

UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS PUEBLA

DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA  
ESCUELA DE NEGOCIOS Y ECONOMÍA

**UDLAP**®

**IMPACTO DEL AUMENTO TECNOLÓGICO: UN ANÁLISIS DE  
EQUILIBRIO GENERAL DE LOS CAMBIOS INDUCIDOS POR UN  
AUMENTO TECNOLÓGICO PARA EL ESTADO DE PUEBLA**

TESIS QUE, PARA COMPLETAR LOS REQUISITOS DEL PROGRAMA DE  
HONORES PRESENTA LA ESTUDIANTE

CLAUDETTE VILLA ISSA CAMPOS

ID 165937

DR. ROY HERD NÚÑEZ JOYO

SAN ANDRÉS CHOLULA, PUEBLA.

OTOÑO, 2023

TESIS QUE, PARA COMPLETAR LOS REQUISITOS DEL PROGRAMA DE  
HONORES PRESENTA EL ESTUDIANTE CLAUDETTE VILLA ISSA CAMPOS  
ID: 165937

DIRECTOR DE TESIS

---

Dr. Roy Herd Núñez Joyo

PRESIDENTE DE TESIS

---

Dr. Calos Ibarra

SECRETARIO DE TESIS

---

Dr. Martín López

# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>5</b>
1.1. Motivación . . . . .	9
<b>2. Revisión de literatura</b>	<b>11</b>
<b>3. Marco teórico</b>	<b>15</b>
3.1. Matriz de contabilidad social (MCS) . . . . .	15
3.2. Modelo de equilibrio general aplicado. Funciones, ventajas y limitaciones . . . . .	22
<b>4. Metodología</b>	<b>28</b>
4.1. Construcción de la Matriz de Contabilidad Social (MCS) . . . . .	28
4.1.1. Matriz de contabilidad social . . . . .	28
4.1.2. Matriz de Contabilidad Social, flujo circular de la economía y equilibrio . . . . .	32
<b>5. Construcción de la MCS</b>	<b>33</b>
5.1. Hogares . . . . .	36
5.2. Gobierno . . . . .	39
5.3. Actividades productivas . . . . .	41
5.4. Balance de la Matriz de Contabilidad Social para el año 2020 . . . . .	43
<b>6. Modelo de Equilibrio General Aplicado</b>	<b>44</b>
6.1. Problema del consumidor . . . . .	44
6.2. Problema del productor . . . . .	47
6.3. MEGA con consumo intermedio . . . . .	50
6.4. Introducción del gobierno al modelo . . . . .	51
6.5. Cierre del modelo . . . . .	52
6.6. Resumen de variables . . . . .	53
6.7. Calibración . . . . .	54
<b>7. Resultados</b>	<b>56</b>
7.1. Análisis de sensibilidad . . . . .	60
<b>8. Conclusión</b>	<b>62</b>
<b>9. Anexos</b>	<b>71</b>
<b>A. Demanda de bienes</b>	<b>71</b>
<b>B. Calibración de los parámetros</b>	<b>74</b>
<b>C. Demanda de trabajo</b>	<b>74</b>

<b>D. Utilidad indirecta</b>	<b>75</b>
D.1. Glosario . . . . .	76

## Resumen

El aumento tecnológico en los últimos años ha generado incertidumbre respecto a las posibles afectaciones sobre el empleo. A lo largo del trabajo se denomina a la automatización como el aumento de procesos tecnológicos que replazan el trabajo se le designa como automatización (Bessen et al., 2020). Sin embargo, distintos individuos la consideran como una impulsora de desarrollo económico. Esta tesis presenta la creación de un Modelo de Equilibrio General Aplicado (MEGA) aplicado al gobierno, la industria automotriz, la industria de vivienda, la industria alimentaria y a los hogares de ingresos bajos, medios y altos. Se usan datos principalmente del Instituto Nacional de Estadística y Geografía para investigar los efectos sobre el consumo, la demanda de trabajo, los precios y la producción. El objetivo es crear mejores políticas que protejan a los trabajadores del riesgo que representa la continua mejora tecnológica. El resultado principal indica que ante un aumento tecnológico de 0.985 % disminuye el ingreso disponible de los hogares, incrementa la utilidad de los hogares, aumenta el consumo privado, crece la producción de los sectores y disminuyen los precios de los éstos.

**Palabras clave:** Matriz de Contabilidad Social, Modelo de Equilibrio General Aplicado, Estado de Puebla, aumento tecnológico, demanda de trabajo, análisis de políticas económicas.

# 1. Introducción

En el mercado, los consumidores toman decisiones que a su vez pueden afectar a productores, instituciones o al gobierno y su perspectiva es influenciada por la situación económica y la especulación de ciertos eventos. Una encuesta realizada por [Becerra \(2023\)](#) en 18 países para conocer cómo se sienten los consumidores acerca del aumento tecnológico, reportó que 57 % de los encuestados tienen preocupación sobre ser sustituidos por tecnología en el trabajo. Esto podría revelar dos distintos rumbos: incentivar a las personas a capacitarse de mejor manera para afrontar el rápido aumento tecnológico o que genere un aumento en la desigualdad por el desplazamiento de trabajadores que no tienen acceso a educación de calidad. Para determinar que pasa con el empleo y la producción se pueden utilizar modelos económicos que revelan el comportamiento de distintas variables ante cambios exógenos.

Economistas como Adam Smith y Joseph Stiglitz han modelado el comportamiento de los individuos en la economía para lograr hacer una toma de decisiones más guiada e informada sobre políticas económicas. Smith (1776), es conocido como el padre de la economía moderna y era un fiel creyente en los libres mercados. Mientras que Stiglitz (2003), forma parte de la escuela Keynesiana y aporta vocablos a la economía como el de competencia monopolística; que se refiere a un mercado con varios productores que tienen el poder de decisión sobre el precio de su producto.

La desventaja de los modelos es que no representan de manera exacta la realidad. Esto trae consigo otros retos que pueden influenciar la manera en que un cambio exógeno afecta al sistema. Por ello, es necesario tener información sobre la estructura económica y social del territorio donde se esté trabajando, es decir, para apegar más el modelo a la realidad. Para tener un modelo apegado a la realidad. Por tanto, es de alta importancia para los tomadores de decisiones conocer los efectos de sus políticas sobre la población, estado o país. Por ejemplo, es necesario analizar la forma en que un cambio en los impuestos afecta el bienestar de distintos grupos socio económicos, su efecto sobre

las empresas o sus efectos sobre el ingreso del gobierno. De la misma manera, debemos poder analizar las consecuencias de un subsidio sobre un sector económico, y cómo es que éste afecta los mercados.

La necesidad de explicar lo que pasa en la economía, ha hecho que los modelos incluyan muchos bienes y agentes.<sup>1</sup> Estos modelos se apegan a los supuestos de la economía sobre el comportamiento de los individuos sin descuidar la teoría que existe detrás de su funcionamiento, lo cual es un supuesto esencial para el análisis de los resultados en la toma de decisiones.

Como se comento anteriormente, existe la preocupación de los efectos provocados sobre el empleo a causa del rápido avance tecnológico. Una nota publicada por CNN (2023) reporta que se podrían perder al rededor de 300 millones de empleos tras la automatización [Toh \(2023\)](#). Esto "levanta" preguntas a cerca de qué va a pasar con aquellos trabajadores desplazados por la tecnología y cómo ayudar a que esto no afecte la economía. Para poder hacer preguntas como las anteriores se debe comprender el comportamiento de empresas y consumidores. Sin embargo, para hacerlo se requiere de una gran cantidad de información de calidad que pueda ser introducida a un modelo que determine la magnitud de los efectos de un aumento tecnológico.

El Modelo de Equilibrio General Aplicado (MEGA), que será introducido más formalmente en la sección 3.2, es una solución al problema. Éstos han sido utilizados para evaluar distintas políticas como por ejemplo: cambios en los impuestos ([Nuñez, 2015](#)), políticas de comercio ([Dávila et al., 2018](#)) y redistribución del ingreso ([Cassares et al., 2015](#)).

En ese sentido, uno de los ejemplos de los ejemplos más conocidos es el de Adelman y Robinson ([1978](#)), quienes fueron los primeros en hacer una aplicación del MEGA en Corea. Su enfoque se centró en la distribución del ingreso de los países en desarrollo. A partir de entonces, los economistas se han dado cuenta de las diversas ventajas que tiene

---

<sup>1</sup>Vease <https://www.epa.gov/sites/default/files/2018-10/documents/2018-05.pdf> para analizar un ejemplo de política ambiental para Estados Unidos.

el uso de modelos de este tipo (Gunning y Keyzer, 1995).

México se ha beneficiado de escasas aplicaciones; una de ellas es la evaluación de erradicar la informalidad. Antón, Hernández y Levy (2012) definen la informalidad como la falta de acceso al seguro social y proponen un sistema de seguro social universal que todos pagan por medio del Impuesto al Valor Agregado (IVA). En esta investigación la clase social baja tiene una compensación a lo Hicks que les permite mantener el mismo nivel de utilidad y bienestar; mientras que se reduce la informalidad en la economía. En consecuencia, los autores revelan que es posible proteger a todos los trabajadores contra el riesgo y al mismo tiempo incrementar la productividad de los factores y se reducir la evasión de impuestos. Sin embargo, no se ha empleado una aplicación de los MEGA al análisis de los efectos del aumento tecnológico en México.

Si bien, en México existe una Matriz de Contabilidad Social (MCS) elaborada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) de manera agregada, ésta asocia grandes rubros como la industria manufacturera, y no es posible analizar aspectos macroeconómicos que permitan un análisis más profundo. De igual manera, existen MCS para México elaboradas por reconocidos autores como Núñez (2018), que podrían apoyar al estudio de cambios exógenos, sin embargo, no existe una para cada año. El no tener una MCS para cada año, limita el conocimiento que se puede obtener a partir de la investigación. Núñez (2015), hizo una aplicación enfocada a México en 2015 en la que se utiliza una Matriz Insumo Producto (MIP) de 2003 para crear su MCS, lo cual demuestra la falta de MCS actualizadas para México. La investigación tuvo el propósito de analizar los efectos de sustituir los altos impuestos emitidos hacia Petróleos Mexicanos (PEMEX) por un aumento en el impuesto sobre la renta, con el fin de compensar la disminución de éstos y no afectar al gobierno. Se concluyó que la recaudación y el gasto público se mantienen iguales pero los precios disminuyen únicamente asumiendo un escenario de competencia perfecta en el que PEMEX es tomador de precios (Núñez, 2015).

Ciertamente en México existen aplicaciones de las MCS, a pesar de ello, todavía que-

dan muchas áreas que podrían ser exploradas, como lo es caso del aumento tecnológico. La falta de MCS se debe a que, conseguir los datos para su elaboración, no solo toma mucho trabajo sino que varios de ellos son inaccesibles para el público en general. Esta falta de MCS en México, limita la manera en que los agentes encargados de la toma de decisiones evalúan las diversas medidas empleadas en la economía generando políticas sesgadas y no siempre se obtengan resultados realistas. Esto hace que las políticas estén sesgadas y no siempre se obtenga el resultado realista. Se requiere que México tenga mayor accesibilidad a datos que permitan la creación de MCS para cualquier entidad y que, a partir de ellas, se puedan tomar decisiones mejor informadas que ayuden a la población y a los sectores productivos. El objetivo de este estudio es crear un MEGA a partir de una MCS elaborada con la base de datos del INEGI y de otras fuentes de información relacionadas que permitan analizar la manera en que los cambios exógenos afectan a una economía como la de Puebla.

Para la investigación se construyó una MCS que da pie a un MEGA para Puebla en el que existen tres tipos de hogares agrupados por sus ingresos (bajo, medio y altos), el gobierno y tres industrias productivas que son representativas en la economía. En el modelo no hay ganadores del comercio, es decir, existe competencia perfecta y esto implica que todos los agentes de la economía tengan una ganancia de cero. El modelo está compuesto por valores del INEGI del 2020, entre otras fuentes, ya que, en algunos casos, no se encontraron datos en la base de datos mencionada..

Los resultados muestran que, ante un aumento en la tecnología de .985 % hay un aumento en el ingreso disponible de los hogares, principalmente dirigido a los ingresos bajos (.36 %), lo cual propicia la disminución de la brecha salarial entre hogares. A su vez, el aumento de los ingresos de los hogares permite al gobierno recaudar más impuestos y engrosa el ingreso público. En lo referente al consumo, se observa una disminución en la adquisición de bienes del sector automotriz de 2.90 % mientras que el sector alimentario, de vivienda y servicios inmobiliarios ven un aumento en el consumo de un promedio de 7.96 %. Finalmente, por el lado de los precios, se encuentra un

ligero aumento en el precio relativo del sector automotriz, justificado por el supuesto de competencia perfecta y una disminución en los precios relativos del sector vivienda y el alimentario. En cuanto a la demanda de trabajo, vemos un aumento en la demanda trabajo del 2.48 %. En términos de utilidad, los hogares de ingresos bajos, experimentan el mayor aumento en la utilidad del 4.16 % por la disminución de precios relativos del sector alimentario y del sector de vivienda, lo cual les permite tener un mayor poder adquisitivo. Respecto a la utilidad indirecta, se mostraron resultados similares, es decir, se observa ésta en los consumidores pero relacionada con los productos que adquieren y no en cuanto a la variación en precios.

El documento está compuesto por ocho secciones. La primera es una introducción a la investigación y una síntesis de la revisión de la literatura que muestra los efectos encontrados del aumento tecnológico sobre el empleo publicados en investigaciones previas; la segunda se refiere a la revisión de literatura y profundiza sobre el aumento tecnológico y sus efectos sobre el empleo, la tercera es el marco teórico en la cual se explica qué son las Matrices de Contabilidad Social y los Modelos de Equilibrio General; la cuarta contiene la metodología empleada para la construcción del modelo; la quinta la construcción de la matriz; la sexta el modelo de equilibrio general creado; la séptima los resultados y la octava es la conclusión junto con la propuesta de una recomendación de política económica.

## **1.1. Motivación**

Un Modelo de Equilibrio General Aplicado (MEGA) se refiere a un sistema económico que ayuda a analizar la economía mediante el análisis de las interacciones e interdependencias entre individuos y mercados. En el Estado de Puebla no hay un MEGA y mucho menos una MCS que sean capaces de modelar la economía y el comportamiento de los agentes económicos. Por lo que la creación de una MCS permite a los investigadores ampliar su campo de exploración para así tomar decisiones que beneficien a la

sociedad en un futuro.

Un MEGA permite la toma de decisiones porque auxilia el análisis comprensivo acerca de las interacciones entre individuos y mercados; la evaluación de políticas públicas; eficiencia de asignación de recursos y analiza el contrafactual. Con el contrafactual nos referimos al escenario hipotético contrario a lo que pasa en la realidad. Es decir, es posible tener una idea de lo que hubiera pasado si no se implementara una política que causó cambios en la economía. La creación de una MCS y un MEGA para México va a permitir contestar preguntas que surgen a partir de problemas económicos. De igual manera, pueden ser utilizados, no solo para analizar un enfoque, se trata de una herramienta útil para que los distintos investigadores den respuesta a sus hipótesis en cuestión.

En este caso, se analizan los efectos de un aumento tecnológico del sector automotriz. En ese sentido, el aumento tecnológico de procesos productivos ha causado incertidumbre en la economía porque los trabajadores temen que puedan ser sustituidos por máquinas. De acuerdo con datos de la [OECD \(2019\)](#) el 14 % de los trabajos pueden ser completamente automatizados y 32 % pueden ser modificados de manera significativa. Aunque no todos los trabajos se automaticen es posible que haya pérdida de empleo. Por ejemplo, 6 de 10 adultos carecen de las habilidades necesarias para la operación de un software.

Una de las preguntas planteadas en el estudio se refiere a los efectos de sobre el empleo. Dentro de la investigación económica se estiman distintos escenarios que demuestran efectos del aumento tecnológico sobre el empleo. Por eso es que con esta tesis se analizaron los efectos del aumento tecnológico sobre la producción, los precios, el empleo y la utilidad de los hogares. Ésto permite empezar a planear políticas económicas para combatir los efectos negativos futuros de la tecnología y aprovechar los positivos. Hasta el momento no existe ningún estudio para el Estado de Puebla que analice estos efectos. Tampoco existe una MCS y un MEGA que permitan tomar decisiones más informadas, por lo que la creación de éstos es de gran utilidad para la generación de conocimiento.

## 2. Revisión de literatura

El avance tecnológico es un fenómeno que se observa todos los días y este nos facilita la forma en la que hacemos distintas actividades como pagos, compras, transporte, etc. Así como nos facilita actividades de la vida diaria, también es capaz de mejorar la productividad del trabajo. Recientemente se han evaluado los impactos de un aumento tecnológico sobre el empleo ya que al hacer más eficiente la producción, también es posible que cambien los niveles de empleo en una economía. El proceso tecnológico que consigue remplazar el trabajo hecho por humanos con máquinas se denomina automatización (Bessen et al., 2020).

Raúl Espinosa Rueda, presidente de la Cámara Nacional de la Industria de Transformación (CANACINTRA) de Estado de Puebla, anunció que, ante el panorama de bajas ventas y altos precios que enfrenta la industria automotriz por la pandemia, seguirán con estrategias para generar ahorros. Con la automatización buscan hacer más eficientes las actividades Tier 1 y Tier 2 que se encargan de la producción de auto partes necesarias para el ensamblado de los coches (Hernández, 2022). De la misma manera, Tarek Mashhour, presidente Ejecutivo de Audi México, anunció en 2021 la automatización de la planta de Audi con el fin de seguir brindando un mejor servicio por medio de tecnología que les permita tener una producción más eficaz y mejorar los procesos administrativos de la empresa (Cluster-Industrial, 2021).

Acemoglu y Restrepo (2019) hacen un esquema de trabajo basado en investigaciones previas y concluyen que el efecto es de una disminución de 2.41 puntos porcentuales en la participación del empleo en la industria que experimenta la automatización. También, encuentran que el efecto de la automatización sobre el empleo se puede dividir en dos: efecto en productividad y efecto de sustitución. El efecto sobre la productividad se refiere al incremento en valor agregado, y hace que aumente la demanda por empleo en áreas no automatizadas de la empresa o industria. Por el otro lado, el efecto sustitución si causa una disminución en la participación del empleo y de ahí nace el nombre, la tecnología

sustituye al empleo. Finalmente, la automatización de una industria puede tener efectos opuestos sobre la demanda de empleo.

Además [David y Salomons \(2018\)](#), utilizan un panel de datos de 28 industrias de 18 países que pertenecen a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD) de los años 1970 a 2007 para analizar el impacto de la automatización sobre el empleo y la producción. Los autores estiman que un aumento de un punto logarítmico en la productividad total de los factores causa una disminución de dos puntos logarítmicos en la demanda por trabajo. Es decir, en las industrias que venden directamente al consumidor, un aumento en la productividad a causa de la automatización, origina una disminución en la demanda de empleo. Por el contrario, si el aumento en la productividad originado por la automatización sucede en empresas que son proveedoras, aumenta la demanda. Esto último se explica por la disminución en los costos de las empresas proveedoras que, a su vez logran una disminución en los precios. Cuando los precios bajan, los consumidores se benefician y aumentan su demanda agregada. Al aumentar la demanda, se obliga a las empresas a contratar más trabajadores para alcanzar la producción necesaria y se nota el impacto positivo sobre la demanda de empleo. Los efectos son más notables a partir de los años 2000s.

Sin embargo, algunas investigaciones y hechos muestran que el efecto de la disminución de precios que aumenta la demanda por trabajo no es un efecto a largo plazo. Por ejemplo, en la industria textil, la automatización aumentó la productividad y disminuyó la cantidad de trabajadores requeridos para el trabajo de tela. Lo anterior puede ser explicado asumiendo un mercado competitivo donde una disminución en costos también disminuye el precio de la ropa, por tanto la demanda aumentó. Sin automatización, la adquisición de ropa era un lujo ya que todas las prendas eran producidas a mano por lo que la disminución de precios convirtió las prendas de vestir en un bien accesible. El problema se originó cuando los individuos ya tenían suficientes prendas de vestir y la demanda disminuyó nuevamente, lo que también propició disminuciones en la producción ([Bessen et al., 2020](#)).

La automatización de un sector manufacturero como es el textil puede no mostrar cambio significativos en el empleo. La lógica detrás es que, al aumentar la automatización en una planta productora, aumenta la frontera de posibilidades de producción y aumenta la demanda intermedia. Un insumo puede ser el algodón, por tanto, al aumentar la demanda, también aumenta la demanda por trabajadores en las plantaciones de algodón. Por ende, se observan despidos en el sector manufacturero mientras que la misma automatización causa contrataciones la producción de algodón (Bessen et al., 2020).

Por el otro lado, un estudio hecho por Prettner (2019), en el que introducen la automatización al modelo de acumulación de capital de Solow. Los autores introducen datos de Estados Unidos para los años 2000 a 2013. Estiman que un aumento tecnológico en Estados Unidos como el ocurrido entre 1970 y 2010 es capaz de reducir el empleo agregado en 0.7 puntos porcentuales a lo largo de un año. Para el estudio, los autores utilizan el modelo de Solow aumentado, en el cual separan el efecto del capital tradicional y el capital para la automatización. Para lograrlo utilizan la siguiente ecuación:

$$Y(t) = A(t)[L(t) + P(t)]^{(a-\alpha)} K(t)^\alpha \quad (1)$$

En la ecuación 1  $Y(t)$  representa el producto agregado,  $L(t)$  el trabajo,  $K(t)$  el capital,  $A(t)$  el nivel de tecnología y  $P(t)$  el capital por automatización del trabajo. Aplicando este modelo para estimar el efecto de la automatización en el crecimiento económico de Estados Unidos, los autores encuentran que la automatización mejora las condiciones de vida de las personas. No obstante, el trabajador de habilidades bajas se ve afectado. Para evitar el aumento en desigualdad del ingreso, los autores proponen un programa que apoye a aquellos individuos que tienen consecuencias negativas por la automatización.

Finalmente, Kromann y cols. (2011) investigan los efectos de la automatización en en el empleo y la productividad laboral. Los autores establecen un modelo logarítmico que modela estas variables, y utilizan como medición de la automatización el stock de

robots en una industria para 9 países por un periodo de 12 años. En su función asumen industrias perfectamente competitivas con elasticidad de sustitución de la producción constante. Lo que encuentran es que la automatización tiene efectos positivos sobre el empleo y la productividad a largo plazo en todos los países. En el corto plazo se observa una contracción del empleo, con un aumento en la productividad. Mientras que, en el largo plazo, el empleo y la productividad tienen efectos positivos.

### **3. Marco teórico**

Las relaciones entre agentes en los diferentes sectores de la economía son fundamentales para el funcionamiento del sistema circular. Sin embargo, entender la toma de decisiones sobre los recursos de la economía es un proceso complejo si no se tienen las bases necesarias que permitan determinar un posible resultado. Este trabajo modeló las relaciones entre los agentes de una economía para después analizar cómo influyen ciertos cambios en la toma de decisiones de los individuos, los precios, la utilidad y las transferencias de gobierno. El modelo de cambio propuesto se refiere a la automatización de la industria automotriz. El objetivo es analizar cómo es que el aumento de tecnología en la cadena productiva afecta los sectores de interés en la economía modelada. Para entender mejor como funcionan los modelos, el marco teórico se divide en dos partes. En la primera se presenta la MCS que forma parte fundamental para la creación del modelo. Posteriormente, se introducen los MEGA en donde se exponen su funcionamiento, ventajas y limitaciones.

#### **3.1. Matriz de contabilidad social (MCS)**

La economía es una ciencia cuya finalidad es manejar los recursos escasos. Derivado de lo anterior, se procura hacer una representación de las interacciones entre agentes económicos lo más posible apegada a la realidad. La representación de la economía real junto con el uso de herramientas analíticas y resultados teóricos, permiten una toma de decisiones óptima en el sector público y privado.

Una MCS permite estudiar cuatro circuitos de la economía de forma individual o en conjunto. El primero es el de producción, en cual se tienen las matrices de insumo producto. El segundo circuito es del ingreso, en el cual se observa el ingreso primario de los individuos con modificaciones por transferencias e ingresos de la propiedad. Posteriormente, está el circuito de ahorro-inversión donde se observa el ingreso no destinado al consumo. Finalmente, se observan los circuitos con el resto del mundo y las cuentas

financieras (INEGI, 2020c).

Hoy en día, las matrices son construidas en un gran número de países. El objetivo es buscar una mejor solución a fenómenos y problemáticas de la economía real. Por ejemplo, en Europa se diseñaron MCS para 28 países de la Unión Europea con el fin de alcanzar un desarrollo sustentable. Usaron las MCS para analizar la relación de los sectores bio-económicos con el resto de la economía y estudiar cuál es la mejor manera de alcanzar el desarrollo deseado <sup>2</sup>. Sin embargo, en México la construcción de matrices ha sido discontinua y no se ha logrado alcanzar una metodología consistente que permita su desarrollo (Núñez, 2016).

Dos de los usos más frecuentes de las matrices en la economía son el análisis estructural (como los modelos multiplicadores generalizados) y el diseño de modelos de equilibrio general aplicado. El uso de las matrices comienza gracias al trabajo de Stone y Brown (1965) quien tenía la finalidad de construir una base de datos que fuera capaz de representar la economía real. Es decir, una matriz que contuviera todos los flujos de los factores y bienes de una economía durante un determinado periodo.

En consecuencia, el desarrollo de las MCS nace cuando Richard Stone y Alan Brown (1965) crean una como parte del *Cambridge Growth Project*, realizado en Inglaterra en 1960. Posteriormente, Defourney y Thorbecke (1984), realizan un trabajo de la importancia de las matrices con el objetivo de aplicar el desarrollo de análisis de las MCS y exponer metodologías de análisis. Algunas metodologías expuestas fueron, el análisis estructural de sendas y la descomposición de multiplicadores. Defourny y Thorbecke (1984), explican que las MCS vinculan actividades productivas, factores de producción e instituciones; lo que posibilita el análisis a la economía en su conjunto. De la misma manera, permite capturar la interdependencia circular de la economía entre diferentes grupos socio-económicos.

Incluso, Defourny y Thorbecke (1984) descubren que, bajo ciertas suposiciones co-

---

<sup>2</sup>Para mayor información consultar <https://datam.jrc.ec.europa.eu/datam/public/pages/search.xhtml?searchString=social%20A1%20accounting%20matrix>

mo, por ejemplo, exceso de capacidad y precios fijos, es posible usar las MCS para hacer un modelo simple de la economía. Lo anterior es debido a que las MCS se pueden dividir en cuentas endógenas y exógenas que analizan los efectos de variaciones. Se consideran cuentas endógenas todas aquellas que son determinadas dentro del modelo, mientras que las cuentas exógenas son aquellas que no dependen del modelo en si, sino de factores externos. Para la investigación de Defourny y Thorbecke (1984) se usó el análisis de la descomposición de multiplicadores, el cual consiste en la disgregación de factores, instituciones y actividades productivas en la cuenta endógena; mientras que, en la cuenta exógena, se incluye al gobierno, capital y el resto del mundo. No obstante, este análisis no revela el mecanismo conductual responsable de la solución final.

Por otra parte, también demuestran que la aplicación de MCS a un análisis estructural permite analizar el proceso de interacción entre agentes endógenos. La claridad del proceso de interacción establece los canales por los cuales se transmite la influencia de manera macroeconómica. Para alcanzar la claridad sobre el proceso de interacción entre agentes endógenos, es fundamental que la MCS contenga información detallada de los ingresos y egresos de las instituciones. En este caso, una institución puede ser un grupo de hogares, compañías, el gobierno y cuentas relevantes del resto del mundo. El resto de la matriz va a depender de la estructura socio-económica, y de la disponibilidad de datos y de recursos con los que cuenta el investigador. Como resultado, los hacedores de política pueden tomar decisiones mejor orientadas (Defourny y Thorbecke, 1984) .

También debe ser cuadrada, es decir, cada cuenta debe de estar representada por una fila y una columna. Si la información es detallada, cada celda muestra el pago de una columna hacia una fila. En la matriz, las filas representan ingresos y las columnas egresos de las cuentas presentadas. El principio de la doble contabilidad requiere que para cada cuenta de la MCS el total de ingresos sea igual al total de egresos. Mejor dicho, el total de la fila de una cuenta debe ser igual al total de la columna de la misma cuenta y se cumple con la condición de que el total de ingresos sea igual al de gastos (Lofgren et al., 2002).

otro criterio importante es la inclusión de las cuentas de factores. Estas cuentas son todas aquellas que involucran a los factores de producción de bienes y servicios. En algunos casos, el valor agregado de la actividad de los negocios no es distribuida a todos los factores de producción, sino que va directo a hogares y otras instituciones. Si se busca analizar a los hogares, este paso es imprescindible para demostrar con mayor claridad de dónde provienen los ingresos de los hogares.

El Cuadro 1 muestra un ejemplo de una MCS que contiene a hogares, gobierno, factores, ahorro-inversión y actividades productivas. Es una representación básica en la cual es posible observar que es cuadrada, es decir, la cuenta que está en una fila también se encuentra en la columna. Un ejemplo de como se puede leer el Cuadro 1 es el siguiente: para visualizar los ingresos del hogar 1 se empieza en la primera fila nombrada Hogar 1. El Hogar 1 contiene ingresos del gobierno como forma de transferencias e ingresos de los factores productivos por el pago de su trabajo que está representado como pago a factores. Los ingresos siempre se observan de manera horizontal puesto que están representados por las filas. Por otro lado, si queremos ver los gastos del gobierno, nos vamos a la columna Gobierno y empezamos se lee de arriba hacia abajo. Por ejemplo, el Gobierno gasta en Transferencias a los hogares 1 y 2. A su vez, gasta en Consumo público en la industria 1 y 2. Nuevamente, los gastos están representados por las columnas. Ya con cifras, los totales de cada fila y columna respectivas deben ser iguales. Es decir, el total de la fila del hogar 1 debe ser igual al total de la columna del hogar 1.

Cuadro 1: Esquema de matriz de contabilidad social para el MEGA

	Hogar 1	Hogar 2	Hogar 3	Gobierno	Factores	Sector 1	Sector 2	Sector 3
Hogar 1				Transferencias	Pago a hogar 1			
Hogar 2				Transferencias	Pago a hogar 2			
Hogar 3				Transferencias	Pago a hogar 3			
Gobierno	Impuestos	Impuestos	Impuestos			Impuestos	Impuestos	Impuestos
Factores						Pago a factores	Pago a factores	Pago a factores
Sector 1	Consumo	Consumo	Consumo	Consumo		Consumo intermedio	Consumo intermedio	Consumo intermedio
Sector 2	Consumo	Consumo	Consumo	Consumo		Consumo intermedio	Consumo intermedio	Consumo intermedio
Sector 3	Consumo	Consumo	Consumo	Consumo		Consumo intermedio	Consumo intermedio	Consumo intermedio

Fuente: Elaboración propia con base en Nuñez (2012)

Un factor clave es que debe hacer una diferenciación entre las actividades de producción y las cuentas de factores productivos. Para la producción de ciertos artículos, se utilizan distintos métodos y tecnologías de producción. Entonces, la distinción entre las cuentas permite que la producción sea tratada de forma individual lo cual lleva a un análisis más desagregado. Es decir, el trabajo y el capital deben de estar en una cuenta distinta a la de las actividades de producción para ser capaces de analizar a profundidad distintos cambios que éstos puedan tener. Este criterio facilita el estudio de cambios en la distribución del ingreso con una asignación del ingreso alternativa. De la misma manera, es importante separar las cuentas de producción domésticas y del resto del mundo. Esto permite el análisis de los diferentes destinos a los que van productos similares de productores domésticos y extranjeros.

Posteriormente se debe analizar qué cuentas ponen un peso mayor sobre la balanza de pagos. Es importante desagregar el sector de hogares pues, de no ser así, la matriz se llamaría Matriz de Contabilidad Nacional (MCN). El concepto “social” surge cuando existe una desagregación de los hogares. Esto permite que la matriz presente el papel de los grupos de personas en la estructura socio-económica y su desempeño como individuos en la economía (INEGI, 2020c).

Finalmente, una MCS debe tener inclusión de las cuentas monetarias, como lo pueden ser los precios cuando se analiza el consumo. Existe información que no es posible representar o capturar en las matrices de contabilidad social, pero será necesaria para un mejor análisis. Información extra de relevancia, son cantidades y precios detrás de las transacciones de las MCS e indicadores socio-económicos relacionados a la MCS. Es importante que las MCS también tengan información relevante y que sea cercana al año de referencia de la matriz que se esté utilizando para el análisis. El año de referencia no debe ser muy reciente porque el procesamiento de cuentas lleva tiempo. Como regla debe ser menos de 10 años y de preferencia menos de 5 años (Keuning y Willem, 1998).

Sin embargo, aunque se tomen en cuenta los criterios antes mencionados, existen limitantes. Al crear una MCS se pueden encontrar dos tipos de problemas estadísticos.

El primer problema es que existe una discrepancia entre los datos que provienen de diferentes fuentes de investigación. El segundo problema es que la creación de la MIP toma tiempo y viene con costos de oportunidad. Los investigadores podrían estar usando su tiempo para dar respuesta a preguntas para las cuales tienen una mayor facilidad de búsqueda de datos y un mayor valor agregado.

Las MCS son construidas a partir de una matriz insumo-producto. Por lo tanto, si se tiene una MCS antigua es posible actualizarla con la matriz insumo-producto más reciente. No obstante, al actualizar una matriz con información más reciente existe el riesgo de que se creen discrepancias y que la matriz no quede cuadrada después del proceso. Una MCS desbalanceada no se puede utilizar para generar un MEGA por lo que hay que ajustar la MCS para que la suma de filas sea igual a la suma de columnas.

No obstante, también existen limitaciones en los métodos utilizados para hacer las MCS cuadradas las cuales generan dos argumentos. El primero es que la solución de optimización satisface únicamente el principio de contabilidad en el que los ingresos deben de ser iguales a los egresos. El segundo es que el proceso de cuadrar la matriz simplemente divide las discrepancias estadísticas proporcionalmente en todas las celdas de la MCS, lo cual no resuelve por completo la limitación. Al ser así, el proceso es únicamente un ajuste matemático donde falta teoría económica.

También, el proceso para cuadrar las MCS puede estar sesgado ya que las matrices insumo-producto originales son construidas con la ayuda de métodos de ajuste. El método propuesto por Hosoe et al. (2010) solo añade un ajuste más a las matrices insumo-producto las cuales de origen son construidas bajos métodos similares. Por lo que, el ajuste no siempre es beneficioso y es mejor opción hacer un análisis para examinar el vigor de los parámetros del modelo (Hosoe et al., 2010).

Evidentemente la construcción de una MCS es un proceso complejo y no exento de limitaciones, pero sus usos tienen amplios beneficios para el análisis. Las MCS permiten crear MEGA y análisis por multiplicadores generalizados, los cuales tienen un gran valor para la sociedad. Con modelos como el MEGA, los políticos tienen acceso a mejor

información para la toma de decisiones y desarrollo de políticas públicas. También es posible modelar la interrelación entre los diferentes agentes económicos y tomar decisiones acertadas con datos que muestran el funcionamiento circular de la economía.

### **3.2. Modelo de equilibrio general aplicado. Funciones, ventajas y limitaciones**

El funcionamiento circular de la economía se refiere al flujo que generan los consumidores por medio de transacciones. Es decir, al hacer transacciones los individuos están pagando por un producto o servicio, que a su vez genera ingresos para la empresa. Con estos ingresos, la empresa consume de otras empresas y paga un salario a los empleados. Posteriormente, los empleados consumen y el ingreso es transferido a otras empresas, que a su vez pagan a otros empleados y al gobierno.

El conjunto de transferencias entre los actores continúa indefinidamente; lo que permite identificar el flujo circular de la economía. El economista francés François Quesnay se da cuenta de la interdependencia entre los actores económicos y la plantea en el *Tableau économique* (1758). En esta tabla, Quesnay (1797), demuestra el flujo de la producción anual entre tres clases sociales: la clase productiva, la clase distributiva y la clase estéril. En su interpretación, la clase estéril representa el sector secundario y terciario (Selva, 2019b).

Sin embargo, la persona que formalizó matemáticamente la interrelación fue León Walras. En su formulación matemática tomó en cuenta a los precios de los bienes finales, los precios de los factores, la cantidad demandada y ofertada de los bienes como incógnitas del modelo. En consecuencia el modelo no incluye la producción, más bien, incluye el proceso de intercambio de bienes considerando como fijos los factores productivos (Sánchez, 2005). Lamentablemente, éste modelo no fue considerado por sus amplias limitaciones.

No fue hasta cuando Arrow y Debreu (1954), comprueban la existencia de una so-

lución de equilibrio general y crean el modelo Arrow-Debreu; en el cual existen consumidores maximizadores de utilidad y productores maximizadores de beneficios. Este modelo seguía teniendo críticas pues se cuestionaba la existencia de un equilibrio y la estabilidad del modelo. Para tratar las críticas, Vilfredo Pareto quien era seguidor de Walras, desarrolla la teoría de Walras y establece el óptimo de Pareto en su obra *Curso de economía política* (1897). El óptimo de Pareto es un punto de equilibrio en donde no se le puede dar más a un individuo sin afectar el sistema económico, es decir, no es posible favorecer a un individuo sin afectar a otro.

Gracias a la aclaración de una existencia de equilibrio, los economistas fueron capaces de empezar a darle una aplicación a los MEGA. La primera aplicación del MEGA fue desarrollada por [Johansen \(1974\)](#) en la economía noruega. Ésta se orientó a la resolución de impuestos óptimos y políticas de comercio exterior para países desarrollados. La comprobación matemática del modelo la hizo [Scarf \(1967\)](#), usando la informática. Al principio, la aplicación de los MEGA era principalmente a países desarrollados y no fue aplicada a países en desarrollo hasta la década de 1970, donde se centraron en la distribución del ingreso. El primer país en desarrollo al que se le aplica un MEGA es Corea ([Taylor y Adelman, 1996](#)).

La evolución de los MEGA, permite separar tres tipos de modelos que se caracterizan por la metodología empleada. Los modelos de primera generación se basan en el modelo de [Arrow y Debreu \(1954\)](#) y aplican el supuesto de competencia perfecta en los mercados. Posteriormente, los modelos de segunda generación se basan en las aportaciones de [Harris \(1984\)](#), quien admite los rendimientos decrecientes y la competencia imperfecta. Finalmente, los modelos de tercera generación incluyen cambios en el stock de capital, que permiten incorporar crecimiento al modelo ([Sánchez, 2005](#)).

Hoy en día, los modelos de equilibrio general se aplican para analizar los efectos de cambios en la política económica. Por ejemplo, se puede analizar los efectos de la imposición de una tarifa o cuota sobre bienes importados, cambios en la cantidad de trabajo, o bien consecuencias de un incremento en la oferta de bienes importados. Así, el

principal objetivo del análisis de Equilibrio General Aplicado (EGA) es estudiar efectos que distintas alteraciones pueden tener sobre las variables de interés para la economía (Núñez, 2012).

Los MEGA son un conjunto de ecuaciones basadas en una serie de datos contenidos en una MCS. La MCS debe comprender los datos necesarios para la creación del modelo. Estos datos son utilizados para obtener los parámetros y las variables exógenas del modelo por el método de calibración (Hosoe et al., 2010).

En los modelos de equilibrio general se considera al tipo de consumidores que son maximizadores de utilidad y que están sujetos a una restricción presupuestaria. A partir de esta suposición se establece la conducta del consumidor típico y se determinan las curvas de demanda para los distintos bienes. Posteriormente, se agregan las demandas individuales para obtener la demanda agregada del mercado. Es importante que la demanda cumpla con la homogeneidad de grado cero, lo cual sugiere que nos importan los precios relativos y no los precios absolutos. En consecuencia, la función de demanda también deberá ser dependiente de los precios.

Después, se determinan las ofertas individuales de las empresas que, de igual manera, son maximizadoras de beneficios sujetos a restricciones. Siguiendo el supuesto de que la oferta es igual a la demanda, es posible investigar si existen diferentes precios para cada bien, dependiendo del mercado. Ésto determina un vector de precios que vacía los mercados; una condición necesaria de los MEGA. Si los mercados se vacían, se puede establecer que cada uno de los agentes obtuvo la cantidad demandada y ofertada obteniendo la máxima satisfacción. Por ende, esta asignación de bienes óptima causará un equilibrio que trae consigo condiciones para simular y analizar los efectos de las diferentes políticas aplicadas a la economía (Cardenete, 2009).

Según Gómez (2002), la aproximación a la realidad del modelo va a depender de la cantidad de datos que éste incluya. Por lo tanto, información concreta va a generar un modelo específico. Éstos datos son tomados de la construcción de una MCS la cual muestra el flujo del dinero en un modelo de la economía circular. Los datos de la

MCS provienen de cuentas nacionales y con éstos se obtienen elasticidades de factores determinantes del modelo, flujos comerciales, índices de concentración y otros datos necesarios para la resolución del equilibrio.

Sin embargo, la información particular debe de ser acompañada por la calibración de parámetros. Los parámetros del modelo no pueden ser arbitrarios, sino que deben de pertenecer a la economía real (Núñez, 2012), y con ese fin, se hace la calibración. En los MEGA, el proceso de calibración radica en obtener los parámetros de las debidas ecuaciones. Un ejemplo es el parámetro  $\alpha_i$  de las funciones de utilidad de los consumidores<sup>3</sup>. El método consiste en observar las funciones de demanda de bienes de los hogares e insertar los valores ya existentes de la MCS. Posteriormente se despejan los valores y obtenemos los parámetros ya calibrados para el modelo.

Una vez que el modelo está debidamente establecido y es capaz de replicar el equilibrio inicial, se modifica alguna de las variables que tengan relación con la política pública a ser evaluada. Ésto arroja una segunda solución de equilibrio que contiene los cambios provocados por la nueva política. Se debe comprobar la sensibilidad de los resultados ante variables externas para poder determinar que el modelo es confiable. Luego, se comparan con las observaciones iniciales de la distribución de los recursos y su impacto sobre factores productivos, empleo, los precios y las variables que se desean analizar en el modelo (Sánchez, 2005).

Como es claro deducir, el MEGA es de gran utilidad por su capacidad de responder a necesidades de una forma más amplia en comparación de otros modelos. Las primeras aplicaciones del modelo fueron precisas y demostraron las ventajas y áreas de oportunidad de los modelos de equilibrio aplicado. Sin embargo, conforme se fue aplicando a más situaciones los investigadores se percataron que los resultados no siempre eran los esperados y concluyeron que el modelo tenía ventajas y limitaciones.

Una de las principales ventajas del modelo es que tiene una fundamentación de microeconomía sólida. El modelo especifica el comportamiento de todos los agentes

---

<sup>3</sup>Véase ecuación 4 en la sección 6

económicos usando principios aceptados de la optimización y la elección. El MEGA integra el comportamiento de estos agentes de manera sistemática y hace la estructura más clara, lo cual es importante por la complejidad de este tipo de modelos. A su vez, la fundamentación teórica del modelo permite que los analistas rastreen los resultados simulados y así puedan decidir qué factores son cruciales en las explicaciones del resultado y, al mismo tiempo, determinar la validez de éste.

Otra de las fortalezas del modelo está conectada a la fundamentación teórica coherente, la cual permite la simulación de complejas interrelaciones. La simulación permite tomar todos los componentes del problema en cuestión y clarifica el impacto de diferentes factores. Esto permite integrar en una estructura una serie de efectos que no se podrían agrupar de forma coherente de manera informal, haciendo los MEGA muy útiles para las amplias políticas económicas pues generan retroalimentación de importancia para el resultado (Borges, 1986).

Además, la naturaleza de los MEGA, permite resolver problemas no lineales y, por ende, es viable generar estructuras de costos no lineales. También es viable incluir a diversos mercados como lo son el mercado laboral, capital, insumos, bienes finales, entre otros. Por último, ayudan a recrear mercados de competencia imperfecta lo cual es importante para modelar la economía y entender su funcionamiento ya que frecuentemente el modelo de competencia perfecta no ofrece una aproximación adecuada a la realidad..

No obstante, el MEGA ha tenido algunas limitaciones que, si bien se han ido corrigiendo, no se han podido resolver por completo. La principal limitación es que para tener un modelo preciso se necesita mucha información y de calidad estadística, lo cual vuelve al modelo dependiente del acceso a los datos. Otra de las limitaciones es que los MEGA no incluyen ciertos factores de la economía que son importantes en la determinación del comportamiento de las personas. Por ejemplo, existe una ausencia del comportamiento de la inversión, la cual es determinante del ahorro. Por último, los MEGA tampoco incorporan al sector financiero, el cual es un intermediario importante en el flujo de la economía (Sánchez, 2005).

A pesar de las diversas limitaciones, los MEGA son de gran apoyo para esta tesis pues el objetivo es analizar cómo cambios en la tecnología pueden afectar a una economía o país pequeño. Un país pequeño se define como aquel que se ve afectado por cambios en las decisiones económicas de otro país y, viceversa, sus cambios internos que sus cambios internos no afectan al exterior. Este trabajo el modelo busca replicar una economía como la de Estado de Puebla. En ese sentido, se especifican los principales sectores productores, los salarios, consumos y el apoyo del gobierno a los hogares por medio de transferencias. En esta economía habrá tres principales industrias las cuales serán base para análisis: la industria alimentaria, la automotriz y los servicios inmobiliarios de vivienda.

Los Modelos de Equilibrio General Aplicado, se vinculan a la tesis porque permiten ver la interrelación entre todos los agentes de la economía. Como resultado de la aplicación de un modelo que muestra la interrelación, es posible analizar cómo cada sector o individuo puede verse afectado por cambios en la economía. Ejemplo de un cambio en la economía es una disminución en el empleo, que puede traer diversas alteraciones y afectar, directa e indirectamente a la economía por posibles efectos secundarios. Es decir, una reducción en el empleo reduce la capacidad productiva de las empresas. A su vez, ésta causa una contracción en el consumo pues hay menos personas con un ingreso estable que puedan adquirir bienes. Por otro lado, se reduce el ingreso del gobierno porque disminuye la recolección del impuesto sobre la renta, y en caso de tener programas que ayudan a los desempleados, también aumenta el gasto de gobierno.

## 4. Metodología

### 4.1. Construcción de la Matriz de Contabilidad Social (MCS)

#### 4.1.1. Matriz de contabilidad social

En esta sección se plantea el esquema conceptual bajo el que se construyó la MCS para una economía que simula la del Estado de Puebla, México, basada en información del Estado de Puebla para el año 2020. La información que se utiliza procede mayormente de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) proporcionada por el INEGI (2020a) para el año 2020. También, se utiliza la matriz insumo-producto para el 2020 publicada por INEGI (2020d), base de información fundamental para la construcción de la MCS. Para el cálculo de transferencias a los hogares, impuestos sobre la renta, gasto privado y público en los sectores considerados, se utilizan fuentes de información externas ya que las fuentes de INEGI no proporcionan ciertos datos que fueron necesarios para la creación de la matriz.

Para continuar con el esquema, se establecen las cuentas en filas y columnas. Las filas contienen los ingresos y las columnas contienen los egresos. En la MCS se muestran la interacción entre los hogares de ingresos bajos, medios y altos con el gobierno, la industria automotriz, alimentaria y la de bienes inmuebles y vivienda. La matriz es cuadrada, es decir, los totales por fila van a ser iguales a los totales de su respectiva columna para permitir que la economía este siempre balanceada. A partir de la descripción anterior, el esquema que se va a utilizar para el MEGA esta presentado en el Cuadro 3.

Antes de dar inicio a la explicación del Cuadro 3, cabe mencionar que en el Cuadro 2 es posible observar que las tres industrias que se seleccionaron para el análisis son significativas para el estado. Si observamos el porcentaje que representa la producción de estas empresas en el PIB es posible notar cómo son de las actividades económicas que tienen una mayor aportación al total de lo que se produce en la economía. Tan solo la industria automotriz aporta el 25 %, seguido de la industria de servicios inmobiliarios

y de vivienda que representa el 14 % y por último la industria alimentaria con un 10.7 % de participación (Gobierno, 2016).

Cuadro 2: Producción de las industrias en miles de millones de pesos

	Producción	Porcentaje del PIB que representa
Industria automotriz	132,615	25
Servicios inmobiliarios y vivienda	114,049	14
Industria alimentaria	56,759	10.7

Creación propia con datos de (INEGI, 2020a) y (TLW, 2021).

Respecto a la información contenida en el Cuadro 3, la primera cuenta, la de los hogares se dividen en tres diferentes grupos, dependiendo del nivel de ingresos. Los hogares de ingreso bajo (hogar 1) los de ingreso medio (hogar 2) y los de ingreso alto (hogar 3). Los hogares obtienen sus ingresos del salario del trabajo y de transferencias gubernamentales. Por el lado de los gastos, los hogares pagan impuestos únicamente de su salario el cual se denomina Impuesto sobre la Renta (ISR) y el resto de su ingreso lo utilizan para el consumo de bienes producidos por los sectores.

La segunda cuenta es la del gobierno, que colecta impuestos de los hogares para obtener ingresos y a su vez otorga transferencias y tiene consumo público como parte del gasto. Las actividades productivas no pagan impuestos porque se asume que los hogares son los dueños de las actividades productivas, y los hogares ya están pagando impuestos sobre la renta. Es decir, los hogares ya pagan impuestos sobre los ingresos de sus propias empresas. Por ende, los gastos de gobierno están compuestos por las transferencias a los hogares y el consumo de gobierno.

La siguiente cuenta de la MCS es la de trabajo, y es es el único factor productivo de la economía. Únicamente se toma en cuenta el trabajo como factor productivo ya que es un modelo de corto plazo en el cual todo los demás factores están fijos. También, la

tesis busca capturar el efecto de cambios en la tecnología sobre el empleo, por lo que es importante sólo tomar en cuenta el trabajo y no otros factores productivos que podrían influenciar la cantidad producida de una economía.

Las tres cuentas siguientes en el Cuadro 3, pertenecen a las actividades mencionadas, es decir, industria automotriz representada por el sector 1, industria alimentaria representada por el sector 2 y el sector de bienes inmuebles y vivienda representada por el sector 3. Las actividades distribuyen sus ingresos de dos maneras: primero pagan un salario a los trabajadores, que se decreta como pago a factores y por otra parte dedican el resto de sus ingresos al consumo intermedio para la producción de bienes y servicios. Como se mencionó anteriormente, las actividades productivas no pagan impuestos, éstos ya son recolectados por medio del ISR pues se asume que los hogares son los dueños de las empresas.

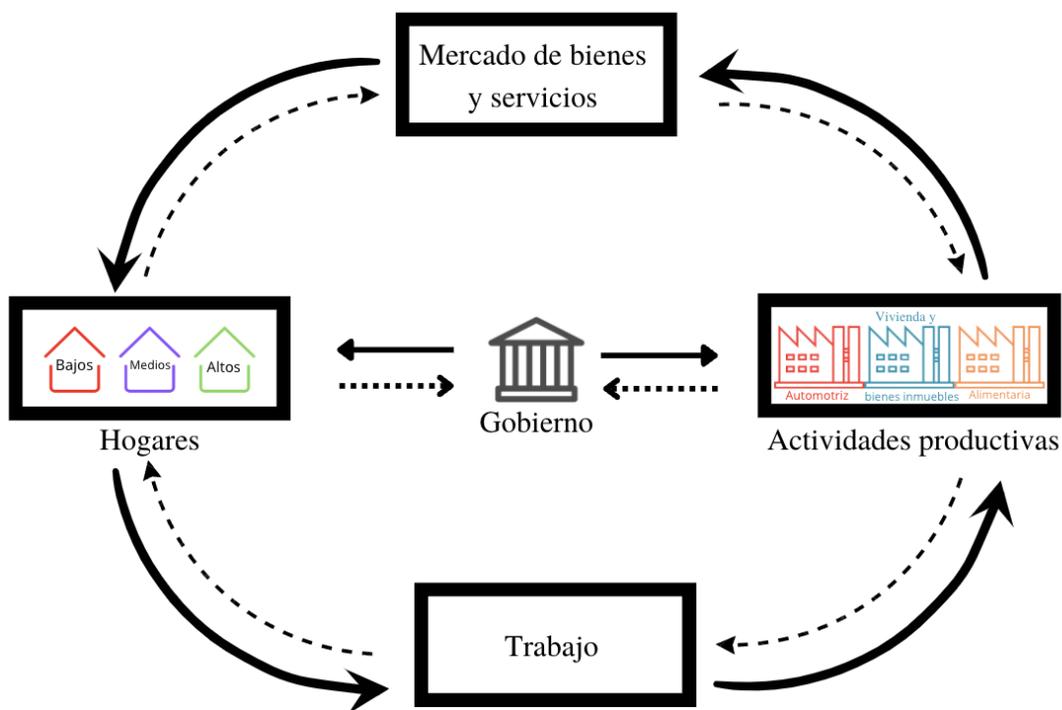
Cuadro 3: Esquema de matriz de contabilidad social para el MEGA creado

	Hogar 1	Hogar 2	Hogar 3	Gobierno	Trabajo	Sector 1	Sector 2	Sector 3
Hogar 1				Transferencias	Pago a Hogares 1			
Hogar 2				Transferencias	Pago a Hogares 2			
Hogar 3				Transferencias	Pago a Hogares 3			
Gobierno	Impuestos a hogares 1	Impuestos a hogares 2	Impuestos a hogares 3					
Trabajo						Pago a factores	Pago a factores	Pago a factores
Sector 1	Consumo privado sector 1	Consumo privado sector 2	Consumo privado sector 3	Consumo del gobierno		Consumo intermedio	Consumo intermedio	Consumo intermedio
Sector 2	Consumo privado sector 2	Consumo privado sector 3	Consumo privado sector 4	Consumo del gobierno		Consumo intermedio	Consumo intermedio	Consumo intermedio
Sector 3	Consumo privado sector 3	Consumo privado sector 4	Consumo privado sector 5	Consumo del gobierno		Consumo intermedio	Consumo intermedio	Consumo intermedio

Fuente: Elaboración propia con base en Nuñez (2012)

#### 4.1.2. Matriz de Contabilidad Social, flujo circular de la economía y equilibrio

El esqueleto de la MCS representa el flujo circular de la economía o bien las interrelaciones entre los agentes económicos, se puede apreciar en la Figura 1. En la imagen, las líneas continuas simbolizan unidades de bienes y servicios que se intercambian en la economía, mientras que las líneas punteadas representan el flujo monetario entre los actores de la economía.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1: Flujo circular de la economía

En la representación del flujo circular de la economía, los hogares son dueños del trabajo y reciben una renta a cambio que es el salario. Mientras que las empresas reciben un ingreso de la producción de bienes y servicios que utiliza el factor productivo. Con este ingreso las empresas pagan salarios y el flujo circular se inicia de nuevo.

Posteriormente está el gobierno, que recauda ingresos del ISR que cobra a los hogares presentado en el Cuadro 3 como impuestos a hogares. El gobierno usa sus ingresos para pagar transferencias a los hogares y es considerado como un subsidio por parte del gobierno a los hogares. También, consume de los sectores 1, 2 y 3 para poder desarrollar sus actividades.

Es importante notar que la economía representada en la MCS siempre está en equilibrio, todos los factores productivos se emplean para la producción de bienes y servicios. Esto será una suposición primordial a la hora de llevar a cabo el análisis, ya que se necesita un equilibrio inicial para observar los efectos de un choque a la economía. Asumiendo que todo los factores se utilizan podemos decir que la economía se encuentra en pleno empleo de las posibilidades de producción y no existe ninguna pérdida de eficiencia social.

## 5. Construcción de la MCS

Utilizando el esquema presentado en el Cuadro 3 se elaboró una Matriz de Contabilidad Social para el Estado de Puebla que representa una economía a corto plazo, es decir, el único factor de producción ajustable es el trabajo. Las cifras son del año 2020 y están en miles de pesos a precios constantes del 2020, tal como los reporta la MIP del INEGI (2020d). A continuación, se detalla el proceso de creación de la MCS y el producto final utilizado en la investigación se puede apreciar en el Cuadro 4.

Se hicieron supuestos fundamentales para la creación de la matriz los cuales se detallan a continuación. Se asume una economía compuesta únicamente por tres sectores productivos (automotriz, alimentario y de vivienda), el único factor de producción es el trabajo y no se incluye al capital por ser un modelo de corto plazo en el cual se asume la dotación de capital fija; por ultimo, todo lo que ingresa a la economía se gasta. Lo anterior implica que no hay ahorro ni inversión y siempre hay una situación de competencia perfecta.

Cuadro 4: Matriz de Contabilidad Social para una economía con datos a miles de pesos corrientes

	Hogares ingreso bajo	Hogares ingreso medio	Hogares ingreso alto	Gobierno	Trabajo	Industria automotriz	Servicios inmobiliarios y vivienda	Industria alimentaria
Hogares ingreso bajo				428,908	6,379,156			
Hogares ingreso medio				684,782	19,163,966			
Hogares ingreso alto				335,884	55,644,811			
Gobierno	1,415,273	8,106,962	9,270,886			42,786,041	32,799,925	5,601,967
Trabajo								
Industria automotriz	1,314,637	6,765,446	33,817,938	4,679,487		84,093,059	1,411,015	533,433
Industria alimentaria	3,055,583	1,852,148	6,039,834	1,366,199		210,644	4,445	44,230,374
Servicios inmobiliarios y vivienda	1,022,571	3,124,193	6,852,037	11,297,860		5,525,271	79,833,528	6,393,452

Fuente: Creación propia con datos de (INEGI, 2020d), (INEGI, 2020a), (TLW, 2021) y (INEGI, 2020b).

Para determinar los tres tipos de hogares en grupos se tomó en cuenta la información proporcionada por el Banco Mundial. Según el Banco Mundial (2021) la clase baja tiene un ingreso de entre US\$5.50 y US\$13 dólares al día. Con el tipo de cambio de \$19.81 pesos por dólar una persona de clase baja tiene ingresos de entre \$108.9 y \$257 pesos diarios. Por consiguiente, un hogar de clase baja (hogar 1 en el Cuadro 3) tiene un ingreso mensual máximo de \$7,983.43 pesos. De la misma manera, la clase media (hogar 2) tiene un ingreso de entre US\$13 y US\$70 dólares al día. Es decir, al tipo de cambio de \$19.81 pesos por dólar un hogar de clase media tiene ingresos de entre \$258 y \$1,387 pesos diarios, lo cual representa un ingreso máximo de \$41,610 pesos mensuales. Por último, tenemos a los hogares de ingresos altos (hogar 3), que son aquellos con un ingreso mayor a \$41,610 pesos mensuales.

En el Cuadro 5 están los agregados obtenidos de la Encuesta Nacional de Ingresos y Egresos (2020a) que permiten la agrupación de los hogares en deciles. Dados los parámetros impuestos por el Banco Mundial, se agruparon los deciles I, II, III y IV en hogares de ingreso bajo. Posteriormente los deciles V, VI, VII, VIII y IX en hogares de ingreso medio y finalmente, el decil X para los hogares de ingreso alto.

Cuadro 5: Ingreso corriente mensual de los hogares sin transferencias para el Estado de Puebla (a precios constantes de 2020)

Deciles de hogares	Ingreso corriente promedio mensual
I	2,865.52
II	4,659.52
III	6,029.75
IV	7,452.80
V	8,897.74
VI	10,464.84
VII	12,635.67
VIII	15,522.56
IX	20,619.51
X	42,906.07

Datos de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares INEGI (2020a).

## 5.1. Hogares

Para la construcción de la MCS se comienza calculando los ingresos de los hogares, quienes se asume, son hogares principalmente familiares compuestos por un promedio de 4 integrantes. En el Cuadro 4 el agregado de ingresos de los hogares está conformado por el salario y las transferencias del gobierno. Por lo tanto, para obtener el ingreso del trabajo de los hogares de ingresos bajos se agrega el salario de los deciles I, II, III y IV y se obtiene el ingreso promedio por hogar dividiendo el agregado de ingreso entre la cantidad total de hogares en cada decil. Con lo anterior es posible notar que el ingreso promedio anual de los hogares de ingresos bajos es de \$6,379,156 miles de pesos y agrupando los deciles V, VI, VII, VIII y IX se obtiene el de los hogares de ingresos medios el cuales de \$19,163,966 miles de pesos. Finalmente, para calcular el ingreso promedio de los hogares de ingresos altos únicamente se multiplica el ingreso mensual por doce para obtener el ingreso anual. Con lo anterior se estima que el ingreso promedio anual de los hogares de ingresos altos es de \$55,644,811 miles de pesos. Los ingresos mensuales de los hogares están resumidos en el Cuadro 6.

Cuadro 6: Ingreso promedio anual de los distintos grupos de hogares

Hogares ingreso	Ingreso promedio anual (miles de pesos)
Bajo	6 379 156
Medio	19 163 966
Alto	55 644 811

Datos para Puebla de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares INEGI (2020a).

Para transferencias gubernamentales no se utiliza la información proporcionada por la ENIGH (2020a) ya que la sección de transferencias a los hogares engloba todo tipo de transferencias como lo pueden ser becas y no necesariamente dinero que se les entregue directamente a los individuos. El cálculo de las transferencias se hace con información de la nota publicada por el Centro de Investigación en Política Pública (2019b), la cual

utilizando datos del INEGI (2018), deriva el porcentaje de transferencias del gobierno a los hogares. La nota reporta que las transferencias gubernamentales representan el 6.3 % de los ingresos corrientes de los hogares de ingresos bajos y el 0.6 % de los hogares de ingresos altos (Selva, 2019a). Para obtener las transferencias a los hogares de ingresos medios se hace el promedio de los porcentajes reportados para los hogares de ingresos bajos y los hogares de ingresos altos. Como consecuencia, se estima que las transferencias representan un 3.45 % de los ingresos corrientes de los hogares de ingresos medios. Estos porcentajes permiten calcular el monto de las transferencias gubernamentales por medio de una multiplicación del porcentaje de transferencias por el ingreso de los hogares correspondientes.

Dado que ya se calculó el ingreso laboral de los hogares y el porcentaje que representan las transferencias del ingreso corriente de los hogares, es posible aplicar la ecuación (2) para obtener el ingreso total de los hogares:

$$It_h = (It_h * P_h) + IL_h \quad (2)$$

Donde:

$h$  representa a un grupo de hogares.

$It_h$  representa el ingreso total del hogar  $h$ .

$P_h$  es la proporción del ingreso corriente de los hogares que representan las transferencias

$IL_h$  es el ingreso laboral del hogar  $h$ .

En la ecuación 2 los términos dentro de los paréntesis representan las transferencias a los hogares y agregando el ingreso laboral obtenemos el ingreso total de los hogares. Para calcular el ingreso total, se despeja  $It_h$  de la ecuación 2 y queda de la siguiente manera:

$$It_h = \frac{IL_h}{1 - P_h} \quad (3)$$

Con el método mencionado es posible decretar que los ingresos totales de los hogares de ingresos bajos es \$6,808,064 miles de pesos; el de los hogares de ingresos medios \$19,848,748 miles de pesos y el de los hogares de ingresos altos \$55,980,695 miles de pesos. Usando la información de ingresos totales, también se obtienen las transferencias del gobierno a hogares multiplicando cada porcentaje de transferencias por los ingresos totales de los hogares previamente obtenidos.

Posteriormente, se obtienen los gastos privados de los hogares (columna de gasto). Al obtener los ingresos totales de los hogares también se obtuvo el gasto total de los hogares. Esto es posible gracias al supuesto de una matriz simétrica, lo que provoca el ingreso de los hogares sea igual a su gasto. En el Cuadro 3 es posible notar que el gasto de los hogares está compuesto por consumo privado y pago de impuestos al gobierno.

Los hogares gastan distintas cantidades dependiendo de la industria en la que se está realizando el consumo. Por ende, para obtener el gasto de los hogares en los sectores se calcula el porcentaje de gasto utilizando datos de la (INEGI, 2020a). Los porcentajes obtenidos son reestructurados para que representen el 100 % del gasto en la economía ya que se asume que todos los ingresos se destinan a los tres sectores tomando en cuenta para el estudio. Lo anterior permite cumplir con la economía circular que se presenta en el Cuadro 1. Los resultados de proporción del gasto de los hogares se presentan en la siguiente tabla.

Los impuestos que pagan los hogares al gobierno son los Impuestos Sobre la Renta (ISR). Para el cálculo de los impuestos pagados se utilizó la página de la Secretaría de Administración Tributaria (SAT), en donde se presentan las tarifas aplicables para el cálculo de pagos provisionales mensuales (SAT, 2018). Para el cálculo se dividió el ingreso de los hogares entre el número de hogares en cada grupo de hogares, lo cual permite obtener el ingreso promedio de un solo hogar. Posteriormente se clasificó el

Cuadro 7: Porcentaje de proporción del gasto de los hogares que destinan al consumo privado

	Hogares ingresos bajos	Hogares ingresos medios	Hogares ingresos altos
Industria automotriz	19.3	34.1	60.4
Industria alimentaria	44.8	9.3	10.8
Servicios inmobiliarios y vivienda	15.2	15.7	12.2

Porcentajes obtenidos con cifras de (INEGI, 2020d), (INEGI, 2020a) y (INEGI, 2020b)

ingreso en los límites inferiores y superiores que proporciona el SAT en cada fila. Ya teniendo la fila identificada para el nivel de ingreso que se busca, resto el límite inferior al ingreso total y se obtiene un residual llamado base. Después se multiplica la base por la tasa impositiva correspondiente al renglón en el cual se identifica el ingreso. Finalmente, al resultado obtenido, se agrega con la cuota fija proporcionada por el SAT y de esa manera se obtiene el total a pagar de ISR por cada hogar. Para obtenerlo de manera agregada, se multiplica la cifra obtenida por el total de hogares en cada grupo y así se obtiene el pago de impuestos para un grupo de hogares. Agregando el pago de ISR de todos los hogares vemos que los hogares aportan \$18,793,120 miles de pesos al ingreso del gobierno.

## 5.2. Gobierno

La recaudación de impuestos del gobierno es estrictamente por parte de los hogares<sup>4</sup>. Los hogares pagan \$18,793,120 miles de pesos anuales por concepto de impuestos sobre la renta. Para esta sección se asume que el ingreso del gobierno proviene únicamente del ISR por lo tanto, es posible decir que el ingreso total del gobierno es de \$18,793,121

<sup>4</sup>En el modelo los hogares son los dueños de las empresas productivas por lo que para evitar un doble conteo de impuestos únicamente graban los hogares.

miles de pesos.

Además, el gobierno gasta sus ingresos obtenidos en transferencias y en consumo público. Los valores del gasto de gobierno a nivel estatal no se muestran de manera desagregada que permita aproximar el gasto en las industrias analizadas. Es decir, el reporte de gasto de gobierno no especifica el valor del gasto público en los tres sectores que se toman en cuenta en el estudio. La forma de resolverlo fue obteniendo los egresos brutos a Nivel Nacional de los Gobiernos Estatales para los años 2019-2020 que proporciona el [INEGI \(2020a\)](#).

En los egresos brutos se puede observar el total de egresos y cómo es que éstos se desagregan. Para completar la columna de gasto del gobierno se agregan los gastos de los sectores y se obtiene que el porcentaje de gasto en cada industria, el cual es presentado en el Cuadro 8. Es así como se obtiene que el gobierno gasta un 60.12 % de sus ingresos en servicios inmobiliarios y vivienda; 24.91 % en la industria automotriz y un 14.97 % en la industria alimentaria. Para obtener las cifras nuevamente se realiza una multiplicación de los porcentajes obtenidos por el ingreso del gobierno previamente derivado y se obtiene que el gobierno tiene un gasto en consumo público de \$17,343,547 miles de pesos.

Cuadro 8: Gasto público en miles de millones de pesos

	Gasto público	Porcentaje que representa
Industria automotriz	4,679.48	24.91
Industria alimentaria	1,366.19	14.97
Servicios inmobiliarios y vivienda	11,297.86	60.12

Creación propia con datos de [\(INEGI, 2020a\)](#).

El gobierno paga transferencias a los hogares las cuales fueron calculadas por medio de porcentajes proporcionados por una fuente de información externa al INEGI; ya que el valor de transferencias reportado en los datos el ENIGH [\(2020a\)](#) incluye transferencias

en general y no únicamente las públicas. Para considerar únicamente las transferencias a los hogares el cálculo se hace usando nuevamente la nota de el Centro de Investigación en Política Pública (Selva, 2019b), en la cual estima el porcentaje de transferencias públicas a los hogares. Por tanto, el agregado de transferencias del gobierno a los hogares es de \$1,449,574 miles de pesos.

Añadiendo las transferencias y el gasto público se obtiene que el gasto total del gobierno es de \$18,793,121 miles de pesos. Como es posible notar, se sigue cumpliendo el supuesto de una matriz cuadrada en dónde los ingresos son iguales a los egresos.

### **5.3. Actividades productivas**

En seguida, se obtuvieron los ingresos de las actividades productivas. Las actividades productivas se dedican a la producción de bienes y servicios para la economía. La producción genera un valor monetario el cual es representado en la economía por el Producto Interno Bruto (PIB). Por consiguiente, el ingreso total de las actividades se calculó utilizando el PIB estatal por actividad económica para el Estado de Puebla a precios constantes del 2020.

Los valores de la industria alimentaria y de los servicios inmobiliarios y de vivienda se obtienen usando la información proporcionada por el INEGI (2020a). Para obtener los ingresos de estas actividades se obtiene el porcentaje del PIB que representan en la economía. Después se multiplica el porcentaje obtenido por el PIB estatal del año 2019 y se obtienen los ingresos de las actividades productivas. Se utilizan los valores para el año 2019 y no los del 2020 ya que los valores del 2020 son reportados como cifras preliminares, es decir, todavía no son revisados y esto podría causar que las proporciones estén sesgadas. De esa manera, se obtiene que el ingreso total de la industria alimentaria es \$56,759,226 miles de pesos y el de los servicios inmobiliarios y vivienda \$114,048,912 miles de pesos los cuales son reportados en el Cuadro 2.

Por otra parte, el INEGI (2020a) no reporta un desagregado que incluya únicamente

la industria automotriz como parte del sector manufacturero. Sin embargo, un análisis reporta que el sector automotriz en el Estado de Puebla contribuye 25 % del PIB estatal (TLW, 2021). De igual manera, se multiplica el porcentaje obtenido por el PIB estatal de 2019 y se obtienen los ingresos totales de la industria automotriz. Es así como en la matriz la industria automotriz tiene ingresos totales de \$132,615,015 miles de pesos.

Las actividades productivas obtienen ingresos de tres principales fuentes: hogares, gobierno y por último de las actividades mismas. Esto es el consumo intermedio que permite a las actividades productivas emplear los bienes y servicios de otras actividades para la producción de un bien.

La información de consumo intermedio se obtiene de la MIP que proporciona el INEGI (2020d). De los desagregados que proporciona, se agrupan los sectores de interés para así obtener el consumo intermedio de las tres actividades productivas. Posteriormente, se calcula el agregado de consumo intermedio y se obtienen los porcentajes del gasto en cada una de las actividades. Por ende, se obtiene el porcentaje de los ingresos de las actividades que se destinan para el consumo de bienes producidos por una tercer industria. De esa manera, se obtiene el consumo intermedio mostrado en el Cuadro 9 en donde se elige una industria en la fila y otra en la columna y se sigue el trazo para saber el consumo intermedio entre esas dos industrias.

Cuadro 9: Consumo intermedio en miles de millones de pesos

	Industria automotriz	Industria alimentaria	Servicios inmobiliarios y vivienda
Industria automotriz	84,093.1	533.4	1,411.0
Industria alimentaria	210.6	44,230.4	4.4
Servicios inmobiliarios y vivienda	5,525.3	6,393.5	79,833.5

Creación propia con datos de (INEGI, 2020d).

El ingreso es destinado a consumo intermedio y pago a factores. El pago a factores es el salario que pagan los productores a sus trabajadores. Para obtenerlo se utiliza la

información de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (2020b) en donde publican el salario promedio mensual por ocupación del Estado de Puebla.

En la matriz se establecen los salarios ponderados de cada actividad ya que es importante tomar en cuenta la fuerza laboral en cada actividad. Es decir, se consideran los salarios en cada industria tomando en cuenta la cantidad de trabajadores en cada una. Para hacer esto se multiplica el salario de cada ocupación por el número de trabajadores en esa ocupación. Posteriormente se agregan los resultados obtenidos y se suma la cantidad de trabajadores en la actividad productiva de interés. Después, se divide el agregado salarial entre la suma de fuerza laboral y se obtiene el salario ponderado por hogar mensual. Con estos valores es posible obtener el porcentaje que representan los salarios de cada actividad en el total de salarios. Estos porcentajes se utilizan junto con el total de renta de los factores obtenido previamente para obtener cuanto pagan las actividades a sus factores productivos.

#### **5.4. Balance de la Matriz de Contabilidad Social para el año 2020**

El Cuadro 4 presenta la matriz obtenida a partir de los cálculos sobre los datos del INEGI (2020a) y de las diversas fuentes. La metodología empleada en la construcción de la MCS posibilita obtener una matriz consistente y cuadrada, por lo que no se recurre a métodos de balance que son utilizados normalmente para obtener matrices cuadradas. Es decir, al obtener la matriz los totales de filas y columnas se igualan y no son necesarios los métodos de balance que se mencionan en el marco teórico. Es importante mencionar que los números absolutos no eran el principal interés, más bien se enfoca en la proporción entre ellos para poder destacar de manera adecuada las interrelaciones entre los agentes económicos.

## 6. Modelo de Equilibrio General Aplicado

El propósito del MEGA es establecer la conducta de individuos, productores y el gobierno; para poder obtener sus funciones de ingresos, consumo y producción. Una vez que se obtuvieron las funciones, se pueden calcular las 46 variables<sup>5</sup> y los 36 parámetros que determinan el modelo. Para la investigación, se establecen los parámetros de utilización del trabajo y el impacto tecnológico como exógenos; mientras que todas las demás variables son endógenas y se ajustan ante choques al modelo. En las siguientes secciones se detalla el procedimiento de construcción del MEGA.

### 6.1. Problema del consumidor

Se asume una economía con industrias denominados  $i$  para las cuales existe un mercado para cada bien producido, en donde tienen un precio establecido. Estas industrias son: la industria automotriz, alimentaria, y de servicios inmobiliarios y de vivienda. En este caso, al tomar en cuenta a tres distintas industrias, el precio de cada una es un promedio de los precios en conjunto dentro de la industria.

Para implementar el modelo se asume una economía con competencia perfecta en la cual los hogares buscan maximizar su utilidad tomando los precios como dados. El modelo está elaborado de forma que los precios son endógenos y relativos. Al ser endógenos pueden cambiar ante choques externos a la economía. El que sean relativos implica que el precio de un bien es fijo igual a 1 y todos los demás precios van a ser relativos al que se fijó previamente<sup>6</sup>.

Para el MEGA, los consumidores están divididos por grupos de hogares de ingreso bajo, medio y alto. Como ya se mencionó en la sección (5.1), la clase baja se conforma por aquellos hogares que tienen un mensual máximo de \$7,983.43 pesos, la clase media un ingreso máximo de \$41,610 pesos mensuales, por tanto la clase alta se conforma de

---

<sup>5</sup>El resumen de las variables se puede apreciar en el Cuadro 10 que es presentado al final de la sección 6.

<sup>6</sup>Para el modelo establecido el precio de los factores es fijo igual a 1 y todos los demás precios van a variar relativos al del trabajo.

todos los individuos con un ingreso mayor al de la clase media (Banco-Mundial, 2021).

Para el modelo se asume que los hogares son consumidores que toman decisiones que maximizan su utilidad a lo largo de un año. Utilizando la función neoclásica Cobb - Douglas (C-D) se establece la función de utilidad de los hogares que está dada por:

$$U_h = X_h^\alpha Y_h^\beta Z_h^\gamma \quad (4)$$

En donde  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$  son las elasticidades de consumo con respecto a  $X$ ,  $Y$  y  $Z$ . Un supuesto esencial de la función Cobb - Douglas es que las elasticidades de consumo son fijas iguales a 1. Es decir, los hogares tienen preferencias de bienes establecidas y no son variables. En la investigación  $X$  se refiere a la industria automotriz,  $Y$  a la industria alimentaria y  $Z$  a los servicios inmobiliarios y de vivienda. De igual manera, cada hogar tiene una restricción presupuestaria que está dada por sus ingresos. Por consiguiente, la restricción presupuestaria de los hogares está dada por:

$$P_X X + P_Y Y + P_Z Z + T_h = It_h \quad (5)$$

Es decir, el ingreso de los hogares debe ser igual a su consumo pero siempre tomando en cuenta los precios y las cantidades consumidas. Con las funciones 4 y 5 es posible especificar el problema de maximización de la utilidad de los hogares sujeto a la restricción presupuestaria. Los hogares buscan maximizar su utilidad sujetos a los ingresos que obtienen del trabajo y de transferencias gubernamentales.

$$\max U_h = X_h^\alpha Y_h^\beta Z_h^\gamma$$

sujeta a:

$$P_X X_h + P_Y Y_h + P_Z Z_h + T_h = It_h;$$

$$P_X, P_Y, P_Z > 0$$

Para obtener las demandas de los bienes a partir de la maximización se usa el método del lagrangiano, comúnmente utilizado para encontrar máximos o mínimos de una

función sujeta a una restricción (Gallego, 2017). El resultado permite analizar cómo cambia una variable respecto a otra. Por lo tanto, haciendo uso del método lagrangiano se obtienen las demandas de las industrias representados por  $X_h$ ,  $Y_h$  y  $Z_h$  que maximizan la utilidad de los hogares <sup>7</sup>. Las demandas que maximizan son:

$$X_h = \frac{\alpha(It_h - T_h)}{P_X} \quad (6)$$

$$Y_h = \frac{\beta(It_h - T_h)}{P_Y} \quad (7)$$

$$Z_h = \frac{\gamma(It_h - T_h)}{P_Z} \quad (8)$$

Donde

$X$  es la industria automotriz.

$Y$  es la industria alimentaria.

$Z$  es la industria de servicios inmobiliarios y vivienda.

$h$  representa el tipo de hogar al que se hace referencia.  $T_h$  representan las transferencias

Con las funciones de demanda de bienes es posible sustituirlas en la función de utilidad <sup>4</sup> para obtener la utilidad indirecta. Con la utilidad indirecta se obtiene la máxima utilidad de los hogares dados los precios y los ingresos de la economía. Por tanto la utilidad indirecta queda de la siguiente manera:

$$V_h = \frac{\alpha^\alpha \beta^\beta \gamma^\gamma (It_h - T_h)}{P_x^\alpha P_y^\beta P_z^\gamma} \quad (9)$$

Sin embargo, los ingresos que obtienen los hogares provienen de los ingresos por trabajo y por las transferencias del gobierno a los hogares. Por lo que los ingresos disponibles de los hogares están definidos en el modelo por:

$$It_h = [\gamma_h * T * W] * (1 - \theta_h + (\sigma_h * T_h)) \quad (10)$$

---

<sup>7</sup>Para mayor información sobre el proceso de obtención de las demandas consulte el anexo A.

Donde

$It_h$  es el ingreso total del hogar h.

$\gamma_h$  es la participación del hogar h en el trabajo total de la economía.

$T$  es el trabajo total de la economía.

$W$  es el precio del trabajo.

$\theta_h$  es la tasa de impuesto sobre la renta hacia el hogar h.

$\sigma_h$  es la participación del hogar h en las transferencias del gobierno.

$T_h$  Son las transferencias totales del gobierno a los hogares.

En la ecuación 10 se obtiene el ingreso disponible de los hogares multiplicando la participación de cada hogar en el trabajo de la economía por el trabajo total y esto por el precio del trabajo que puede ser entendido como el salario. También, se hace la operación  $(1 - \theta_h)$  para obtener el ingreso neto de los hogares. Para obtener el ingreso neto se resta la tasa impositiva ( $\theta_h$ ) que pagan los hogares por concepto de ISR y se obtiene el ingreso real de los trabajadores ya libre de impuestos. El resultado de lo anterior se añade con la cantidad de transferencias públicas que reciben los hogares.

Entonces, con el ingreso disponible de los hogares es posible derivar su consumo. Se asume que los hogares no gastan todo su ingreso en un solo bien sino que se destina una proporción del ingreso a cada uno de los bienes y lo restante es para pago de ISR. De esa forma el consumo de los hogares depende de la parte del ingreso que se destina a ese bien y del precio unitario del bien deseado. Usando la ecuación 10 se puede sustituir en las ecuaciones 6, 7, 8 y se obtiene la demanda de bienes de los hogares.

## 6.2. Problema del productor

Para los MEGA, se busca siempre emplear una minimización de costos ya que, cuando se resuelve para maximización de beneficio, la solución requiere que los parámetros de la función de producción sean menores a 1. En caso de tener un valor mayor a 1 el

modelo es indefinido y no es posible encontrar una solución. En el MEGA, cada sector produce una cantidad de bienes los cuales denominamos  $Y_i$  y tienen funciones de producción Cobb-Douglas. Lo anterior implica que se tiene una elasticidad del producto al trabajo constante y va a representar la productividad marginal del trabajo sobre la producción  $Y_i$ . Por tanto, la función utilizada es la siguiente:

$$Y_i = A \sum_{i=1}^3 E_i^{\alpha_i} \quad (11)$$

En donde el parámetro  $A$  es un parámetro de escala que representa el nivel tecnológico. También, hay tres diferentes tipos de trabajo representados por  $E_i$  ya que en la economía modelada existen tres diferentes tipos de hogares los cuales poseen distintas habilidades. Los tres tipos de trabajo se sustentan en habilidades bajas, habilidades medias y habilidades altas. El hecho de que tengan distintas habilidades también significa que tienen ingresos diferentes y esto permite que los diferenciamos dependiendo de su nivel de ingresos. El parámetro  $\alpha_i$  es la tasa de utilización de cada tipo de trabajo en la producción de los bienes; asumiendo que todo el trabajo se usa en la economía éstos deben sumar 1.

Partiendo de los supuestos de la función de producción (14), la función de costos se puede escribir como:

$$CT = \sum_{i=1}^3 W_i E_i \quad (12)$$

En la ecuación 12 el valor  $W_i$  representa el precio del trabajo del hogar  $h$ . Con la ecuación de costos ya establecida se resuelve el problema de minimización de la siguiente manera:

$$\min CT = \sum_{i=1}^3 W_i E_i \quad (13)$$

Sujeto a

$$Y_i = A \sum_{i=1}^3 E_i^{\alpha_i} \quad (14)$$

La minimización propuesta tiene como solución la siguiente demanda de trabajo<sup>8</sup>:

$$E_i = \left( \frac{W_i}{\alpha_i A} \right)^{\frac{1}{\alpha_i - 1}} \quad (15)$$

La ecuación 15 permite obtener las demandas óptimas de trabajo a corto plazo cuando introducimos las funciones al programa que usamos para resolver el modelo. Cabe recalcar que el modelo asume la producción de las empresas en el corto plazo por lo que todos los demás factores se quedan fijos. De igual manera, al ser un modelo de corto plazo no se toman en cuenta las fluctuaciones de capital. La investigación se centra en la variable de interés que es el trabajo y cómo cambian factores como la demanda de bienes, los precios y la producción. La demanda de insumos va a estar dada por la producción interna inicial que nos da la MCS. En este caso se obtiene multiplicando la producción interna por el requerimiento unitario del insumo  $il$ :

$$B_i = Y_i * ruii_{il} \quad (16)$$

En donde  $B_i$  representa la demanda de insumos de la industria referida,  $Y_i$  es la producción interna y  $ruii_{il}$  representa el requerimiento unitario del insumo en la producción de bienes de las industrias. Por otro lado, al considerar el consumo intermedio es necesario tomar en cuenta el valor agregado que se requiere por lo que tenemos la ecuación 17 de demanda de valor agregado  $VA_i$ :

$$VA_i = y_i * ruva_{il} \quad (17)$$

En la ecuación 17 tenemos un nuevo parámetro llamado  $ruva_{il}$ , el cual da el requerimiento unitario del valor agregado. Al multiplicarlo por la producción inicial, se calcula

---

<sup>8</sup>Consultar el anexo C para más información acerca del procedimiento para obtener la demanda de trabajo.

el requerimiento total de valor agregado para la producción final.

Con la ecuaciones 16 y 17 se obtienen las demandas de insumos y valor agregado que necesitan las empresas para la producción. Posteriormente se calibran los parámetros para modelar la economía real; lo cual hace que al correr el modelo obtengamos resultados ajustados a la economía que se está modelando. Con la calibración del modelo obtenemos la ecuación 18 que nos permite obtener los parámetros calibrados de la ecuación 15<sup>9</sup>.

$$\alpha_i = \frac{E_i}{Y_i} \quad (18)$$

### 6.3. MEGA con consumo intermedio

En la economía, la industria automotriz depende de la de servicios de inmuebles y vivienda. O bien, la agrícola depende de la industria automotriz pues para la producción y distribución de un insumo se necesita maquinaria y medios de transporte. El que sean dependientes implica que tengan consumo entre sí y que con ésto sumen valor agregado.

Para poder introducir el consumo intermedio entre estas industrias se asume una producción anidada. Esta suposición hace que con una tecnología Cobb-Douglas la producción se divida en dos distintas etapas. En la primera las industrias adquieren trabajo para producir un bien que da un valor agregado a lo que se produce; el valor agregado tendrá una denotación de  $VA_i$  en el modelo. En la segunda etapa, las industrias combinan el valor agregado que ya generaron con insumos que adquieren de otras empresas. A ésto se le conoce como una agregación Leontief, es conocida por tener coeficientes de tecnología fijos puesto que no hay sustituibilidad entre factores (Núñez, 2012).

Los parámetros de tecnología fijos sirven para aproximar el requerimiento unitario de cada insumo para la producción de los bienes. Por lo tanto, el modelo tiene 12 parámetros extras: tres del requerimiento unitario del insumos por cierta actividad denotado por  $r_{iii}$

---

<sup>9</sup>Para más detalle acerca de la calibración del parámetro consulte el anexo B.

y tres para el requerimiento unitario de valor agregado para cada una de las industrias el cual es denotado por  $ruva_i$ .

#### 6.4. Introducción del gobierno al modelo

Se asume que el gobierno únicamente tiene ingresos por cobro del ISR. Por otro lado, tiene dos principales fuentes de gasto que son transferencias a los hogares, y gasto público en bienes. Para darle continuidad al modelo, el gobierno no tiene superávit o déficit, más bien se asume que el presupuesto es balanceado y no se encuentra en ninguna de las dos situaciones antes mencionadas. Para poder comprobar que la economía si está en competencia perfecta, la suma de los parámetros de consumo debe ser igual a 1. De esta forma vemos que el ingreso del gobierno está dado por:

$$I_{gob} = \sum_h^3 \theta_h (E_h W_i) \quad (19)$$

Donde  $\theta_h$  es la tasa impositiva que paga cada hogar sobre sus ingresos por trabajo. Recordemos que en el modelo, los hogares son los únicos que pagan impuestos porque se asume que los hogares son los dueños de las empresas y, por ende, al pagar un impuesto sobre la renta, ya están pagando un impuesto sobre la producción de las industrias. Por esta razón, no se introduce un impuesto a la producción como parte del ingreso del gobierno en la ecuación 19. Por otro lado,  $E_h$  denota la dotación de trabajo que aporta cada hogar y nuevamente  $W_i$  es el precio del trabajo.

Con lo anterior el gasto del gobierno se puede representar de la siguiente manera:

$$G_{gob} = \sum_{h=1}^3 T_h + \sum_i^3 CP_i * PPI_i \quad (20)$$

La ecuación 20 esta incorporada por parámetros que representan las transferencias y el consumo público. El valor  $CP_i$  representa el consumo público y  $T_h$  es una variable intermedia de control que representa las transferencias y está definida de la siguiente

manera:

$$T_h = \tau_{gob} * I_{gob} \quad (21)$$

$$CP_i = \sum_i^3 \frac{\alpha_{pub_i} I_{gob}}{PPI_i} \quad (22)$$

En donde  $\tau_{gob}$  sirve como un parámetro que indica la parte del ingreso del gobierno que se transfiere a los hogares y por consiguiente  $\alpha_{pub_i}$  es la parte del ingreso gubernamental que se dedica a la compra de bienes y servicios de consumo.

## 6.5. Cierre del modelo

El cierre del modelo abarca una serie de ecuaciones que aseguran que la demanda sea igual a la oferta y que las empresas siempre tengan ganancias igual a cero, es decir:

$$P_i * VA_i = W_i * E_i \quad (23)$$

$$PPI_i * y_i = PVA_i * VA_i + \sum_i^3 PPI_i * B_i \quad (24)$$

$$y_i = \sum_i^3 CPriv + \sum_i^3 CPub_i \quad (25)$$

Donde  $PVA_i$  es el precio de valor agregado para bien e  $i = 1, 2, 3$  hace referencia a las tres industrias productivas: automotriz, agrícola y servicios inmobiliarios y de vivienda.

En la ecuación 24 el lado izquierdo representa los costos totales por la compra de insumos para la producción y el lado derecho es el ingreso total de cada una de las industrias son denominadas como  $il$ . Para que la economía este en equilibrio ambos lados del igual deben de dar el mismo resultado.

Por último, en la ecuación 25 establece que la producción interna  $y_i$  debe de ser igual a la suma de consumo privado  $CPriv$  más el agregado de consumo público  $CPub$ . Es decir, la producción es igual a la demanda de la economía.

## 6.6. Resumen de variables

Todas las ecuaciones representan la solución a una de las variables del modelo. De esta forma, se usa el Cuadro 10 para resumir las variables y parámetros que forman parte de la creación del MEGA para México. Se presenta el nombre completo de la variable, la manera en la que se representa en las ecuaciones y el número de variables que, son dependiendo si pertenecen las industrias, al gobierno o a los hogares.

Cuadro 10: Variables

	Variables	No.
Ingreso disponible de los hogares	$It_h$	3
Consumo privado	$CPriv_h$	9
Ingreso del gobierno	$I_{gob}$	1
Consumo público	$CPub_i$	3
Transferencias a los hogares	$T_h$	3
Precio del trabajo	$W_i$	3
Demanda de empleo	$E_i$	3
Demanda de valor agregado	$V A_i$	3
Precio de valor agregado	$PV A_i$	3
Demanda intermedia	$B_i$	9
Producción interna	$Y_i$	3
Precio de la producción interna	$PPI_i$	3

## 6.7. Calibración

Los parámetros del modelo se obtienen por medio del método de calibración en el que se utiliza la información de la MCS para obtener los parámetros ajustados a la economía que se está modelando. La elasticidad de consumo de trabajo se obtiene de la investigación de [Mankiw y cols. \(1992\)](#) en la que evalúan el modelo de Solow Aumentado para determinar si se ajusta a los estándares de vivienda internacionales. Los parámetros ajustados se muestran en el siguiente Cuadro 11.

Cuadro 11: Parámetros obtenidos de la calibración

Participación de los hogares en el trabajo total	
tautrabhog1	0.079
tautrabhog2	0.236
tautrabhog3	0.685
Proporción de transferencias a hogares	
$\beta_{tr\text{ansf}1}$	0.296
$\beta_{tr\text{ansf}2}$	0.472
$\beta_{tr\text{ansf}3}$	0.232
Parámetros de consumo privado	
$\alpha_{ch1, s1}$	0.193
$\alpha_{ch1, s2}$	0.449
$\alpha_{ch1, s3}$	0.15
$\alpha_{ch2, s1}$	0.341
$\alpha_{ch2, s2}$	0.093
$\alpha_{ch2, s3}$	0.157
$\alpha_{ch3, s1}$	0.604
$\alpha_{ch3, s2}$	0.108
$\alpha_{ch3, s3}$	0.122
Tasa de impuesto sobre la renta	
tauisrhoginggob1	0.222
tauisrhoginggob2	0.423
tauisrhoginggob3	0.167
Participación de las transferencias en el ingreso del gobierno	
$\alpha_{ctransf\text{soc}}$	0.077
Parámetro tecnológico	
A1	1880.917
A2	834.036
A3	1691.211
Requerimiento unitario	
ruiis1s1	0.653
ruiis1s2	0.004
ruiis1s3	0.011
ruiis2s1	0.002
ruiis2s2	0.483
ruiis2s3	0.000048
ruiis3s1	0.046
ruiis3s2	0.054
ruiis3s3	0.672
Requerimiento unitario de valor agregado	
ruva1	0.332
ruva2	0.061
ruva3	0.276

Valores calculados utilizando los datos de la MCS para México (4) y las ecuaciones presentadas en la sección 6. En la tabla s1 hace referencia al sector automotriz, s2 al sector alimentario y s3 al sector de vivienda y bienes inmuebles. De la misma manera, los parámetros que tienen únicamente el número, se establecen de la siguiente manera: 1 hogares de ingresos bajos, 2 hogares de ingresos medios y 3 hogares de ingresos altos.

## 7. Resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos a través del Modelo de Equilibrio General al considerar un aumento en la tecnología. Se asume un aumento en la automatización del .985 % (Acemoglu y Restrepo, 2019) en la industria automotriz. El parámetro se obtiene del trabajo de Acemoglu y Restrepo (2020), que miden el nivel de automatización con la existencia de robots que sustituyen la mano de obra en 19 diferentes industrias que pertenecen a 9 países manufactureros (Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Italia, Noruega, España, Suecia, y Reino Unido); lo cual proporciona el parámetro utilizado en el estudio. Se considera como escenario base de una economía cerrada con tres tipos de hogares, tres tipos de industrias y el gobierno. Los Cuadros 13 y 12 demuestran los principales efectos sobre industrias y hogares.

Uno de los principales efectos del aumento tecnológico es la expansión de las fronteras de posibilidades de producción lo cual permite que la producción interna del sector automotriz aumente en un 6.86 %. La tecnología permite la disminución de precios de producción en 5.69 % y minimiza la fuga de valor por posibles errores de manufactura en la industria en que se automatiza. En vista de la reducción de costos por parte de la industria automotriz, las otras dos industrias son capaces de reducir sus costos ya que al tratarse de una economía circular, todas son dependientes entre sí. En el Cuadro 12 se muestra la reducción en precios de producción. Debido a que los precios disminuyen, los hogares son capaces de consumir más. El consumo privado en el sector automotriz aumenta en un promedio de 5.45 %; en el sector de vivienda, se observa un incremento de 4.31 % y para el sector alimentario uno de 3.16 %. El aumento en la demanda hace que las empresas necesariamente demanden un mayor número de trabajadores para alcanzar los niveles de consumo que se experimentan después del aumento tecnológico.

En el caso de la demanda de trabajo se observa un incremento en el sector automotriz de 6.48 % y en el sector de vivienda de 5.10 %. Lo anterior hace que nos movamos a lo largo de la curva de demanda en la Figura 2 hacia un mayor número de trabajadores. En

H

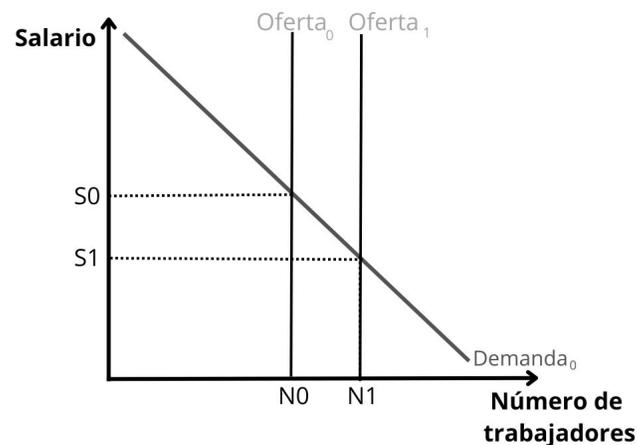


Figura 2: Cambio en la demanda y oferta de trabajo

un momento inicial el mercado de trabajo está en desequilibrio, porque ante la disminución de salarios, los trabajadores dispuestos a trabajar son menores. Sin embargo, como se asume que no hay ganancias ni pérdidas en la economía lo que sucede posteriormente es un aumento en la población económicamente activa. Lo anterior causa un desplazamiento en la curva de oferta, pues ahora el número de trabajadores en la economía es mayor, y se alcanza un salario de equilibrio ( $S_1$ ) menor al original ( $S_0$ ). La curva de oferta es totalmente inelástica por las barreras de entrada que presentan las distintas habilidades requeridas en las industrias. En otras palabras, es poco probable que cambie la cantidad de trabajadores ante cambios en el precio de trabajo, porque no son iguales las habilidades de una persona que trabaja en el campo, a las de una persona que trabaja en una fábrica. Por tanto, en la investigación se observó una reducción de 16.43 % en el precio del trabajo.

A causa del efecto del aumento tecnológico sobre la demanda de trabajo, los hogares de todos los niveles de ingresos experimentan una disminución en el ingreso disponible en un segundo momento. En el Cuadro 13 se puede apreciar como la disminución se refleja principalmente en los hogares de ingresos bajos, lo cual se explica debido a

Cuadro 12: Efectos sobre las industrias del aumento en la automatización (Var %)

	Sector		
	Automotriz	Vivienda	Alimentario
1. Consumo			
Privado	5.45	4.31	3.16
Público	-11.17	-14.06	-16.04
2. Trabajo			
Demanda	6.86	5.10	-0.02
Precio		-16.43	
3. Producción			
Precio	6.86	5.10	-0.02
	-5.69	-2.52	-0.22

Variación porcentual respecto al equilibrio inicial. Se consideró una elasticidad de consumo de 0.6 la cual se obtuvo de la investigación del modelo de Solow aumentado de Mankiw et al. (1992).

que estos se caracterizan por tener habilidades bajas; es decir, no son trabajadores homogéneos con mismas habilidades y capacidades productivas. A su vez, el ingreso del gobierno se contrae ya que, bajo el esquema establecido, sus ingresos dependen únicamente de las contribuciones de ISR de los hogares. Al tener menor ingreso, el gobierno destina menos de sus recursos al consumo y aun menos a las transferencias. Entonces, se puede concluir que el ingreso público, el consumo público y las transferencias se ven contraídas tras el aumento tecnológico.

En términos de utilidad, se observan hogares más satisfechos. A mayor consumo los hogares están mejor en términos de utilidad y es posible notar que lo anterior se cumple ajeno a la disminución en precios de producción, pues la utilidad indirecta muestra los mismos resultados. La utilidad indirecta demuestra que, con los precios e ingresos fijos, los hogares están mejor pues alcanzan su máximo beneficio con las decisiones de consumo. Lo anterior puede ser explicado por el aumento en la oferta laboral que permite que más individuos tengan un trabajo, y que la oferta sea igual a la demanda de trabajo.

Si bien es claro que la tecnología trae consigo muchos beneficios, también importante analizar el impacto de la tecnología en la desigualdad. El modelo revela que el

Cuadro 13: Efectos sobre los hogares del aumento en la automatización (Var %)

	Ingresos		
	Bajos	Medios	Altos
Ingreso disponible	-1.022	-0.560	-0.097
Utilidad	1.506	1.956	3.825
Utilidad indirecta	1.293	1.725	3.818

Cambios porcentuales respecto al equilibrio inicial que reflejan la disminución ingreso disponible de los hogares y el aumento en utilidad de los mismos por la disminución de precios en los sectores productivos.

aumento tecnológico puede aumentar la brecha de ingresos entre los trabajadores más calificados y los menos calificados. Esto se debe a que los avances tecnológicos suelen beneficiar principalmente a aquellos con habilidades altas, lo cual aumenta la disparidad en la distribución de ingresos. En este caso los hogares de ingresos bajos son los que experimentan la mayor merma (1.022 %), por lo que, sería importante hacer un análisis de los efectos sobre la mano de obra menos calificada a largo plazo. En el corto plazo la tecnología no logra eliminar un puesto por completo, pero es posible que vaya automatizando pequeñas tareas lo cual puede tener impactos en la población laboral a largo plazo.

En resumen, el incremento tecnológico dirigido al sector automotriz tiene un impacto positivo en el crecimiento económico y la productividad laboral. Sin embargo, es importante considerar los posibles efectos negativos, como la disminución de 1.022 % en los ingresos de los hogares y cómo este podría perjudicar a largo plazo. Estos hallazgos proporcionan una base sólida para comprender las implicaciones económicas de la tecnología y pueden ser útiles para la formulación de políticas que fomenten un desarrollo económico sostenible y equitativo.

## 7.1. Análisis de sensibilidad

Los resultados encontrados anteriormente se pueden generalizar ya que únicamente nos basamos en las proporciones del cambio y no en los valores exactos. A pesar de ser un estudio enfocado al Estado de Puebla, los distintos resultados son acorde con lo que se encuentra en la revisión de literatura. Por ejemplo, se demuestra el efecto positivo en la demanda de trabajo encontrado por Domini et al. (2021) para la economía de Estados Unidos. Lo mismo ocurre con los resultados encontrados por Prettner (2019) que estiman un mayor efecto sobre la mano de obra poco calificada.

No obstante, es necesario hacer un análisis de sensibilidad que demuestre que, ante un aumento en la tecnología, el modelo siempre va a arrojar resultados similares. El análisis está compuesto por cambios ascendentes y descendentes del parámetro tecnológico con referencia al cambio inicial de .985 %. El objetivo es observar, si al hacer estos cambios, las variables se mueven en el mismo sentido. En caso de ser así, aumenta la confianza en los resultados del modelo.

Los cambios en el parámetro tecnológico fueron de 0.980 %, 0.985 % y .990 % lo cual mueve los resultados en su respectiva magnitud relativa al cambio inicial. Se encuentra que las variables tienen variación en el mismo sentido, es decir, el signo de la variación sigue siendo el mismo. También, la proporción en que cambian es la misma lo cual es importante ya que se siguen observando los distintos efectos que el aumento tecnológico tiene sobre cada uno de los hogares. Los resultados se muestran en el Cuadro

14.

Cuadro 14: Análisis de sensibilidad (Var %)

	(1) AI = 0.980 %			(2) AI = 0.985 %			(3) AI = 0.990 %		
	Bajo	Ingreso Medio	Alto	Bajo	Ingreso Medio	Alto	Bajo	Ingreso Medio	Alto
1. Hogares									
Ingreso disponible	-1.02	-0.56	-0.10	-1.02	-0.56	-0.10	-1.03	-0.56	-0.10
Utilidad	1.50	1.95	3.81	1.51	1.96	3.82	1.51	1.97	3.84
Utilidad indirecta	1.29	1.72	3.80	1.29	1.72	3.82	1.30	1.73	3.84
2. Gobierno									
Ingreso	-16.14	-16.14	-16.14	-16.23	-16.23	-16.31	-16.31	-16.31	-16.31
Transferencias	-16.14	-16.14	-16.14	-16.23	-16.23	-16.31	-16.31	-16.31	-16.31
3. Industrias									
	Automotriz	Vivienda	Alimentaria	Automotriz	Vivienda	Alimentaria	Automotriz	Vivienda	Alimentaria
Consumo público	-11.11	-13.98	-15.96	-11.17	-14.06	-16.04	-11.23	-14.13	-16.12
Consumo privado	5.42	4.29	3.15	5.44	4.31	3.16	5.47	4.33	3.18
Demanda de trabajo	6.82	5.07	-0.02	6.86	5.10	-0.02	6.89	5.13	-0.02
Precio del trabajo		-16.14			-16.43			-16.31	
Producción	6.82	5.07	-0.02	6.86	5.10	-0.02	6.89	5.13	-0.02
Precio de producción	-5.67	-2.51	-0.22	-5.69	-2.52	-0.22	-5.72	-2.54	-0.22

Variación porcentual respecto al escenario inicial. Donde AI es el parámetro tecnológico en el sector automotriz. Se consideró una elasticidad de consumo de 0.6 la cual se obtuvo de la investigación del modelo de Solow aumentado de [Mankiw y cols.\(1992\)](#).

## 8. Conclusión

Por medio de un Modelo de Equilibrio General Aplicado (MEGA), se analizaron los efectos del aumento tecnológico para la sustitución de labores hechos por humanos en la industria automotriz. Los efectos analizados son sobre la producción, la demanda de trabajadores, la demanda de bienes, los ingresos de los hogares y la utilidad de cada uno de ellos. Para lograrlo se modela una economía cerrada con tres tipos de hogares divididos por nivel de ingresos (bajos, medios y altos), tres industrias productivas y el gobierno. El parámetro de utilización de trabajo y de aumento tecnológico se obtienen de las investigaciones de Mankiw et al.(1992), y [Acemoglu y Restrepo \(2019\)](#) respectivamente.

Los resultados del aumento en el aumento tecnológico del empleo de .985 % en la industria automotriz demostraron una disminución en los precios que producción que aumenta el consumo de los hogares, pero causa una contracción del mismo en una segunda etapa que se explica por un aumento en la oferta de empleo causado por una ampliación de la población económicamente activa. En términos de utilidad, los hogares de ingresos bajos y medios tienen un aumento considerable mientras que los hogares de ingresos altos presentan una ligera disminución y se encuentra que estos resultados son ajenos a la disminución de precios, más bien, el aumento en utilidad se puede explicar por una mayor cantidad de trabajadores en el mercado laboral.

En vista de los resultados, se recomienda una política que incentive la capacitación de los hogares de ingresos bajos para poder manejar la tecnología emergente que sustituye habilidades poco calificadas del trabajo. Una forma de hacerlo, es por medio de becas a trabajadores y programas de educación que les permitan mantener su trabajo mientras que se especializan en un área ligada a la tecnología. También, se deben establecer incentivos dentro de las empresas para que los trabajadores obtengan más y mejores habilidades. Una propuesta es el otorgamiento de puntos a los trabajadores que completen cursos para el manejo de las tecnologías. Los puntos pueden ser canjeables posteriormente por beneficios a los colaboradores, como un día extra de vacaciones o

reconocimientos al nivel corporativo.

Por el otro lado, se debe apoyar la transición a empleos en otros sectores por medio de programas cortos de capacitación que ataquen las fricciones en el mercado laboral, como lo pueden ser las diferencias en habilidades. También, informar sobre los seguros de desempleo y apoyos otorgados por el gobierno para no afectar el bienestar de los hogares en el proceso de cambio de trabajo. Lo anterior podría beneficiar la movilidad laboral, y apoyar a los individuos en momentos de necesidad.

La investigación proporciona un acercamiento a los efectos del aumento tecnológico en la industria automotriz y da pie a la formulación de políticas públicas enfocadas a mitigar los efectos negativos del aumento tecnológico en la sociedad. Sin embargo, los resultados se deben tomar con cautela dado que únicamente se considera el trabajo como factor productivo, es un modelo estático, no se puede observar la calidad de las habilidades de los hogares y no se consideran las cuentas de ahorro e inversión que son esenciales en el funcionamiento de la economía. También, sería interesante analizar el caso en el que se abre la economía al exterior y cómo es que la apertura de mercados afecta a las industrias y a sus precios.

## Referencias

- Acemoglu, D., y Restrepo, P. (2019, May). Automation and new tasks: How technology displaces and reinstates labor. *Journal of Economic Perspectives*, 33(2), 3-30. Descargado de <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.33.2.3> doi: 10.1257/jep.33.2.3
- Acemoglu, D., y Restrepo, P. (2020). Robots and jobs: Evidence from us labor markets. *Journal of political economy*, 128(6), 2188–2244.
- Adelman, I., Robinson, S., y cols. (1978). Income distribution policy in developing countries; a case study of korea.
- Antón, A., Trillo, F. H., y Levy, S. (2012). *The end of informality in México?: fiscal reform for universal social insurance* (Vol. 1300). Inter-American Development Bank Washington, DC.
- Arrow, y Debreu. (1954). Debreu. existence of equilibrium for a competitive economy. *Econometrica*, 22.
- Banco-Mundial. (2021). *La crisis de la pandemia provoca una reducción de la clase media en América Latina y el Caribe*. <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2021/06/24/pandemic-crisis-fuels-decline-of-middle-class-LAC>.
- Becerra, A. (2023). YouGov. Descargado de [https://es.yougov.com/international/articles/45697-mas-de-la-mitad-de-la-poblacion-mundial-le-preocup?redirect\\_from=%2Fnews%2F2023%2F05%2F11%2Fmas-de-la-mitad-de-la-poblacion-mundial-le-preocup%2F](https://es.yougov.com/international/articles/45697-mas-de-la-mitad-de-la-poblacion-mundial-le-preocup?redirect_from=%2Fnews%2F2023%2F05%2F11%2Fmas-de-la-mitad-de-la-poblacion-mundial-le-preocup%2F)

- Bessen, J., Goos, M., Salomons, A., y van den Berge, W. (2020). Automation: A guide for policymakers. *Economic Studies at Brookings Institution: Washington, DC, USA*.
- Borges, A. M. (1986). Applied general equilibrium models: an assessment of their usefulness for policy analysis. *OECD Economic Studies*, 7, 15.
- Cardenete, M. A. (2009). Los modelos de equilibrio general aplicado: una revisión de los principales campos de aplicación a nivel internacional. *Revista de economía mundial*(23), 68–86.
- Casares, E. R., García, M. G., Ruiz, L. A., y Sobarzo, H. (2015). Distribución del ingreso, impuestos y transferencias en México. un análisis de equilibrio general aplicado. *El trimestre económico*, 82(327), 523–558.
- Cluster-Industrial. (2021). *Audi México automatiza sus procesos*. Descargado de <https://www.clusterindustrial.com.mx/noticia/3120/audi-mexico-automatiza-sus-procesos>
- David, y Salomons, A. (2018). *Is automation labor-displacing? productivity growth, employment, and the labor share* (Inf. Téc.). National Bureau of Economic Research.
- Dávila Flores, A., Sobarzo Fimbres, H. E., y Valdés Ibarra, M. (2018). México y el TLCAN: escenarios de política comercial. simulaciones con un modelo de equilibrio general aplicado. *El trimestre económico*, 85(340), 703–744.
- Defourny, J., y Thorbecke, E. (1984). Structural path analysis and multiplier decomposition within a social accounting matrix framework. *The Economic Journal*, 94(373), 111–136.

- Domini, G., Grazi, M., Moschella, D., y Treibich, T. (2021). Threats and opportunities in the digital era: Automation spikes and employment dynamics. *Research Policy*, 50(7), 104137.
- Gallego, L. (2017). *Función lagrangiana*. Descargado de <https://policonomics.com/es/lagrangiana/>
- Gobierno. (2016). *Puebla y sus principales sectores productivos y estratégicos*. Descargado de <https://www.gob.mx/se/articulos/puebla-y-sus-principales-sectores-productivos-y-estrategicos>
- Gómez, A. (2002). *Simulación de políticas económicas: los modelos de equilibrio general aplicado* (Inf. Téc.).
- Gunning, J. W., y Keyzer, M. A. (1995). Applied general equilibrium models for policy analysis. *Handbook of development economics*, 3, 2025–2107.
- Harris, R. (1984). Applied general equilibrium analysis of small open economies with scale economies and imperfect competition. *The American Economic Review*, 74(5), 1016–1032.
- Hernández, E. (2022). *Banxico sube por décima vez la tasa de interés en 14 meses; la deja en 8.5 por ciento*. Descargado de <https://www.forbes.com.mx/banxico-sube-por-decima-vez-la-tasa-de-interes-en-14-meses-la-deja-en-8-5/#:~:text=El%20incremento%20de%20la%20tasa,ubicaba%20en%204%20por%20ciento.&text=formaci%C3%B3n%20de%20precios.>

- Hosoe, N., Gasawa, K., y Hashimoto, H. (2010). *Textbook of computable general equilibrium modeling: programming and simulations*. Springer.
- INEGI. (2018). *Matriz de insumo producto*. [https://www.inegi.org.mx/temas/mip/#Informacion\\_general](https://www.inegi.org.mx/temas/mip/#Informacion_general).
- INEGI. (2020a). *Encuesta nacional de ingresos y gastos de los hogares*. Descargado de <https://www.inegi.org.mx/programas/enigh/nc/2020/#Tabulados>
- INEGI. (2020b). *Encuesta nacional de ocupación y empleo (enoe), población de 15 años y más*. Descargado de <https://www.inegi.org.mx/programas/enoe/15ymas/>
- INEGI. (2020c). *Matrices de contabilidad social de México*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>.
- INEGI. (2020d). *Matriz de insumo producto*. Descargado de <https://www.inegi.org.mx/temas/mip/>
- Johansen, L. (1974). Multi-sectoral study of economic growth.
- Keuning, S. J., y Willem, A. (1998). De ruijter (1998), “guidelines to the construction of a social accounting matrix”. *Review of Income and Wealth*, 34(1).
- Kromann, L., Skaksen, J. R., y Sørensen, A. (2011). Automation, labor productivity and employment—a cross country comparison. *CEBR, Copenhagen Business School*.
- Lofgren, H., Harris, R. L., y Robinson, S. (2002). *A standard computable general equilibrium (cge) model in gams* (Vol. 5). Intl Food Policy Res Inst.

- Mankiw, N. G., Romer, D., y Weil, D. N. (1992). A contribution to the empirics of economic growth. *The quarterly journal of economics*, 107(2), 407–437.
- Núñez, G. (2015). Mcs y mega de México para 2008 y el caso de los impuestos sobre la extracción de hidrocarburos. *Documento de trabajo. El Colegio de México*.
- Núñez, G. (2012). *Equilibrio general aplicado: metodología e investigación por gaspar núñez*. (n.º 001.422 N8.).
- Núñez, G. (2015). Modelo de equilibrio general aplicado para México y análisis de impuestos a la extracción de hidrocarburos. *Ensayos Revista de Economía*, 34(1), 35–74.
- Núñez, G. (2016). Efectos económicos de políticas sociales y energéticas en México. *El Colegio de México, Ciudad de México*.
- OECD. (2019). Descargado de [https://www.oecd-ilibrary.org/employment/oecd-employment-outlook-2019\\_9ee00155-en](https://www.oecd-ilibrary.org/employment/oecd-employment-outlook-2019_9ee00155-en)
- Prettner, K. (2019). A note on the implications of automation for economic growth and the labor share. *Macroeconomic Dynamics*, 23(3), 1294–1301.
- Quesnay, F. (1797). Le tableau économique. np, 1758.
- Sánchez, M. A. (2005). Modelos de equilibrio general aplicado: un enfoque microeconómico para hogares rurales. *Reflexiones Económicas, Guatemala, Universidad de Rafael Landívar*.
- SAT. (2018). *Modificación del anexo 8 de la resolución miscelánea fiscal para 2018*. <https://amcpdf.org.mx/wp-content/uploads/2019/01/ANEXO-8-RMF-2018.pdf>.

Scarf, H. (1967). The approximation of fixed points of a continuous mapping. *SIAM Journal on Applied Mathematics*, 15(5), 1328–1343.

Selva, V. (2019a). *El ingreso de los mexicanos*. <https://imco.org.mx/el-ingreso-de-los-mexicanos/>.

Selva, V. (2019b). *François quesnay*. <https://economipedia.com/definiciones/francois-quesnay.html#:~:text=Fue%20el%20creador%20de%20la, en%20las%20experiencias%20de%20Inglaterra.&text=Fran%C3%A7ois%20de%20Quesnay%20fue%20un, gran%20pasi%C3%B3n%20fue%20la%20econom%C3%ADa.>

Smith, A. (1776). *La riqueza de las naciones*.

Stiglitz, J. E. (2003). *La economía del sector público* (Vol. 24). Antoni Bosch Editor.

Stone, y Brown. (1965). Richard stone and alan brown, a programme for growth. *Technology and Culture*, 6(4), 677.

Taylor, J. E., y Adelman, I. (1996). *Village economies: The design, estimation, and use of villagewide economic models*. Cambridge University Press.

TLW. (2021). *impulsa sector automotriz pib en puebla*". <https://thelogisticsworld.com/historico/impulsa-sector-automotriz-pib-en-puebla/>.

Toh, M. (2023). *Chatgpt y la última ola de ia podrían afectar a unos 300 millones de empleos en todo el mundo, según goldman sachs*. Cable News Network. Descargado de <https://cnnespanol.cnn.com/2023/03/>

29/chat-gpt-ia-podrian-afectar-300-millones-empleos  
-mundo-goldman-sachs-trax/

## 9. Anexos

### A. Demanda de bienes

- Función de utilidad

$$U = X^\alpha Y^\beta Z^\gamma \quad (26)$$

Dónde  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$  representan la importancia en términos de preferencias de los bienes para el consumidor y  $\alpha + \beta + \gamma = 1$

- Restricción presupuestaria

$$P_X X + P_Y Y + P_Z Z + T = ING \quad (27)$$

- Problema del consumidor

Función de utilidad general

$$U = X^\alpha Y^\beta Z^\gamma$$

$$\text{Sujeta a } P_X X + P_Y Y + P_Z Z + T = ING$$

Por lo que el Lagrangiano se puede especificar de la siguiente manera:

$$L = X^\alpha Y^\beta Z^\gamma + \lambda(ING - P_X X - P_Y Y + P_Z Z - T) \quad (28)$$

$$\frac{\partial L}{\partial X} = \alpha X^{\alpha-1} Y^\beta Z^\gamma = \lambda P_X \quad (29)$$

$$\frac{\partial L}{\partial Y} = \beta X^\alpha Y^{\beta-1} Z^\gamma = \lambda P_y \quad (30)$$

$$\frac{\partial L}{\partial Z} = \gamma X^\alpha Y^\beta Z^{\gamma-1} = \lambda P_Z \quad (31)$$

Despejando  $\lambda$  de (29)

$$\lambda = \frac{\alpha X^{\alpha-1} Y^\beta Z^\gamma}{P_X} \quad (32)$$

Sustituyendo  $\lambda$  en (30)

$$\beta X^\alpha Y^{\beta-1} Z^\gamma = P_Y \left( \frac{\alpha X^{\alpha-1} Y^\beta Z^\gamma}{P_X} \right) \quad (33)$$

Simplificando (33)

$$= \frac{\alpha P_Y Y}{\beta P_X X} \quad (34)$$

Despejando para  $Y$  se obtiene:

$$Y = \frac{\beta P_X X}{\alpha P_Y} \quad (35)$$

Sustituyendo  $\lambda$  en (31)

$$\gamma X^\alpha Y^\beta Z^{\gamma-1} = P_Z \left( \frac{\alpha X^{\alpha-1} Y^\beta Z^\gamma}{P_X} \right)$$

Simplificando se obtiene que:

$$= \frac{\alpha P_Z Z}{\gamma P_X X} \quad (36)$$

Despejando para  $Z$ :

$$Z = \frac{\gamma P_X X}{\alpha P_Z} \quad (37)$$

Sustituyendo (35) y (37) en la restricción presupuestaria (27) para obtener  $X$ :

$$P_X X + P_Y \frac{\beta P_X X}{\alpha P_Y} + P_Z \frac{\gamma P_X X}{\alpha P_Z} + T = ING \quad (38)$$

$$P_X X + \frac{\beta P_X X}{\alpha} + \frac{\gamma P_X X}{\alpha} + T = ING \quad (39)$$

$$\frac{\alpha P_X X + \beta P_X X + \gamma P_X X + \alpha T}{\alpha} = ING \quad (40)$$

Simplificando

$$P_X X \left( \frac{\alpha + \beta + \gamma}{\alpha} \right) + T = ING \quad (41)$$

Dónde se asume que  $(\alpha + \beta + \gamma) = 1$  por tanto:

$$\frac{P_X X}{\alpha} + T = ING \quad (42)$$

Despejando  $X$

$$X^* = \frac{\alpha(ING - T)}{P_X} \quad (43)$$

Sustituyendo (43) en (35) y (37) para obtener las demandas de  $Y$  y  $Z$ .

$$Y = \frac{\beta P_X \frac{\alpha(ING - T)}{P_X}}{\alpha P_Y} = \frac{\beta \alpha (ING - T)}{\alpha P_Y} \quad (44)$$

$$Y^* = \frac{\beta(ING - T)}{P_Y} \quad (45)$$

$$Z = \frac{\gamma P_X \frac{\alpha(ING - T)}{P_X}}{\alpha P_Z} = \frac{\gamma \alpha (ING - T)}{\alpha P_Z} \quad (46)$$

$$Z^* = \frac{\gamma(ING - T)}{P_Z} \quad (47)$$

## B. Calibración de los parámetros

- Con las demandas de bienes previamente calculadas:

$$X = \frac{\alpha(ING-T)}{P_X}, Y = \frac{\beta(ING-T)}{P_Y} \text{ y } Z = \frac{\gamma(ING-T)}{P_Z}$$

Se despejaron los parámetros  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$  y éstos se obtienen calibrados al modelo con los datos previamente obtenidos de la matriz. Por lo que haciendo el despeje se obtuvo lo siguiente:

$$\alpha = \frac{P_X X}{(ING - T)} \quad (48)$$

$$\beta = \frac{P_Y Y}{(ING - T)} \quad (49)$$

$$\gamma = \frac{P_Z Z}{(ING - T)} \quad (50)$$

Se sustituyen los datos de la MCS en las ecuaciones anteriores para calcular los parámetros calibrados de la economía que se modela.

## C. Demanda de trabajo

- El problema de minimización de costos se especificó de la siguiente manera:

$$VA = AL^\alpha \quad (51)$$

$$C = wL \quad (52)$$

- Dónde 51 representa la función de producción de la empresa y  $\alpha$  representa un parámetro de utilización del trabajo en la producción. De la misma manera,  $A$  representa la tecnología utilizada en la producción del bien. Obteniendo el producto marginal e igualándolo al costo del trabajo:

$$w = \alpha AL^{\alpha-1} \quad (53)$$

- Despejando para  $L$  se obtiene la demanda de trabajo de las industrias productivas.

$$L = \left(\frac{w}{\alpha A}\right)^{\frac{1}{\alpha-1}} \quad (54)$$

## D. Utilidad indirecta

- Partiendo de la ecuación de utilidad de los hogares

$$U = X^{\alpha} Y^{\beta} Z^{\gamma} \quad (55)$$

Sustituyendo las demandas de consumo de los hogares previamente calculadas.

Estas son las siguientes:

$$X^* = \frac{\alpha(ING-T)}{P_X} \quad Y^* = \frac{\beta(ING-T)}{P_Y} \quad Z^* = \frac{\gamma(ING-T)}{P_Z}$$

La sustitución permite encontrar función de utilidad indirecta 56:

$$V = \left(\frac{\alpha(ING-T)}{P_X}\right)^{\alpha} \left(\frac{\beta(ING-T)}{P_Y}\right)^{\beta} \left(\frac{\gamma(ING-T)}{P_Z}\right)^{\gamma} \quad (56)$$

Simplificando se llega a la expresión con la cual se calcula la utilidad indirecta:

$$V = \frac{\alpha^{\alpha} \beta^{\beta} \gamma^{\gamma} (Ing - T)}{P_x^{\alpha} P_y^{\beta} P_z^{\gamma}} \quad (57)$$

## D.1. Glosario

$\alpha TRAB$ ,  $\beta TRAB$  y  $\gamma TRAB$  Tasas de utilización de cada tipo de trabajo (ingresos bajos, medios y altos) en la producción de los bienes y asumiendo que todo el trabajo.

$\alpha$  Parámetro de elasticidad de consumo respecto al bien  $X$ , el cual representa la industria automotriz.

$\beta$  Parámetro de elasticidad de consumo respecto al bien  $Y$ , el cual representa la industria alimentaría.

$\gamma$  Parámetro de elasticidad de consumo respecto al bien  $Z$ , el cual representa la industria de servicios inmobiliarios y vivienda.

*alfacons* Fracción del ingreso que se consume en un determinado bien.

*alfacons<sub>pub</sub>* Fracción del ingreso gubernamental que se dedica a la compra de bienes.

*alfatrgob* Fracción del ingreso del gobierno que se transfiere a los hogares.

*CONSPUB<sub>i</sub>* Consumo público, es decir, consumo del gobierno.

*Il<sub>n</sub>* Ingreso por el trabajo del hogar  $n$ .

*il* Ingreso agregado de las industrias por la producción de bienes.

*It<sub>n</sub>* Representa el ingreso total del hogar  $n$ .

$n$  Representa a un grupo de hogares; ya sea de ingresos bajos, medios o altos.

*P<sub>n</sub>* Proporción del ingreso corriente de los hogares que representa las transferencias que recibe el hogar  $n$  por parte del gobierno.

*PPI* Precio unitario de un bien de consumo.

*ruii* Requerimiento unitario por las industrias de un insumo en la producción de bienes.

*ruva* Requerimiento unitario del valor agregado para la producción de bienes.

*tauisr* Tasa impositiva que paga cada hogar sobre sus ingresos por trabajo.

*tauisrhog* Tasa de impuesto sobre la renta hacia cada hogar.

*tautrabhog* Participación de cada hogar en el trabajo total de la economía.

*tautrgobhog* Participación de cada hogar en las transferencias del gobierno.

*trabtotecon* Trabajo total de la economía.

*TRGOBHOG* Son las transferencias del gobierno a los hogares.

*TRGOBHOG* Suma de las transferencias del gobierno a los hogares.

*V* Cantidad de bienes producidos por las actividades productivas.

*X* Industria automotriz.

*Y* Industria alimentaria.

*Z* Industria de servicios inmobiliarios y vivienda.

*I* Ingreso total de los hogares.