más que unos pocos caracteres de código para su implementación, permitiendo obtener resultados muy eficientes y rápidos.

Es importante resaltar que su filosofía de programación está completamente adaptada a la orientada a objetos, por lo que siempre se verá en Qt clases y métodos. Esta filosofía viene adaptada con una estructura de proyectos parecido a MVC (Modelo Vista Controlador) ya que un formulario realizado en Qt cuenta por lo general con tres (3) archivos fundamentales, una librería (.h) donde se definen las dependencias, atributos y métodos, los recursos (.cpp) en el que se desarrolla la aplicación, los métodos que le darán la funcionalidad al sistema y por último se tienen los formularios (.ui) que son las interfaces gráficas, las cuales deben ser desarrolladas de forma amigable e intuitiva para el usuario.

Arquitectura del Sistema

La arquitectura del sistema cuenta con cuatro capas:

- *Configuración*: se realizan las configuraciones iniciales que definirán como se verán las matrices a lo largo del sistema.
- *Carga de archivos con datos y visualización*: en esta capa se cargan todos los datos de una matriz desde un archivo con formato .csv y se ofrece una visualización de los mismos.
- *Realizar operaciones y almacenar datos*: se realizan los cálculos que el usuario necesite y las operaciones que sean primordiales, se almacenan sólo las matrices más importantes.
- *Operaciones con la librería Eigen*: se realizan operaciones matriciales tales como multiplicación de matrices, matrices por vector, realización de matrices identidad, transposición de matrices, entre otras, todo con la ayuda de la librería Eigen.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2: Arquitectura del Sistema

El software Xamú, se desarrolló empleando la Metodología de Desarrollo Colaborativo de Software Libre V2, elaborada por CENDITEL. Esta metodología parte de tres procesos, cada uno con una serie de actividades[18].

1. **Conceptualización:** se describe la fundamentación del proyecto, la propuesta de desarrollo donde se explica el problema a abordar, la solución propuesta y cómo se dará respuesta a la inquietud planteada.
2. **Administración del software:** se elabora el plan del proyecto, donde se jerarquiza las prioridades, la dependencia entre las funcionalidades y describen los riesgos asociados al desarrollo de la aplicación.
3. **Construcción del software:** en este proceso se especifican los requerimientos funcionales y no funcionales, los casos de uso. También se realiza el diseño de la interfaz gráfica para así iniciar la codificación de las funcionalidades. Este proceso culmina con la ejecución de pruebas y la liberación del software.

Presentación del Sistema

Xamú, es un sistema de manejo de matrices de contabilidad social, diseñado con el objetivo de suministrar a los estudiantes, investigadores y en especial a entes encargados de formular políticas económicas, una herramienta tecno-política libre que les permita realizar estudios y análisis macroeconómico por medio la construcción de modelos de multiplicadores de MCS. Xamú no sólo se presenta como una herramienta exclusiva para el caso Venezolano, su diseño es flexible para que pueda ser empleada para cualquier tipo de matriz de contabilidad social, ya sea nacional, regional, con k cuentas y de dimensiones $n \times n$.

The screenshot shows the Xamú software interface with a menu bar (Archivo, Herramientas, Visualización, Ayuda) and a main window titled 'Estructura de la Matriz de Contabilidad Social'. The table below represents the structure of the Social Accounting Matrix (SAM).

MACRO SAM	PRODUCTOS	ACTIVIDADES	FACTORES DE PRODUCCIÓN	ASIGNACIÓN PRIMARIA DEL INGRESO	UTILIZACIÓN DEL INGRESO	CUENTA CAPITAL	CUENTA FINANCIERA	CUENTA CORRIENTE	CUENTA CAPITAL	TOTAL
PRODUCTOS		Consumo Intermedio			Consumo Final	Inversión		Exportaciones		Demanda
ACTIVIDADES	Producción									Producción
FACTORES DE PRODUCCIÓN		Valor Agregado Bruto						Reo Recibida Exterior		Ingreso de los factores
ASIGNACIÓN PRIMARIA DEL INGRESO	Impuestos a los productos		Valor Agregado Bruto	Renta de la Propiedad (RP)				RP recibida exterior		Ingreso Total
UTILIZACIÓN DEL INGRESO				Gasto de Consumo						Consumo
CUENTA CAPITAL				Ahorro		Transferencia de Capital	Pasivos			Fuentes
CUENTA FINANCIERA						Activos			Adquisición de activos del RM	Activos
CUENTA CORRIENTE	Importaciones		Reo pagada al Exterior	RP pagada exterior						Ingreso del exterior
CUENTA CAPITAL							Emisión de pasivos RM	Saldo Cuenta Corriente con el Exterior		
TOTAL	Oferta	Producción	Pago de los factores	Gasto Total	Consumo	Usos	Pasivos	Gasto del exterior		

Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres. Nodo Mérida.

Fuente: Xamú.

Figura 3: Panel de entrada de Xamú

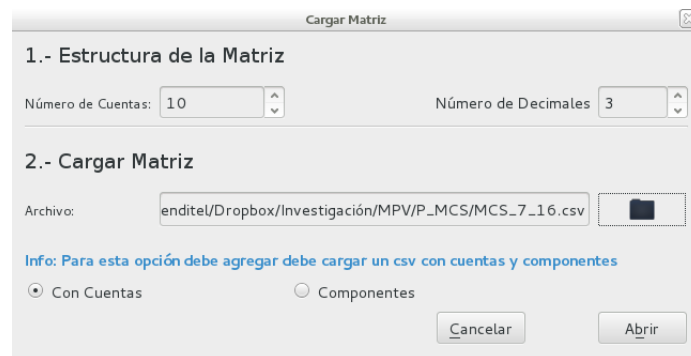
El software Xamú, cuenta con una barra de menú principal, compuesta por cuatro elementos:

1. Archivo: muestra las opciones de crear un nuevo proyecto, cargar matriz, exportar matriz a un archivo .csv y salir del sistema.
2. Herramientas: desde esta sección se podrá acceder a las funcionalidades más importantes del sistema, que va desde la construcción y evaluación de escenario empleando los distintos modelos de multiplicadores como por ejemplo: clásico, no clásico, precios homogéneos, precios no homogéneos, descomposición de multiplicadores, además de clasificar las cuentas de acuerdo a los encadenamientos parciales.

3. Visualización: teniendo en cuenta que pueden construirse matrices de grandes dimensiones, se desarrolló una funcionalidad que permite al usuario visualizar en otra ventana una parte de la matriz, en otras palabras extraer una sub-matriz.
4. Ayuda: en esta sección del menú, el usuario tendrá acceso a información relacionada al desarrollo del software (documentación, código fuente) y al manual de usuario.

A continuación se describen alguna de las funcionalidades más importantes:

1. Cargar matriz: esta funcionalidad permite cargar al software la MCS, por medio de un archivo comma-separated values (.csv), registrándose en la primera fila el nombre de las cuentas y en la segunda fila se encuentra la identificación de las sub-cuentas. Ambos elementos dependen de la matriz que el usuario utilice para su estudio, no está limitada a nombres específicos. También se puede definir el número de cuentas y el número de decimales en que se mostrarán los resultados. Se desarrolló de forma intuitiva para el usuario.



Fuente: Xamú.

Figura 4: Cargar Matriz de Contabilidad Social

2. Exportar matriz: Xamú permite exportar en un archivo tipo comma-separated values (.csv) cada una de las tablas generadas durante la sesión de trabajo.
3. Clasificar los sectores económicos: esta funcionalidad consiste en estimar los encadenamientos hacia atrás y hacia adelante, el efecto difusión y de absorción, presentando los resultados en una tabla, de acuerdo a las especificaciones del usuario. Además se clasifica las sub-cuentas y cuentas de acuerdo a dos técnicas desarrolladas por Chenery-Watanabe y Rasmussen.
4. Construir modelo de multiplicadores: en Xamú se implementaron una serie de algoritmos que permiten construir seis (6) modelos de multiplicadores entre los que se encuentran: el modelo clásico, no clásico, precio homogéneo, precios no homogéneos y la descomposición de multiplicadores. Esta funcionalidad es el motor del sistema, debido a que los modelos

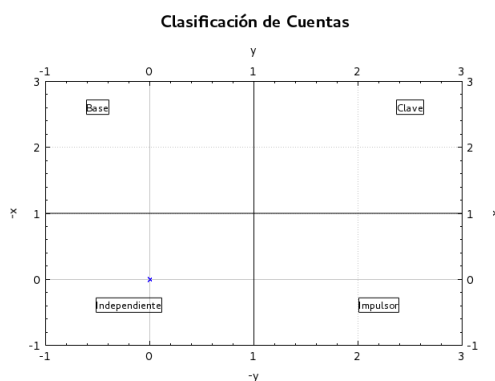
son utilizados para la evaluación de escenarios, la estimación de impactos generados sobre una determinada sub-cuenta dado un shock externo, análisis de incidencia de la variación de precios y la estudios acerca de la distribución del ingreso.

SMSAM								
Inicio	MCS	Tipo de Variable	Endogena-Endogena	Escenario C 1	Resultado C 1	Escenario C 2	Resultado C 2	Comparacion 1
1	2	3	4	5	6			
2				Resultado C 1		Resultado C 2		
3				Resultados	Variación	Resultados	Variación	
3	Producto	c1		22.497,120	1,861%	22.974,213	4,022%	
4		c2		38.745,551	17,843%	44.661,236	35,835%	
5		c3		508.180,939	1,969%	517.675,278	3,875%	
6	Actividades	a1		127.392,851	1,952%	129.825,110	3,898%	
7		a2		135.784,299	1,871%	138.331,596	3,782%	
8		a3		217.509,005	4,534%	226.748,950	8,975%	
9	Factores de Producción	reo		126.300,706	3,982%	130.995,191	7,847%	
10		ee		156.518,331	2,457%	160.321,165	4,946%	
11	Distribución Primaria del Ingreso	ins		193.411,760	2,214%	197.589,899	4,422%	
12		hog		195.909,881	3,010%	201.381,905	5,887%	
13	Consumo	bys		163.976,571	3,067%	168.556,655	5,946%	

Fuente: Xamú.

Figura 5: Comparación de resultados

5. Generar reportes y gráficos: la cantidad de información que puede contener una MCS puede dificultar el posterior análisis de los resultados obtenidos, por lo que el sistema genera un reporte en formato .pdf para presentar los resultados de las evaluación de escenarios, así como los encadenamientos y clasificador de cuentas, para este último elemento Xamú construye un gráfico exportable en formato de imagen (.png).



Fuente: Xamú.

Figura 6: Gráfico generado por el sistema

Formulación Matemática

Xamú, no sólo carga una MCS de $n \times n$ dimensiones, y con k cuentas y sub-cuentas, sino que además se implementaron una serie de algoritmos que le permite al usuario utilizar algunas de las aplicaciones desarrolladas como el modelo de multiplicadores clásico, el modelo de descomposición de multiplicadores, la técnica de Chenery-Watanabe, y de Rasmussen (estas últimas para estimar los encadenamientos y clasificar las cuentas). A continuación, se realizará una descripción detallada de los modelos y algoritmos empleados por el software para el análisis económico:

Supongamos que contamos con una matriz de contabilidad social T , de dimensiones $n \times n$, con n número de cuentas, cada una de estas puede estar compuestas por cierto número de sub-cuentas, por ejemplo, la cuenta factores de producción posee tres sub-cuentas: Excedentes de explotación, remuneración de asalariados e ingreso mixto.

Así mismo, se cuenta con el vector columna *total ingreso* donde se refleja la sumatoria de la sub-cuenta fila i -ésima y el vector fila *total gasto* en el que se presenta la sumatoria del la sub-cuenta j -ésima, tal y como se muestra en la tabla 3:

Cuentas		Cuenta 1		Cuenta 2			Cuenta 3	Cuenta 4	...	Cuenta n	Total Ingreso
Sub-cuentas		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	...	Tj	
Cuenta 1	T1	T_{11}	T_{12}	T_{13}	T_{14}	T_{15}	T_{16}	T_{17}	...	T_{1j}	T_1
	T2	T_{21}	T_{22}	T_{23}	T_{24}	T_{25}	T_{26}	T_{27}	...	T_{2j}	T_2
	T3	T_{31}	T_{32}	T_{33}	T_{34}	T_{35}	T_{36}	T_{37}	...	T_{3j}	T_3
Cuenta 2	T4	T_{41}	T_{42}	T_{43}	T_{44}	T_{45}	T_{46}	T_{47}	...	T_{4j}	T_4
	T5	T_{51}	T_{52}	T_{53}	T_{54}	T_{55}	T_{56}	T_{57}	...	T_{5j}	T_5
Cuenta 3	T6	T_{61}	T_{62}	T_{63}	T_{64}	T_{65}	T_{66}	T_{67}	...	T_{6j}	T_6
Cuenta 4	T7	T_{71}	T_{72}	T_{73}	T_{74}	T_{75}	T_{76}	T_{77}	...	T_{7j}	T_7
...
Cuenta n	Ti	T_{i1}	T_{i2}	T_{i3}	T_{i4}	T_{i5}	T_{i6}	T_{i7}	...	T_{ij}	T_i
Total Gasto		T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	...	T_j	

Tabla 3: Matriz de Contabilidad Social (T)

El sistema estima las propensiones medias al ingreso y al gasto. La primera de ellas, se obtiene dividiendo cada elemento de la matriz T , entre el total de la fila i -ésima (total ingreso).

$$c_{ij} = t_{ij}/T_i \quad (1)$$

$$c = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} & c_{14} & c_{15} & c_{16} & c_{17} & c_{1j} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} & c_{24} & c_{25} & c_{26} & c_{27} & c_{2j} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} & c_{34} & c_{35} & c_{36} & c_{37} & c_{3j} \\ c_{41} & c_{42} & c_{43} & c_{44} & c_{45} & c_{46} & c_{47} & c_{4j} \\ c_{51} & c_{52} & c_{53} & c_{54} & c_{55} & c_{56} & c_{57} & c_{5j} \\ c_{61} & c_{62} & c_{63} & c_{64} & c_{65} & c_{66} & c_{67} & c_{6j} \\ c_{71} & c_{72} & c_{73} & c_{74} & c_{75} & c_{76} & c_{77} & c_{7j} \\ c_{i1} & c_{i2} & c_{i3} & c_{i4} & c_{i5} & c_{i6} & c_{i7} & c_{ij} \end{pmatrix} \quad (2)$$

Por su parte, la propensión media al gasto (coeficientes técnicos verticales), se estiman dividiendo cada elemento de la matriz T entre el total de la columna j -ésima (total gasto):

$$a_{ij} = t_{ij}/T_j \quad (3)$$

Para utilizar las técnicas descritas en la segunda sección, es necesario definir las variables exógenas y endógenas, por lo que la matriz quedaría dividida en cuatro sub-matrices.

Tipo		Endógena					Exógena				
	Cuentas	Cuenta 1		Cuenta 2			Cuenta 3	Cuenta 4	...	Cuenta j	
	Sub-Cuentas	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	...	Tj	
Endógena	Cuenta 1	T1	EE					EX			
		T2									
		T3									
	Cuenta 2	T4									
		T5									
Exógena	Cuenta 3	T6	XE					XX			
	Cuenta 4	T7									
									
	Cuenta i	Ti									

Tabla 4: División de la matriz por tipo de variable

Basados la clasificación de las cuentas por tipo de variables de la matriz T , se obtendría la siguiente sub-matriz endógena-endógena (EE) y exógena-endógena (XE):

$$EE = \begin{pmatrix} t_{11} & t_{12} & t_{13} & t_{14} & t_{15} \\ t_{21} & t_{22} & t_{23} & t_{24} & t_{25} \\ t_{31} & t_{32} & t_{33} & t_{34} & t_{35} \\ t_{41} & t_{42} & t_{43} & t_{44} & t_{45} \\ t_{51} & t_{52} & t_{53} & t_{54} & t_{55} \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$XE = \begin{pmatrix} t_{61} & t_{62} & t_{63} & t_{64} & t_{65} \\ t_{71} & t_{72} & t_{73} & t_{74} & t_{75} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ t_{i1} & t_{i2} & t_{i3} & t_{i4} & t_{i5} \end{pmatrix} \quad (5)$$

Multiplicadores de Leontief

Como se mencionó anteriormente, los multiplicadores de Leontief son la base del análisis económico de acuerdo a las MCS, dado que recoge el efecto directo e indirecto. Para estimarlos se parte de la sub-matriz EE y de sus coeficientes técnicos verticales.

La matriz An , se obtiene dividiendo cada elemento de EE por el total de la columna j -ésima de la matriz T . An , sólo muestra las cuentas endógenas.

$$An = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & a_{25} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & a_{35} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} & a_{45} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & a_{55} \end{pmatrix} \quad (6)$$

Posteriormente, se construye una matriz identidad (I) con las mismas dimensiones de la matriz An , y se calcula la inversa de la resta de ambas matrices, para así estimar la matriz de Leontief:

$$Ma = (I - An)^{-1} \quad (7)$$

$$Ma = \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} & m_{14} & m_{15} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} & m_{24} & m_{25} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} & m_{34} & m_{35} \\ m_{41} & m_{42} & m_{43} & m_{44} & m_{45} \\ m_{51} & m_{52} & m_{53} & m_{54} & m_{55} \end{pmatrix} \quad (8)$$

Encadenamientos

Para estimar los encadenamientos bien sea directos (con la matriz An) o por medio de los multiplicadores de Leontief, para recoge los efectos directos e indirectos (Ma), se debe totalizar las filas o columnas si es hacia adelante o hacia atrás respectivamente.

1. Encadenamiento hacia adelante (FL): es la sumatoria de la fila i -ésima, generando el siguiente vector columna.

$$FL_i = \sum_i (a_{ij}) \quad (9)$$

$$FL = \begin{vmatrix} FL_1 \\ FL_2 \\ FL_3 \\ FL_i \end{vmatrix} \quad (10)$$

2. Encadenamiento hacia atrás (BL): es la sumatoria de la columna j -ésima, generando un vector fila.

$$BL_j = \sum_j (a_{ij}) \quad (11)$$

$$BL = |BL_1 \quad BL_2 \quad BL_3 \quad BL_j| \quad (12)$$

Clasificador de Cuentas - Técnica Chenery - Watanabe

Los autores desarrollaron un algoritmo para estimar los encadenamientos directos hacia atrás y adelante, así como los indicadores que permiten clasificar las cuentas de acuerdo al impacto que estas ejercen sobre la economía[5]. El algoritmo parte de la matriz de coeficientes técnicos An .

1. Indicador de encadenamiento directo hacia adelante (FLI): se obtiene dividiendo cada elemento de la i -ésima sub-cuenta entre un promedio de la cuenta i -ésima.

$$FLI_i = \frac{FL_i}{\frac{\sum(FL)}{n}} \quad (13)$$

2. Indicador de encadenamiento directo hacia atrás (BLI): se obtiene dividiendo cada elemento de la j -ésima sub-cuenta entre el promedio de la cuenta j -ésima.

$$BLI_j = \frac{BL_j}{\frac{\sum(BL)}{n}} \quad (14)$$

De acuerdo a los resultados de los indicadores, las cuentas pueden clasificarse de la siguiente manera:

	IBL < 1	IBL > 1
IFL < 1	Independiente	Impulsor
IFL > 1	Base	Clave

Fuente: Elaboración propia, basada en Fuentes (2003).

Tabla 5: Clasificador de cuentas

Clasificador de Cuentas - Rasmunssen

Rasmunssen utiliza la matriz de multiplicadores de Leontief (Ma) para jerarquizar las cuentas y actividades económicas, de acuerdo al poder y sensibilidad de dispersión que cada una posea[5]. Estos indicadores se estiman de la siguiente forma:

1. Sensibilidad de dispersión (SD): este índice se estima multiplicando el número de filas por el encadenamiento hacia atrás de la cuenta i -ésima (vector (10)) y dividiendo el resultado entre la sumatoria de todos los elementos de la matriz de Leontief.

$$SD_i = \frac{(n * FL_i)}{\sum_{ij}(Ma_{ij})} \quad (15)$$

2. Poder de dispersión (PD): este índice se estima multiplicando el número de columnas por el encadenamiento hacia atrás de la cuenta j -ésima (vector (12)) y dividiendo el resultado entre la sumatoria de todos los elementos de la matriz de Leontief.

$$PD_j = \frac{(n * BL_j)}{\sum_{ij}(Ma_{ij})} \quad (16)$$

Modelo Clásico

Para estimar impactos de políticas utilizando el modelo clásico, se parte de la matriz de multiplicadores de Leontief[13]. A continuación se describen cada uno de los pasos que ejecuta Xamú.

1. Definir las variables exógenas y endógenas.
2. Estimar la Matriz de Leontief (Ma).
3. Estimar el vector Y , definido como la sumatoria de la fila i -ésima de la matriz Endógena - Exógena EX (Ver tabla ??).

$$EX = \begin{pmatrix} t_{16} & \dots & t_{1j} \\ t_{26} & \dots & t_{2j} \\ t_{36} & \dots & t_{3j} \\ t_{46} & \dots & t_{4j} \\ \dots & \dots & \dots \\ t_{i6} & \dots & t_{ij} \end{pmatrix} \quad (17)$$

$$y = \sum_i (t_{ij}) \quad (18)$$

4. Definir escenarios de política. Xamú cuenta con una interfaz que le permite al usuario introducir fácilmente los escenarios a evaluar. Para ello, debe definir el porcentaje en que cambiará las variables exógenas agrupadas en el vector y . Si tomamos como punto de

partida el número de cuentas endógenas y exógenas reflejadas en la tabla 4, el sistema realiza las siguientes operaciones:

Cuentas	Sub-Cuentas	Porcentaje (p)	Inyección (in)	y^*
Cuenta 1	T1	p_1	$in_1 = p_1 * y_1$	$y_1^* = in_1 + y_1$
	T2	p_2	$in_2 = p_2 * y_2$	$y_2^* = in_2 + y_2$
Cuenta 2	T3	p_3	$in_3 = p_3 * y_3$	$y_3^* = in_3 + y_3$
	T4	p_4	$in_4 = p_4 * y_4$	$y_4^* = in_4 + y_4$
	T5	p_5	$in_5 = p_5 * y_5$	$y_5^* = in_5 + y_5$

Tabla 6: Modelo Clásico

5. Evaluar escenarios. Se multiplica la matriz de los multiplicadores de Leontief con el vector y^* (contiene el escenario a evaluar). Obteniendo un vector resultado r , en el que cada elemento representa el total ingreso del sector i -ésimo.

$$r = Ma * y^* \quad (19)$$

$$\begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} & m_{14} & m_{15} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} & m_{24} & m_{25} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} & m_{34} & m_{35} \\ m_{41} & m_{42} & m_{43} & m_{44} & m_{45} \\ m_{51} & m_{52} & m_{53} & m_{54} & m_{55} \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} y_1^* \\ y_2^* \\ y_3^* \\ y_4^* \\ y_5^* \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \\ r_5 \end{pmatrix} \quad (20)$$

6. Por último, se estima la variación porcentual registrada en el ingreso de la cuenta i -ésima, comparando el total ingreso registrado en la matriz T y el vector r .

Tipo	Cuentas	Sub-Cuentas	Total Ingreso TI	Resultado (r)	Variación del Ingreso %
Endógenas	Cuenta 1	T1	t_1	r_1	v_1
		T2	t_2	r_2	v_2
	Cuenta 2	T3	t_3	r_3	v_3
		T4	t_4	r_4	v_4
		T5	t_5	r_5	v_5

Tabla 7: Resultados Modelo Clásico

Modelo No Clásico

Tomando como referencia la clasificación de las cuentas presentada en la tabla 4, el modelo no clásico cuantifica el efecto sobre las variables exógenas. El algoritmo implementado en el sistema es el siguiente[13]

1. Estimar la matriz de coeficientes técnicos exógenos (Bn).

Tipo		Endógena					
	Cuenta	Cuenta 1		Cuenta 2			
	Sub-cuenta	T1	T2	T3	T4	T5	
Exógena	Cuenta 3	T6	t_{61}	t_{62}	t_{63}	t_{64}	t_{65}
	
	Cuenta i	Ti	t_{i1}	t_{i2}	t_{i3}	t_{i4}	t_{i5}

Tabla 8: Sub-matriz exógena - endógena XE

La matriz coeficientes técnicos exógenos (Bn) se obtiene dividiendo cada elemento de la sub-matriz XE , entre el vector fila total gasto de la tabla 2 (sumatoria de la cuenta j -ésima).

$$b_{ij} = t_{ij}/T_j \quad (21)$$

2. Estimar la matriz de multiplicadores exógenos (Mb), multiplicando la matriz Bn por la matriz de Leontief.

$$Mb = Bn * Ma \quad (22)$$

3. Estimar el vector s , el cual se obtiene de la sumatoria de la cuenta i -ésima de la sub-matriz XE .
4. Definir escenarios a evaluar, empleando el mismo tabla 6.
5. Evaluar escenarios, se multiplica la matriz de multiplicadores exógenos Mb con el vector y^* .

$$r = Mb * y^* \quad (23)$$

$$\begin{pmatrix} mb_{61} & mb_{62} & mb_{63} & mb_{64} & mb_{65} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ mb_{i1} & mb_{i2} & mb_{i3} & mb_{i4} & mb_{i5} \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} y_1^* \\ y_2^* \\ y_3^* \\ y_4^* \\ y_5^* \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_6 \\ \dots \\ r_i \end{pmatrix} \quad (24)$$

6. Se estima la variación del total de ingreso de la cuenta exógena i -ésima.

Exógena	Cuenta	Sub-cuenta	Total Ingreso Exógeno (s)	Resultado (r)	Variación Ingreso Exógeno
	Cuenta 3	T6	s_6	r_6	v_6
...	
Cuenta 7	T7	s_7	r_7	v_7	
Cuenta i	Ti	s_i	r_i	v_i	

Tabla 9: Resultados modelo no clásico

Precios Homogéneos Clásico

1. Estimar la matriz transpuesta de Ma .

$$Ma^T = (Ma)^T \quad (25)$$

2. Sumar la fila de la sub-cuenta exógena i -ésima, de la matriz base T .

$$z_i = \sum_j (t_{i,j}) \quad (26)$$

$$\begin{array}{l} \left| \begin{array}{l} \text{Endogena} - 1 \\ \text{Endogena} - 2 \\ \text{Endogena} - 3 \\ \text{Endogena} - 4 \\ \text{Endogena} - 5 \end{array} \right| \rightarrow \left| \begin{array}{l} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \\ z_4 \\ z_5 \end{array} \right| \end{array} \quad (27)$$

3. Estimar el vector de ponderaciones por cuenta (p). Como se muestra en la matriz base T , presentada en la tabla 3, una MCS está conformada por cuentas y sub-cuentas, por lo que para estimar el vector p se debe en primer lugar, sumar cada uno de los elementos del vector z , que componen la cuenta n -ésima.

$$\left| \begin{array}{l} \text{Cuenta} - 1 \\ \text{Cuenta} - 2 \end{array} \right| \rightarrow \left| \begin{array}{l} zc_1 = z_1 + z_2 \\ zc_2 = z_3 + z_4 + z_5 \end{array} \right| \quad (28)$$

Luego se divide cada elemento del vector z , entre el sub-total de la cuenta correspondiente.

$$\begin{array}{l} \left| \begin{array}{l} \text{Endogena} - 1 \\ \text{Endogena} - 2 \\ \text{Endogena} - 3 \\ \text{Endogena} - 4 \\ \text{Endogena} - 5 \end{array} \right| \rightarrow \left| \begin{array}{l} p_1 = z_1/zc_1 \\ p_2 = z_2/zc_1 \\ p_3 = z_3/zc_2 \\ p_4 = z_4/zc_2 \\ p_5 = z_5/zc_2 \end{array} \right| \end{array} \quad (29)$$

4. Estimar matriz de incidencia $PHCa$ del 100 %, multiplicando cada elemento de Ma por la ponderación correspondiente.

$$p_{ij} = m_{ij} * p_k \quad (30)$$

$$\left| \begin{array}{l} \text{Endogena} - 1 \\ \text{Endogena} - 2 \\ \text{Endogena} - 3 \\ \text{Endogena} - 4 \\ \text{Endogena} - 5 \end{array} \right| \rightarrow PHCa = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & p_{14} & p_{15} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & p_{24} & p_{25} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} & p_{34} & p_{35} \\ p_{41} & p_{42} & p_{43} & p_{44} & p_{45} \\ p_{51} & p_{52} & p_{53} & p_{54} & p_{55} \end{pmatrix} \quad (31)$$

5. Si se desea conocer el efecto que tiene sobre los precios la variación de los costos de un sector específico ($PHCb$), se debe especificar la variación (%) sobre las cuentas o sub-cuentas a evaluar. Y luego multiplicar la matriz $PHCa$ con el escenario a evaluar.

$$\left| \begin{array}{l} \text{Sub} - \text{cuentas} \\ \text{Escenario} - \text{porcentaje} \end{array} \right| \rightarrow \begin{matrix} T1 & T2 & T3 & T4 & T5 \\ x & x & x & x & x \end{matrix} \quad (32)$$

$$p_{ij} * x \quad (33)$$

Precios Homogéneos No Clásico

1. Estimar la transpuesta de la matriz de multiplicadores exógenos Mb .

$$Mb^T = (Mb)^T \quad (34)$$

Tipo		Exógenas				
	Cuenta	Cuenta 3	Cuenta 4	...	Cuenta i	
	Sub-cuenta	T6	T7	...	Ti	
Endógena	Cuenta 1	T1	mb_{16}^t	mb_{17}^t	...	mb_{1i}^t
		T2	mb_{26}^t	mb_{27}^t	...	mb_{2i}^t
	T3	mb_{36}^t	mb_{37}^t	...	mb_{3i}^t	
	Cuenta 2	T4	mb_{46}^t	mb_{47}^t	...	mb_{4i}^t
		T5	mb_{56}^t	mb_{57}^t	...	mb_{5i}^t

Tabla 10: Matriz transpuesta de los multiplicadores exógenos

2. Estimar la matriz de incidencia $PHNCa$, multiplicando cada elemento de Mb^T por el vector de ponderaciones p (ecuación 29).

$$p_{ij} = mb_{ij}^t * p_k \quad (35)$$

$$\begin{array}{l} \left| \begin{array}{l} \text{Endogena} - 1 \\ \text{Endogena} - 2 \\ \text{Endogena} - 3 \\ \text{Endogena} - 4 \\ \text{Endogena} - 5 \end{array} \right| \rightarrow PHNCa = \begin{pmatrix} p_{16} & p_{17} & \dots & p_{1i} \\ p_{26} & p_{27} & \dots & p_{2i} \\ p_{36} & p_{37} & \dots & p_{3i} \\ p_{46} & p_{47} & \dots & p_{4i} \\ p_{56} & p_{57} & \dots & p_{5i} \end{pmatrix} \end{array} \quad (36)$$

3. Para estimar el efecto generado sobre los precios, ante una variación x de los costos del los sectores exógenos, se debe multiplicar la matriz $PHNCa$ por el vector donde se define el escenario a evaluar.

$$\begin{array}{l} \left| \begin{array}{l} \text{Sub} - \text{cuentas} \\ \text{Escenario} - \text{porcentaje} \end{array} \right| \rightarrow \begin{array}{l} T6 \quad T7 \quad \dots \quad Ti \\ x \quad x \quad x \quad x \end{array} \end{array} \quad (37)$$

$$p_{ij} * x \quad (38)$$

Descomposición de Multiplicadores

Con esta técnicas se pretende descomponer la matriz de Leontief en cada uno de sus componentes, y así analizar los tres tipos de efectos que se presentan:

$$Ma = I + T + O + C \quad (39)$$

$$Ma = M_3 * M_2 * M_1 \quad (40)$$

A continuación se presentan el algoritmo expuesto por J. Round[20] y ejecutado por Xamú para generar los componentes presentados en la ecuación 39 y 40.

1. Estimar la matriz A_0 , parte de la matriz de coeficientes técnicos An y recoge la información registrada en la diagonal de dicha matriz.
2. Restar la matriz A_0 y An .

$$Ao = (A_0 - An) \quad (41)$$

3. Estimar M_1

$$M_1 = (I - Ao)_{-1} \quad (42)$$

4. Estimar matrices auxiliares, la cual dependerá del número de cuentas exógenas. es importante acotar que la cuenta producto y actividad se cuentan como una sola.

$$\begin{array}{l} A^1 = M_1 * Ao \\ A^2 = A^1 * A^1 \\ A^3 = A^2 * A^1 \\ A^i = A^{i-1} * A^1 \end{array} \quad (43)$$

5. Estimar M_2 y M_3

$$M_2 = I + A^1 + \dots + A^{i-1} \quad (44)$$

$$M_3 = (I - A^i)^{-1} \quad (45)$$

6. Estimar las matrices de efectos de transferencias (T), abierta (O) y de cierre (C).

$$T = M_1 \quad (46)$$

$$O = (M_2 - 1) + M_1 \quad (47)$$

$$C = (M_3 - I) * M_2 * M_1 \quad (48)$$

Conclusiones

El sistema de manejo de matrices de contabilidad social, Xamú forma parte del proyecto Mapa Productivo de Venezuela, iniciado en el año 2009, cuyo objetivo es suministrar a la APN herramientas tecno-políticas que generen información y conocimiento pertinente acerca de la estructura económica del país, el flujo de entrada y salida de productos y dinero para apoyar los procesos de formulación, control y seguimiento de políticas públicas (específicamente en el área económica y productiva), con miras a construir un sector industrial sólido y de capital nacional que garantice la satisfacción de las necesidades de la sociedad venezolana, así como un desarrollo social y económico integral y sostenido de la nación.

En este sentido, Xamú es una aplicación amigable e intuitiva para los usuarios, ya sean estudiantes universitarios y profesores que la utilicen como herramienta pedagógica para estudiar las MCS, por los investigadores que desee generar conocimiento útil para comprender el sistema económico de una región o país en particular, y para las instituciones rectoras en materia de planificación económica, al utilizarla para estimar los impactos de políticas.

Xamú es software libre, esto no sólo implica que las personas tienen acceso al código fuente de la aplicación, sino a todo el proceso en sí, desde la conceptualización, el por qué, para qué, las técnicas empleadas, entre otras, esto para garantizar la apropiación de la herramienta, de la metodología y técnicas que están detrás de ellas. A este respecto, es importante resaltar que el Estado venezolano está apostando por el desarrollo y crecimiento del sector tecnológico del país, de allí que en el año 2013 se aprobara la Ley de Infogobierno, la cual insta a desarrollar tecnologías libres que faciliten el procesamiento, sistematización y visualización de la información generada en el sector público y que está basado en el objetivo 1.5.3.3: *Garantizar, en las instituciones del Estado, el uso de equipos electrónicos y aplicaciones informáticas en tecnologías libres y estándares abiertos*

Las funcionalidades de Xamú, pueden seguir enriqueciéndose al incluir las técnicas desarrolladas en los últimos años, para estimar impactos de las políticas sociales, a introducir las cuentas satélites, y que permitiría cuantificar el efecto que tiene sobre el flujo de ingreso de los distintos sectores económicos si se incrementa la matrícula universitaria, o si se establece un plan de construcción de infraestructura, entre otros. Es una tarea que queda pendiente

desarrollar, no sólo desde CENDITEL, sino de cualquier investigador o institución que desee continuar o trabajar de forma colaborativa con el crecimiento Xamú.

Agradecimientos

A la Fundación CENDITEL, por haber sido el espacio institucional donde se diseñó y desarrolló el proyecto.

Al Banco Central de Venezuela y Economista Agustín Velazquez por facilitar el curso de Modelos de Multiplicadores para las Matrices de Contabilidad Social, al aportar los elementos teóricos - metodológicos necesarios para el desarrollo del proyecto.

Al Doctor José Contreras y a la economista Karelys Medina por sus observaciones y asesorías que permitieron mejorar y optimizar las funcionalidades del software.

Al Profesor Vicente Ramírez de la Universidad de los Andes, por facilitar material y elementos teóricos requeridos para la culminación del proyecto.

Bibliografía

- [1] Wikipedia. *Anexo:Economistas*. 2014. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Economistas>
- [2] J. Paría. *El Tableau Economique, un precedente de la matriz insumo producto*. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Mar del Plata. 2007. Disponible en: http://nuland.mdp.edu.ar/623/1/paris_jm.pdf
- [3] E. Gonzalez y F. Morentes. *Quesnay y los conceptos generales de la fisiocracia*. Disponible en: personal.us.es/escartin/Conceptos_de_la%20Fisiocracia.pdf
- [4] Organización de Naciones Unidas. *Manual del sistema de cuentas nacionales* New York, 1993.
- [5] N. Fuentes. *Matrices de Insumo-Producto de los estados fronterizos del norte de México*. Frontera Norte. Vol. 15, Nro. 29. Pp.-151-184. México, 2003.
- [6] Organización de Naciones Unidas *Handbook of Input-Output table compilation and analysis* New York, 1999.
- [7] E. Hernández. *Un Modelo de Insumo producto (MIP) como instrumento de análisis económico* Serie de Documentos de Trabajo, Nro. 69. Banco Central de Venezuela. Caracas, 2005.
- [8] A. Schuschny *Tópicos sobre el modelo de Insumo-Producto: Teorías y aplicaciones*. Serie de Estudios Estadísticos y Prospectivos, Nro. 37. Chile, 2005.
- [9] E. Taylor & A. Yúnez. *Estudio Económico de Galápagos* 1999.

- [10] A. Bracamontes & R. Méndez. *Análisis de la pobreza en Sonora con matrices de contabilidad social. El caso de Sirebampo, Sonora* Imaginales, Nro. 5. México, 2007.
- [11] F. De Miguel, A. Manresa y J. Hernández. *Matriz de contabilidad social y multiplicadores contables: una aplicación para Extremadura*. Estadística Española. Vol. 40, Nro. 143. Pp.195-232. España, 1998.
- [12] A. Cámara. *Estimación de la matriz de contabilidad social de la comunidad de Madrid para el año 2000: análisis del impacto de los fondos Europeos 2000-2006 en la región aplicando la metodología de multiplicadores lineales*. Consejería de Economía y Hacienda, Primera Edición. España, 2008.
- [13] Banco Central de Venezuela *Introducción a las matrices de contabilidad social de Venezuela*. Material del curso de Modelo de Multiplicadores. Caracas, Venezuela.
- [14] V. Ramírez, K. Tucci, M. Uzcatogui, F. Pacheco y J. Vera *Una herramienta computacional para la estimación de matrices de contabilidad social dinámicas: Avances*. 3er. Congreso Venezolano de Ciencia Tecnología e Innovación. Caracas, 2014.
- [15] Wikipedia. *Microsoft Excel*. Wikipedia, *La enciclopedia libre*. 2016. Disponible en: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Microsoft_Excel&oldid=94812720
- [16] The Qt Company Ltd. *Qt Documentation 5.7*. (Página Web), 2016. Disponible en: doc.qt.io/qt-5/index.html
- [17] Eigen project *Eigen project* (Página Web), 2016. Disponible en: [Eigen.tuxfamily.org](http://eigen.tuxfamily.org)
- [18] CENDITEL *Metodología para el desarrollo colaborativo de software libre, versión 2.0*. Mérida, 2013. Disponible en: http://calidad-sl.cenditel.gob.ve/files/2011/06/metodologiaDCSL_2Version_271220131.pdf
- [19] D. Roland-Holst y F. Sancho. *Modeling Prices in a Sam Structure*. The Review of Economics and Statistics, Vol. 77, Nro. 2. Pp. 361-371. EEUU, 1995.
- [20] J. Round. *Descomposing Multipliers for Economic Systems Involving Regional and World Trade*. The Economic Journal, Vol. 95, Nro. 378. Pp. 383-399. EEUU, 1985