



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

**FACULTAD DE ECONOMÍA**

**LICENCIATURA EN ECONOMÍA**

**EFFECTOS SOBRE EL EMPLEO DE LA ADOPCIÓN DE ENERGÍAS  
RENOVABLES: UN MODELO DE EQUILIBRIO GENERAL**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL GRADO DE LICENCIADO EN ECONOMÍA**

**PRESENTA**

**OMAR GABRIEL ZAMUDIO VÁZQUEZ**

**DIRECTOR DE TESIS**

**DR. ADRIÁN JIMENEZ GOMEZ**

**PUEBLA, PUE.**

**MARZO 2022**

## **Agradecimientos**

*A mi Dios por la oportunidad de cumplir esta meta de vida.*

*A mis padres, Yadira e Israel, por su esfuerzo, dedicación, amor y por esta oportunidad.*

*A mi asesor y amigo, el Dr. Adrián Jiménez, por su esfuerzo y paciencia, y por nunca dudar de mí.*

*A mi familia, amigos y compañeros, por acompañarme durante mi proceso académico.*

## Índice

<b>Introducción</b> .....	4
<b>Capítulo I: Contexto General de los modelos de equilibrio general, matriz de insumo-producto y una economía hipotética</b> .....	10
<b>I.1 Introducción</b> .....	10
<b>I.2 Usos y limitaciones del Modelo de Equilibrio General Aplicado</b> .....	11
<b>I.3 Modelos de Equilibrio General para México</b> .....	22
<b>I.4 Importancia del Modelo Insumo - Producto</b> .....	27
<b>I.5 Importancia del uso de energías alternativas a la utilización de hidrocarburos en los medios de transporte y su importancia económica en México.</b> .....	34
<b>I.6 Conclusiones</b> .....	44
<b>Capítulo II: Construcción del modelo de equilibrio general</b> .....	46
<b>II.1 Introducción</b> .....	46
<b>II.2 De la matriz de Insumo- Producto a la Matriz de Contabilidad Social</b> .....	47
<b>II.1.2 Diseño de Matriz de Insumo Producto</b> .....	49
<b>II.1.2 Diseño de Matriz de Contabilidad Social</b> .....	56
<b>II.3 Especificación del modelo</b> .....	59
<b>II.4 Conclusiones</b> .....	67
<b>Capítulo III: Estimación del modelo</b> .....	67
<b>III.1 Introducción</b> .....	67
<b>III.2 Programación, calibración y reglas de cierre</b> .....	68
<b>III.3 Interpretación de resultados</b> .....	72
<b>III.4 Conclusiones</b> .....	92
<b>Conclusiones y recomendaciones</b> .....	96
<b>Referencia</b> .....	98
<b>Anexos</b> .....	104
<b>Anexo 1. Matriz de Insumo Producto (representación)</b> .....	104
<b>Anexo 2. Matriz de Insumo Producto para México 2013</b> .....	105
<b>Anexo 3. Matriz de Contabilidad Social para México 2013 (MCS <i>Unidad Manual 00</i>)</b> .....	106
<b>Anexo 4. Matriz de Contabilidad Social para México 2013 (MCS <i>GAMS Prototipo 01</i>)</b> ...	107
<b>Anexo 5. Matriz de Contabilidad Social para México 2013 (MCS <i>GAMS Prototipo 02</i>)</b> ...	108
<b>Anexo 6. Programación de modelo</b> .....	109

## **Introducción**

Los modelos de equilibrio general aplicado y las matrices de contabilidad social son herramientas bastante poderosas en todos los aspectos de la ciencia económica para su estudio. Por su propia naturaleza, la ciencia económica carece de precisión en la práctica, pues a pesar del esfuerzo por parte de investigadores y expertos encargados de predecir e interpretar los diversos fenómenos que ocurren día con día es imposible tener certeza de los fenómenos económicos en su totalidad.

En la actualidad, el diseño y aplicación de políticas de carácter económico, en las diversas áreas de interés tienen como finalidad un mayor bienestar a la sociedad, su medición está basada en modelos econométricos y diversos instrumentos utilizados en áreas como finanzas públicas, comercio internacional, por citar algunos ejemplos, y que permiten evaluar si dichos proyectos cumplen con los objetivos planteados.

La ciencia económica requiere de modelos cada vez más precisos, de los cuales se pueda obtener mayor fiabilidad para la toma de decisiones, así como un enfoque que permita un panorama más amplio de todas las necesidades de una economía pero sobre todo, que puedan visualizarse en conjunto todas las relaciones existentes entre los agentes que componen su funcionamiento.

En este sentido, la representación del funcionamiento de la economía mediante la construcción de sistemas complejos ha permitido abordar temas de interés para la academia, los cuales son constantemente criticados debido a su falta de precisión y realidad económica. Si bien, el proceso de realización es complicado, se ha convertido en una necesidad para el investigador y el agente encargado de la toma de decisiones, así como del diseño de políticas y medidas económicas.

Dado que la economía se encuentra en constante movimiento, es necesario enfocar la atención en los elementos de interés, sin perder de vista la influencia de todas las partes de la economía. Los modelos de equilibrio se muestran en la actualidad como una solución y herramienta fiable para la modelación y la toma de decisiones.

Los modelos de equilibrio general computables surgen por la necesidad de contar con modelos económicos complejos y la existencia de políticas económicas, cuando la econometría es incapaz de representar la realidad económica o cuando el investigador carece de estimaciones o parámetros que permitan explicar la conducta económica.

De esta forma, existe a la disposición del investigador una alternativa para el análisis económico, la cual requiere de importantes fuentes de alimentación. Los modelos de equilibrio general computable permiten la manipulación de datos relevantes de forma simultánea, lo que permite un mejor aprovechamiento de las fuentes de información de México, quienes se encargan de la recopilación y tratamiento de datos.

Si bien es cierto, la recopilación de datos es crucial para la elaboración de un modelo consistente y que permita brindar u obtener resultados más fiables, instituciones como el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) tienen un gran compromiso con la recopilación y elaboración de estadísticas, instrumentos y censos para dar veracidad a las estadísticas económicas que día con día influyen el comportamiento de los distintos agentes económicos, como lo son las cuentas nacionales, la contabilidad social y la matriz insumo-producto.

Los modelos de equilibrio general aplicado, así como el uso de la matriz Insumo-Producto no solo funcionan como parte de un modelo abstracto reflejando a la economía real, en la práctica son usados gracias a la capacidad de presentar la información de una manera muy visible.

La matriz de Insumo-Producto (“MIP”), por ejemplo, permite observar las interacciones entre los diferentes sectores, cuentas, ramas y productos de la economía de un país, así como las relaciones que tiene con el sector externo, dicha información es útil en la práctica si, por ejemplo, el gobierno federal quiere medir cuales son los sectores estratégicos de la economía o, por otra parte, analizar el impacto de modificaciones a su estructura como un proceso de inversión en determinada actividad.

Metodológicamente, dichas herramientas tienen sustento económico y matemático, por lo cual su capacidad de análisis tiene cierto límite a las aplicaciones de dichas ciencias, el diseño de una Matriz de Contabilidad Social (“MCS”) es solo el primer paso en la cuestión de los fenómenos a analizar, su practicidad radica en la capacidad de ser modificada a las necesidades del investigador.

El uso de dichos modelos en la actualidad aún tiene sus limitantes debido a su poca investigación, pero con miras hacia un futuro prometedor el en diseño de modelos matemáticos para la identificación de cuestiones económicas.

El desarrollo computacional matemático permite una mejor utilización en el uso de dichas herramientas. Si bien son solo una representación de la economía en un formato “técnico”, es labor del investigador y diseñador de modelos una interpretación adecuada de los resultados para un análisis consistente de la economía y su funcionamiento. Por lo tanto, un paso importante para el desarrollo de la teoría será la búsqueda y planteamiento de una situación económica de interés actual.

Por lo anterior, surge la pregunta de investigación ¿Qué impacto tendrá una reducción en las preferencias del consumidor por bienes del sector hidrocarburos, medido a través de un modelo de equilibrio general computable?

Un problema contemporáneo para la industria automotriz a nivel global es el uso del automóvil con funcionamiento a base de hidrocarburos, el cual genera altos grados de contaminación, y ha disminuido su rentabilidad durante los últimos años.

Como alternativa, el uso de energías renovables pretende sustituir en algún momento al uso de hidrocarburos, pues dichas energías son más amigables con el medio ambiente y representan una oportunidad económica para el usuario final.

Por lo tanto, surge el objetivo de representar a la economía mediante un modelo de equilibrio general computable y una MCS, para medir el impacto de una disminución en las preferencias del consumidor por bienes del sector hidrocarburos, y de esta forma analizar cuál será el impacto de la sustitución de un bien por otro, identificando el efecto total en la economía y específicamente en el empleo.

Lo anterior será posible mediante una simulación con énfasis al sector de hidrocarburos y el comportamiento de la economía mexicana, dada la estructura presentada tanto en el modelo de equilibrio general computable como en la MCS, enfatizando cuál será el comportamiento de los diversos agentes de la economía: Consumidores, Productores y Gobierno frente a una disminución en las preferencias del consumidor por bienes del sector hidrocarburos.

Por lo anterior, se espera que en un modelo simplificado de para la economía mexicana, compuesta por 2 sectores productivos, los cuales ofertan un bien representativo mediante la utilización de factores fijos como capital y trabajo, en la cual interactúan consumidores, productores y el gobierno, la disminución en el parámetro  $\alpha$ , la cual representa la preferencia de los consumidores por bienes del sector hidrocarburos y del resto de la economía, generará un efecto de sustitución de bienes, lo que a su vez

incrementará la producción total de la economía, y por ende, un aumento en el empleo requerido para satisfacer la demanda.

Asimismo, bajo una óptica normal, la disminución en el uso de hidrocarburos en base a una sustitución por energías limpias implicaría una reducción directa en el empleo, pero se espera que, desde una óptica de equilibrio general, dicho cambio en las preferencias del consumidor implique un aumento en el empleo.

Por lo tanto, la presente investigación presenta la construcción de una MCS, basado en la economía mexicana para 2013, la cual servirá de utilidad para la construcción de un modelo de equilibrio general, con el fin de calcular el efecto de una reducción en las preferencias del consumidor por hidrocarburos.

La presente investigación se centra de la siguiente forma: En el capítulo I se destacarán aspectos importantes de la metodología de equilibrio general. En el apartado I.2 se destacarán los principales usos recientes a la metodología de equilibrio general. En el apartado I.3 se recopilarán algunos de los principales exponentes en México sobre el uso de modelos de equilibrio general para el análisis de diversas índoles en la economía mexicana. Posteriormente, en el apartado I.4 se destacará la importancia del modelo de insumo – producto, el cual será la base más importante para la construcción de la MCS.

Finalmente, en el apartado I.5 se analizarán las condiciones actuales del uso de energías alternativas como sustituto al uso de hidrocarburos en la economía mexicana, el cual se ha seleccionado como el panorama que mejor refleja la simulación económica a realizar.

Posteriormente, el capítulo II será dedicado a la construcción de la MCS, así como el diseño del modelo de equilibrio general y la simulación. En el apartado II.2 será detallada la construcción de la MIP de interés, para la posterior construcción de la MCS

con base a la información recabada. Del mismo modo, en el apartado II.3 será descrito el modelo matemático utilizado para la simulación y planteamiento de la presente economía hipotética, delimitando a cada agente económico. Finalmente, el capítulo II será dedicado a la calibración e interpretación de resultados del modelo, por lo tanto, en el apartado III.2 será descrita la programación utilizada para el cálculo del modelo de equilibrio general, mientras que en el apartado III.3 se representarán los resultados de la simulación aplicada.

# **Capítulo I: Contexto General de los modelos de equilibrio general, matriz de insumo-producto y una economía hipotética**

## **I.1 Introducción**

La microeconomía busca enfatizar las relaciones existentes entre los agentes económicos con sus posibilidades, y a lo largo de la historia, lo ha postulado mediante la formulación de diversas teorías sujetas a la realidad económica.

De este modo, los modelos de equilibrio general encuentran su razón de existir, al poder generar un panorama amplio de cómo es que las relaciones entre los agentes económicos coexisten en un punto finito.

Por lo tanto, los modelos de equilibrio general son una clara representación del objetivo central de la microeconomía, poder visualizar de forma clara como es que los diversos agentes de una economía buscan alcanzar sus objetivos, teniendo en cuenta que el agente económico siguiente buscará realizar lo mismo.

Los resultados de tal representación, conocidos como modelos de equilibrio general, se encuentran en un punto importante para la investigación económica, dadas las herramientas actuales que permiten un gran aprovechamiento de la recaudación y recopilación de datos, así como su incorporación en asuntos de toma de decisiones para interpretar la realidad.

Como en cualquier teoría, existen ciertas críticas al uso y alcance de los modelos de equilibrio general. No obstante, dichas críticas no han tenido el contrapeso necesario para que los investigadores y diseñadores económicos discriminen su utilización. Por el contrario, su uso es incentivado a través de exponentes nacionales, los cuales son ampliamente reconocidos por sus contribuciones a la materia.

Por lo anterior, es necesario realizar una revisión del desarrollo de los modelos de equilibrio general, destacando sus cualidades y su uso en la actualidad dentro de México, así como su origen y conexión con otro tipo de modelos, todo con el fin de identificar una problemática actual, y poder hacer uso de la metodología presentada para su estudio.

En este sentido, en el apartado I.2 se presentan los principales usos y limitaciones de los modelos de equilibrio general, así como una recopilación de las principales críticas a la teoría de equilibrio general, mientras que en el apartado I.3 se mencionarán algunos de los principales exponentes del uso de dichos modelos en México.

Posteriormente, en el apartado I.4 se destacará la importancia del modelo Insumo-Producto, así como su relevancia en el planteamiento de los modelos de equilibrio general y su conexión con las MCS.

Finalmente, en el apartado I.6 se analizará una problemática actual relacionada al uso de energías alternativas, y como su utilización en gran escala permitiría mejorar la industria del transporte, en base a la reducción del uso de hidrocarburos.

## **I.2 Usos y limitaciones del Modelo de Equilibrio General Aplicado**

La teoría económica brinda un abanico importante de herramientas para quienes toman decisiones en pro de la economía, dependiendo, de manera simultánea, de cuales sean los objetivos primordiales en materia de políticas económicas. Asimismo, una de las cuestiones más importantes al momento de incorporar un modelo a la realidad será la consistencia y la capacidad de este para asimilar y representar a la economía en un tiempo determinado.

La teoría neoclásica proporcionó la base adecuada para el desarrollo de la teoría de equilibrio general, puntualizando en la razón del ser humano dentro de un grupo con características similares, y como su comportamiento individual y su voluntad provocarían como resultado un agregado denominado sociedad, la cual se rige en comportamientos individuales basados en las características del individuo, como sus preferencias, su actitud optimizadora, así como los bienes y la tecnología a su disposición.

Es mediante el mercado donde dichos individuos socializan a forma de interacciones económicas, influyendo en las decisiones globales de manera individual, de esta manera dichos individuos intercambian cosas, sean bienes y servicios, los cuales, siguiendo la misma línea teórica, son reguladas por un mecanismo de precios (la “mano invisible” de A. Smith) la cual se encarga de generar compatibilidad entre las características de los diversos individuos. (Cataño, 2004).

La sociedad enfrenta las preguntas de ¿Qué? ¿Cuánto? y ¿Para quién producir?, lo que genera una condición para que dichas fuerzas se entrelacen y generen oferta y demanda, para determinados bienes y servicios. Bajo la misma lógica, el precio de un bien o servicio aumentará cuando su demanda neta crece, de la misma forma, cuando dicha demanda neta se reduzca desde un punto inicial, su precio disminuirá.

Por el lado de la oferta, funciona de manera similar, al existir mayor oferta de un bien o servicio dentro del mercado dada una oferta inicial de bienes o servicios, su precio disminuirá, caso contrario si para dicho bien o servicio existe una menor oferta dado el mismo punto inicial, lo cual provocará un aumento en el precio.

Por lo tanto, dichas fuerzas ejercidas en el mercado provocarán diversos desplazamientos dentro de la economía, creando situaciones de coherencia económica para dicho grupo de bienes y servicios. De forma global, tales variaciones generarán un

equilibrio económico, no solo en el mercado, sino en los individuos y demás agentes participantes, lo cual resultará de la eliminación de cualquier exceso.

Del mismo modo funciona para el caso de los productores, quienes toman sus decisiones y responden a las preguntas antes mencionadas, de forma que todo toma un orden, para un periodo de tiempo en específico. Dichas formulaciones teóricas son hipótesis primordiales de la escuela neoclásica y por consiguiente de la formulación de modelos que siguen la teoría del equilibrio general.

Cada agente partícipe de la economía está sujeto a otro tipo de condiciones que limitarán su actividad dentro de la economía. De esta manera, los agentes económicos coexisten en un ámbito donde dos tipos de condicionantes llevan a un funcionamiento ideal, aquellos con la capacidad y poder de tomar decisiones, los cuales se encargan de posicionar o determinar los precios. Por otro lado, tenemos a los sujetos aislados, quienes no poseen poder económico alguno, únicamente aceptan precios, de forma que esperan pasivamente una situación donde el equilibrio sea acorde a sus preferencias y su actitud optimizadora.

Surge así un mecanismo de situaciones de equilibrio de manera aislada, manteniendo una relación de individuos únicamente a través de los precios, permitiendo así que las fuerzas del mercado aprecien una forma pura y poderosa.

Desde un punto de vista crítico, dicha hipótesis de existencia de consumidores y productores dentro de un mercado donde rige, de manera individual, y de forma global la actitud optimizadora, tanto de utilidad como de beneficios, sujeta a cuestiones de preferencias, dotaciones, tecnología y técnicas posibles, implica que exista una organización indirecta en los ámbitos de la racionalidad, y como dichos agentes económicos entienden el mundo y el funcionamiento de la economía.

Dadas estos primeros acercamientos, surge una importante contribución a esta concepción de la economía, a cargo del economista y matemático francés, León Walras, quien postula dentro de su obra denominada *Éléments d'économie politique pure*, los principales elementos de un modelo de equilibrio general en el año de 1874.

Walras dedica su estudio a la amplificación de la Ley de Say, la cual sostiene que es la oferta quien crea su propia demanda, atribuyendo al producto de la oferta el principal motor del poder adquisitivo.

Dicho modelo se desarrolla a través de 4 elementos:

1. Como primera instancia, se determinan las condiciones de la existencia de un vector de precios, (por ahora denominado  $P^*$ ), de manera simultánea existirá una asignación óptima de consumo (vector de decisiones sobre el consumo, por ahora denominado  $C^*$ ) y una óptima asignación de los recursos dentro de la economía (vectores de planificación de la producción, por ahora denominado  $Y^*$ ), tanto para los individuos consumidores y firmas, respectivamente. De esta forma, no deben existir desperdicios, todo recurso es utilizado, por lo tanto, todos los mercados alcanzan el equilibrio o se “vacían”.

Dicho de otra forma, la interacción entre  $Y^*$ ,  $C^*$  y  $P^*$  implica la existencia de un equilibrio general, basado en precios y cantidades, implicando una situación con determinada cantidad de recursos, tecnología y por supuesto, las preferencias y elecciones de los individuos.

2. Determinación de las condiciones del ajuste en los mercados. Existe una descripción lógica que define el proceso de relaciones e interacciones mediante las cuales se converge al equilibrio, esto acorde a la ley de la oferta y la demanda.

3. Definición de un criterio de optimalidad o eficiencia de los estados del sistema, de manera que los criterios de un bienestar colectivo son excluidos en primera instancia, es decir, no existe un criterio colectivo de bienestar.

Por otro lado, se adopta el criterio de Pareto. Por lo tanto, se reconoce una situación económica donde no existe un mayor bienestar en comparación a situaciones donde, con el afán de mejorar la situación de un individuo se permita no perjudicar a los otros. El reconocimiento de diversas situaciones dentro de un mismo sistema económico permite la elección de preferencia sobre unos estados y otros, por esta razón existe un criterio normativo dentro de dicha teoría.

4. Estudio de transacciones entre los diversos individuos. Cuando los agentes económicos optan por sus decisiones y se tiene como resultado de la interdependencia el equilibrio, se pretende dar cuenta de las relaciones comerciales voluntarias de intercambio, dicho de otro modo, el intercambio de bienes y servicios que permiten el paso de la asignación virtual a la efectiva. (Cataño, 2004).

En conjunto, dichos elementos, plantean un análisis donde las preferencias individuales fungen como el centro de un sistema donde la presencia y decisión son elementos clave para un funcionamiento que, aparentemente, conducirá a una situación de intercambio donde se tenga un nivel de bienestar en proporción a la consistencia y calidad de las preferencias de la sociedad.

Según Rueda, algunos de los principales supuestos de dicha teoría son:

- La existencia de un número dado de consumidores y productores, cada uno bajo el principio de conducta de racionalidad optimizadora.
- Cada bien comercializado, producido y consumido dentro de la economía es identificable por sus propias características esenciales, tales como sus características

físicas, el lugar, fecha y el estado de la naturaleza, además estos son divisibles y conocidos por todos los individuos de dicha economía.

- Existe información perfecta, dada y accesible a todo tipo de agentes económicos con relación a los bienes existentes o posibles dados las diversas etapas, condiciones o el estado de la economía.

- Existe unicidad del precio de los bienes en la información para la toma de decisiones.

- La economía se compone por un sistema completo de mercados, presentes, futuros y contingentes, por lo tanto, se elimina la capacidad de generar o actuar bajo incertidumbre, debido a que la información sobre el futuro se trae al presente.

- La estructura del mercado es de competencia perfecta: los agentes económicos no establecen precios, únicamente son tomadores, del mismo modo, tampoco son capaces de realizar expectativas sobre ellos, de manera que son establecidos de forma exógena.

- El horizonte de la economía es finito, por lo que existe una fecha final para los mercados.

- Cada agente económico posee dotaciones de bienes, al mismo tiempo son propietarios de cierta participación en los beneficios de las empresas, con quienes únicamente interactúan mediante los precios.

- Dicho sistema es regulado por la ficción de un ente a modo de subastador de precios o secretario del mercado, quien realiza diversas tareas que escapan a los individuos.

(Rueda, 2009)

- Cataño (2004) complementa dichos supuestos con la existencia de un sistema de pagos que representa un sistema centralizado de compensación de cuentas para cancelar las deudas y acreencias entre los individuos.

De esta forma, se nos presenta un modelo formal, el cual permite encaminar a los estudios económicos a determinar la existencia de un equilibrio general, a determinar su unicidad o multiplicidad y estabilidad.

A pesar del alto grado de especificación en los supuestos y la amplia formalización matemática, dicho modelo es fuertemente criticado, esto con respecto a la falta de consistencia en las cuestiones de la economía real. Sus principales supuestos son restrictivos en cuestiones propias de la economía. Bajo este mismo hecho, existe una reducida aplicación empírica por parte de múltiples economías cuando se requiere la formulación de políticas y medidas para cumplir con los objetivos económicos. Lo anterior implica que existen diversas áreas de oportunidad para el uso y desarrollo de modelos de equilibrio general.

Dicha teoría ha modificado la concepción que tenemos hoy en día sobre el funcionamiento de la economía, en la actualidad muchas empresas, mediante sus directivos buscan ventajas competitivas que les permitan mejores condiciones a su desempeño productivo y de negocio. Mediante la colaboración y cooperación, se asignan recursos estratégicos gracias al uso del desarrollo tecnológico, esto con el fin de obtener ventajas sobre la racionalidad, fundamento principal de la teoría de equilibrio general.

Por otro lado, exponentes como Arrow-Debreau, ambos premios nobel en economía, a través de sus estudios consideran que existe por lo menos un equilibrio general, el cual coincide con la condición del óptimo de Pareto, situación mencionada anteriormente, denominada como una situación en donde, dada cierta distribución de la

riqueza y renta de la sociedad no es posible mejorar el bienestar de un individuo sin deteriorar el de por lo menos otro. Dicha consideración es criticada, desde el punto en que tal vez sea posible alcanzar un punto de equilibrio dada de la pluralidad de los mercados en una economía descentralizada. Lamentablemente, la crítica más importante al trabajo de Arrow-Debreau es que dicho modelo no refleja la realidad económica, pues da prioridad a la lógica matemática y no a la económica. (Blaug, 1998).

Otro punto importante a la teoría de equilibrio general se relaciona con la cualidad exógena de los precios ante los agentes económicos y por ende, se recurre al subastador walrasiano, agente regulador del mercado que mencionamos con anterioridad.

En este punto, donde ni la oferta ni la demanda son capaces, por su propia fuerza, de regular las condiciones del mercado para converger hacia el equilibrio, dicho de otra manera, no son capaces de ajustar los precios de manera endógena, por dicha razón es necesaria la intromisión de un tercero.

Se le proporciona entonces al subastador una gran influencia dentro de las transacciones del mercado, pues de manera directa impide aquellas transacciones mutuamente convenientes que los agentes económicos desean realizar en puntos de desequilibrio, ya que dichos agentes nunca entrarán en contacto durante el proceso de formación de precios, únicamente están a merced de las condiciones que les sean impuestas.

La realidad económica nos proporciona un panorama diferente, pues muchas veces es gracias a la cooperación y estrategias que se generan ventajas competitivas, estructuras de mercado en competencia imperfecta, por mencionar algunos ejemplos. Las grandes empresas, con libre entrada dentro de los mercados, eliminan cualquier tipo de competencia por medio de estrategias desleales, con el fin de acaparar mercados y fungir

como un “subastador endógeno”, el cual asigna precios dados sus intereses individuales, y no precisamente en función del bienestar económico; ésta y diversas situaciones distan mucho de lo que nos presenta la teoría de equilibrio general.

Los modelos de equilibrio general competitivo pretenden representar economías donde no exista ningún tipo de comportamiento estratégico por parte de los agentes económicos, donde los consumidores actuarán como si compartieran el mismo tipo de preferencias y gustos, al mismo tiempo y de forma simultánea los productores fuesen capaces de atender a tales demandas sin excepción. No solo eso, puede hacerlo de manera perfecta, sin importar la cuestión del tiempo.

Con la existencia de un subastador y de otras instituciones, dentro de dichos modelos, se busca evitar que el comportamiento de los individuos sea diferente al que deben adoptar en el equilibrio. Desde una perspectiva diferente, se considera al ser humano como competitivo por naturaleza, estratégico, con gustos y preferencias genuinas, cuestiones que son innatas en el individuo social.

Otro hecho importante que difiere de los supuestos presentados en la teoría de equilibrio general es la gran inestabilidad actual de las economías de mercado, es bastante claro reconocer que la información es imperfecta, por lo cual la hipótesis de racionalidad no solo es limitada, más aún, la mala calidad de la información que trae consigo el desarrollo tecnológico impide que las preferencias individuales permitan representar a una sociedad como se supone en la teoría.

Esto es acompañado de gran incertidumbre en los mercados, toma de decisiones con menor riesgo, la gran inestabilidad política a nivel mundial, las guerras comerciales, las diversas preferencias en un mundo pluricultural, son algunas cuestiones que deben tenerse en cuenta al momento de elaborar un modelo de equilibrio general.

En conjunto, dichas críticas, tanto a los modelos como a la teoría de equilibrio general nos permiten un panorama más amplio respecto a su formulación, aplicación y utilidad. Por el lado contrario, dichas herramientas presentan bastantes ventajas.

En contraparte, es necesario reconocer que los modelos de equilibrio general son capaces de representar el comportamiento de los individuos para el entendimiento de la sociedad, dado que permiten un acercamiento directo a la cuestión de que cada agente económico, sin importar sus condiciones, será representativo para el equilibrio general.

Como se mencionó anteriormente, a pesar de que existen limitados estudios acerca de los modelos de equilibrio general, dicha teoría es de carácter obligada a ser tomada en cuenta para las cuestiones académicas, ya que permite una visión global de la economía bajo estudio, y una desagregación sencilla de interpretar dados sus componentes.

Por otro lado, la formulación de modelos de equilibrio general también ha cambiado, pues hoy en día es necesario adaptar un poco más las condiciones que el mercado nos presenta, dicha labor se facilita gracias al avance de las tecnologías y su capacidad para programar y computarizar modelos, por lo tanto, dichos modelos se conocen como de equilibrio general computable.

Si bien en la práctica, nos encontramos con economías que poseen desequilibrios en múltiples mercados, claro ejemplo de esta cuestión sería la economía mexicana y su mercado laboral, es entonces labor del investigador proponer modelos que permitan ir en contra de la crítica hacia la teoría y su propuesta de que todos los mercados se encuentran en equilibrio.

Lo anterior queda demostrado con las amplias contribuciones realizadas por investigadores mexicanos, los cuales realizan constantes esfuerzos para el desarrollo de esta metodología, incorporando características importantes que permitirán un mejor uso, y

que al día de hoy, han permitido encontrar soluciones a problemas de finanzas públicas, la asignación de recursos naturales o situaciones dentro del comercio internacional.

Debemos tomar en cuenta que un modelo representa únicamente una abstracción de la realidad, para esto, si dicho desequilibrio es muy importante para el análisis, los modelos deben formularse de esa manera, como un mercado en desequilibrio. Para el caso del presente análisis, es importante considerar, hasta donde la información y los detalles nos lo permitan, las condiciones en que se desenvuelven las actividades de la economía mexicana.

Como se mencionó al principio del capítulo, las críticas no han tenido el contrapeso necesario para que los investigadores y diseñadores económicos discriminen su utilización. Por el contrario, su uso es incentivado a través de exponentes nacionales, los cuales son ampliamente reconocidos por sus contribuciones a la materia.

Por último, es importante recalcar la utilidad de un modelo de equilibrio general, el cual permite captar efectos de mejor manera que otros modelos, sean econométricos o de equilibrio parcial, permitiéndonos analizar no únicamente un sector o actividad en específico, sino que podemos conocer cuál es el impacto generado en otros sectores de manera directa o indirecta. Es importante mencionar que lo acertado en los resultados de un modelo de equilibrio general computable dependerá de la capacidad con que se ha especificado el modelo y sus supuestos, así mismo, del problema que se quiere analizar.

### **I.3 Modelos de Equilibrio General para México**

En México existen diversos exponentes que dedican sus estudios al análisis de situaciones propias de la economía mexicana mediante el uso de herramientas como las matrices de contabilidad social y su aplicación en modelos de equilibrio general computable. Sus aportes mediante estas herramientas han generado gran aceptación a través de la academia, así como en la práctica para el diseño de políticas públicas y de comercio exterior.

Una primera exposición es a través de Pérez (1989), el cual dentro de su obra *“Efectos de la apertura comercial en el empleo y el bienestar en México: un enfoque general”* presenta un modelo de Equilibrio General utilizado para evaluar el impacto sobre el empleo a través de una simulación que implica una reducción en los aranceles.

Con este fin, el autor construyó una MCS con datos para 1983, la cual consta de 3 sectores productivos denominados bienes importables, exportables y no comerciables, así como la presencia de dos consumidores y dos tipos de trabajo denominados calificado y no calificado; y realizó simulaciones mediante la reducción de aranceles en un 50%. De esta forma, evaluó los efectos en el empleo sectorial, el consumo de cada individuo, el producto, el nivel de bienestar y la balanza comercial.

En este sentido, la simulación se efectuó para tres escenarios distintos, de los cuales uno supone pleno empleo, otro supone rigidez en el salario no calificado, y un tercero donde se supone rigidez en todos los salarios.

En primer lugar, para representar el impacto en el bienestar respecto a la apertura comercial y el empleo, el autor realizó una simulación al reducir a la mitad los aranceles pagados por cada sector productivo. Asimismo, se tomó como numerario el tipo de cambio,

debido a que este permite que el déficit en cuenta corriente pueda ajustarse para lograr un balance entre ahorro e inversión, por lo tanto, todos los precios son medidos con relación a los precios mundiales en cada simulación.

El efecto en el empleo y el producto implica que bajo la especificación de pleno empleo o “neoclásica”, el empleo no sufre ninguna modificación, debido a que el salario es flexible y permite que el factor trabajo se encuentre plenamente empleado. Asimismo, las importaciones se incrementan en los primeros dos sectores, lo que implica una desestimulación en la producción doméstica, trasladándose un gasto de recursos hacia el sector de exportables.

Por otro lado, para el escenario denominado como “semi-keynesiano” o con rigidez en el salario no calificado se obtiene un efecto distinto, dado que únicamente el empleo del trabajo calificado se mantiene constante dada la flexibilidad en el salario, y por lo tanto este puede ajustarse permitiendo el pleno empleo de este factor. Para el caso del trabajo no calificado, experimenta una reducción de 10%, debido a la reducción en el empleo del sector de bienes importables en 0.41% y exportables en 0.11%.

Para el caso de la producción total, esta presenta una reducción del 0.02%, siendo el sector de importables el mayor afectado por la reducción en los aranceles, disminuyendo en un 0.22%.

Por último, la reducción en el empleo se presenta de forma más clara en el escenario “Keynesiano” o de rigidez salarial en ambos tipos de trabajo, los cuales disminuyen en 0.15% para el trabajo calificado y 0.20% para el trabajo no calificado, mientras que la producción total disminuye en 0.06%, siendo la del sector de importables la presenta una reducción mayor de 0.27%.

Los resultados empíricos obtenidos por Arturo Pérez (1989) implican que a mayor rigidez salarial exista en el salario, mayor será el desempleo. De este modo, al disminuir los aranceles disminuyen los precios relativos de los tres tipos de bienes producidos por los sectores mencionados, por lo que, si el salario nominal es constante, el salario real será mayor al valor de la productividad marginal del trabajo y, por lo tanto, el empleo tendrá que disminuir para que se restablezca el equilibrio y cada sector productivo continúe maximizando beneficios.

A nivel global de la economía, el bienestar es mayor conforme a mayor flexibilidad en el salario. Por lo tanto, el consumo aumenta para ambos tipos de familias debido a que las variaciones en los precios relativos permiten que el salario tenga un mayor poder de compra en las tres simulaciones realizadas.

Por último, respecto a la balanza comercial, la reducción en aranceles produce efectos tanto positivos como negativos. En el primer caso, se experimenta un mejoramiento en el nivel de bienestar de la economía y de cada familia en particular. Como efecto negativo, se experimenta una reducción tanto en el empleo como en el superávit en cuenta corriente.

Del mismo modo, Sobarzo (2009) es otro gran exponente en México respecto al uso de modelos de equilibrio general computable, quien en su artículo "*Reforma Fiscal en México. Un modelo de Equilibrio General*" en el cual se analizan los aspectos centrales de la reforma fiscal de 2008 analiza la viabilidad de que los impuestos al consumo no constituyan necesariamente la única fuente de ingresos gubernamentales. En dicho modelo se consideraron los ingresos públicos como variables endógenas, mientras que las tasas impositivas como variables exógenas. Asimismo, se incorpora la estructura impositiva

como el sector petrolero de exportación como importantes fuentes de ingresos gubernamentales.

Por lo tanto, Enrique Sobarzo (2009) elaboró una MCS, en la que se han incorporado con gran detalle los componentes del sistema impositivo y de la economía mexicana, así como el detalle de la estructura de oferta, compuesta por 28 sectores productivos, de los cuales uno es el sector petrolero, ya que del cual depende alrededor del 30% a 40% de los ingresos gubernamentales. Esta adecuación se realizó considerando el Impuesto Empresarial de Tasa Única, (IETU), objeto de la reforma de 2008, cuya base es la diferencia entre ingresos y gastos de insumos de las empresas entre los diferentes sectores de producción.

Este nuevo impuesto se aplica a todas las empresas sin excepción, y las mismas tienen que pagar cualquier impuesto que resulte mayor, esto es, el nuevo IETU o el existente impuesto sobre la renta (ISR) de las empresas. En el centro de esta reforma se encuentra el intento por ampliar la base impositiva a través de la imposición de aquellas empresas que están exentas del ISR, o que han estado usando una estrategia muy agresiva para evitar el pago precisamente de ese impuesto.

Otro supuesto importante es considerar a las tasas en este modelo las tasas impositivas son exógenas y que los ingresos recaudados por el gobierno son endógenos. Esto con el fin de incorporar el hecho de que en países en desarrollo la reforma fiscal es generalmente entendido como un cambio en un impuesto principal, y no en varios componentes del sistema impositivo de forma simultánea.

En este sentido, los resultados obtenidos por Sobarzo (2009) sugieren que los impuestos al consumo no constituyen necesariamente la única solución para el proceso de recaudación impositiva en un país en desarrollo como México, por lo tanto, las

simulaciones realizadas sugieren que, si el impuesto es operado de una manera eficiente, el ingreso adicional recaudado debería compensar la posible reducción del precio mundial del petróleo.

En la misma línea, Gaspar Núñez (2015) elaboró una MCS para el año 2003, presentada en su obra *“Modelo de equilibrio general aplicado para México y análisis de impuestos a la extracción de hidrocarburos”* la cual es empleada para analizar los efectos de sustituir los altos impuestos en el sector de la minería, y que de forma específica, se presentan a causa de la excesiva carga fiscal sobre la paraestatal Petróleos Mexicanos (Pemex), los cuales serán sustituidos por un incremento en el impuesto sobre la renta.

De este modo, a través de la utilización de la Matriz de Insumo-Producto (“MIP”) simétrica doméstica para la economía total de 2003 publicada por INEGI, fue elaborada una MCS en la cual fueron desagregadas las cuentas de interés.

Algunos de los resultados recabados para dicho ejercicio implican que los impuestos pagados por los sectores productivos de la economía, en específico para el sector minero y actividades tales como la extracción de petróleo y gas, respecto a la producción total, representan una tasa de 90%, lo cual implica una gran carga fiscal sobre dichas actividades, con relación a otras actividades.

La simulación elaborada por el autor implica una tasa de ahorro fija e inversión variable, que es la alternativa “realista” en el sentido de que normalmente se espera que los hogares mantengan una tasa de ahorro consistente; el ingreso del gobierno fijo, de tal modo que la tasa del ISR se ajusta para lograr el mismo nivel de gasto público inicial, manteniendo un déficit igual a cero; y por último el tipo de cambio fijo, que se puede considerar como la alternativa “realista”.

Por lo tanto, al realizar la simulación el resultado implica que el incremento necesario en el ISR pagado por actividad y empresas, para disminuir la carga impositiva del sector minería al nivel del siguiente sector como los mayores impuestos sería aplicando una tasa impositiva de 61%, siendo éste el resultado más relevante.

Por lo anterior, el desarrollo de este tipo de modelos dentro de la teoría económica ha permitido simular condiciones cada vez más específicas. A pesar de esto, limitantes como la falta de actualización en la información, como en el caso de la MIP han dificultado la búsqueda y utilización de datos certeros, limitando así la capacidad de los modelos de equilibrio general computable para el análisis de políticas económicas.

#### **I.4 Importancia del Modelo Insumo - Producto**

El modelo de Insumo-Producto representa el primer acercamiento a la construcción de la MCS para México, dicho modelo es esencial ya que permite analizar las diversas interacciones entre los agentes económicos a fin de representar, de manera simultánea, ingresos y gastos.

El modelo de insumo-producto se considera como un componente específico del sistema por analizar, en este caso, las transacciones intersectoriales de la economía mexicana, dentro y fuera de sus límites territoriales. Se busca, en la utilización del modelo de insumo-producto el poder adaptar y compatibilizar las interacciones de dicho modelo con las síntesis de la contabilidad social, permitiendo su adaptación a otros sistemas descriptivos que de igual forma estén orientados a la descripción económica.

El modelo de insumo-producto tiene como finalidad explicar la interdependencia que existe entre los distintos sectores que componen a la economía, con énfasis fundamental en las relaciones que son materializadas entre todos los agentes de la producción, agrupados según los diversos criterios que permiten un análisis a fondo. Dicho modelo dedica mayor importancia a la interdependencia que existe entre las unidades de producción, por esta razón considera el conjunto de transacciones intermedias reales de la economía.

Este enfoque de interdependencia sectorial permite reconocer la dificultad existente entre los cambios en las actividades económicas y productivas de algunos agentes de la producción, sin que se generen efectos, de manera directa o indirecta, en el desarrollo de otras actividades, es decir, se puede apreciar a cada sector como un todo. La finalidad radica en la capacidad del modelo para poder cuantificar los efectos directos e indirectos entre sectores, concibiendo así un instrumento con la capacidad de formular las interacciones del pasado, mantener la sincronización durante el presente, y formular cuestiones en el futuro. (Aristori, D. (1978).

El modelo de insumo-producto tiene un funcionamiento, al igual que el de la MCS (dada la similitud en cuanto a la metodología) similar al del Tableau Economique de Quesnay, pero el modelo se formula en cuestión gracias a los trabajos de Wassily Leontief (1986), principalmente a la formulación de su modelo, el cual recobrará mayor importancia en el desarrollo de este trabajo.

Por último y con gran relevancia, los modelos construidos para el análisis de equilibrio general, basados en las teorías de Walras y Pareto, conciben fundamentos elementales de los esquemas modernos de insumo-producto, tal será el caso de la formulación del modelo de equilibrio general computable presentado en este trabajo.

La MIP proporcionada por INEGI, la cual será utilizada para la formulación del presente modelo, está basada en la metodología de Naciones Unidas, y es compilada por la información contenida en los cuadros de oferta y utilización, dicha matriz permite mostrar la relación entre la oferta y utilización de productos y la demanda de producción de industrias entre industrias.

La MIP tiene como principales hipótesis:

Hipótesis de homogeneidad sectorial: Cada sector produce un solo bien o servicio, utilizando una misma técnica, es decir, cada insumo es proporcionado por un solo sector productivo, lo que implica que se emplee la misma tecnología de producción (función de producción), dicho esto no es posible la sustitución entre insumos intermedios. De igual forma, no es posible la producción conjunta, ya que cada sector solo tiene una sola producción primaria.

Hipótesis de proporcionalidad estricta: en el corto plazo, los insumos requeridos por cada sector para la elaboración de un producto deben variar en la misma proporción en que es modificada la producción sectorial, con lo cual puede determinarse una función de producción de coeficiente lineal fijo, representando así rendimientos constantes a escala.

Hipótesis de invarianza de precios relativos: Cuando se utiliza el modelo para realizar proyecciones de precios, se debe tener en cuenta que se mantiene la relación de precios relativos presente en el año en que es elaborada la matriz.

Este último supuesto no entra en conflicto con el objetivo de la simulación y la diferencia entre los años base, ya que los resultados de dicha simulación serán una muestra en términos nominales, por simplicidad tampoco se incluirá la inflación ni tampoco se tomará una expectativa para la simulación. Dichos supuestos serán explicados con mayor detalle dentro del desarrollo del modelo.

El supuesto de la hipótesis de homogeneidad implica que las transacciones intersectoriales deberán corresponder a una matriz simétrica, bajo esta condición la MIP recibirá el nombre de modelo simétrico de insumo-producto. Otra implicación es que las relaciones intersectoriales se transforman en relaciones técnicas y cada columna de un cuadro de coeficientes técnicos de insumo-producto representa una técnica de producción.

El modelo será considerado “abierto” al relacionar la producción total de un sector con el total de las demandas finales de todos los sectores en cuestión, es decir, considera no solo las necesidades de producción para satisfacer la demanda final, si no también toda la cadena de reacciones que ello implica en las transacciones intersectoriales. En ese sentido, la demanda final se considera exógena.

La estructura de las transacciones totales presentadas en la matriz de insumo-producto están medidas en pesos, de esta forma, en las filas encontramos el consumo intermedio, o los insumos requeridos por un sector para su producción y los vectores del valor agregado, en tanto que en las columnas los gastos, por lo que en cada sector la oferta será igual a la demanda. Este supuesto permanece o es vigente para la interpretación de datos, tanto de las columnas de la MIP como para la MCS.

La matriz utilizada en esta investigación fue publicada con datos para el año 2013, desarrollando correcciones hasta el año 2018, por lo cual puede ser considerada como una base de datos que aún se encuentra vigente.

Para presentar la metodología propuesta por INEGI será necesario elaborar un sencillo ejemplo que permita verificar su estructura y funcionamiento. En el anexo 1 se muestra una representación de la manera en que las diferentes cuentas, o en este caso, sectores interactúan entre sí.

De esta manera supongamos una economía, representada por la matriz del Anexo 1, la cual tiene como supuestos principales el estar en un punto de equilibrio entre la oferta y la demanda, es decir, todo lo que se produce se vende, no hay excesos de oferta ni demanda.

La matriz representa una economía compuesta por dos sectores, los cuales, bajo los supuestos ya mencionados, producen un único bien, el cual, a manera explicativa, será la representación general de las actividades de cada sector. De esta manera el sector hidrocarburos producirá “Combustible”, mientras que el sector resto de la economía producirá un bien denominado “Resto”.

Por el lado izquierdo, podemos encontrar los “gastos” de cada sector, es decir, la cantidad de insumos por sector necesarios para la producción del bien en cuestión. Por ejemplo, siguiendo esta línea, tenemos que para la producción total del bien “alimentos” son necesarias 10 unidades de alimentos, es decir de sus propios bienes, 10 unidades de combustibles y 10 unidades de servicio de comercialización, la suma de estas 3 operaciones intersectoriales será denominada por el momento “consumo intermedio”.

Añadido a este proceso productivo será necesario añadir un factor extra, el cual, dados los insumos, permita que éstos sean transformados en un bien final, factor al que de momento llamaremos “valor agregado”. Por último, la suma del consumo intermedio al valor agregado nos dará como resultado “valor bruto de producción”.

Según el Sistema de Cuentas Nacionales (SCN), se entiende por valor agregado como el saldo contable de la cuenta de producción de una unidad o sector, dicho valor creado en la producción (INEGI, 2015). Del mismo modo se define al valor bruto de producción como la representación del valor total de bienes y servicios producidos, por último, define también al consumo intermedio como el valor de los bienes y servicios

consumidos en el proceso de producción, como son materias primas, insumos, etc., éstos son valorados a precio de comprador.

Del lado derecho de la matriz podemos encontrar los “ingresos” por sectores de la economía, estos definidos por la demanda intermedia de la economía, la cual se compone de la suma de las demandas individuales de cada producto por sector, posteriormente encontramos la demanda final, la cual, como veremos más adelante, constituirá al resto de agentes económicos que interactúan con los sectores productivos.

La suma de la demanda intermedia más la demanda final nos dará como resultado el producto total de la economía, el cual se iguala a los insumos totales. Esta relación puede ser explicada desde un punto de vista contable, al analizar cada lado de la transacción como un ingreso y gasto percibido por los sectores, el cual es necesario para la producción y consumo intersectorial dentro de la economía.

Dicha economía es cerrada, es decir, no existe un sector externo, los bienes son producidos y consumidos únicamente de manera interna, por lo que no se tiene ningún tipo de relación económica con el exterior.

Los bienes producidos serán representados de la siguiente manera:

Hidrocarburos= H

Resto de la economía=RS

Y las cantidades de estos:

Consumo Intermedio = Ci

Valor Agregado = VA

Insumo total = Q = Producto total

Por lo tanto, representando matemáticamente el producto total, por el lado del ingreso tendríamos que:

$$H1+H2 +DF1=Q1 \quad (1)$$

Tomando en cuenta que la primera variable representa el tipo de bien y el numero refiere a al sector del cual procede dicho ingreso. De este lado tenemos que el ingreso de alimentos por parte de la demanda del sector Alimentos, el sector Combustibles, el sector Servicios de comercialización más la demanda final de alimentos dan como resultado el producto total de alimentos demandados.

Por el lado de los gastos, la representación sería:

$$H1+RS1+VA1=Q1 \quad (2)$$

La primera letra refiere al bien demandado, por lo tanto, el número implica al sector demandante. Dicho esto, tendríamos que la demanda del sector Hidrocarburos a sí mismo, más la demanda del Resto de la Economía por parte del sector 1 más el valor agregado proporcionado por el sector 1 darían como resultado el total de insumos, representado, al igual que los ingresos totales, por Q1.

De manera global, podríamos igualar ambas ecuaciones, siguiendo la misma dinámica, tendríamos que:

$$\begin{aligned} H1+H2+DF1=Q1 &= H1+RS1+VA1 \\ RS1+RS2+DF2=Q2 &= H2+RS2+VA2 \end{aligned} \quad (3)$$

Dicho sistema de ecuaciones representaría una igualdad entre la oferta por el lado izquierdo y la demanda por el lado derecho. Para una mejor visualización, esta puede ser determinada con valores:

$$\begin{aligned} 5+10+35 &= 50 = 5+25+20 \\ 25+90+15 &= 130 = 10+90+30 \end{aligned} \quad (3.1)$$

El sistema de ecuaciones implicaría que, en dicho sistema, hay equilibrio entre oferta y demanda. De esta manera, quedaría representada la matriz de la economía propuesta para analizar la metodología utilizada.

La matriz de Insumo-Producto se obtiene de manera general de los cuadros de Oferta y Utilización, publicados por INEGI. Para la presente investigación será utilizada la MIP 2013 simétrica, denominada “producto x producto”, la cual permite analizar el flujo de bienes y servicios en la relación entre productores y consumidores, entre insumos y productos (ibid, 2015).

A su vez, la matriz utilizada se denomina doméstica, pues no considera el origen importado.

## **I.5 Importancia del uso de energías alternativas a la utilización de hidrocarburos en los medios de transporte y su importancia económica en México.**

Desde el origen de la vida, el ser humano ha tenido la necesidad de subsistir, lo cual ha logrado en base a la explotación de los medios y recursos naturales presentes en su entorno. En este sentido, uno de los retos principales ha sido la transformación de fuentes energéticas, con el fin de obtener beneficios y facilitar el trabajo diario para la creación de bienes y prestación de servicios.

Los antecedentes principales de la maquinaria y tecnología utilizada hoy en día para el pleno uso de dichos recursos, siguiendo la idea de Gaviria, J., J. Mora, y J. Ramiro, J. (2002) implican que aún tienen como base las máquinas fundamentales, tales como la palanca, la rueda, el eje, la polea, la cuña y el tornillo, las cuales fueron inventadas hace

cientos de años y se repiten como componentes de las máquinas contemporáneas, lo que implica que la maquinaria moderna sea básicamente la yuxtaposición repetida y congruente de las máquinas antes mencionadas.

De este modo, la explotación de tales inventos ha sido complementada con la conquista de materiales y recursos como la madera, el metal, agua o el viento en el caso de los molinos por mencionar algunos. Una vez creada la primera maquinaria que implicaría la sustitución de la fuerza del ser humano, como fue la rueda al sustituir el empuje o la palanca al sustituir la fuerza bruta del hombre, la innovación tecnológica se ha centrado en el fortalecimiento, mejora y practicidad en el uso de dichas invenciones.

Así, al paso de varios años y diversos antecedentes en el transporte, *Etienne Lenoir*, ingeniero belga y naturalizado francés, crea el primer motor de combustión interna de dos tiempos en 1860. Dicha invención surge como la primera solución de un motor a disponer de combustible como propulsor. Por lo tanto, su uso práctico realizado en el mismo año implicó la construcción del primer automóvil, el cual tenía un peso cercano a 20 toneladas, y un recorrido de 6 km en 3 horas.

Posteriormente, dicha tecnología fue mejorada acorde a las condiciones y necesidades propias que la sociedad ha requerido, tales como la carga de trabajo, el uso militar, la escasez de recursos, condiciones ambientales específicas, por mencionar algunos. Hoy en día, el uso de motores de combustión interna prevalece como una tecnología vigente y altamente rentable para los agentes económicos.

De este modo, según Franco, C. y A. Baena, (2010), en la actualidad, la mayoría de los vehículos dependen de la combustión de hidrocarburos para derivar la energía necesaria para su propulsión. La combustión es una reacción entre el carburante y el aire que libera calor y otros productos. El calor es convertido en energía mecánica por un motor

y los productos son liberados a la atmósfera. Por su parte, un hidrocarburo es un compuesto químico con moléculas hechas de átomos de hidrógeno y oxígeno.

A pesar de la existente transición originada en el mercado por parte de energías alternativas al uso de combustibles, es necesario reconocer la importancia del uso de hidrocarburos en la actualidad, con el fin de sustituir por completo su uso por el de energías más amigables con el medio ambiente. La creciente demanda por parte de los Gobiernos, con el fin de reducir los contaminantes producidos por el uso de hidrocarburos ha implicado una reorganización en las principales marcas productoras de unidades vehiculares.

En este sentido, la masiva utilización de combustibles fósiles ha llevado a un incremento considerable de gases efecto invernadero (GEI), principalmente el CO<sub>2</sub>, en la atmosfera del planeta. La acumulación de estos gases ha hecho del cambio climático una realidad. Este fenómeno no solo implica un aumento de la temperatura del planeta y del nivel del mar, sino también un incremento importante en la intensidad y la frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos. Asimismo, ha desencadenado cambios en los patrones de comportamiento de los animales, entre ellos los polinizadores, acentuando con ello el hambre, la pobreza, la desigualdad y la violencia. (Martínez-Ángel, J. 2018)

Es importante considerar que dicho fenómeno es irreversible, por lo que existe una cantidad finita y limitada para que el uso de dichas fuentes energéticas se vuelva perjudicales a niveles nunca vistos. El sector de transporte es uno de los principales focos de acción para reducir la cantidad de gases efecto invernadero, causantes físicos de los fenómenos antes mencionados.

A nivel mundial, iniciativas como el protocolo de Kyoto, el cual fue aprobado el 11 de diciembre de 1997, y en vigor desde el 16 de febrero de 2005, implica el compromiso

por más de 192 países a limitar y reducir las emisiones de gases efecto invernadero, mediante la adopción de políticas y medidas de mitigación. Lo anterior incluye un doble propósito en materia económica, pues pretende estimular la inversión en tecnologías verdes y más amigables con el medio ambiente, mediante la reducción del transporte a base de combustibles, la adopción de nuevos métodos a nivel industrial, así como modificaciones en los patrones de consumo de los habitantes de los países participantes.

Dicha posibilidad de modificar el uso de tecnologías contaminantes mantiene una visión de obtención de beneficios, no solo económicos, sino en la calidad de vida de la sociedad a largo plazo.

Un hecho adicional implica que, a pesar del esfuerzo colectivo realizado durante los últimos años por reducir el uso de vehículos de combustión interna, es innegable que la dependencia energética, la venta de vehículos, el consumo de petróleo y las emisiones de gases invernadero han mostrado un aumento exponencial en los últimos años.

Así, a nivel mundial y en México el combate a dicha problemática posee diversas caras desde las cuales deben tomarse acciones con el fin de evitar la degradación ambiental. En primera instancia, a nivel productivo, existen ciertas regulaciones que deben seguirse en la producción de vehículos, tales como la Norma ISO 14001, la cual consiste en implementar un sistema de gestión ambiental, con el fin de que las empresas puedan demostrar que operan bajo estándares comprometidos con la protección del medio ambiente. Por lo tanto, debe existir una seria coordinación interna que implique el involucramiento de actividades ambientales en las funciones productivas.

Por otro lado, en la presente área de interés, la participación de los hogares en la práctica de mejores hábitos ambientales se presenta como el complemento definitivo para

un mayor control sobre el desencadenamiento de condiciones negativas sobre el medio ambiente por el uso excesivo de medios de transporte con base en los hidrocarburos.

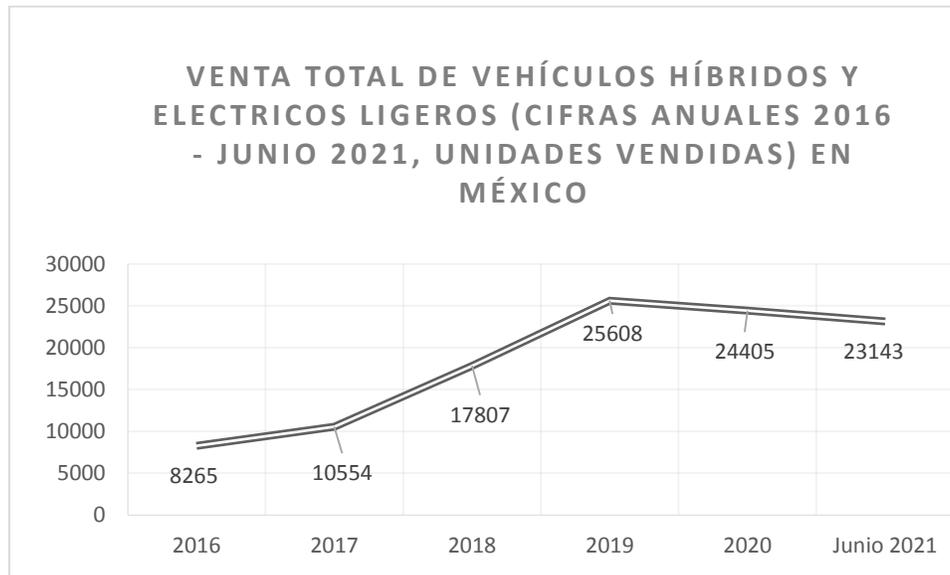
En los últimos años, siguiendo la información recabada por de Covarrubias, A. y García-Jiménez, H. (2017), La Norma Oficial Mexicana vigente para el control de emisiones (2013), que define las emisiones de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) provenientes del escape y su equivalencia en términos de rendimiento de combustible, aplicable a vehículos automotores nuevos de peso bruto vehicular de hasta 3,857kg. Esta norma, parte de asumir la premisa del efecto de las emisiones automotrices sobre la calidad del aire y los gases de efecto invernadero.

Asimismo, siguiendo la idea del autor, de acuerdo con datos de Semarnat para el mismo año, los vehículos automotrices fueron responsables del 95% de Monóxido de Carbono, 75% de Óxido de Nitrógeno, 50% de los hidrocarburos, 60% de particulares inhalables y 25% de Bióxido de Azufre contenido en el ambiente, lo cual genera un panorama de alerta respecto al uso desmedido del transporte a base de hidrocarburos.

Con esto bajo el telón, desde la creación de medios de transporte que utilizan energías alternas al uso de hidrocarburos, las preferencias del consumidor han mostrado cierta preocupación y conciencia colectiva en el uso de energías alternativas al uso de hidrocarburos, así como a la adquisición de vehículos híbridos y eléctricos o *plug in*.

Por definición, se considera a un automóvil eléctrico aquel que es propulsado por uno o más motores eléctricos, utilizando energía eléctrica almacenada en baterías recargables. EL término *plug in* hace referencia a la acción de enchufar la batería del automóvil a la corriente eléctrica como medio de carga. Por su parte, los automóviles híbridos son comúnmente conocidos como aquellos automóviles que combinan un motor de combustión interna y uno o varios motores eléctricos.

En este sentido, de acuerdo con datos de INEGI, las ventas de este tipo de vehículos han mostrado una tendencia positiva durante los últimos 5 años, como se muestra en la siguiente gráfica:



Fuente: Elaboración propia con información obtenida de Registro administrativo de la industria automotriz de vehículos ligeros (INEGI 2021)

Por lo anterior, a pesar de que en México, en comparación a países desarrollados, los precios de diversos autos híbridos o eléctricos no son accesibles a la mayor parte de la población, las ventas a nivel nacional muestran una tendencia ascendente a partir de 2016, la cual se mantiene a finales de 2019, periodo en el cual la industria automotriz en general experimentó un decaimiento considerando el escenario por COVID.-19, el cual, además, afectó gran parte de 2020, dado que las actividades relacionadas a la fabricación de equipo de transporte no fueron incluidas dentro de las actividades esenciales, razón por la cual dicha industria automotriz cesó sus actividades.

Del mismo modo, el panorama de la industria automotriz aún es incierto, sumando la crisis actual por semiconductores, en la cual la cadena de suministro ha sido incapaz de

satisfacer la demanda global por dichos componentes, los cuales cuentan con altas barreras a la entrada para su producción fuera de zonas económicas altamente tecnológicas, como Taiwán y Corea del Sur.

Dado que dichos insumos son esenciales para la fabricación, no solo de automóviles, sino de gran parte de bienes cotidianos, que van desde artículos de limpieza, entretenimiento, teléfonos inteligentes hasta aviones, la condición actual de dichos componentes provoca tensión en el comercio internacional.

Asimismo, al mes de junio de 2021, el consumo de dichos vehículos muestra un aumento en las ventas, considerando un periodo de 6 años en relación con el año previo, lo que implica que al cierre de 2021, se esperaría que las ventas superen considerablemente las del año anterior.

Por otra parte, no solo las preferencias del consumidor se han modificado durante los últimos años. Desde la apertura del mercado de transporte al uso de vehículos más amigables con el medio ambiente, en México se han generado una serie de incentivos al consumo de autos híbridos y eléctricos, los cuales provienen del gobierno federal, así como del gobierno estatal, en colaboración con empresas del sector privado, las cuales buscan mecanismos de promoción para el uso de autos eléctricos e híbridos.

En primera instancia en materia fiscal, tenemos que los vehículos eléctricos no están obligados a pagar el impuesto Federal ISAN. En este sentido, La Ley de Ingresos de la Federación para el ejercicio fiscal 2015, en su artículo 16 dice:

En materia de exenciones:

“Se exime del pago del impuesto sobre automóviles nuevos que se cause a cargo de las personas físicas o morales que enajenen al público en general o que importen definitivamente en los términos de la Ley Aduanera, automóviles cuya propulsión sea a

través de baterías eléctricas recargables, así como de aquéllos eléctricos que además cuenten con motor de combustión interna o con motor accionado por hidrógeno”.

Lo anterior, implica una menor carga impositiva a los consumidores que pretendan adquirir un vehículo que utilice hidrocarburos, así como a una reducción en los recursos destinados al transporte convencional.

Por su parte, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) ofrece ciertos apoyos para el uso de vehículos eléctricos o híbridos, con la finalidad de evitar un sobrecargo en los recibos de luz al recargar sus baterías. En este sentido, la CFE realiza la instalación de un medidor independiente en los hogares, lo cual justificará el sobreconsumo y a su vez, evitará un cargo adicional en el gasto por electricidad corriente.

Del mismo modo, acorde a datos presentados por la CFE, un consumidor promedio puede reducir el gasto en combustible al ser sustituido por energía, dado que la energía eléctrica es entre 40% y 60% más barato por kilómetro recorrido.

Bajo la misma línea, en la mayoría de los estados de la república, los vehículos eléctricos están exentos del pago por tenencia, lo que implica un importante beneficio en costos relacionados al mantenimiento a largo plazo de un automóvil convencional.

Debido a los aspectos tecnológicos, así como a las tecnologías utilizadas por los autos eléctricos para su propulsión y el no producir emisiones contaminantes, están exentos del programa de verificación vehicular que implica revisión de emisiones semestrales, evitando con eso, los gastos en verificación ambiental, así como las restricciones respecto a los programas de control vehicular en las grandes ciudades.

Respecto a lo anterior, es importante considerar los amplios beneficios generados a partir del cambio en las preferencias del consumidor respecto al uso y adquisición de vehículos eléctricos o híbridos respecto a vehículos con base a hidrocarburos, los cuales,

en una medida considerable, presentar mayores beneficios a largo plazo, no solo respecto al poder adquisitivo de los consumidores, sino a la economía como un todo.

Por lo tanto, es importante considerar la forma en como dichos incentivos, creados a partir de decisiones económicas, son diseñados con el fin de que la economía mantenga cierto ritmo de crecimiento. Si bien, es importante considerar los aspectos teóricos de una economía hipotética, los modelos de equilibrio general computable proponen una herramienta capaz de realizar un análisis de los múltiples efectos considerando alguna cuestión ambiental.

Siguiendo la idea de Tello, M. (2017), para el diseño de modelos de equilibrio general computable, en países en desarrollo con abundantes recursos naturales, son muy comunes los temas relacionados al medio ambiente, así como al desarrollo sostenible, en los cuales se caracterizan los agentes económicos, y se determinan a los recursos naturales como “externalidades tecnológicas”.

De este modo, los modelos de equilibrio general computable presentan alternativas viables a problemáticas específicas en materia de economía ambiental, como son el uso de recursos energéticos y vitales como el agua, el control de emisiones de CO<sub>2</sub>, cuestiones de cambio climático o la inversión sobre actividades específicas en sectores agropecuarios, por mencionar algunos.

En este sentido, algunos exponentes de dicha metodología incluyen a Cardenete, H. et. al. (2005), quienes presentan un modelo de equilibrio general computable utilizado para estimar las necesidades energéticas para la economía andaluza para 1995, partiendo del supuesto de que los recursos energéticos son relativamente escasos, los cuales, a su vez, generan la emisión de gases nocivos para el medio ambiente, lo cual impacta directamente en la producción y el consumo.

Por otro lado, una investigación similar a la presentada, realizada por Cuevas, C. (2009) sobre el impacto de políticas agropecuarias dentro de una comunidad rural mexicana, incorpora el uso de un modelo de multiplicadores contables asociado a una MCS, con el fin de analizar cuatro escenarios: un apoyo directo por parte de una institución pública, un escenario con apoyo directo a las actividades agrícolas, un escenario de desempleo regional y la evaluación del efecto del incremento del precio de los combustibles en dicha región.

En este sentido, los resultados obtenidos por Cuevas (2009) implican que una mayor inversión en actividades agrícolas mediante la compra de insumos o mejoras al proceso productivo generan mayores beneficios a la economía que el uso de apoyos directos al ingreso de los hogares. Asimismo, la evaluación de un incremento del cinco por ciento en los combustibles muestra que el producto interno bruto de la comunidad se reduciría en un 1.65 por ciento.

Finalmente, una investigación reciente realizada por Chapa, J. y Oyakawa, J. (2016) estima los impactos económicos de algunos aspectos relevantes sobre la reciente reforma Energética de 2013 en el Noreste de México, particularmente los relacionados con los recursos de gas de esquisto (lutitas) o de “shale gas”, así como estimaciones preliminares de los efectos de nuevos proyectos de construcción y operación de gasoductos en la región Noroeste, a través de la construcción de matrices de insumo-producto y de contabilidad social regionales.

Por lo anterior, los modelos de equilibrio general computable han mostrado gran utilidad en diversas investigaciones en México, para realizar simulaciones sobre el impacto de proyectos de inversión, estímulos gubernamentales, así como regulaciones en torno a cuestiones ambientales, las cuales permiten la toma de decisiones por parte de los agentes

económicos, no solo en beneficio de la economía, sino considerando a los recursos naturales como prioridad para la preservación de la vida y de la sociedad.

Asimismo, las problemáticas actuales relacionadas al uso excesivo de medios de transporte de hidrocarburos, así como la aparente sustitución por medios de transporte más amigables con el medio ambiente proponen un escenario de gran interés para la aplicación de un análisis de equilibrio general.

Por lo anterior, se espera que el modelo presentado, ante la simulación realizada, refleje cierta sustituibilidad entre las necesidades de transporte y movilidad al uso de hidrocarburos en los consumidores de la economía modelada, lo cual beneficiará de forma directa al desarrollo de transporte basado en energías alternativas. De forma indirecta, se espera además que el modelo permita observar cambios más profundos en la organización de la economía mediante la variación de otros indicadores.

## **I.6 Conclusiones**

El uso y desarrollo de modelos de equilibrio general no ha cesado en los últimos años, por el contrario, las problemáticas y contribuciones a la ciencia económica son cada vez más específicas y recurrentes, debido a la capacidad de los modelos de equilibrio general para centrar la atención en diferentes puntos de una economía.

México no ha sido la excepción, como se ha mencionado, se ha encontrado en los modelos de equilibrio general múltiples aplicaciones al diseño de políticas y estrategias para el beneficio de la economía.

Por otro lado, las condiciones actuales de la industria automotriz a nivel internacional, así como el uso de energías alternativas como contraste proporcionan el

escenario adecuado para poner en práctica a la teoría. Si bien, el uso de energías alternativas al uso de hidrocarburos no representa una solución total a las condiciones derivadas del uso excesivo del transporte convencional, se espera que el aumento en su utilización genere beneficios en múltiples aristas de la sociedad, en específico para el empleo.

Por lo tanto, una vez identificadas las debilidades y en especial, las fortalezas del diseño de un modelo de equilibrio general para la caracterización de situaciones económicas como la presentada en la última sección del presente capítulo, será necesario incorporar la información específica para su desarrollo.

## **Capítulo II: Construcción del modelo de equilibrio general**

### **II.1 Introducción**

Una vez delimitado el escenario de interés, es necesario determinar de qué forma será utilizada la información disponible. Para el uso del modelo de equilibrio general, en primera instancia será necesario el diseño de una MIP, la cual servirá de base para la construcción de la MCS.

El éxito en el diseño de una MCS dependerá en gran medida de la información utilizada, así como de su incorporación dentro del modelo.

De este modo, en la sección II.2 Analizaremos la información disponible para el diseño de la MIP, especificando los pasos a seguir para la delimitación de los sectores económicos bajo análisis, mediante la determinación de las actividades económicas de interés.

Posteriormente, la sección II.2.1 será dedicada al trabajo y formulación de la MIP, identificando las principales cuentas y agentes económicos. Al mismo tiempo será necesario delimitar cual será el alcance del modelo de equilibrio general en materia del uso de la información disponible.

Por su parte, la sección II.2.2 será el punto culminante para el diseño de la MCS, a partir de la información previamente recabada de la MIP. Asimismo, será especificada su funcionalidad, así como sus principales características.

Finalmente, en la sección II.3 será especificado el modelo matemático correspondiente al modelo de equilibrio general de la presente investigación, el cual será el sustento matemático del ejercicio.

## II.2 De la matriz de Insumo- Producto a la Matriz de Contabilidad Social

Para la realización y construcción de la MCS fue necesario un enfoque a las actividades del sector hidrocarburos, por lo que en primera instancia y como ya fue descrito en el capítulo anterior, fue necesario seleccionar una base de datos adecuada, en este caso la MIP 2013.

Lo siguiente es trabajar sobre la MIP, dado que el objetivo de esta investigación es la construcción de una MCS, podemos abordar su construcción desde esta perspectiva, es decir, analizar la comercialización y producción de petróleo y sus derivados.

Con el fin de obtener una clasificación correcta respecto a las actividades pertenecientes a un sector representativo, se recurrió a información de la Secretaría de Energía, la cual, a través de su sistema de información energética<sup>1</sup>, se encarga de medir la cantidad de los diversos tipos de energía producida en México, esto acorde con el Producto Interno Bruto.

Se utilizará información de la tabla “Producto Interno Bruto de la actividad petrolera, producción primaria e industrialización de hidrocarburo”. Si bien, por la naturaleza de la MIP, los datos no coincidirían con los obtenidos por parte de dicha información, se optó por una idea diferente.

La Secretaría de Energía utiliza datos de la MIP para el cálculo de sus totales en actividades como “Extracción de petróleo y gas”, “Refinación de petróleo”, “Fabricación de productos petroquímicos” y “Otras actividades petrolíferas”, y más específicas como

---

<sup>1</sup> Disponible en: <https://sie.energia.gob.mx/>

“Petróleo crudo” y su desagregación en “Pesado” y “Ligero”. En el caso de esta tesis se utilizó la misma metodología.

Un primer paso para la construcción de la MCS es definir ciertas actividades de interés, en este caso, un sector que englobe la mayor parte de las actividades productivas relacionadas con los “Hidrocarburos”, productos como el petróleo, gas natural, derivados de estos productos, hidratos de metano, por mencionar algunos, y de manera simultánea poder analizar el resto de la economía.

De esta forma, siguiendo la metodología de la Secretaría de Energía, utilizando las clases del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN), para la construcción del sector hipotético denominado “Hidrocarburos” se tomaron en cuenta, de la MIP los siguientes productos: “211110 - Extracción de petróleo y gas”, “324110 - Refinación de petróleo” y “325110 - Fabricación de petroquímicos básicos del gas natural y del petróleo refinado”.

Si bien sabemos que una de las funcionalidades de crear un modelo de equilibrio general aplicado es poder analizar cuáles son los efectos colaterales tras el cálculo de un nuevo punto de equilibrio, con la selección de dichas cuentas se justifica el hecho de que estas actividades son las principales afectadas en el caso de un cambio en el patrón de consumo sobre las preferencias por hidrocarburos, el cual será el tema del presente análisis.

Con dicha selección y construcción del primer sector económico del modelo, se da un primer acercamiento a la metodología utilizada, tanto para la simulación como para la MCS, por lo que se realiza una descripción detallada de cada paso y supuesto para hacerlo más claro.

## II.1.2 Diseño de Matriz de Insumo Producto

Se inició por desagregar la MIP producto por producto hasta clases del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (“SCIAN”), posteriormente se seleccionaron las cuentas a ocupar, para el primer sector denominado “Hidrocarburos” acorde a la clasificación antes mencionada, posteriormente con las cuentas restantes se realizó una suma, creando así al segundo sector denominado “Resto de la economía”.

Se adaptarán las cuentas de la MIP con el fin de construir la MCS, la cual se encuentra en el Anexo 3. Al igual que en la descripción de la metodología de la MIP, se analizará primero el lado de los ingresos, empezando por el sector hidrocarburos:

Cuadro 1			
MIP	Sector 1	Resto	Dem Int.
Sector 1	\$941,098	\$722,352	\$1,663,450

Fuente: Elaboración propia con datos de la MIP 2013 publicada por INEGI

En la MIP que se representa en el Anexo 2, el sector hidrocarburos recibe ingresos por parte de sí mismo, \$941,098 millones, y por parte de la demanda del resto de la economía recibe un total de \$722,352 millones dando como resultado una demanda intermedia de \$1,663,450 millones.

Posteriormente tendríamos a la demanda final, la cual se estructura de manera similar a la demanda agregada, la cual se compone de las cuentas Consumo, Gobierno, Variación de Existencias, Formación Bruta de Capital, Exportaciones e importaciones:

Cuadro 2							
C	G	VE	FBC	Exp	Imp	DF	VBP
\$414,296	\$0	\$8,862	\$0	\$608,470	-\$458,046	<b>\$573,582</b>	<b>\$2,237,032</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de la MIP 2013 publicada por INEGI

El consumo será referido a la demanda de los hogares por cada bien, entonces, el sector 1 obtiene como ingreso de los hogares \$414,296 millones, por parte del Gobierno obtendrá 0 millones, cifra que no implica la inexistencia de un gasto por parte del Gobierno en los productos del sector 1, sino que este es tan pequeño que no puede ser contabilizado en millones a precios del año base.

La Variación de Existencias refiere, desde una perspectiva macroeconómica, a la diferencia entre el inventario final e inicial de materias primas, producción, productos que aún se encuentran dentro de su proceso productivo y los bienes que no son vendidos, es decir, no refieren a ningún consumo por parte de otras cuentas, la cifra de esta cuenta es de \$8,862 millones.

La cuenta de Formación Bruta de Capital (FBC) refiere, según INEGI, al comportamiento de la inversión en el corto plazo, misma que está integrada por los bienes utilizados en el proceso productivo durante más de un año, y que están sujetos a derechos de propiedad. Para el caso del sector 1, dicha cuenta indica \$0 millones desde una perspectiva de ingresos.

Un supuesto importante para el ingreso proveniente de la cuenta FBC del sector 1 será que, en primer lugar, dicha cifra es muy pequeña, por lo que no puede ser representada en millones.

Posteriormente tenemos al sector externo, dividido en 2 cuentas, ingresos por exportaciones y egresos por importaciones, los cuales reflejan la situación con el mundo exterior por parte del sector 1. Para el caso de las exportaciones, los ingresos representan \$608,470 millones, para el caso de las importaciones el monto es de -\$458,046, el signo negativo indica que, en cuanto a las importaciones, se reportan egresos en la compra de bienes similares. Cabe señalar que la diferencia entre estas 2 cuentas es de \$150,425

millones, lo cual representaría un saldo a favor en la balanza comercial respecto al sector 1.

En conjunto, estas 6 cuentas representarían la demanda final, la cual asciende a \$573,582 millones de pesos, cifra que junto a los insumos intermedios (\$1,663,450) representarían como monto total la cantidad de \$2,237,032 millones, cuenta denominada como Valor Bruto de Producción.

Cuadro 3			
MIP	Sector 1	Resto de la economía	Dem Int.
Resto de la economía	\$232,703	\$10,094,417	\$10,327,120

Fuente: Elaboración propia con datos de la MIP 2013 publicada por INEGI

Siguiendo la misma metodología, el resto de la economía recibe ingresos por parte del sector hidrocarburos, \$232,703 millones, y por parte de sí misma, recibe un total de \$10,094,417 millones dando como resultado una demanda intermedia de \$10,327,120 millones.

Cuadro 4							
C	G	VE	FBC	Exp	Imp	DF	VBP
\$9,857,928	\$1,986,054	\$193,125	\$3,442,642	\$4,307,407	-\$4,708,659	\$15,078,496	\$25,405,616

Fuente: Elaboración propia con datos de la MIP 2013 publicada por INEGI

Del mismo modo, para el sector 2 tendríamos que el ingreso por consumo es de \$9,857,928 millones, el ingreso por parte del consumo del gobierno sería de \$1,986,054 millones, su variación en existencias representaría un ingreso de \$193,195 millones. Por otra parte, la FBC representa ingresos por \$3,442,642 millones, los ingresos por

exportaciones representan \$4,307,407 millones, mientras que las importaciones representan un monto negativo de -\$4,708,659 millones, lo cual nos daría un saldo negativo de -\$401,252 millones, es decir, para el caso del sector 2, las importaciones superan a las exportaciones.

Por último, la demanda final representaría un saldo de \$15,078,496 millones, sumando a esto la utilización de insumos intermedios (\$10,327,119.81 millones) tendríamos un Valor Bruto de la Producción (“VBP”) de \$25,405,616 millones.

<b>Cuadro 5</b>				
	<b>Dem Int.</b>	<b>DF</b>	<b>VBP</b>	<b>Y</b>
<b>Sector Hidrocarburos</b>	\$1,663,450	\$573,582	\$2,237,032	\$27,642,648
<b>Resto de la economía</b>	\$10,327,120	\$15,078,496	\$25,405,616	

Fuente: Elaboración propia con datos de la MIP 2013 publicada por INEGI

La suma de ambas cuentas respecto al VBP representaría la producción total de la economía para 2013, el cual es de \$27,642,648 millones de pesos.

De esta manera quedan determinadas las relaciones intersectoriales por el lado de los ingresos para ambos sectores. Cabe destacar que, las actividades petroleras tienen un gran peso dentro de la economía total, lo cual significa que únicamente 3 actividades representan el 8% del producto total, la cual es una participación importante.

Para el análisis de gastos, seguiremos la misma metodología:

<b>Cuadro 6</b>		
<b>MIP</b>	<b>Hidrocarburos</b>	<b>Resto de la economía</b>
<b>Sector 1</b>	\$941,098	\$722,352
<b>Resto</b>	\$232,703	\$10,094,417
<b>Con Intermedio</b>	<b>\$1,173,801</b>	<b>\$10,816,768</b>
<b>Suel. y salarios</b>	\$74,579	\$4,468,274
<b>Exc. B de Ope</b>	\$1,000,058	\$10,012,300
<b>Valor agregado</b>	<b>\$1,074,638</b>	<b>\$14,480,574</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de la MIP 2013 publicada por INEGI

El gasto del sector 1 en bienes del sector 1 fue de \$941,098 millones, mientras que el del sector 2 fue de \$722,352 millones. Del mismo modo, el gasto del sector 2 en bienes del sector 1 fue de \$232,703 millones, mientras que el gasto en bienes del sector 2 fue de \$10,094,417 millones.

La suma del gasto en ambos bienes por parte de cada sector representaría su consumo intermedio, el cual es de \$1,173,801 millones para el sector 1 y de \$10,816,768 millones para el sector 2.

Para objetivos de continuar con la formulación del modelo, fue necesario tomar las cuentas necesarias para el cálculo de los factores de producción. Para el caso del factor trabajo, se utilizaron los montos de la cuenta denominada “Sueldos y salarios”, el cual es de \$74,579 millones para el sector 1, y de \$4,468,274 millones para el sector 2. Para el

caso del factor capital, como se explicaba en la parte de ingresos, se utilizará la cuenta “Excedente Bruto de Operación”.

Dicha cuenta refiere a un saldo tras la partida de producción, es decir, el remanente restarle al valor agregado (a precios de productor) el consumo intermedio, la remuneración de los empleados, en este caso, el factor trabajo, y los impuestos indirectos netos de subvenciones de cualquier tipo. De esta forma, se presenta una manera indirecta de obtener el monto de capital utilizado por parte de cada sector. Para el sector 1, el monto es de \$1,000,048 millones, para el sector 2 sería de \$10,012,300 millones. De esta forma, tendríamos un valor agregado antes de impuestos por parte del sector 1 de \$1,074,637.53 millones y de \$14,480,573.81 millones para el sector 2.

<b>Cuadro 7</b>		
	<b>Sector hidrocarburos</b>	<b>Resto de la economía</b>
<b>Valor agregado</b>	<b>\$1,074,638</b>	<b>\$14,480,574</b>
<b>Imp. Ind.</b>	-\$11,406	\$108,274
<b>VBP</b>	<b>\$2,237,032</b>	<b>\$25,405,616</b>
<b>Valor Bruto Total</b>		<b>\$27,642,648</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de la MIP 2013 publicada por INEGI

Posteriormente, los impuestos indirectos representan un gasto de -\$11,397 millones para el sector 1 y de \$108,274 millones para el sector 2. El signo negativo en la parte de los impuestos del sector 1 podría ser explicada por diversos subsidios con los que cuentan las actividades petroleras.

Finalmente, sumando el consumo intermedio al valor agregado y los impuestos indirectos para cada sector, se obtendrá el VBP desde una perspectiva de gastos para cada sector. La suma del sector 1 sería de \$2,237,031.79 millones, mientras que la del sector 2 sería de \$25,405,616.24 millones. La suma de ambas cuentas nos daría como valor bruto total de la economía la cantidad de \$27,642,648, al cual coincide desde ambas perspectivas.

Por lo anterior, los datos de la MIP implican la existencia de un equilibrio general, dado que tanto la oferta como demanda se encuentra en equilibrio para el periodo de tiempo analizado, implicando que los mercados respectivos se encuentran también en equilibrio.

Es importante destacar que, con el fin de incorporar toda la información proveniente de la MIP a la MCS, así como al modelo matemático, se tiene que hacer un supuesto importante.

Dado que, en este modelo, el Gobierno determina su participación en la economía de forma residual dentro de la construcción de la MCS, será necesario que diversas cuentas representadas dentro de la MIP proveniente de INEGI sean incluidas desde una perspectiva de ingresos en el diseño de la MIP a formular, y en el posterior diseño de la MCS.

Es decir, dado que el modelo formulado consiste en una economía cerrada, sin inversión y sin posibilidad de ahorro, las cuentas de Inversión-Ahorro y Exportaciones-Importaciones serán contabilizadas como parte de los ingresos gubernamentales, como será detallado más adelante. Por el momento, es importante destacar que el papel del Gobierno en el modelo permitirá que la economía se encuentre en equilibrio.

## II.1.2 Diseño de Matriz de Contabilidad Social

Posteriormente, acorde a la información obtenida de la MIP, así como del modelo matemático planteado, la MCS consta de 9 cuentas, tanto de ingreso como egreso, resumidas en segmentos como Actividades, Bienes, Factores, Hogares y Gobierno.

En este sentido, y de forma explicativa para el modelo, dentro de esta economía, los dos factores productivos se comportan de la siguiente manera:

MCS Unidad Manual 00			Actividades		Bienes		Factores		Hogares	Gobierno		TOTALES
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
			Sector 1	Sector 2	Bien 1	Bien 2	Trabajo	Capital	Consumidor	Ingreso	Gasto	
Actividades	I	Sector 1			1,063,231.11							1,063,231.11
	II	Sector 2				14,588,847.95						14,588,847.95
Bienes	III	Bien 1							414,295.62		648,935.49	1,063,231.11
	IV	Bien 2							9,857,928.11		4,730,919.84	14,588,847.95
Factores	V	Trabajo	74,579.16	4,468,274.21								4,542,853.37
	VI	Capital	1,000,058.37	10,012,299.60								11,012,357.97
Hogares	VII	Consumidor					4,542,853.37	11,012,357.97				15,555,211.34
Gobierno	VIII	Ingreso	-11,406.42	108,274.15					5,282,987.61			5,379,855.33
	IX	Gasto								5,379,855.33		5,379,855.33
TOTALES			1,063,231.11	14,588,847.95	1,063,231.11	14,588,847.95	4,542,853.37	11,012,357.97	15,555,211.34	5,379,855.33	5,379,855.33	

Fuente: Elaboración propia con datos de la MIP 2013 publicada por INEGI

Desde una perspectiva de gastos, el sector hidrocarburos requiere gastar \$74,579.16 millones en trabajo y \$1,000,058.37 millones en capital, al mismo tiempo que recibe un subsidio por parte del gobierno de -\$11,406.42, el cual será explicado más adelante. Lo anterior es necesario para la producción de \$1,063,231.11 millones de hidrocarburos,

Mientras que el resto de la economía requiere de un gasto de \$4,468,274.21 millones en trabajo y \$10,012,299.60 millones en capital, así como del pago de impuestos por \$108,274.21 millones, para la producción de \$14,588,847.95 millones del bien representativo.

Por lo anterior, el impuesto indirecto al sector hidrocarburos a través de una tasa impositiva negativa solo refleja un subsidio que estimula al sector hidrocarburos, mientras

que implica una tasa impositiva promedio aplicada al resto de la economía, dada la variedad de bienes y servicios.

Una vez gravados los bienes y servicios, tendríamos que el sector hidrocarburos produce \$1,063,231.11 millones en bienes, registrados en la columna 3, mientras que para el resto de la economía produce \$14,588,847.76 millones en bienes, registrados en la columna 4.

Para el caso de los consumidores, por el lado de los gastos, tenemos que los consumidores distribuyen su ingreso disponible acorde a una demanda de bienes provenientes del sector hidrocarburos por un monto de \$414,295.62 millones, mientras que la demanda por bienes del resto de la economía representa un monto de \$9,857,928.11 millones.

Desde una perspectiva de ingresos, dicho monto proviene acorde a lo que reciben los consumidores por concepto del salario recibido acorde al trabajo ofertado en el mercado de factores, así como el rendimiento recibido acorde al capital demandado, determinando una demanda total de trabajo de \$4,542,853.37 millones y de capital de \$11,012,347.97 millones. Dichos montos representan la demanda de factores para ambos sectores, lo que en conjunto representaría la demanda total de factores, así como el ingreso bruto del consumidor por \$15,555,201.34 millones.

A dicho ingreso bruto serán descontados impuestos directos, a una tasa equivalente al 33.95%, los cuales representarán el ingreso del Gobierno, por un monto de \$5,282,977.61 millones. De este modo, los ingresos del gobierno ascienden a un monto de \$5,379,855.33 millones a través del cobro de impuestos, tanto a las actividades productivas como a los hogares.

Como se mencionó previamente, es necesario ajustar la información proveniente de la MIP para que la economía se mantenga en equilibrio. De esta forma, desde una perspectiva de gasto, los ingresos del Gobierno provienen directamente del cobro de impuestos, tanto a los factores productivos como a los hogares, es decir, la suma de los subsidios e impuestos indirectos cobrados por el Gobierno en la MIP nos dan un total de \$96,867.53 millones, mientras que los \$5,282,987.61 millones restantes corresponden a impuestos directos.

Por otro lado, desde una perspectiva de ingreso en la MCS, las cuentas de consumo de Gobierno (G), variación de existencias (VE), formación bruta de capital (“FBC”) y el sector externo (Exp-Imp) provenientes de la MIP serán representadas por el consumo de Gobierno en la MCS, con el fin de dar cumplimiento al supuesto antes mencionado el cual determina que la economía representada es una economía cerrada, y sin posibilidad de inversión-ahorro.

Por lo anterior, el Gobierno destina su consumo, al igual que en el caso de los consumidores, a bienes compuestos provenientes del sector hidrocarburos y del resto de la economía. En este sentido, la MCS implica que la demanda por bienes del sector hidrocarburos es de \$648,935.49 millones, mientras que la demanda por bienes provenientes del resto de la economía es por un monto de \$4,730,919.84 millones.

Por lo anterior, hemos construido una MCS representativa para la economía mexicana, la cual está conformada por 9 cuentas representativas.

Dado que su construcción se realizó de forma manual, dicha MCS se denominará MCS *Unidad Manual* 00. Posteriormente, será necesario realizar la especificación matemática del modelo, así como su programación, para lo cual será necesaria la utilización simultánea de la información presentada.

### **II.3 Especificación del modelo**

La economía mexicana y la producción de petróleo son cuestiones que por años han estado sumamente ligadas dentro de la academia.

La historia nos demuestra que se han realizado múltiples investigaciones sobre la rentabilidad del manejo o producción de este importante bien, ya que son temas con gran relevancia económica.

Pemex es un motor importante de la economía mexicana, dado que sus actividades siempre son el reflejo del comportamiento de los mercados. La importancia en la producción de hidrocarburos radica en múltiples cuestiones de mercado como son la gran dependencia del extranjero, la concentración del mercado, la baja competitividad de los productos mexicanos, por mencionar algunos.

Por otro lado, existe gran relevancia en conocer de fondo el impacto de un cambio en los patrones del consumo de los hogares, en función de la utilización de autos que no utilizan hidrocarburos.

En este sentido, día con día, los consumidores consideran la viabilidad de adquirir o utilizar medios de transporte que utilicen fuentes energéticas alternativas al uso de hidrocarburos, tales como la energía eléctrica, el uso de aditivos, así como cualquier alternativa que permita reducir su costo.

Con el fin de realizar una simulación sobre la preferencia por hidrocarburos y su sustitución por energías alternativas, se diseñará un modelo, basado en la MIP para el año 2013, la cual nos permita visualizar cuáles serán los múltiples efectos de un aumento de este tipo en la economía mexicana. Por lo tanto, será necesario especificar y determinar la información viable para este ejercicio.

Es importante destacar el aporte del Dr. Arturo Pérez Mendoza, el cual ha dedicado importantes esfuerzos en el diseño de programación de software matemático para la elaboración de modelos de equilibrio general computables. Por lo anterior, el modelo aquí presentado es de su autoría<sup>2</sup>, al cual se han realizado pequeñas adaptaciones para el presente modelo.

Dadas las características del modelo matemático, por sencillez se utilizó un modelo de 2 sectores, los cuales se describirán a continuación. Con el fin de desarrollar el modelo acorde a la estructura de la demanda agregada, se plantearán cada uno de los componentes necesarios. En primer lugar, definamos el propósito de un modelo de equilibrio general.

La economía representada se encuentra contabilizada de acuerdo con el modelo de Demanda Agregada, definido como:

$$Y = C + G \tag{1}$$

Donde

Y= Demanda de bienes y servicios

C= Consumo

G= Gasto público

En conjunto, la demanda agregada representa la cantidad de bienes y servicios que los habitantes, las empresas, las entidades públicas y demás agentes económicos, desean y pueden consumir, a un determinado nivel de precios.

---

<sup>2</sup> Información disponible en: Taller-Seminario Internacional: Pérez, A. (2016) *Diseño y Uso de Matrices de Contabilidad Social y Modelos de Equilibrio General Computable para la Planeación y la Toma de Decisiones* <https://www.ineqi.org.mx/eventos/2016/contabilidad/>

De forma global, si se determina que dicha demanda es satisfecha a un nivel donde sea igualada a la oferta, se denomina un equilibrio general, es decir, se debe cumplir la siguiente igualdad:

$$OA = DA \quad (2)$$

OA= Oferta agregada.

De forma similar, la oferta agregada se define como la oferta total de bienes y servicios que los agentes económicos pertenecientes a una economía están dispuestos a ofertar durante un periodo específico. Ambos elementos, tanto la oferta como la demanda, implican la existencia de competencia perfecta en los mercados, el cual se compone de múltiples agentes con un comportamiento optimizador.

Asimismo, la economía consta de múltiples mercados, bajos los cuales dichos agentes económicos interactúan, donde acorde a la Ley de Walras la cual estipula que “la suma de los excesos de demanda ponderados por su precio es igual a cero”. Asimismo, una implicación de dicha ley formula que “la existencia de un equilibrio dentro de un modelo económico, siempre que de los “n” mercados existentes, “n-1” se encuentre en equilibrio, dado que los restantes se encontrarán también en equilibrio”.

De esta forma, es necesario definir el modelo económico. En primer lugar, tenemos a los consumidores, quienes representan a la “población mexicana”, y sus elecciones en colectivo de la economía. Estos consumidores se desempeñan dentro del mercado de factores productivos, proporcionando su mano de obra y su capacidad instalada, ya que, como primer supuesto, dichos consumidores serán dueños de los factores productivos, es decir del capital y trabajo, los cuales son necesarios para la producción de bienes.

La representación respecto a las preferencias sobre qué tipo de bienes consumir, y en qué medida, vendrá dada por una función tipo Cobb Douglas, tal como se muestra a continuación:

$$\text{Max } U = C_1^\alpha C_2^{1-\alpha} \quad (3)$$

$$\text{Sujeto a } P_1 C_1 + P_2 C_2 = \text{Id} \quad (4)$$

Donde:

$\alpha$  = exponentes de la función de utilidad Cobb-Douglas

Lo anterior implica que el consumidor maximiza su utilidad en función del consumo de dos bienes, bien 1 ( $C_1$ ) y bien 2 ( $C_2$ ), los cuales provienen de los sectores “hidrocarburos” y “resto de la economía”, respectivamente. Es importante mencionar que dichos bienes, al igual que el papel del consumidor en el modelo, implica una representación del total de bienes producidos por dicho sector productivo.

De esta forma, las demandas de bienes de consumo se definen como:

$$C_1 = \alpha (\text{Id}/P_1) \quad C_2 = 1 - \alpha (\text{Id}/P_2) \quad (5)$$

Bajo tal representación, el ingreso disponible del consumidor ( $\text{Id}$ ), del cual depende la combinación de bienes que maximiza su utilidad, depende de su ingreso y al mismo tiempo, de la cantidad disponible que le queda después del pago de impuestos ( $1 - t_d$ ), el cual está estructurado de la siguiente manera:

$$\text{Id} = (1 - t_d) (wL_t + rK_t) \quad (6)$$

La ecuación 6 implica 2 situaciones importantes, la primera es que el ingreso del consumidor proviene de la utilización de los factores productivos, es decir, el consumidor percibe un salario ( $w$ ) acorde a la cantidad de trabajo que existe en la economía ( $L_t$ ), y por otro lado percibe una renta o rendimiento ( $r$ ) respecto al capital total de la economía ( $K_t$ ).

La segunda situación está relacionada con la presencia de un segundo agente económico, el Gobierno, el cual recibe ingresos acordes al cobro y pago de impuestos de los contribuyentes de esta economía hipotética. En este sentido, al ingreso del consumidor le es restada una parte por concepto de una tasa impositiva ( $td$ ), la cual será explicada con mayor detalle.

Posteriormente, tenemos a los sectores económicos, los cuales requieren del uso de factores para la producción de sus respectivos bienes representativos. De este modo, cada sector demandará trabajo y capital.

Un importante supuesto dentro del modelo presentado, implica que tanto la oferta de factores productivos, como son el capital y el trabajo, es perfectamente elástica, por lo que una ligera variación en sus precios generará una variación mayor en la cantidad ofrecida, como será descrito en el apartado de resultados.

La demanda de trabajo y capital por parte de las empresas se definen como:

$$L_i = (Y_i / \hat{O}_i) (B_i / (1 - B_i) r/w)^{1 - B_i} \quad K_i = (y_i / \hat{O}_i) (1 - B_i / B_i w/r)^{B_i} \quad (7)$$

Donde:

$B_i$  = exponente del trabajo en la función de producción

$\hat{O}_i$  = coeficientes de las funciones de producción

Lo anterior implica que ambas empresas minimizan sus costos de producción, sujetas a una condición en el mercado:

$$P_i Y_i = (wL_i + rK_i) (1+t_i) \quad (8)$$

Dicha condición implica que ambas empresas no obtendrán beneficios, dada la igualdad existente entre el precio de la producción multiplicado por el producto total, el cual implica el pago a factores, así como el pago de impuestos.

Dentro del modelo, el Gobierno es un agente económico que participa únicamente en la demanda de bienes y servicios, el cual recibe ingresos a través del cobro de impuestos directos como el Impuesto Sobre la Renta (ISR) o indirectos como el Impuesto al Valor Agregado (IVA). El Gobierno utiliza sus ingresos únicamente en el consumo de bienes de la economía.

El Gobierno tiene la capacidad de, a través de sus decisiones, afectar los precios de los bienes a través de los impuestos indirectos, el ingreso del consumidor a través de los impuestos directos y la demanda agregada a través de su consumo. El ingreso del Gobierno se representa de la siguiente forma:

$$I_g = \sum_{i=1}^2 t_i (wL_i + rK_i) + t_d (wL + rK) \quad (9)$$

Donde:

$t_i$  = tasa de impuestos indirectos, para el caso del modelo, definida como la tasa del impuesto cobrada respecto al valor agregado en el sector  $i$ .

$t_d$  = tasa de impuesto directo pagado por el consumidor.

Dicha ecuación implica que el ingreso del gobierno proviene, en primer lugar, del impuesto indirecto cargado en el consumo de bienes y servicios, a través de los factores utilizados por los sectores domésticos de la economía. Por otro lado, dicho ingreso proviene del impuesto directo cargado sobre el ingreso de los consumidores, representados por una fracción de su renta y rendimiento de sus factores productivos.

En este sentido, el consumo de bienes y servicios para ambos sectores, por parte del Gobierno viene dado de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 G_1 &= \check{y} \ I_g / P_1 \\
 G_2 &= (1-\check{y}) \ I_g / P_2
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

Donde:

$\check{y}$  = parámetro que mide la proporción del ingreso destinado por parte del gobierno al consumo de hidrocarburos

$1-\check{y}$  = parámetro que mide la proporción del ingreso destinado por parte del gobierno al consumo de bienes del resto de la economía

Dentro de la economía, respecto a los factores productivos, tenemos que:

$$\begin{aligned}
 L_1 + L_2 &= \underline{L} \\
 K_1 + K_2 &= \underline{K}
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

Por lo tanto, existe equilibrio en el mercado de factores.

Respecto a los precios de los bienes, existe un índice de precios, definido de la siguiente manera:

$$P = P_1^{\alpha_1} P_2^{1-\alpha_2} \quad (13)$$

Por último, la demanda total de bienes y servicios domésticos quedaría representada de la siguiente manera:

$$P_i Y_i = (wL_i + rK_i) (1+t_i) \quad (14)$$

Dicha ecuación satisface la producción interna, de la cual, se obtiene:

$$Y_i = (wL_i + rK_i) (1+t_i) / P_i \quad (15)$$

En este sentido, el modelo permite asimilar el funcionamiento de los agentes económicos. Posteriormente, procederemos a la programación utilizando el software GAMS (“por su nombre en inglés “General Algebraic Modeling System”), el cual, además de permitirnos calcular el equilibrio general, nos permitirá asignar un valor a los parámetros, en especial, aquellos que es imposible calcular dada la magnitud de los bienes incluidos en los sectores hipotéticos.

## **Capítulo III: Estimación del modelo**

### **III.1 Introducción**

El diseño del modelo de equilibrio general para la presente investigación requiere de diversos componentes para su funcionamiento. Desde un primer momento, el diseño de la MCS elaborada en el capítulo anterior requiere de un modelo matemático implícito, en el cual las ecuaciones que fueron presentadas en el capítulo anterior puedan ser solucionadas de forma simultánea.

Por otro lado, es necesario el entendimiento de cada planteamiento matemático en las ecuaciones presentadas, bajo la idea de que cada ecuación representa el funcionamiento de una parte de la economía modelada, y que, para el caso específico de nuestro modelo, convergen hacia el equilibrio.

Por lo anterior, en la segunda parte del presente capítulo se identificarán los supuestos principales del modelo, asimismo se detallará el objetivo del ejercicio de simulación realizado en la presente investigación, por lo cual se realizará la calibración de los parámetros relevantes. Asimismo, se definirá la herramienta de software que nos permitirá realizar el ejercicio de simulación planteado.

Posteriormente, una vez realizado el ejercicio de simulación, en la tercera parte del presente capítulo, se describirán los resultados obtenidos a través del uso del programa computacional matemático, así como a la construcción de las MCS resultantes mediante la simulación realizada y sus cálculos correspondientes, destacando la funcionalidad del modelo, así como los aspectos más relevantes del ejercicio.

Asimismo, se hará énfasis en el efecto total del ejercicio y los beneficios resultantes del cambio en el parámetro alpha, respecto al consumo de hidrocarburos y bienes del resto de la economía, destacando las implicaciones directas sobre el empleo.

### **III.2 Programación, calibración y reglas de cierre**

La construcción de una MCS implica la capacidad de una economía para ser modelada acorde a sus necesidades, así como a sus características especiales. En este caso, la producción de hidrocarburos representa una actividad constantemente asociada a la oportunidad de progreso, sin tomar en cuenta los altos costos relacionados con su producción.

Por otro lado, el surgimiento de nuevos medios para la captación y uso de energías más agradables al ambiente representan un gran reto para cualquier economía, sobre todo si gran parte de su dinámica depende de fuentes energéticas convencionales.

Dado que los modelos de equilibrio general requieren de múltiples problemas de optimización para los diferentes agentes económicos del modelo, requerimos de la utilización de un software que nos permita realizar dicha operación, el cual será alimentado a través de la información que hemos recabado y trabajado hasta el momento, la utilización de la MCS, así como del modelo matemático.

GAMS es un software diseñado para la solución de problemas de optimización mediante la utilización de ecuaciones lineales y no lineales. En este sentido, ya que GAMS, en su portal de internet ofrece programas pre-elaborados para resolver ejercicios de equilibrio general, es importante su estudio para entender su funcionamiento.

Asimismo, el modelo utilizado para la presente investigación fue desarrollado por Pérez, A (2016), en el “Taller-Seminario Internacional: Diseño y Uso de Matrices de Contabilidad Social y Modelos de Equilibrio General Computable para la Planeación y la Toma de Decisiones” promovido por INEGI en colaboración con la Universidad Autónoma Metropolitana, el cual ahora forma parte de la información disponible abierta para su uso.

Para su utilización, será necesario adaptar dicho modelo acorde a las necesidades de la economía hipotética a analizar. Por lo tanto, necesitamos alimentar al programa con información previamente calculada, respecto al modelo original. Para la utilización de dicho programa computacional fue necesario seguir el proceso detallado en el capítulo I, es decir, el cálculo del equilibrio original para el año base.

En este sentido, como supuesto principal para el cálculo del equilibrio original, tenemos que tanto el rendimiento de capital, el salario, el índice de precios, así como los precios para ambos sectores respecto a los bienes son iguales a 1.

Asimismo, colocamos valores de las cuentas iniciales, tales como el consumo de los hogares y gobierno, así como las dotaciones iniciales de capital y trabajo.

Una característica especial de GAMS, es su capacidad de calcular el valor de los parámetros. Si bien, muchos de ellos son fácilmente calculados acorde a la información obtenida, tanto de la MIP como de datos de INEGI en función de la información económica disponible, para el caso de algunos, fue necesario el uso de supuestos, dado que estos fueron calculados mediante iteraciones, basado en una serie de expansión de Taylor.

El sistema de ecuaciones debe ser programado acorde a un lenguaje que GAMS pueda ser capaz de interpretar, razón por la cual las ecuaciones se deben plantear como un problema de programación lineal o no lineal. Así, debemos definir una variable, cuyo valor

se vaya a optimizar, donde las restricciones de dicho problema de optimización serán representadas como las ecuaciones del modelo.

De este modo, una vez alimentado el programa con los valores a optimizar, es necesario describir el sistema de ecuaciones acorde al modelo matemático, el cual le permitirá a GAMS hallar la solución. Lo mismo sucederá con la calibración de los parámetros, añadiendo valores mínimos y máximos que pueden resultar de las iteraciones.

Posteriormente solicitaremos a GAMS, proporcione la solución del sistema mediante la maximización de un problema no lineal, por lo tanto, dado que utilizamos a los precios = 1 como numerario del modelo, si dicha condición se cumple, el modelo se encontrará en equilibrio.

En este sentido, con los resultados obtenidos realizaremos la construcción de una nueva MCS calculada directamente por GAMS, la cual denominaremos MCS GAMS Prototipo 01. Dichos resultados presentan ligeras variaciones respecto a los datos introducidos respecto a la MIP original proporcionada por INEGI, así como a la MCS original, esto con el fin de mantener congruencia con el objetivo del modelo, por lo cual GAMS realizó ajustes con el fin de preservar el equilibrio entre las cuentas, eliminando cualquier distorsión o error proveniente de la recopilación de datos a través de la MIP, y de la MCS *Unidad Manual* 00. La MCS que representa el equilibrio inicial se muestra en el Anexo 4.

Posteriormente, como se mencionó, el ejercicio de política económica consistirá en simular una alteración en el parámetro alpha, el cual implica un cambio en las preferencias de los hogares respecto a su demanda de bienes.

De este modo, el cambio consiste en modelar una disminución de alpha al pasar de 4.03% a 3.00%. Dado que se trabaja con una función de utilidad del tipo Cobb-Douglas,

lo anterior deberá ser consistente al valor de  $1-\alpha$ , el cual aumentará su valor de 95.97% a 97.00%. Por convención, consideramos una variación de 1.00%.

El primer paso, consiste en calcular el equilibrio original, posteriormente se modificará la programación con el fin de incorporar los nuevos valores de  $\alpha$ , así como algunos ajustes a la MCS.

Una vez realizada la simulación, se procederá a describir los resultados obtenidos tras el cálculo inicial, así como la simulación correspondiente. Del mismo modo, la programación de GAMS se encargará de calcular el nuevo equilibrio, el cual será representado por una nueva MCS, denominada MCS GAMS Prototipo 02.

Es importante destacar que, los modelos calculados por GAMS proporcionarán un punto de partida para la construcción de las MCS mencionadas. Asimismo, será necesario incorporar de forma independiente el efecto neto en los ingresos del gobierno, con el fin poder observar claramente que pasa con los subsidios otorgados por el gobierno al sector hidrocarburos, así como los impuestos cobrados al resto de la economía.

Por lo tanto, dado que en los montos calculados por GAMS no es posible asilar la parte correspondiente al pago de impuestos por cada factor productivo, es decir, los impuestos cargados al capital y mano de obra, así como los subsidios otorgados, dichos cálculos se realizarán de forma manual, para lo cual se realizarán ciertos ajustes a la forma que en son presentadas las MCS.

Asimismo, los resultados obtenidos y resumidos en la siguiente sección implican variaciones en términos monetarios y en función del nivel de precios, por lo que la relación que guardan los resultados entre variables deberá entenderse como variaciones en términos monetarios del propio modelo.

Finalmente, la información presentada considera los puntos de equilibrio calculados por GAMS, los cuales pueden ser apreciados en las matrices MCS GAMS Prototipo 01 y MCS GAMS Prototipo 02, esta última ubicada en el Anexo 5.

### III.3 Interpretación de resultados

Tras realizar la programación del modelo, así como la calibración de parámetros y ajustes necesarios, se obtienen los resultados, los cuales deberán ser analizados de forma conjunta, con el fin de apreciar el cambio en las distintas variables.

Con el fin de brindar sencillez en la interpretación de los resultados, “*Equilibrio original*” se refiere a los datos de la MCS GAMS Prototipo 01, mientras que “*Nuevo equilibrio*” se refiere a los datos de la MCS GAMS Prototipo 02.

<b>Cuadro 8</b>			
<b>Producción</b>	<b>Y1</b>	<b>Y2</b>	<b>YT</b>
<i>Equilibrio original</i>	\$1,172,938	\$14,382,200	\$15,555,138
<i>Nuevo equilibrio</i>	\$1,057,064	\$14,498,400	\$15,555,464
<i>Variación porcentual</i>	-9.88%	0.81%	0.002%
<b>Consumo de hogares</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>CT</b>
<i>Equilibrio original</i>	\$419,700	\$9,880,983	\$10,300,683
<i>Nuevo equilibrio</i>	\$329,650	\$9,943,300	\$10,272,950
<i>Variación porcentual</i>	-21.46%	0.63%	-0.27%
<b>Consumo de Gobierno</b>	<b>G1</b>	<b>G2</b>	<b>GT</b>
<i>Equilibrio original</i>	\$753,238	\$4,501,216	\$5,254,454
<i>Nuevo equilibrio</i>	\$727,414	\$4,555,100	\$5,282,514
<i>Variación porcentual</i>	-3.43%	1.20%	0.53%

Fuente: Elaboración propia con datos provenientes de las MCS Prototipo 01 y 02 para 2013.

En primera instancia, el cambio en el parámetro alpha ha impactado de forma general la producción de la economía hipotética; equivalente a un aumento acumulado de 0.002% en la producción total como efecto global en términos monetarios.

De forma aislada, el efecto de una disminución en el parámetro alpha del sector de hidrocarburos en 1% implica que la producción sectorial disminuya en -9.88%, pasando de \$1,172,938.84 millones a \$1,057,064.44 millones. En este sentido, como parte de las decisiones del consumidor por modificar sus patrones de consumo de bienes del sector hidrocarburos, dicho sector debe reaccionar de forma que pueda satisfacer la nueva demanda de los consumidores y el gobierno.

Dado que en la simulación el consumo de bienes del sector hidrocarburos disminuye, el resultado implica una menor producción sectorial. Por ende, esta situación se encuentra relacionada a una menor demanda de factores como capital y trabajo, así como a menores ingresos de los hogares, por lo que en el sector hidrocarburos existe una liberación de factores productivos, los cuales podrán ser aprovechados por el sector resto de la economía.

Para el sector resto de la economía, dado que el cambio en *alpha* consiste en un aumento de 1%, el efecto aislado implica un aumento en su producción sectorial de 0.81%, pasando de \$14,382,200.00 millones a \$14,498,400.00 millones.

Por lo anterior, la disminución acumulada del sector hidrocarburos es de \$115,874.40 millones, mientras que el aumento en la demanda es de \$116,200.00 millones, lo cual representa un efecto acumulado de \$325.60 millones como aumento en la producción total.

De forma preliminar, se puede afirmar que un cambio en las preferencias por parte del consumidor; como el aquí modelado inducirá un aumento en la producción total. Es

decir, ha disminuido la producción del sector relativamente intensivo en capital, el cual corresponde al sector hidrocarburos, como se analizará en el apartado de los factores productivos. Por el contrario, la producción del sector relativamente intensivo en trabajo ha experimentado un incremento, como se observa en el resto de la economía.

Esto se explica, como parte de la simulación, al existir una liberación de factores productivos, así como un aumento en la demanda de bienes del sector resto de la economía, por lo que es necesario que dicho sector incremente su producción sectorial, con el fin de satisfacer un mayor nivel de demanda de bienes.

Por otro lado, los resultados obtenidos implican que no existe una relación proporcional entre lo que el sector hidrocarburos ha dejado de producir, así como el aumento en la producción del sector resto de la economía. Es decir, el capital y trabajo que el sector hidrocarburos ha dejado de utilizar en su nivel de producción de equilibrio ha sido completamente absorbido por el resto de la economía, el cual ha sido insuficiente para el nuevo equilibrio, por lo que ha requerido de una cantidad mayor a la liberada por el sector hidrocarburos, siendo esta una relación no proporcional.

Del mismo modo, para el caso del análisis de los hogares de la economía, el consumidor ha experimentado una ligera variación en sus preferencias, lo que ha inducido a una gran variación en términos de la demanda de bienes.

En primera instancia, el modelo original nos muestra que el consumo total de la economía hipotética mantiene una relación medida a través del parámetro  $\alpha$  de 4% a 96%, es decir, en el equilibrio original, de forma indirecta, los consumidores de la economía destinan el 4% de su ingreso después de impuestos, al consumo de hidrocarburos, mientras que el 96% restante es destinado al consumo de bienes del resto de la economía.

Posteriormente, el ejercicio consiste en reducir en 1% la composición de la relación entre el consumo de los hogares. En este sentido, la reducción del parámetro alpha en el sector 1 implica una disminución en la demanda de los hogares del sector hidrocarburos, la cual es de -21.46%, al pasar de \$419,700.00 millones en el equilibrio original a \$329,650.00 millones en el nuevo equilibrio.

En primera instancia, el modelo implica que la preferencia de los consumidores por la demanda de bienes del sector hidrocarburos es altamente sensible, por lo que el efecto sustitución entre los bienes del sector hidrocarburos y el resto de la economía permite a los consumidores destinar una mayor parte de su ingreso al consumo a bienes del resto de la economía.

Es decir, existe sustituibilidad entre las necesidades de transporte y movilidad en base al uso de hidrocarburos en los consumidores de la economía hipotética. Es necesario destacar que nos referimos al uso de transporte basado en combustibles a base de hidrocarburos, excluyendo aquellos que utilizan otro tipo de fuente de energía.

Para el caso del consumo en el resto de la economía, el cambio en el parámetro alpha implica un aumento en la demanda de bienes de 0.63%, al pasar de \$9,880,983.91 millones en el equilibrio original a \$9,943,300.00 millones en el nuevo equilibrio.

De este modo, la disminución acumulada del sector hidrocarburos respecto al consumo de los hogares es una reducción en la demanda de bienes por \$90,050.00 millones, la cual no es absorbida totalmente por el consumo en el resto de la economía, dado que dicho sector registró un aumento acumulado en su demanda de \$62,316.10 millones, implicando de este modo, una pérdida en el consumo total de los hogares de \$27,733.90 millones.

De forma general, en línea con la producción sectorial, tanto el consumo de los hogares como del gobierno deberán alinearse con la cantidad producida por los sectores productivos.

Como un efecto adicional, pero no aislado del modelo, la disminución general en el consumo total implica que, a pesar del tamaño del sector hidrocarburos, una disminución en su consumo implica que una parte de sus ingresos disponibles sean utilizadas en el resto de la economía, pero no en la misma proporción de lo que se ha dejado de consumir, esto a pesar de que el nuevo equilibrio implica una mayor demanda de factores, y por ende, un ligero aumento en los ingresos de los hogares.

Es importante destacar que el modelo no incluye el efecto de una diferenciación entre el tipo de capital usado, así como el tipo de trabajo utilizado y demandado por cada sector productivo, por lo que puede ser utilizado por ambos sectores productivos, dado que se encuentra denominado en términos monetarios.

Por su parte, el gobierno ha experimentado variaciones en su composición a partir de la simulación. Como se mencionó anteriormente, dadas las características específicas del modelo, el Gobierno determina su consumo de forma residual dentro de la MCS, en la cual, destina parte de los ingresos públicos al consumo de bienes y servicios dentro de la economía, representando a un mediador con el fin de que la economía se mantenga en equilibrio.

En otras palabras, es importante destacar el papel del Gobierno en esta economía hipotética. En primer lugar, permite que la demanda agregada se mantenga en equilibrio al velar por el beneficio de los sectores productivos y de los hogares, por lo cual, su consumo es vital para corregir el desequilibrio generado entre la demanda de los hogares y la oferta

de los sectores productivos. Por lo tanto, el consumo del Gobierno se determina de forma residual dentro de la MCS.

En este sentido, en el equilibrio original, el Gobierno mantiene una relación en el consumo de bienes, en la cual representa el 14.34% de los ingresos públicos al consumo de bienes del sector hidrocarburos, mientras que el 85.66% restante es destinado al consumo de bienes del resto de la economía.

Conforme a lo anterior, para efectos del presente análisis, el sector hidrocarburos produce bienes en función de las necesidades de sus consumidores, los cuales, para el caso del modelo, son representados por los hogares y el Gobierno.

De este modo, la demanda de bienes del sector hidrocarburos igualada a la producción total corresponde a un 35.78% proveniente de los hogares, mientras que el 64.22% restante corresponde a la demanda del Gobierno. Es decir, las preferencias del gobierno tienen mayor influencia sobre la cantidad que el sector hidrocarburos planea producir, por lo que, de forma preliminar, podríamos considerar al Gobierno como un cliente potencial y principal objetivo del sector hidrocarburos.

De forma contraria, la demanda de bienes del resto de la economía, igualada a la producción total corresponde a un 68.70% proveniente de los hogares, mientras que el 31.30% restante corresponde al consumo del Gobierno.

En este caso, son las preferencias de los hogares las que mayor influencia tienen sobre la cantidad que el resto de la economía debe considerar con el fin de mantener una producción de equilibrio.

Asimismo, podemos considerar al gobierno como un agente de menor influencia en la toma de decisiones de los productores, pero con una participación considerable en la

recaudación de impuestos, y la aplicación de estímulos, como es en el caso del sector hidrocarburos.

Para el caso del Gobierno, el modelo refleja una relación de dependencia por parte de la producción del sector hidrocarburos, la cual se esperaría, mantenga su tendencia cuando las preferencias en el consumo de los hogares se modifiquen.

Posteriormente, al realizar el ejercicio, un cambio en el parámetro alpha de 1% para el caso de los consumidores implica que el consumo del Gobierno en bienes del sector hidrocarburos disminuya en -3.43%, pasando de \$753,238.84 millones a \$727,414.44 millones. Del mismo modo, dicho cambio implica que el consumo del Gobierno en bienes del resto de la economía aumente en 1.20%, pasando de \$4,501,216.10 millones a \$4,555,100.00 millones.

De este modo, la disminución registrada por el sector hidrocarburos respecto al consumo del Gobierno es una caída en la demanda de bienes por -\$25,824.40 millones, la cual es compensada por el consumo en el resto de la economía, dado que dicho sector registró un aumento en su demanda de \$53,883.90 millones, implicando de este modo, un crecimiento en el consumo total del gobierno de \$28,059.51 millones.

De este modo, el efecto del ejercicio de política económica implica que el papel del gobierno ante un cambio en las preferencias del consumidor es un ajuste en el consumo total de la economía. Es decir, con el fin de preservar el equilibrio, el Gobierno debe ajustar un menor consumo de hidrocarburos en línea con la reducción experimentada en su producción por dicho sector, asimismo, el Gobierno debe aumentar su consumo de bienes del resto de la economía con el fin de mantener en equilibrio la nueva producción de dicho sector.

Por un lado, tenemos una caída en la producción del sector hidrocarburos de -9.88%, equivalente a \$115,874.40 millones, la cual es compensada en su totalidad por un ajuste en el consumo de los hogares y del Gobierno, equivalente a una diferencia de -\$90,050.00 y -\$25,824.40 millones, respectivamente, lo que permite mantener el equilibrio en dicho sector.

En este sentido, una parte de los ingresos públicos del Gobierno destinados al consumo de hidrocarburos deben ser reasignados al consumo de bienes del resto de la economía, lo cual es posible, en parte, al efecto de los impuestos recaudados y una disminución en los subsidios, con la finalidad de mantener el equilibrio y evitar un efecto abrupto tanto en la producción como en el consumo registrados por dicho sector, lo que implica un crecimiento del consumo de los hogares de 0.63%, un aumento en el consumo de Gobierno de 1.20%, derivado de un aumento en la producción de 0.81%, como se comentó anteriormente.

Asimismo, es importante puntualizar el efecto en los impuestos a la producción de ambos sectores, los cuales permitirán al gobierno ajustar su consumo:

<b>Cuadro 9</b>			
<b>Impuestos (subsídios) recaudados por sector económico</b>			
	<b>Hidrocarburos (subsidio)</b>	<b>Resto de la economía (impuestos)</b>	<b>Producción total</b>
<i>Tasa impositiva efectiva</i>	-1.06%	0.75%	-
<i>Equilibrio original</i>	-\$12,566.36	\$1,003,409.30	\$990,842.95
<i>Nuevo equilibrio</i>	-\$11,324.93	\$1,011,516.28	\$1,000,191.35
<i>Variación porcentual</i>	-9.88%	0.81%	0.94%

Fuente: Elaboración propia con datos provenientes de las MCS Prototipo 01 y 02 para 2013.

Antes de analizar el efecto global en los factores productivos, es importante analizar la recaudación del gobierno. Para ambos sectores, las tasas impositivas no fueron ajustadas

entre el equilibrio original y el nuevo equilibrio, lo cual mantiene la misma proporción recaudatoria, por lo que el efecto modificó únicamente la base imponible.

En este sentido, el subsidio otorgado por el gobierno en el equilibrio original considera un monto de \$12,566.36 millones, mientras que en el nuevo equilibrio, dicho subsidio ha sido disminuido a \$11,324.93 millones, lo cual implica una variación de -9.88%.

Por otro lado, para el caso de los impuestos recaudados por el gobierno en el resto de la economía, el equilibrio original considera un monto de \$1,003,409.30 millones, mientras que, en el nuevo equilibrio, la recaudación de impuestos aumentó a un monto de \$1,011,516.28 millones, lo cual implica una variación de 0.81%.

Finalmente, el efecto de forma global implica que los impuestos recaudados por el gobierno en la economía para el equilibrio original consideran un monto de \$990,842.95 millones, mientras que para el nuevo equilibrio considera un monto de \$1,000,191.35 millones, lo cual implica una variación de 0.94%.

Lo anterior implica que el cambio en el parámetro de consumo por hidrocarburos ha mejorado la recaudación de impuestos pues, por un lado, el gobierno gasta menos en el subsidio del sector hidrocarburos. Por otro lado, al obtener mayores ingresos del resto de la economía, puede ajustar su consumo para mantener la economía en equilibrio, lo cual implica que su consumo sea delineado acorde a las condiciones de la economía.

Ahora el gobierno tiene la posibilidad de aplicar dicho subsidio a nuevas actividades, que le permitan en un futuro, una mayor recaudación de impuestos.

En línea con lo anterior, es necesario analizar el efecto del ingreso disponible de los hogares y el gobierno y por ende, en los factores productivos:

<b>Cuadro 10</b>			
<b>Ingresos</b>	<b>IND</b>	<b>ING</b>	<b>Tasa impositiva al ingreso de consumidores</b>
<i>Equilibrio original</i>	\$10,300,683.91	\$5,254,454.93	29.27%
<i>Nuevo equilibrio</i>	\$10,272,950.00	\$5,282,514.44	29.42%
<i>Variación porcentual</i>	-0.27%	0.53%	0.50%
<b>Trabajo</b>	<b>w</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>
<i>Equilibrio original</i>	\$1.00	\$82,838.84	\$4,460,000.00
<i>Nuevo equilibrio</i>	\$1.00	\$78,474.44	\$4,464,400.00
<i>Variación porcentual</i>	-	-5.27%	0.10%
<b>Capital</b>	<b>r</b>	<b>K1</b>	<b>K2</b>
<i>Equilibrio original</i>	\$1.00	\$1,090,100.00	\$9,922,200.00
<i>Nuevo equilibrio</i>	\$1.00	\$978,590.00	\$10,034,000.00
<i>Variación porcentual</i>	-	-10.23%	1.13%
<b>Factores productivos</b>	<b>LT</b>	<b>KT</b>	<b>Factores productivos totales</b>
<i>Equilibrio original</i>	\$4,542,838.84	\$11,012,300.00	\$15,555,138.84
<i>Nuevo equilibrio</i>	\$4,542,874.44	\$11,012,590.00	\$15,555,464.44
<i>Variación porcentual</i>	0.0008%	0.0026%	0.0021%

Fuente: Elaboración propia con datos provenientes de las MCS Prototipo 01 y 02 para 2013.

Como se mencionó anteriormente, el ingreso de los consumidores proviene de los rendimientos generados del capital empleado por los sectores productivos, así como el salario recibido a cambio del trabajo a disposición de ambas actividades.

Asimismo, el Gobierno tiene la capacidad de establecer la tasa impositiva efectiva mediante la cual recaudará los impuestos correspondientes a las actividades y hogares, respectivamente.

Como se puede apreciar en las MCS, el gobierno percibe ingresos al recaudar 2 tipos de impuestos, aquellos que son cobrados de forma directa e indirecta. Los impuestos directos corresponden a los impuestos sobre ingresos generados por los hogares de la

economía, mientras que los impuestos indirectos corresponden a una combinación de diversos impuestos cobrados a la actividad empresarial.

Como se mencionó en el capítulo II del presente trabajo, acorde a los datos tomados de la MIP, parte de la producción del sector hidrocarburos se encuentra subsidiada por el Gobierno lo cual implica que no exista recaudación de impuestos por parte de este sector, y por consiguiente, los ingresos disponibles del Gobierno dependen únicamente de las contribuciones de los hogares y del resto de la economía.

De este modo, en el equilibrio inicial tenemos un ingreso disponible en los hogares, posterior a la deducción de impuestos, de \$10,300,683.91 millones, el cual es utilizado para la compra de bienes y servicios de ambos sectores productivos. Asimismo, el ingreso disponible del Gobierno, proveniente del cobro de impuestos a hogares y actividades, y posterior a la subvención de actividades productivas, es de \$5,254,454.93, el cual es utilizado para la compra de bienes y servicios de ambos sectores productivos.

En este sentido, para el caso de los hogares, el ingreso disponible de los hogares representa al 66.22% de los ingresos brutos percibidos respecto a rendimientos de capital, así como a los salarios percibidos por los trabajadores, por lo que la tasa efectiva de impuestos recaudados corresponde a una tasa de 33.78%.

Posteriormente, tras la simulación del nuevo equilibrio, el ingreso disponible de los hogares registró una disminución respecto al equilibrio inicial de 0.27%, la cual corresponde a \$10,272,950.00 millones. Al mismo tiempo, el ingreso disponible del gobierno registró un aumento de 0.53%, al registrar la cantidad de \$5,282,514.44 millones, proveniente de una mayor recaudación a los hogares, así como a las actividades productivas.

Asimismo, en parte, el aumento en los ingresos del Gobierno deriva de la disminución en los subsidios a la producción del sector hidrocarburos, lo cual le permite aumentar su consumo, y compensar de esta forma, la disminución en el consumo de hidrocarburos.

Lo anterior implica que el rendimiento de capital, así como los salarios obtenidos por los hogares muestran un ligero aumento, considerando el nivel de equilibrio, lo cual es consecuencia de un aumento en la producción de la economía y un aumento en la demanda de factores productivos, como se analizó previamente.

En este sentido, el Gobierno puede ajustar su consumo de bienes, aumentándolo en la proporción correspondiente al nuevo equilibrio, dado que los hogares experimentaron un aumento en sus ingresos brutos, lo cual permite una mayor recaudación de impuestos sobre ingresos. Por lo tanto, es necesario que el Gobierno ajuste su tasa impositiva, al pasar de 29.27% a 29.42%, lo cual implicará una reducción en el ingreso disponible de los hogares, así como un aumento en el consumo de Gobierno.

Para el caso del factor trabajo, el salario de equilibrio corresponde a \$1 por cantidad utilizada, el cual debe permanecer fijo con el fin de mantener la igualdad de equilibrio. Como se mencionó anteriormente, el factor trabajo tiene la cualidad de ser utilizable en ambos sectores productivos, por lo cual, puede ser reasignado con facilidad por ambos sectores.

En este sentido, en el equilibrio inicial, el sector hidrocarburos requiere de la utilización de trabajo equivalente a \$82,838.84 millones, la cual representa el 1.82% de la oferta total de trabajo, mientras que la utilización de trabajo por el resto de la economía es de \$4,460,000.00 millones, la cual representa el 98.18% de la oferta total de trabajo. Por lo tanto, podemos considerar que el sector hidrocarburos no es un sector intensivo en

trabajo, dado que emplea únicamente al 1.82% de los trabajadores disponibles de la economía.

Posteriormente, en la simulación, la demanda de trabajo por parte del sector hidrocarburos registra una disminución de -5.27%, la cual es equivalente a \$78,474.44 millones, mientras que el trabajo liberado es equivalente a \$4,364.40 millones entre ambos puntos de equilibrio. Del mismo modo, la demanda de trabajo por parte del resto de la economía muestra un aumento de 0.10%, la cual es equivalente a \$4,464,400.00 millones.

En este sentido, el trabajo liberado por parte del sector hidrocarburos es aprovechado por el resto de la economía en su totalidad, a lo cual el resto de la economía debe aumentar su demanda a \$4,400.00 millones, con el fin de mantener su nueva producción de equilibrio.

Por su parte, el salario del factor trabajo no muestra variación alguna, dado que la reasignación de factores se realiza mediante cantidades.

Siguiendo la misma línea, para el caso del factor capital, el rendimiento de equilibrio corresponde a \$1 por cantidad utilizada, el cual debe permanecer fijo con el fin de mantener la igualdad de equilibrio. Como se mencionó anteriormente, el factor capital, al igual que el trabajo, mantiene la cualidad de ser utilizable en ambos sectores productivos, por lo cual, puede ser reasignado con facilidad por ambos sectores.

En este sentido, en el equilibrio inicial, el sector hidrocarburos requiere de la utilización de capital equivalente a \$1,090,100.00 millones, la cual representa el 9.90% de la oferta total de capital, mientras que la utilización de capital por el resto de la economía es de \$9,922,200.00 millones, la cual representa el 90.10% de la oferta total de capital. Por lo tanto, podemos considerar que el sector hidrocarburos es un sector intensivo en capital,

dado que, en consideración a su tamaño, requiere del 9.90% del capital total ofertado en la economía.

Posteriormente, en la simulación, la demanda de capital por parte del sector hidrocarburos registró una disminución de 10.23%, la cual es equivalente a \$978,590.00 millones, mientras que el capital liberado es equivalente a \$111,510.00 millones entre ambos puntos de equilibrio. Del mismo modo, la demanda de capital por parte del resto de la economía muestra un aumento de 1.13%, la cual es equivalente a \$10,034,000.00 millones.

Así como en el caso del trabajo, el capital liberado por parte del sector hidrocarburos es aprovechado por el resto de la economía en su totalidad, lo cual es una cantidad insuficiente, por lo que debe aumentar su demanda a \$111,800.00 millones, con el fin de mantener su nueva producción de equilibrio.

Del mismo modo, el rendimiento del factor capital no muestra variación alguna, dado que la reasignación de factores se realiza mediante cantidades, lo cual es compatible con el supuesto de una oferta elástica. Como se mencionó anteriormente, para el caso de los factores productivos, éstos constan únicamente de trabajo y capital, los cuales representan a su vez los ingresos de los hogares.

<b>Cuadro 11</b>			
<b>Intensidad factorial</b>	<b>K / L (Economía total)</b>	<b>K / L (Hidrocarburos)</b>	<b>K / L (Resto de la economía)</b>
<i>Equilibrio original</i>	2.42410%	13.15929%	2.22471%
<i>Nuevo equilibrio</i>	2.42415%	12.47018%	2.24756%

En este sentido, en el equilibrio inicial, la producción total de la economía muestra una razón capital / trabajo de 2.42410%, lo cual implica que por cada unidad monetaria de

trabajo utilizada en la economía se requieren de 2.42410 unidades monetarias de capital, denominado en millones de pesos.

Asimismo, al interior del sector hidrocarburos, la producción muestra una razón capital / trabajo de 13.15%, lo cual implica que por cada unidad monetaria de trabajo utilizada por dicho sector requiere de 13.15 unidades monetarias de capital.

Por lo tanto, como se mencionó anteriormente, el sector hidrocarburos es intensivo en capital, por lo que requiere de una mayor proporción de dicho factor, y en la práctica, su actividad será mayormente dependiente de las condiciones entorno a dicho factor.

Por su parte, la producción del resto de la economía muestra una razón / capital de 2.22471%, lo cual implica que por cada unidad monetaria de trabajo utilizada por dicho sector requiere de 2.22471 unidades monetarias de capital. Por lo tanto, considerando la dimensión del resto de la economía, dicho sector es intensivo en trabajo, por lo que, en la práctica, su actividad será mayormente dependiente de las condiciones entorno al factor trabajo.

Finalmente, es importante destacar que el trabajo total de la economía representa el 29.20% del total de los factores productivos, mientras que el capital total utilizado representa el 70.80% del total, lo cual significa que la actividad económica del modelo hipotético requiere de un mayor uso de capital que de trabajo.

En línea con la simulación, el nuevo punto de equilibrio, en función del crecimiento total de la economía de 0.002% implica una mayor utilización de factores productivos, siendo que el trabajo total registró un crecimiento de 0.0008%, al pasar de \$4,542,838.84 millones a \$4,542,874.44 millones, mientras que el capital registró un crecimiento de 0.0026%, al pasar de \$11,012,300.00 millones a \$11,012,590.00 millones.

Lo anterior, implica un aumento acumulado en los factores totales de 0.0021%, pasando de \$15,555,138.84 millones a \$15,555,464.44 millones.

En este sentido, el nuevo punto de equilibrio requirió de \$325.60 millones utilizados en nuevos factores productivos, lo cual se traduce en la creación de nuevos empleos por \$35.60 millones, así como de la inversión en nuevas unidades de capital por \$290.00 millones.

Puntualizando, para el caso del efecto en el trabajo total, de acuerdo con datos de INEGI, para el año base existen 57,465,990 personas ocupadas, las cuales representan el trabajo disponible y distribuible entre ambos sectores productivos. Con el fin de medir el impacto en el factor trabajo, realizaremos el siguiente cálculo:

<b>Cuadro 12</b>			
	<b>Valor del trabajo total (pesos mexicanos)</b>	<b>No. de trabajadores</b>	<b>Nuevos empleos</b>
<b>Equilibrio original</b>	\$4,542,838,838,000	\$57,465,990	450
<b>Nuevo equilibrio</b>	\$4,542,874,440,000	57,466,440	
<b>Salario diario</b>			\$216.58

Fuente: Elaboración propia con datos provenientes de las MCS Prototipo 01 y 02 para 2013.

En primera instancia, consideraremos el valor del trabajo total demandado por ambos sectores productivos para equilibrio inicial. Posteriormente, dividiremos el valor del trabajo total (\$4,542,838,838,000.00) entre el número de trabajadores (57,465,990.00), lo cual nos dará como resultado un salario diario promedio de \$216.58 pesos mexicanos.

De este modo, dado que el salario calculado por GAMS es igual a 1, como condición del modelo y supuesto principal para el equilibrio, manteniendo la proporción constante, una vez obtenido el nuevo valor total del trabajo en la simulación, procederemos

a calcular el número de trabajadores efectivamente empleados en el nuevo equilibrio, lo anterior, multiplicando el valor del trabajo total (\$4,542,874,440,000.00) por el salario de equilibrio (\$216.58).

Por lo tanto, el nuevo punto de equilibrio requiere de \$57,466,440 trabajadores, lo cual implica que se han creado en el nuevo equilibrio se han creado 450.35 nuevos empleos.

En este modo, de forma parcial, se puede considerar que un cambio en el parámetro alpha ha beneficiado a la economía en 2 ámbitos, ha implicado un ligero aumento en la producción, y por ende un incremento en los ingresos brutos de los hogares derivado de la mayor utilización de factores. Por otro lado, dicho cambio implica las necesidades de la economía en mayor inversión en capital, así como en la creación de 450.35 empleos.

Bajo la misma línea, la producción total de la economía muestra una razón capital / trabajo de 2.42415%, lo cual implica que ahora es necesaria una ligera cantidad de unidades monetarias mayores de capital sobre el trabajo realizado por los hogares para mantener la producción de equilibrio.

Al interior del sector hidrocarburos, la producción en el nuevo equilibrio muestra una razón capital / trabajo de 12.47%, lo cual implica que ahora se requieren 12.47 unidades monetarias de capital por cada unidad monetaria de trabajo utilizada. A pesar de que dicha razón fue modificada, el sector hidrocarburos continúa operando como un sector intensivo en capital.

En el nuevo equilibrio, la producción del resto de la economía muestra una razón / capital de 2.24%, lo cual implica que ahora, por cada unidad monetaria de trabajo utilizada por dicho sector requieren de 2.24 unidades monetarias de capital, lo cual representa una ligera variación respecto al punto de equilibrio inicial.

Finalmente, respecto al nivel de precios de la economía, el modelo matemático requiere de la igualdad a 1, lo cual determina que los cálculos son correctos y la economía se encuentra en equilibrio.

<b>Cuadro 13</b>			
<b>Precios nominales</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>IPC</b>
<i>Equilibrio original</i>	\$1	\$1	\$1
<i>Nuevo equilibrio</i>	\$0.935	\$1.00200	\$1
<i>Variación porcentual</i>	-6.5%	0.2%	-
<b>Precios reales</b>	<b>P1<sup>a</sup></b>	<b>P2<sup>1-a</sup></b>	<b>Variación</b>
<i>Nuevo equilibrio</i>	\$0.997985	\$1.001939	\$0.99992180
<i>Variación porcentual</i>	-0.2014%	0.1940%	-0.0078%

Fuente: Elaboración propia con datos provenientes de las MCS Prototipo 01 y 02 para 2013.

En este sentido, el nuevo equilibrio implica que el precio de los bienes en el sector hidrocarburos muestra una disminución de -6.50%, al pasar de \$1 a \$0.935 en términos nominales, como consecuencia de una menor demanda de bienes por parte de los hogares, así como de la cantidad ofertada y producida.

Por su parte, el resto de la economía muestra que el precio de sus bienes incrementa en 0.20%, al pasar de \$1 a \$1.0020 en términos nominales, como consecuencia de un aumento en la demanda de bienes del resto de la economía, así como de la cantidad ofertada y producida.

Finalmente, el índice de precios en la economía muestra un promedio de \$1 en términos nominales, tanto en el equilibrio inicial como en la simulación, lo cual determina la funcionalidad del equilibrio económico.

Asimismo, en función del índice de precios, considerando la variación en términos nominales, el precio de los bienes del sector hidrocarburos han disminuido en términos

reales, registrando una variación negativa de -0.2014%, al pasar de \$1 pesos a \$0.997985 pesos, lo cual se encuentra en línea con la reducción en la demanda experimentada por el sector hidrocarburos. Por su parte, el precio de los bienes del resto de la economía ha registrado un aumento en términos reales, al pasar de \$1 pesos a \$1.001939 pesos, lo cual se encuentra en línea con un aumento en la demanda de bienes del resto de la economía.

Asimismo, el nivel de precios en términos reales, como efecto acumulado de lo mencionado en los precios del sector hidrocarburos y resto de la economía, es una reducción de -0.0078%, al pasar de \$1 pesos a \$0.99992180 pesos.

Por lo anterior, el nivel de precios ha experimentado una reducción, mientras que el pago relativo a factores, es decir, el rendimiento del capital y el salario experimentan un aumento en términos reales.

Por todo lo anterior, de forma general, es importante considerar que, en relación con el equilibrio inicial, un cambio en las preferencias de 1% originado por los hogares de la economía hipotética implica una mejora en la producción total de la economía.

Por su parte, la producción del sector hidrocarburos muestra una reducción respecto al punto de equilibrio, derivado de la modificación en las preferencias de los hogares. La caída en la producción de dicho sector, así como la disminución en el consumo de bienes por parte de los hogares debe ser compensada en el consumo de Gobierno por hidrocarburos, con el fin de mantener un nuevo punto de equilibrio entre lo que se consume y se demanda.

Asimismo, el sector hidrocarburos requiere de una menor utilización de factores productivos, liberando una proporción que será utilizada por el resto de la economía, lo cual, de forma global, se traduce en una mayor proporción de ingresos brutos para los hogares, y a su vez, en una mayor recaudación de impuestos por parte del Gobierno.

Del mismo modo, los precios de los bienes del sector hidrocarburos deben ajustarse al nuevo nivel de producción, así como a la demanda de los agentes económicos.

Por su parte, el resto de la economía se ha visto beneficiado en función del cambio en preferencias del sector hidrocarburos, generando una mayor utilización de factores productivos, lo que a su vez implica la creación de empleos, así como la inversión y creación de capital.

En este sentido, si la economía experimentara un cambio en las preferencias de consumo de los hogares, en función de sustituir a los hidrocarburos por un tipo diferente de energía alternativa para el transporte, dicho cambio implicaría un beneficio para el resto de la economía.

Asimismo, para el caso del sector hidrocarburos, dado que dicha actividad se encuentra en parte subsidiada por el Gobierno, el cual a su vez representa el consumidor más representativo, dicha actividad se encuentra supeditada al funcionamiento de la economía en general, por lo que se esperaría, mantenga cierta rentabilidad en función de las decisiones gubernamentales.

Finalmente, dicha decisión por parte de los hogares reduciría en parte sus ingresos disponibles, en función de una tasa impositiva más alta. Es importante destacar que lo anterior no afectaría su capacidad para destinar una parte mayor al consumo de bienes del resto de la economía, en función del punto de equilibrio, dado que su nivel de ingreso le permitirá una mayor y mejor distribución sobre los bienes del resto de la economía. Asimismo, dicha decisión por parte de los hogares beneficiaría a la economía de forma global, generando un mayor nivel de empleo, así como una mayor utilización de capital.

### III.4 Conclusiones

La economía mexicana representada en la presente investigación muestra características de una economía intensiva en la utilización de mano de obra, ya que dicho factor es más abundante que el capital disponible. Lo anterior, permite que al simular un cambio en el parámetro alpha respecto a las preferencias del consumidor de 1%, la producción total de la economía experimente un aumento acumulado de 0.0021%, el cual proviene de una caída en la producción del sector hidrocarburos de -9.88%, así como un aumento en la producción del resto de la economía de 0.81%, lo cual debe encontrarse en línea con el consumo de los hogares, el consumo de gobierno, el pago a factores y los respectivos precios de equilibrio.

De forma interna, los hogares experimentan una reasignación en su consumo, el cual tiende a disminuir en el sector hidrocarburos, y a aumentar en el resto de la economía, lo que implica un efecto acumulado en una reducción en su consumo total de -0.27%.

Como se mencionó previamente, el Gobierno permite que la demanda agregada se mantenga en equilibrio, al velar por el beneficio de los sectores productivos y de los hogares, razón por la cual su consumo se basa en corregir el desequilibrio generado entre la demanda y la oferta de bienes y servicios.

Por lo tanto, al simular un cambio en el parámetro alpha respecto a las preferencias del consumidor, el Gobierno debe reducir su consumo en bienes de sector hidrocarburos, con el fin de equilibrar la disminución experimentada por los hogares, así como a la caída en la producción de dicho sector, mientras que, para el resto de la economía debe aumentar su consumo de bienes y servicios, por lo que, en términos acumulados, el Gobierno registró un aumento en su consumo de 0.53%.

Respecto a los ingresos, al simular un cambio en el parámetro alpha respecto a las preferencias del consumidor, implica que los hogares han perdido cierta capacidad adquisitiva, medida a través de su ingreso disponible, esto a pesar de que existe una mayor demanda de factores productivos, tales como capital y trabajo. El Gobierno debe financiar su consumo incrementando sus ingresos, por lo cual, debe aumentar ligeramente su tasa impositiva efectiva a los ingresos de los hogares, lo cual implica una disminución de -0.27% en el ingreso disponible de los hogares y un aumento de 0.53% en el ingreso del Gobierno.

Por otro lado, no sucede lo mismo con los ingresos tributarios provenientes de los sectores económicos, dado que el sector hidrocarburos, al reducir su producción, requiere de un menor subsidio por parte del gobierno, lo cual representa nuevos recursos liberados para el gobierno, que pueden ser utilizados para el consumo de bienes del resto de la economía.

Del mismo modo, para el caso de los factores productivos, un cambio en el parámetro alpha beneficia la demanda de factores dentro de la economía, ya que el cambio de 1.00% en el consumo de hidrocarburos implica la inversión de \$290.00 millones en unidades de capital, así como \$35.60 millones en trabajo, los cuales se traducen en la creación de 450 nuevos empleos.

Finalmente, un cambio en el parámetro alpha de 1.00%, implica una mejora en la producción total de la economía.

Por su parte, la producción del sector hidrocarburos muestra una reducción respecto al punto de equilibrio, derivado de la modificación en las preferencias de los hogares. La caída en la producción de dicho sector, así como la disminución en el consumo de bienes

por parte de los hogares debe ser compensada, con el fin de mantener un nuevo punto de equilibrio entre lo que se consume y se demanda.

Como se mencionó anteriormente, si la economía experimentara un cambio en las preferencias de consumo de los hogares, en función de sustituir a los hidrocarburos por un tipo diferente de energía alternativa para el transporte, dicho cambio implicaría un beneficio para el resto de la economía.

Asimismo, para el caso del sector hidrocarburos, dado que dicha actividad se encuentra en parte subsidiada por el Gobierno, el cual a su vez representa el consumidor más representativo, dicha actividad se encuentra supeditada al funcionamiento de la economía en general, por lo que se esperaría, mantenga cierta rentabilidad en función de las decisiones gubernamentales.

Del mismo modo, dicha decisión por parte de los hogares reduciría en parte sus ingresos disponibles, en función de una tasa impositiva más alta. Es importante destacar que lo anterior no afectaría su capacidad para destinar una parte mayor al consumo de bienes del resto de la economía, en función del punto de equilibrio, dado que su nivel de ingreso le permitirá una mayor y mejor distribución sobre los bienes del resto de la economía. Asimismo, dicha decisión por parte de los hogares beneficiaría a la economía de forma global, generando un mayor nivel de empleo, así como una mayor utilización de capital.

En este sentido, en relación con el panorama expuesto, si los consumidores tomarán la decisión de reducir su consumo en hidrocarburos como medio de transporte por la utilización de energías alternativas producidas por el resto de la economía, los efectos positivos serían bastante claros, implicando una mejora en la producción y su productividad, así como en la creación de nuevos empleos.

## II.4 Conclusiones

El presente capítulo aporta a la investigación la columna central de un modelo de equilibrio general, la MCS, la cual, de forma simultánea, incorpora al modelo matemático planteado mayor sentido respecto a cómo se desarrolla la economía planteada.

En este sentido, se puede observar que existe una pequeña, pero significativa demanda por hidrocarburos, considerando la dimensión del sector resto de la economía. Asimismo, es importante destacar la participación del Gobierno dentro de la demanda de hidrocarburos. Por un lado, tenemos que dichas actividades se encuentran subsidiadas, lo cual representa un gasto para los ingresos públicos. Por otro lado, la demanda de dichos bienes depende en gran medida del consumo de Gobierno.

Para el caso de los consumidores, su ingreso bruto depende únicamente del rendimiento proveniente del capital empleado, así como del trabajo ofertado, por lo que cualquier cambio en la actividad productiva tendrá un efecto directo sobre sus ingresos.

De esta forma, la MCS representada en el presente capítulo representa un primer acercamiento al punto de equilibrio de la economía hipotética. El siguiente paso será la programación del modelo de equilibrio general, con el fin de realizar el ejercicio de simulación.

## Conclusiones y recomendaciones

El modelo de equilibrio general computable elaborado en la presente investigación muestra un amplio panorama para la toma de decisiones sobre las preferencias del consumidor, las cuales pueden ser modeladas de forma matemática para el diseño de políticas gubernamentales o económicas y la toma de decisiones de diversas entidades.

Por lo anterior, al simular un cambio en el parámetro alpha respecto a las preferencias de los consumidores de la economía hipotética, la cual se traduce en una reducción en el consumo de hidrocarburos como medio de transporte al consumo de bienes del resto de la economía como pueden ser energías alternativas, la economía en general experimenta un efecto positivo en diversas áreas.

De este modo, la producción total de la economía muestra un incremento, derivado de aumentos simultáneos en el consumo del gobierno y la demanda de factores productivos (capital y trabajo). Asimismo, es importante destacar que dichos resultados implican una mejora en la productividad de los factores productivos basados en una mejora en la razón capital/trabajo.

Bajo la misma línea, al experimentar una mayor demanda de bienes de consumo, y a su vez, los sectores una mayor demanda de factores productivos, el empleo se ve beneficiado, lo que deriva en la creación de un mayor número de empleos.

Por lo tanto, un pequeño cambio en las preferencias del consumidor, enfocado a la realidad en la industria del transporte, podría generar mayores beneficios si su uso es sustituido por el uso de energías alternativas, con un efecto directo en la creación de nuevos empleos.

Lo anterior, define una importante línea de investigación en el uso de modelos de equilibrio general computable, así como la incorporación de la información publicada por las entidades estadísticas de México, lo cual permite un acercamiento al funcionamiento de la economía, del modelaje a la realidad.

Asimismo, la presente investigación es un claro exponente de que no existe una brecha entre la teoría y la práctica, permitiendo el uso de modelos sencillos para la solución de problemas complejos.

Finalmente, el uso del presente modelo de equilibrio general, así como de la MCS elaborada para la economía hipotética presentada es una muestra del constante desarrollo a la programación matemática en manos de exponentes mexicanos, lo cual abre un panorama inmenso para futuras investigaciones, en las cuales se puedan incorporar a mayor detalle las especificidades de la economía mexicana, así como la solución a modelos más complejos, con mayores características, y que permitan ser parte fundamental de la toma de decisiones de quienes elaboran políticas públicas y económicas en el país.

## Referencia

- Arango, A. (1995). Insumo-producto Matinpro1.0: un sistema para realizar análisis estructural de la economía mexicana. México: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, División de Ciencias Sociales y Humanidades.
- Aristori, D. (1978). Enfoque critico de los modelos de contabilidad social. México: siglo veintiuno.
- Bourne, M. (2016). A computable general equilibrium assessment of Spanish Green house gas emissions reductions targets, including the incorporation of marginal abatement cost curves. (Tesis doctoral). Universidad de Zaragoza, España.
- Cardenete, A., Guerra, A. & Sancho, F. (2012). Applied General Equilibrium An Introduction. España: Springer.
- Cardenete, H., Fuentes, P. y Polo, C.. (2005). Análisis de intensidades energéticas para la economía andaluza a partir de Matrices de Contabilidad Social. ., de Asociación Española de Ciencia Regional Sitio web: <https://old.reunionesdeestudiosregionales.org/cdromleon2007/htdocs/pdf/p138.pdf>
- Cataño, J. (2004). La Teoría Neoclásica del Equilibrio General. Apuntes Críticos. Cuadernos de Economía, v. XXIII, 30.
- Chapa, J. (-). Análisis de la Apertura Comercial en México Mediante Modelos Multisectoriales, 1970-1993 (tesis doctoral). Universitat de Barcelona, Barcelona, España.
- Chapa, J. y Oyakawa, J. (2016). Impactos Económicos Regionales del "Shale Gas" en la Reforma Energética de México., de Asociación Peruana de Economía.

Covarrubias, A. & García-Jiménez, H. (2017). El mercado y la regulación como determinantes de la innovación ambiental del sector automotriz en México. *Entreciencias: diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, vol. 5.

Cuevas, C. (2009) Análisis de política agropecuaria mediante el modelo de multiplicadores contables en una comunidad rural de México (Tesis doctoral) Universidad Autónoma de Chapingo.

Dávila F. (2015). Modelos interregionales de insumo producto de la economía mexicana. México: Universidad Autónoma de Coahuila.

Fernández, J. & González, P. (2004). Matrices de Contabilidad Social: una panorámica. *EKONOMIAZ*, 57<sup>a</sup>, 35.

[https://www.academia.edu/31139517/Matrices\\_de\\_Contabilidad\\_Social\\_una\\_panor%C3%A1mica?auto=download](https://www.academia.edu/31139517/Matrices_de_Contabilidad_Social_una_panor%C3%A1mica?auto=download)

Fecha de búsqueda: 18/01/20

Franco, A. (2014). Elaboración de una matriz de contabilidad social medioambiental regional y su aplicación en el marco de los modelos de equilibrio general: El caso de Extremadura. (Tesis doctoral). Universidad de Extremadura, España.

Franco, C. & Baena, A. (2010). Dinámica de la penetración de tecnologías alternativas para vehículos automotores y su impacto en las concentraciones de carbono atmosférico. *Revista Avances en Sistemas e Informática*, 7, 135-141.

Gary, J. & Handwerk, G. (2001). *Petroleum Refining, Technology and Economics*. New York: Marcel Dekker.

Gaviria, J., Mora, J. & Ramiro, J. (2002). Historia de los motores de combustión interna. *Revista Facultad de Ingeniería*, 25, 68-78.

- Gómez, O. (2012). Modelos de equilibrio general aplicado. Raíz teórica, metodología y casos fiscales en México. (Tesina de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.
- Haro, R. (2008). Metodologías para la estimación matemática de la matriz de insumo-producto simétrica: a partir de las matrices de oferta y utilización asimétricas en una economía abierta. México, D.F.: CEMLA.
- INEGI. (2015). Sistema de cuentas nacionales de México, fuentes y metodologías año base 2013, Matriz de insumo producto. México: INEGI.
- Jiménez, J. (2003). Los modelos de equilibrio general estocástico y el tipo de cambio. (Tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.
- Koutsoyiannis, A. (1975). Modern Microeconomics. Ontario: Macmillan Education.
- León, J. (2013). Efectos de la modificación del ISR en México, 2009-2015. Evaluación con un modelo de equilibrio general aplicado dinámico. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.
- Leontief, W. (1986). Input-output economics, 2.a ed., Oxford, Oxford University Press.
- Marangoni, G. y Rossignoli, D. (2016). Contribución de Richard Stone al análisis input-output. *Cahiers d'économie Politique / Papers in Political Economy*, no 71 (2), 219-239. <https://doi.org/10.3917/cep.071.0219>
- Marina, A. (1993). INSUMO-PRODUCTO: APLICACIONES BASICAS AL ANALISIS ECONOMICO ESTRUCTURAL. México, DF.: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Mark B. (1998): *The State Of Modern Economic Disturbing Currents. Modern Economnics Magazine*. Mayo-Junio

Martínez-Ángel, Juan. (2018). Movilidad motorizada, impacto ambiental, alternativas y perspectivas futuras: consideraciones para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. *Revista de Salud Pública*, 20, 11.

Martínez, X. (2008). *Microeconomía Avanzada*. España: Universidad Autónoma de Barcelona.

Mas-Colell, A., Whinston, M. & Green, J. (1995). *Microeconomic Theory*. New York: Oxford University Press.

Méndez, S. (2014). *Análisis del Mecanismo de Transmisión de la Política Monetaria en México a través de un Modelo de Equilibrio General Computable*. (Tesis doctoral). Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.

Montesinos, A. (2015). *Los modelos de equilibrio general aplicado como instrumento de medición en políticas fiscales*. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.

Núñez, G. (Mayo, 2015). *Modelo de equilibrio general aplicado para México y análisis de impuestos a la extracción de hidrocarburos*. *Revista de Economía*, XXXIV, No.1, 35-74.

[www.economia.uanl.mx](http://www.economia.uanl.mx) › [revistaensayos](#) › [xxxiv](#) › [1](#) › [2\\_Modelo\\_de](#).

Fecha de búsqueda: 18/01/20

Núñez, G. (2016). *Efectos económicos de políticas sociales y energéticas en México: dos estudios de casos con un matriz de contabilidad social y un modelo de equilibrio general aplicado*. México: Colegio de México.

Parkin, M. (1994). *Economía*. México: Pearson Educación, c2004.

Pedagua, L., Sáez, F. & Velázquez, A. (2012, abril-junio). *Simulación de un modelo de equilibrio general computable para Venezuela*. *EL TRIMESTRE ECONÓMICO*, LXXIX(2), 415-448.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=31340971006>

Fecha de búsqueda: 18/01/20

Pérez, A. (1989). Efectos de la Apertura comercial en el empleo y el bienestar en México: un enfoque de equilibrio general (tesis de maestría). Colegio de México, México DF, México.

Pérez, A. (2006). Análisis del efecto económico de la aplicación de una medida de salvaguarda: el caso de la industria del triplay. *Economía mexicana NUEVA EPOCA*, XV, 67-96.

<https://ideas.repec.org/a/emc/ecomex/v15y2006i1p67-96.html>

Fecha de búsqueda: 18/01/20

Pérez, A. (2008, julio-diciembre). Introducción al uso de modelos aplicados de equilibrio general. *Economía: Teoría y práctica*, número 29, 119-146.

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S018833802008000200005](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018833802008000200005)

Fecha de búsqueda: 18/01/20

Pérez, A. (2016) Diseño y Uso de Matrices de Contabilidad Social y Modelos de Equilibrio General Computable para la Planeación y la Toma de Decisiones, disponible en:

<https://www.inegi.org.mx/eventos/2016/contabilidad/>

Raymond, M. & Leffler, W. (2006). *Oil and Gas Production*. Tulsa, Oklahoma: PennWell Corporation.

Ross, M. (2011). *General Equilibrium Theory*. San Diego: Cambridge University Press.

Rueda, H. (2009, febrero 19). Debilidades de la teoría del equilibrio general. *EAN* 65, pp.107-122.

Sobarzo, H. (2009). Un modelo de equilibrio general., de Centro de Estudios de las Finanzas Públicas Sitio web: [www.cefp.gob.mx](http://www.cefp.gob.mx)

Shoven, J. & Walley, J. (-). *Applying General Equilibrium*. USA: Cambridge University Press.

Tello, M. (2017). *Análisis de equilibrio general. Modelos y aplicaciones para países en desarrollo*. Lima, Perú: Fondo Editorial.

- Tobón, D., & Vasco, C. (2011). Un modelo de equilibrio general con externalidades y capital natural. Colombia: Centro de Investigaciones y Consultorías - Universidad de Antioquia.
- Vargas, E. (2013). Características generales del modelo de equilibrio general y la economía mexicana. (tesis de posgrado). Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.
- Varian, H. (2010). Intermediate Microeconomics: A modern Approach. California: University of California.
- Villar, A. (1996). Curso de microeconomía avanzada: un enfoque de equilibrio general. Barcelona: Antonio Boch Editor.

## Anexos

### Anexo 1. Matriz de Insumo Producto (representación)

Insumos - Producto		Demanda intermedia		Demanda final	Producto total
		Sector 1	Sector 2		
		Hidrocarburos	Resto de la economía		
Sector 1	Hidrocarburos	5	10	35	50
Sector 2	Resto de la economía	25	90	15	130
Valor agregado		20	30		
Insumo total		50	130		

Fuente: Elaboración propia.



**Anexo 3. Matriz de Contabilidad Social para México 2013 (MCS Unidad Manual 00)**

MCS Unidad Manual 00			Actividades		Bienes		Factores		Hogares	Gobierno		TOTALES
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
			Sector 1	Sector 2	Bien 1	Bien 2	Trabajo	Capital	Consumidor	Ingreso	Gasto	
Actividades	I	Sector 1			1,063,231.11							1,063,231.11
	II	Sector 2				14,588,847.95						14,588,847.95
Bienes	III	Bien 1						414,295.62		648,935.49		1,063,231.11
	IV	Bien 2						9,857,928.11		4,730,919.84		14,588,847.95
Factores	V	Trabajo	74,579.16	4,468,274.21								4,542,853.37
	VI	Capital	1,000,058.37	10,012,299.60								11,012,357.97
Hogares	VII	Consumidor					4,542,853.37	11,012,357.97				15,555,211.34
Gobierno	VIII	Ingreso	-11,406.42	108,274.15					5,282,987.61			5,379,855.33
	IX	Gasto								5,379,855.33		5,379,855.33
TOTALES			1,063,231.11	14,588,847.95	1,063,231.11	14,588,847.95	4,542,853.37	11,012,357.97	15,555,211.34	5,379,855.33	5,379,855.33	

**Anexo 4. Matriz de Contabilidad Social para México 2013 (MCS GAMS Prototipo 01)**

MCS GAMS Prototipo 01			Actividades		Bienes		Factores		Hogares	Gobierno		TOTALES
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
			Sector 1	Sector 2	Bien 1	Bien 2	Trabajo	Capital	Consumidor	Ingreso	Gasto	
Actividades	I	Sector 1			1,172,938.84							1,172,938.84
	II	Sector 2				14,382,200.00						14,382,200.00
Bienes	III	Bien 1						419,700.00		753,238.84		1,172,938.84
	IV	Bien 2						9,880,983.91		4,501,216.10		14,382,200.00
Factores	V	Trabajo	83,726.34	4,148,837.21								4,232,563.55
	VI	Capital	1,101,778.86	9,229,953.49								10,331,732.34
Hogares	VII	Consumidor					4,232,563.55	10,331,732.34				14,564,295.89
Gobierno	VIII	Ingreso	-12,566.36	1,003,409.30					4,263,611.99			5,254,454.93
	IX	Gasto								5,254,454.93		5,254,454.93
TOTALES			1,172,938.84	14,382,200.00	1,172,938.84	14,382,200.00	4,232,563.55	10,331,732.34	14,564,295.89	5,254,454.93	5,254,454.93	

**Anexo 5. Matriz de Contabilidad Social para México 2013 (MCS GAMS Prototipo 02)**

MCS GAMS Prototipo 02			Actividades		Bienes		Factores		Hogares	Gobierno		TOTALES
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
			Sector 1	Sector 2	Bien 1	Bien 2	Trabajo	Capital	Consumidor	Ingreso	Gasto	
Actividades	I	Sector 1			1,057,064.44							1,057,064.44
	II	Sector 2				14,498,400.00						14,498,400.00
Bienes	III	Bien 1							329,650.00		727,414.44	1,057,064.44
	IV	Bien 2							9,943,300.00		4,555,100.00	14,498,400.00
Factores	V	Trabajo	79,315.18	4,152,930.23								4,232,245.41
	VI	Capital	989,074.19	9,333,953.49								10,323,027.67
Hogares	VII	Consumidor						4,232,245.41	10,323,027.67			14,555,273.09
Gobierno	VIII	Ingreso	-11,324.93	1,011,516.28					4,282,323.09			5,282,514.44
	IX	Gasto								5,282,514.44		5,282,514.44
TOTALES			1,057,064.44	14,498,400.00	1,057,064.44	14,498,400.00	4,232,245.41	10,323,027.67	14,555,273.09	5,282,514.44	5,282,514.44	

## Anexo 6. Programación de modelo<sup>3</sup>

\$TITLE Modelo2 /Modelo con Gobierno

\$ontext

```
=====
=          Modelo 2          =
=                               =
=          Autor:           =
=      Dr. Arturo Pérez Mendoza      =
=          Adaptó:         =
=          OM                =
=                               =
=====
```

Características:

Este programa calibra y calcula el equilibrio para una economía con las siguientes características:

- Un consumidor con función de utilidad CD
- Dos mercancías usadas para el consumo privado
- Dos factores productivos: capital y trabajo
- Una firma en cada sector con funciones de producción CD.
- El gobierno gasta en los bienes 1 y 2 lo que obtiene por impuestos al valor agregado y el impuesto sobre la renta
- No hay ahorro e inversión
- La economía es cerrada

---

<sup>3</sup> Modelo original diseñado por Arturo Pérez Mendoza, disponible en:  
<https://www.inegi.org.mx/eventos/2016/contabilidad/>

Notación:

- escalares, parámetros y datos están en letras minúsculas
- Nombres de VARIABLES (y sus niveles iniciales) y ECUACIONES están en letras mayúsculas
- Los nombres de las ecuaciones empiezan con EQ
- Valores iniciales de variables y parámetros están indicados con "0" al final del nombre

\$offtext

Sets

sec sectores de la economía /sec1, sec2 /

\* Valores iniciales

Scalars

R0 rendimiento inicial del capital / 1 /

W0 salario inicial / 1 /

IPC0 índice de precios al consumidor

KS0 dotación inicial de capital

LS0 dotación inicial de trabajo

IND0 nivel inicial del ingreso disponible del consumidor

IG0 ingreso inicial del gobierno

ISR0 impuesto sobre la renta pagado por el consumidor

\* Parámetros

taud impuesto sobre la renta;

## Parameters

P0(sec) precios iniciales de bienes /sec1 1, sec2 1 /

Y0(sec) producción inicial de bienes

K0(sec) demanda inicial de capital por sector

L0(sec) demanda inicial de trabajo por sector

C0(sec) demanda inicial de bienes de consumo

G0(sec) cantidad demandada del gobierno por sector

IVA0(sec) iva pagado por cada sector

\* También debemos inicializar los valores parámetros que vamos a calibrar:

beta(sec) exponente del trabajo en la función de producción

fi(sec) coeficientes de las funciones de producción

alfa(sec) exponentes de la función de utilidad Cobb-Douglas /sec1 0.0403, sec2 0.9597/

tau(sec) tasa de IVA por sector /sec1 -0.106, sec2 0.0075/

gamma(sec) participación del gasto del Gob. por sector;

\* Algunos datos iniciales se presentan en la matriz data0:

## Table

data0(\*,sec)

	sec1	sec2
K0	1000058.37	10012299.60
L0	74579.16	4468274.21
C0	414295.62	9857928.11
G0	648935.49	4730919.84

\* Redefinición de data0 en términos de la terminología del modelo:

$K0(sec) = data0("K0",sec) ;$

$L0(sec) = data0("L0",sec) ;$

$C0(sec) = data0("C0",sec) ;$

$G0(sec) = data0("G0",sec) ;$

$KS0 = sum(sec, K0(sec)) ;$

$LS0 = sum(sec, L0(sec)) ;$

$Y0(sec) = (K0(sec) + L0(sec))*(1 + tau(sec));$

$IVA0(sec) = (K0(sec) + L0(sec))*tau(sec);$

$IND0 = sum(sec, C0(sec));$

$IG0 = sum(sec, G0(sec));$

$ISR0 = KS0 + LS0 - IND0;$

\* Se inicia la calibración del modelo

$taud = ISR0/(KS0 + LS0);$

$alfa(sec) = P0(sec)*C0(sec) / IND0 ;$

$beta(sec) = W0*L0(sec)/(W0*L0(sec) + R0*K0(sec));$

$fi(sec) = Y0(sec) / ( L0(sec)**beta(sec)*K0(sec)**(1-beta(sec)));$

$gamma(sec)= G0(sec)/IG0;$

Display

alfa

beta

fi

taud

tau

gamma;

\* Índice de precios inicial:

$$IPC0 = \text{prod}(\text{sec}, P0(\text{sec})^{**}\text{alfa}(\text{sec}));$$

\* Termina la calibración del modelo

\* Declaración de las variables del modelo

#### Variables

P(sec) precios de los bienes

R rendimiento del capital

W salario

IPC índice de precios al consumidor

KS dotación de capital (exógena)

LS dotación de empleo (exógena)

C(sec) demanda de bienes de consumo

G(sec) consumo del gobierno (exógena)

Y(sec) producción sectorial

L(sec) demandas de trabajo

K(sec) demandas de capital

IND Ingreso disponible

IG ingreso del gobierno

TRUCO variable objetivo artificial;

Positive variables

P, R, W, IPC, KS, LS, C, G, Y, K, L, IND;

\*

\* Se declaran las ecuaciones del modelo

\*

Equations

\* FUNCION OBJETIVO

OBJETIVO      función objetivo

\* ECUACIONES DEL MODELO:

\*

EQC(sec)      demanda de bienes

EQG(sec)      consumo del gobierno

EQL(sec)      demanda de trabajo por sector

EQIND      ingreso disponible

EQIG      ingreso del gobierno

EQGAN(sec)    ganancias por sector

EQMBIENES(sec) equilibrio en el mercado de bienes

EQMTRABAJO    equilibrio en el mercado de trabajo

EQMCAPITAL    equilibrio en el mercado de capital

EQIPC      índice de precios al consumidor;

\* FUNCION OBJETIVO:

OBJETIVO..      TRUCO =E= 1 ;

\* ECUACIONES DEL MODELO:

$$\text{EQC(sec).. } C(\text{sec}) = E = \text{alfa}(\text{sec}) * \text{IND} / \text{P}(\text{sec});$$

$$\text{EQG(sec).. } G(\text{sec}) = E = \text{gamma}(\text{sec}) * \text{IG} / \text{P}(\text{sec});$$

$$\text{EQL(sec).. } L(\text{sec}) = E = (\text{Y}(\text{sec}) / \text{fi}(\text{sec})) * (((\text{beta}(\text{sec}) / (1 - \text{beta}(\text{sec}))) * (\text{R} / \text{W}))) ** (1 - \text{beta}(\text{sec}));$$

$$\text{EQIND.. } \text{IND} = E = (\text{W} * \text{LS} + \text{R} * \text{KS}) * (1 - \text{taud});$$

$$\text{EQIG.. } \text{IG} = E = \text{sum}(\text{sec}, (\text{W} * \text{L}(\text{sec}) + \text{R} * \text{K}(\text{sec})) * \text{tau}(\text{sec})) + (\text{W} * \text{LS} + \text{R} * \text{KS}) * \text{taud};$$

$$\text{EQGAN(sec).. } \text{P}(\text{sec}) = E = (\text{W} * \text{L}(\text{sec}) + \text{R} * \text{K}(\text{sec})) * (1 + \text{tau}(\text{sec})) / \text{Y}(\text{sec});$$

$$\text{EQMBIENES(sec).. } \text{Y}(\text{sec}) = E = \text{C}(\text{sec}) + \text{G}(\text{sec});$$

$$\text{EQMTRABAJO.. } \text{LS} = E = \text{sum}(\text{sec}, \text{L}(\text{sec}));$$

$$\text{EQMCAPITAL.. } \text{KS} = E = \text{sum}(\text{sec}, \text{K}(\text{sec}));$$

$$\text{EQIPC.. } \text{IPC} = E = \text{prod}(\text{sec}, \text{P}(\text{sec})) ** \text{alfa}(\text{sec});$$

\*

\* Cierre del modelo y numerario:

\*

\*\* (variables exógenas: ofertas de capital y empleo):

\*

$$\text{KS.FX} = \text{KS0};$$

$$\text{LS.FX} = \text{LS0};$$

\*\* (fijación del numerario):

\*

$$\text{IPC.FX} = \text{IPC0};$$

\*\$ontext

\* ++++++

\*

\* Si el modelo está bien especificado, las funciones deben de ser homogéneas de

\* grado cero. Una forma de probar homogeneidad es multiplicando el numerario

\* por un escalar y verificar si el valor de las variables reales es la misma

\* ++

\*  $IPC.FX = 2*IPC0;$

\*\$offtext

\* Valores iniciales de las variables del modelo

\*

R.L = R0;

W.L = W0;

IPC.L = IPC0;

P.L(sec) = P0(sec);

C.L(sec) = C0(sec);

G.L(sec) = G0(sec);

Y.L(sec) = Y0(sec);

K.L(sec) = K0(sec);

L.L(sec) = L0(sec);

IND.L = IND0;

IG.L = IG0;

\* Valores mínimos de las variables

\*

R.LO = 0.001\*R0;

W.LO = 0.001\*W0;

P.LO(sec) = 0.001\*P0(sec);

$$C.LO(sec) = 0.001 * C0(sec);$$

$$G.LO(sec) = 0.001 * G0(sec);$$

$$K.LO(sec) = 0.001 * K0(sec) ;$$

$$L.LO(sec) = 0.001 * L0(sec) ;$$

$$Y.LO(sec) = 0.001 * Y0(sec) ;$$

$$IND.LO = 0.001 * IND0;$$

$$IG.LO = 0.001 * IG0;$$

Model Modelo2 /ALL/ ;

Solve Modelo2 using NLP maximizing TRUCO;