



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES

TESIS:

La red logística en la eficiencia del comercio internacional a través del análisis DEA *network* y *multiplier*. El caso del transporte carretero de carga de México frente a países representativos.

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS EN NEGOCIOS INTERNACIONALES

PRESENTA:

Mariana Michelle Hurtado Pantoja

DIRECTORA DE TESIS:

Dra. América Ivonne Zamora Torres

Morelia, Mich., Marzo de 2017



DEDICATORIA

A mi esposo; por tu amor, paciencia, amistad, buen humor y disposición por recogerme tarde de la escuela;

A mi madre, mi hermana y hermano por su cariño incondicional;

A mis amigos y amigas por su apoyo y solidaridad;

AGRADECIMIENTOS

A Conacyt que me brindo el apoyo para la realización de este proyecto.

Al Instituto de Investigaciones Académicas y Empresariales, al cual siempre guardaré un profundo respeto por ayudarme a obtener una preparación con calidad.

Un agradecimiento especial a mi directora de tesis y mentora académica la Dra. América Ivonne Zamora Torres por tener la paciencia y dedicación en todo momento en mi desarrollo académico y en la elaboración de esta investigación. Por su apoyo incondicional y amistad.

A mi mesa sinodal integrada por la Dra. Odette Delfín Virginia, la Dra. Dora Aguilasocho Montoya, el Dr. José César Lenin Chávez y el Dr. Jorge Víctor Alcaraz, por su apoyo, orientación y su motivación para la culminación de esta tesis.

Gracias.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
PARTE I. CARACTERIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	17
CAPÍTULO 1. FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN	17
PARTE II. LOGÍSTICA Y EFICIENCIA: FUNDAMENTOS TEÓRICOS	24
CAPÍTULO 2. LOGÍSTICA	24
2.1 Antecedentes	27
2.1.1 Logística: Desplazamiento físico y control de la circulación	27
2.1.2 Cadena logística	29
2.1.3 Cadena de transporte	29
2.1.4 Evolución de la logística	30
2.1.4.1 La logística como sistema	30
2.1.4.1.1 Concepción de un sistema logístico	31
2.1.4.1.2 La estructura del sistema logístico y la cadena de suministro	34
2.1.4.1.3 Actividades clave y de soporte en un sistema logístico	35
2.1.4.2 Factores que impulsan el desarrollo de la logística	36
2.1.4.3 Etapas de la evolución de la logística en la firma	39
2.1.4.4 La influencia de los costos de transacción en la logística y el comercio internacional	41
2.1.5 Logística integral como estrategia empresarial	42
2.2 Estrategias logísticas	44
2.2.1 Tipos de flujo	44
2.2.2 La función logística en la empresa	45
2.2.3 Internacionalización de funciones logísticas y externalización	47
2.2.4 Logística: Estrategias industriales y comerciales	48
2.2.4.1 La logística como componente esencial de estrategias industriales	48
2.2.4.2 Logística y estrategias comerciales	49
2.2.5 Estrategias de aprovisionamiento de materiales	49
2.2.6 Estrategias de distribución física	51

2.2.6.1 Valor agregado con la logística de distribución	52
2.2.7 Justo a Tiempo: Un concepto total	52
2.3 Componentes de la cadena logística y la cadena de transporte	54
2.3.1 Relación entre cadena logística y cadena de transporte	54
2.4 Sistemas de transporte	55
2.4.1 Transporte y sistema logístico	55
2.4.2 Servicios de transporte	57
2.4.3 Integración de las cadenas de transporte	59
2.5 Sistemas de inventarios	64
2.5.1 Conceptos básicos	64
2.5.2 Costos de inventarios	65
2.5.3 Inventarios de seguridad	66
2.5.4 Gestión de inventarios	67
2.5.5 Almacenes y centros de distribución	68
2.6 Envase, empaque y embalaje	69
2.6.1 Función del envase, empaque y embalaje	69
2.6.2 Elementos para el diseño y selección de materiales de envases, empaques y embalajes	72
2.6.3 Normas y procedimientos de manejo de productos y lotes	72
2.7 Logística en el comercio internacional	72
2.7.1 Canales de comercialización	72
2.7.2 Distribución física internacional	73
CAPITULO 3. EFICIENCIA	74
3.1 Conceptualización	74
3.2 Diferencias entre eficiencia, productividad y competitividad	77
3.3 Conceptos básicos de eficiencia	79
3.4 Medición de la eficiencia	81
3.4.1 Aproximaciones paramétricas	87
3.4.1.1 Aproximaciones paramétricas con fronteras determinísticas	90
3.4.1.2 Aproximaciones paramétricas con fronteras estocásticas	93
3.4.2 Aproximaciones no paramétricas	94

3.5 La eficiencia a través del modelo DEA	95
3.5.1 Antecedentes	97
3.5.2 Modelo DEA para la minimización de costos	100
3.5.3 Modelo DEA para la maximización de ingresos	100
3.5.4 Análisis de las holguras (<i>slacks</i>)	102
3.5.5 Fundamentos de la programación lineal	104
3.5.6 Fundamentos metodológicos del DEA	104
CAPÍTULO 4. DEA <i>Network</i>	107
4.1 Modelo de dos etapas	108
PARTE III. MARCO REFERENCIAL	
CAPITULO 5. LOGÍSTICA Y TRANSPORTE: FACTORES PARA LA COMPETITIVIDAD	113
5.1 Desempeño logístico: Un análisis comparativo a nivel mundial	119
5.2 Infraestructura carretera: clave para el comercio internacional	127
5.3 Situación de la red carretera en México	130
PARTE IV. MARCO NORMATIVO	134
CAPÍTULO 6. NORMATIVIDAD EN EL TRANSPORTE CARRETERO DE CARGA	134
6.1 Organizaciones Internacionales de Transporte	134
6.2 Normatividad en transporte carretero de México	136
PARTE V. MARCO METODOLÓGICO	141
CAPÍTULO 7. METODOLOGÍA	141
7.1 Análisis envolvente de datos	141
7.1.1 DEA <i>Network</i> de dos etapas	141
7.1.2 <i>Multiplier</i>	144
7.2 Selección de variables	149
7.3 Pruebas de validación	152
PARTE VI. RESULTADOS	158
CAPÍTULO 8. ANÁLISIS DE RESULTADOS	158
8.1 Eficiencia de la infraestructura en transporte carretera de los 27 países frente al comercio internacional	158

8.2 Análisis de las variables <i>slacks</i> para el nodo transporte	160
8.3 Análisis de las variables <i>slacks</i> para el nodo de comercio internacional	163
8.4 Análisis de las variables <i>slacks</i> para las variables intermedias	165
8.5 Análisis de <i>benchmarking</i>	166
8.6 Análisis del modelo <i>multiplier</i>	167
8.7 Análisis de benchmarking del modelo <i>multiplier</i>	168
CAPÍTULO 9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	171
Conclusiones	174
Referencias bibliográficas	178
Anexos	193

Índice de figuras, tablas y cuadros

	PAG.
Lista de figuras:	
Figura 2.1 Estructura del Sistema Logístico	34
Figura 2.2 Diferencias entre eficiencia técnica y productividad media	77
Figura 2.3 Medidas de la Eficiencia de Farrell	82
Figura 2.4 Frontera Lineal Envolvente	85
Figura 3.1 Indicadores LPI de Inputs y Outputs	121
Figura 3.2 Los 10 Países más Altos en el LPI años 2010, 2012, 2014	122
Figura 3.3 Mapa de distribución de valores LPI	124
Figura 5.1 Red del modelo DEA	142
Figura 5.2 Construcción de un modelo de dos etapas	143
Lista de tablas:	
Tabla 2.1 Concepción de un Sistema Logístico	32
Tabla 2.2 Diseño de la Gestión del Sistema Logístico	33
Tabla 2.3 Actividades Clave	35
Tabla 2.4 Actividades de Soporte	36
Tabla 2.5 Factores que Impulsan el Desarrollo de la Logística	37
Tabla 2.6 Etapas de la Evolución de la Logística en la Firma	40
Tabla 2.7 Control de Flujos	45
Tabla 2.8 Control de Flujos	50
Tabla 2.9 Relación entre Cadena Logística y Cadena de Transporte	55
Tabla 2.10 Funciones del Envase	70
Tabla 2.11 Funciones del Empaque	71
Tabla 2.12 Funciones del Embalaje	71
Tabla 3.1 Rankings mundiales del IPL 2014 según sus rubros	126
Tabla 3.2 Ranking del IGC 2014-2015: Calidad en infraestructura carretera	128
Tabla 5.1 Lista de países de caso de estudio	147

Tabla 5.2 Resultados de eficiencia del transporte de carga	159
--	-----

Lista de cuadros:

Cuadro 5.1 Niveles de eficiencia del IDL 2014	148
Cuadro 5.2 Resultado de la prueba KMO para la primera etapa	153
Cuadro 5.3 Resultado de la prueba KMO para la segunda etapa	153
Cuadro 5.4 Resultado de la prueba de KMO para el modelo de dos etapas	154
Cuadro 5.5 Comunalidades de la primera etapa	155
Cuadro 5.6 Comunalidades de las variables intermedias	132
Cuadro 5.7 Comunalidades de la segunda etapa	133
Cuadro 5.8 Resultados de eficiencia del modelo <i>multiplier</i>	168
Cuadro 5.9 Selección de inputs para la primera etapa	195
Cuadro 5.10 Selección de variables intermedias	196
Cuadro 5.11 Selección de variables de la segunda etapa	197
Cuadro 5.12 Análisis de las variables <i>slacks</i> para la primera etapa del modelo Network.	199
Cuadro 5.13 Análisis de las variables <i>slacks</i> de la segunda estación del modelo Network	200
Cuadro 5.14 Análisis de las variables <i>slacks</i> de los intermediarios	204
Cuadro 5.15 Operacionalización de variables	204

Lista de gráficas:

Gráfica 1. Frecuencia de los países utilizados como referencia	167
Gráfica 2. Análisis de los países más utilizados como referencia de la primera etapa	169
Gráfica 3. Análisis de los países más utilizados como referencia de la segunda etapa	170

Índice de abreviaturas

APEC	Foro de Cooperación Económica de Asia y el Pacífico
ASLOG	European Logistics Association
BANOBRAS	Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos
BM	Banco Mundial
CEPAL	Comisión Económica de América Latina y el Caribe
CRS	Rendimientos a Escala Constante
DEA	Data Envelopment Analysis
DFI	Distribución Física Internacional
DMU	Desition Making Unit
EDI	Intercambio Electrónico de Datos
EMS	Express Mail Service
FIATA	Federación Internacional de Asociaciones de Transitorios
GATT	General Agreement on Tariffs and Trade
IGC	Índice Global de Competitividad
IMCO	Instituto Mexicano para la Competitividad
IMD	Instituto Internacional para el Desarrollo de la Capacidad de Gestión
IRU	Unión Internacional de Transporte por Carretera
ISO	International Organization for Standarization
LPI	Índice de Desempeño Logístico
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OMC	Organización Mundial de Comercio
PIB	Producto Interno Bruto
PNI	Programa Nacional de Infraestructura
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SGM	Segunda Guerra Mundial
SOLE	Society for Logistics Engineers-USA

TLC	Tratado de Libre Comercio
UE	Unión Europea
VRS	Rendimientos a Escala Variable
WCY	World Competitiveness Yearbook
WEF	World Economic Forum

Glosario de términos

Circulación: Se refiere al flujo de mercancías, insumos e incluso información, interna y externamente de la empresa.

Competitividad: La capacidad de generar la mayor satisfacción de los consumidores fijado un precio o la capacidad de poder ofrecer un menor precio fijado una cierta calidad.

DEA: Análisis Envolvente de Datos. Es un modelo de frontera no paramétrico, el cual a partir de inputs y outputs, determina la eficiencia de sus unidades de decisión.

Efectividad: Es la cualidad de “efectivo”, es decir, hacer las cosas o de desempeñar una acción favorable. Por ello, también puede significar hacer las mejores cosas.

Eficacia: Es la cualidad de “eficaz”, es decir, de cumplir con los objetivos previstos.

Eficiencia asignativa: La obtenía aquella unidad productiva que utilizara una combinación de inputs que, con el mismo coste, alcanzara un output determinado a unos precios preestablecidos

Eficiencia de escala: Muestra si la unidad productiva analizada ha logrado alcanzar el punto óptimo de escala. Sólo es relevante cuando la tecnología de producción presenta rendimientos variables a escala.

Eficiencia económica: Logro de la máxima producción al menor costo posible.

Eficiencia técnica pura: Muestra en qué medida la unidad productiva analizada está extrayendo el máximo rendimiento de los recursos físicos a su disposición.

Eficiencia técnica: Es lograda al producir lo máximo posible a partir de unos inputs dados.

Eficiencia: Es la cualidad de eficiente, es decir, que se aplica a lo que realiza cumplidamente las funciones a las que está destinado. También es hacer las cosas bien, es decir, con el mínimo esfuerzo y consumo de recursos.

Infraestructura de transporte: es la infraestructura que se integra en un sistema de transporte y por la que circulan los vehículos de transporte.

Logística: Conjunto de actividades que tienen por objetivo la colocación, al menor costo, de una cantidad de producto en el lugar y en el tiempo donde una demanda existe.

Productividad: Se entiende como la relación entre la producción (*output*) y sus factores (*inputs*).

Programación lineal: Herramienta para la solución de problemas y optimización de recursos.

Slacks: Conocidas como holguras muestran la dirección en la cual debe mejorarse los niveles de eficiencia.

RESUMEN

La logística de un país es clave para facilitar el comercio internacional. Por lo que la infraestructura de transporte carretero de mercancías desempeña un papel importante en la eficiencia del comercio internacional. El objetivo de esta investigación es calcular la eficiencia de 27 países. Se aplica una técnica no paramétrica DEA Network (Data Envelopment Analysis Network) para el año 2014. Los insumos que se utilizan en la primera etapa son variables referentes a la inversión y a la infraestructura técnica del transporte de mercancías; y los productos son el costo logístico, la calidad y el tiempo; en la segunda etapa las salidas son el volumen y el valor del comercial internacional en el transporte de mercancías. El resultado muestra que Alemania, Argentina, Singapur, Hong Kong, China, Reino Unido, Tailandia, Brasil, Brunei y Costa Rica fueron los países con mayores niveles de eficiencia en infraestructura de transporte de mercancías, mientras que el país menos eficiente fue India con 13%.

Palabras clave: DEA, transporte carretero, logística, comercio internacional.

ABSTRACT

The logistics of a country is key to facilitate international trade. In this regard, freight transport infrastructure has an important role in international trade efficiency.

The objective of this research is to calculate the efficiency of 27 countries. A nonparametric technique DEA Network (Data Envelopment Analysis Network) is implemented, for the year 2014. The using inputs on the first stage are investment and technical infrastructure variables of freight transportation and the outputs are logistics cost, quality and time; in the second stage the outputs are the volume and value of international trade cargo on freight transport. The result shows that Germany, Argentina, Singapore, Hong Kong, China, United Kingdom, Thailand, Brasil, Brunei and Costa Rica were the countries who had higher levels of efficiency in freight transportation infrastructure, while the least efficient country was India with 13%.

Key Words: DEA, freight transportation, logistics, international commerce.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad uno de los temas en cuanto al desarrollo económico de una región es la necesidad de contar con infraestructura de calidad para competir en igualdad de circunstancias en el entorno del comercio internacional y tener la capacidad para mover productos de manera ágil y eficiente.

La eficiencia en la logística es parte importante en la competitividad que un país pueda tener a nivel mundial. Datos oficiales apuntan que México se ha multiplicado siete veces en las dos últimas décadas en el rubro de comercio exterior Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2015).

En este sentido la infraestructura de transportes tiene un papel fundamental. En la actualidad la red carretera nacional se ha convertido en la vía más relevante en el país para el movimiento de mercancías representando más del 60% de las exportaciones. Debido a ello cabe preguntarse qué tan eficiente es en comparación con el resto del mundo (Banco Nacional de Comercio Exterior, 2015).

El estudio comparativo incluye a los países más representativos según el Índice de Desempeño Logístico (IDL) emitido por el Banco Mundial (BM) 5cada dos años, en el cual una de sus ramas evalúa a la infraestructura de transporte con el fin de mejorar la competitividad de los países. Este índice mide las percepciones que tiene cada país en materia de logística y dentro de sus rubros se encuentra la infraestructura carretera y los tiempos y costos logísticos.

En el caso de México, el IDL lo ha posicionado en el lugar 50 de 160 países para el año 2014, bajando 3 lugares del *ranking* que ocupada en el 2012. Para el año presente se ha posicionado en el lugar 54, el cuál determina cómo México sigue disminuyendo su eficiencia en materia de logística.

El objetivo de esta investigación es determinar cómo la infraestructura de transporte carretero ha incidido en el comercio exterior, considerando varios factores que afectan la movilización de carga internacional de cada uno de los países de caso de estudio. Para la cual se pretende usar el modelo DEA, el cual es un modelo no paramétrico que mide la eficiencia.

De forma más específica un modelo de red conocido como *DEA Network* de dos estaciones, donde la primera corresponde a las características técnicas y de calidad de la infraestructura carretera así como costos asociados. Y la segunda estación hace referencia al comercio internacional.

La investigación se encuentra estructurada en el siguiente orden:

En la primera parte se describe el problema de investigación y se menciona las implicaciones prácticas del estudio.

En la segunda parte se introducen los conceptos de logística, lógica y circulación en un primer capítulo, y se discuten los conceptos de eficiencia, productividad y competitividad en el segundo capítulo. Así como se revisan los antecedentes y fundamentos teóricos y metodológicos de los modelos DEA. Finalmente se presenta una revisión de la literatura acerca del tema.

En la tercera parte de esta investigación se aborda una descripción de la situación actual de los países en materia de logística, destacando el caso de México y su infraestructura carretera.

En la cuarta parte se revisa el marco normativo internacional y nacional referente al transporte carretero.

En la quinta parte se describe la metodología utilizando los modelos de frontera DEA, especificando las características del modelo *Network*.

Se presentan resultados obtenidos al aplicar dicha metodología en los 27 países en la sexta parte.

Finalmente se abordan las conclusiones destacando los aspectos fundamentales de la investigación.

PARTE I. CARACTERIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTOS DE INVESTIGACIÓN

1. Descripción del problema

La logística es uno de los elementos más importantes de la competitividad, la calidad de los servicios logísticos y las infraestructuras tienen un impacto facilitador en el transporte de bienes entre países (Mustra, 2011).

Para elevar la competitividad de nuestro país de la logística se debe empezar por la infraestructura, servicios, diseño y así generar un diseño institucional para implementar el plan de la logística para elevar la eficiencia y costos aprovechando nuestra ubicación geográfica aprovechando nuestras aduanas, aumentando la fluidez del comercio en el país (Méndez, 2014).

Por el contrario su ineficiencia se traduce en mayores costos en términos de tiempo y dinero, afectando negativamente a la competitividad de los países y empresas, incluso se ha demostrado que reduce el volumen de ventas de un negocio. De igual manera dentro de los costos, se derivan aquellos por incumplimientos contractuales con el cliente o la no calidad, incluso aquellos costos consecuencia de accidentes siendo el caso de la vía carretera (Hausman, 2005).

Las carreteras son fundamentales para el comercio, pues posibilitan el desplazamiento de mercancías de un mercado a otro de manera rápida en distancias cortas y medias y, dependiendo de su cobertura, brindan mayor flexibilidad que otros modos de transporte. En el marco del comercio mundializado, su importancia se incrementa, pues esta red permite crear corredores intermodales de transporte, necesarios para el flujo expedito de las mercancías. En el caso de México, el modo de transporte más utilizado para el

comercio exterior es el carretero, seguido por el marítimo, el ferroviario y el aéreo (Ramírez, 2009).

Portugal y Wilson (2010) determinan que una mejora en la infraestructura física tiene un mayor impacto sobre el desempeño de las exportaciones.

También Limao and Venables (2001) estudian como una mejora en la infraestructura de transporte afectan a los costos de transporte y a los volúmenes, estimulando a que éstos aumenten.

El exceso en peso y dimensiones de camiones de carga, aunado a factores como el exceso de velocidad, mal estado de las unidades y la red carretera, ha propiciado que tanto en México como en otros países se intensifique el número de incidentes en los últimos años, colocando al país dentro de los primeros diez a nivel mundial en siniestros por carretera, de acuerdo con datos de la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2014).

La inseguridad, es un elemento relacionado con la infraestructura carretera que resta competitividad a los países. En la actualidad, con la entrada de México al comercio mundial, muchas empresas nacionales compiten por participar en las cadenas globales de producción¹. Para que las empresas se integren a éstas, tienen que garantizar la seguridad del transporte de las mercancías, porque las interrupciones de estas cadenas significarían pérdidas enormes, debido a que se manejan inventarios mínimos y entregas justo a tiempo (Ramírez, 2009).

En los últimos años, la posibilidad de realizar análisis sobre esta temática se ha visto reforzada con la publicación del Índice de Desempeño Logístico, el cual ha aportado información valiosa sobre la situación de cada uno de los países. Este

¹ Las cadenas globales de producción están transformando el comercio internacional. Esta temática ha tomado un rol protagónico en la agenda de distintas instituciones como la UNCTAD y la OCDE. Ejemplo de ellos son las publicaciones de Backer, K. and N. Yamano (2012), International Comparative Evidence on Global Value Chains, OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 2012/03, OECD Publishing (<http://dx.doi.org/10.1787/5k9bb2vcwv5j-en>) y UNCTAD (2013), Global Value Chains and Development.

índice permite, entre otras cosas, establecer comparaciones entre las naciones e identificar aquellas áreas donde la deficiente logística puede suponer una limitación para su desarrollo económico BM (BM, 2014).

Hertel y Mirza (2009), evalúan el efecto del índice sobre los flujos de comercio con datos de 95 países para el año 2001, obteniendo que el coeficiente del exportador pesa más que el del importador y los componentes aduanas e infraestructuras son los de mayor impacto sobre el comercio.

También, Felipe y Kumar (2010), hacen un análisis por componentes del mismo índice, obteniendo que las infraestructuras sean el factor determinante de los flujos comerciales asiáticos, seguido de la logística y las aduanas.

La eficiencia de México en 2014 en exportaciones e importaciones bajó a la posición 50 de 160 economías, cuando en 2012 su posición era la 47, según el *ranking* de logística y comercio global realizado por el BM.

Por otra parte el Foro Económico Mundial llega a conclusiones similares al establecer que México se ubica en el lugar 68 de 144 en el Índice de Competitividad e Infraestructura (BM, 2014).

Según Manheim (1979), la mayoría de las actividades globales de transporte se llevan a cabo, en cinco grandes modalidades: por carretera, ferroviario, aéreo, acuático y ductos. Cada uno de ellos se divide en dos o más medios específicos, y se evalúan en términos de los siguientes atributos:

- Ubicación: Grado de accesibilidad al sistema, facilidad de rutas.
- Movilidad: Cantidad de tránsito, capacidad y rapidez para transportar.
- Eficiencia: Relación entre costos totales (directos más indirectos) del transporte y su productividad.

La infraestructura de un país tiene un papel importante en la movilización de su comercio, tema ampliamente tratado en diversos estudios.

Bougheas (1999), muestra las circunstancias en las que la infraestructura de transporte afecta el volumen de comercio entre dos países.

Para Francis y Manchin (2006), el transporte y la infraestructura de comunicaciones, así como la calidad de las instituciones, son factores determinantes, cuya importancia no sólo afecta a los niveles de exportaciones sino también a su probabilidad de referencia de entrega de bienes con otros países y de esta manera reflejan al estado de la infraestructura propia y la de los socios comerciales.

Se cree que la reducción en los costos del comercio internacional es un tema importante que se relaciona con las medidas de facilitación del comercio, el desarrollo económico y el crecimiento del comercio internacional. Hummels (2007) mantiene que el crecimiento del comercio internacional está positivamente relacionado con la reducción de los costos del transporte internacional.

Mankiw (2010), afirma que el comercio internacional es un acelerador del desarrollo.

Según Hummels, Ishi y Yi (2001), el crecimiento del comercio se dio en virtud a una creciente especialización vertical entre países, por lo que un mayor número de transacciones de exportación e importación fueron hechas por cada producto final.

Según Sourdin y Pomfret (2012), cuando se asocia la liberalización del comercio con reducciones de costos de transporte debido al uso de contenedores, mejores aviones y logística, se da lugar a una notable expansión del comercio internacional. Sin embargo, el comercio internacional es aún más costoso que el comercio interno.

Conociendo la importancia económica de bajar los costos del comercio internacional entre los países, la Asociación de Cooperación Asia-Pacífico (APEC) ha lanzado planes de acción desde el 2001 para la facilitación del comercio, entre ellos proyectos de conectividad entre sus países miembros, destacando la calidad de las infraestructuras de transporte.

1.1 Antecedentes

Es así como el efectuar un análisis que permita evaluar la eficiencia del comercio internacional de México con otros países en materia de transporte es de gran importancia, teniendo en cuenta que la eficiencia está vinculada a utilizar los medios disponibles de manera racional para llegar a una meta, resaltando que ésta trata de la capacidad de alcanzar un objetivo fijado con en el menor tiempo posible y con el mínimo uso de los recursos, lo que supone una optimización.

Dado lo anterior, se pretende hacer un análisis comparativo considerando 16 miembros de APEC incluyendo México, utilizando la técnica de investigación de operaciones *Data Envelopment Analysis*, ya que se desconoce el nivel de eficiencia de éstos en cuanto a su infraestructura carretera para el año 2014.

Una vez identificada la problemática se plantea la pregunta, el objetivo de investigación.

Pregunta de investigación

1.1.1 Pregunta general

¿De qué manera la red logística del transporte carretero de carga incidió en la eficiencia del comercio internacional durante el año 2014 de México frente a países representativos?

Objetivo de la investigación

1.1.2 Objetivo general

Identificar el nivel de eficiencia o ineficiencia de la red logística (infraestructura, calidad y, tiempos y costos) del transporte carretero en el comercio internacional durante el año 2014 de México frente a países representativos.

1.2 Justificación

Esta investigación sirve de referencia para futuros proyectos en materia de transporte, puesto que analiza la eficiencia en este sector y su incidencia en el comercio internacional. De igual forma este estudio servirá para generar ideas que contribuyan a la calidad, dado que una mayor eficiencia es vital para marcar la diferencia en medio de una economía que ha generado la implementación de nuevas tecnologías y procesos más estandarizados, por lo que los servicios logísticos tienen a tener grandes similitudes, es así que desde la investigación se pueden hacer valiosos aportes que favorezcan un mayor progreso en este importante sector de la economía del país.

El desarrollo económico de un país está ligado directamente a su infraestructura carretera, ya que a través de ella se logra unir a los diversos sectores de la sociedad y promover el intercambio de productos y mercancías, movimiento de personas y cubrir necesidades de servicios de toda la población (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, SCT).

Para los negocios, sus servicios logísticos cobran una trascendencia gracias a la competencia existente en los mercados, en donde, el servicio es considerado una variable tan determinante como la misma calidad del producto (Colin, 1981).

1.3 Tipo de investigación

Esta investigación utilizará el método científico y tiene un alcance de tipo correlacional ya que se pretende identificar la relación o grado de asociación que existe entre las variables. De tal manera que permita explicar a la variable dependiente.

El enfoque del estudio es cuantitativo.

Gómez (2006) señala que bajo la perspectiva cuantitativa, la recolección de datos es equivalente a medir. En este estudio se pretende medir el nivel de eficiencia de los países de caso de estudio a través de un modelo DEA.

Hipótesis de la Investigación

1.4 Hipótesis General

La red logística (infraestructura, tiempos y costos, y calidad) del transporte carretero de carga incidió en la ineficiencia del comercio internacional durante el año 2014 de México frente a países representativos.

PARTE II. LOGÍSTICA Y EFICIENCIA: FUNDAMENTOS TEÓRICOS

CAPÍTULO 2. LOGÍSTICA

Tradicionalmente, la logística es el arte militar que estudia el movimiento, transporte y estacionamiento de las tropas fuera del campo de batalla. Es la referencia más antigua de la logística como un control de flujos, el de recursos para la batalla. Las referencias existentes sobre esta etapa están referidas a la logística militar en la cual se destacan los acontecimientos relativos a la Segunda Guerra Mundial (SGM).

Bethel (1945), establece una analogía entre la logística militar y el abastecimiento técnico material, se empieza a relacionar la logística militar con la producción industrial.

La logística es empleada como un término en la producción industrial y el comercio para describir el amplio rango de actividades concernientes con el movimiento eficiente de productos terminados al final de la línea de producción hasta el cliente y en algunos casos incluye el movimiento de materias primas desde la fuente de suministro al comienzo de la línea de producción (*National Council of Physical Distribution Management*, 1967).

El significado de la logística como formulación de una lógica, y en particular de una racionalización de la conducción de flujos, conduce a la acepción moderna de la logística en la empresa como regulación de flujos físicos de mercancías.

Así la logística es concebida como técnica de control y de gestión de flujos de materias primas y de productos, desde sus fuentes de aprovisionamiento hasta sus puntos de consumo (Magee, 1968). Pero es desde 1927, donde se la da uso a

la palabra aprovisionamiento y distribución mundial, definiendo que hay dos tipos de distribución mundial las cuales deben ser claramente diferenciadas, el primer uso de la palabra distribución física, como almacenamiento y transportación; el segundo el uso de la distribución conocida como *marketing*, recalcando la importancia en el análisis del almacenamiento y transporte (Bordosi, 1927).

En el análisis del costo del transporte (L'Huillier, 1969) como un componente de los costos de transferencias², revela los costos anexos, que constituyen la primera etapa hacia la elaboración de costos logísticos que engloba todos los gastos asociados a la intervención sobre los ritmos de emisión, transmisión y recepción de mercancías en las diferentes fases del aprovisionamiento, la producción y la distribución. Empieza entonces a percibirse que la lógica de los gastos de circulación es la logística.

El enfoque de sistemas aplicado a la comprensión de la circulación (Kolb, 1972) conduce a la concepción de la logística como sistema. Así la satisfacción de la demanda es el objetivo de la construcción del sistema logístico de la empresa; directa e indirectamente marca el ritmo de los procesos de distribución, producción y aprovisionamiento. La regulación de los flujos de materias primas y de productos se basa en la previsión de la demanda, el control de inventarios y la programación de la producción.

Dentro de los años 80's en la logística cobra tanta importancia la distribución de capital como su costo debido a la escasez de capital (esto es crítico puesto que la distribución física y la gestión de materiales son procesos intensivos en capital), por lo que cada vez se reconoce más la influencia de la distribución sobre la rentabilidad empresarial. Y se hace hincapié en la gestión de la totalidad de la cadena de suministro³, controlando más los proveedores, distribuidores

² Los precios de transferencia son los valores monetarios asignados a los productos o servicios intercambiados entre las subunidades o divisiones de una organización.

³ La cadena de suministro es la que controla todo el flujo de trabajo en la gestión de los productos, desde su almacenamiento, distribución, hasta el contacto final con proveedores y clientes. La logística es por lo tanto un componente más dentro de la cadena de suministros.

y acciones de clientes con el fin de ajustar las tasas de producción a la demanda del usuario final. Así es posible reducir los inventarios, acortar los tiempos de entrega y reducir los costos logísticos totales. Es en esta época cuando el término de costos y controlar la eficiencia toma gran importancia.

En 1985 la *Council of Logistic Management* define a la logística como el proceso de planificar, implementar y controlar la eficiencia, el costo efectivo del flujo y almacenamiento de las materias primas, productos en proceso, productos terminados y la información relacionada desde el punto de origen al de consumo con el propósito de conformarlos requerimientos del cliente. Mismo que en 1992 simplifica su definición incorporando a los servicios como producto terminado.

Hervé y Dancel (1987), proporcionan tres conceptos del término logística orientada hacia la gestión y control de la empresa y orientada hacia una visión técnica para minimizar costos:

- La logística es obtener la producción correcta, en el lugar correcto, en el momento correcto y en el menor costo total.
- La logística es proveer un nivel beneficioso en el servicio de distribución a los clientes, a través de una efectiva organización, planificación y control de las actividades de traslado y almacenamiento que facilitan un flujo de producción.
- La logística es un medio para soportar la meta general de la firma y lograr ventaja competitiva.

La *European Logistics Association* (ASLOG) en 1992 define la logística como un conjunto de actividades que tienen por objetivo la colocación, al menor costo, de una cantidad de producto en el lugar y en el tiempo donde una demanda existe. Entonces la logística involucra todas las operaciones que determinan el

movimiento de productos: localización de unidades de producción y almacenes, aprovisionamiento y gestión de inventarios, manejo de productos en unidades de carga y preparación de lotes a clientes, transportes y diseño de distribución física de productos.

Por su parte, la *Society for Logistics Engineers* (SOLE) expresa que la logística es el arte y la ciencia de la gestión, de la organización de las actividades técnicas, relativas a las necesidades del cliente, a la concepción y a los medios de aprovisionamiento y de manejo de cargas, que sirven de soporte a los objetivos, las previsiones y la operación de empresa.

2.1 Antecedentes

2.1.1 Logística: Desplazamiento físico y control de la circulación

El significado de la logística en la empresa ha evolucionado según el concepto de desplazamiento (Colin, 1981).

Si el desplazamiento es concebido de una manera “pasiva”, la logística es determinada como una fase obligada del proceso producción-distribución. En este caso la logística se orienta a la gestión de las operaciones de transporte para reducir al mínimo los costos (de transporte) que merman el margen de utilidad⁴.

En cambio, una concepción “activa” del desplazamiento, transforma éste en una opción estratégica para la empresa: el desplazamiento es un “momento” del proceso producción-distribución, en este caso un gasto es un costo autónomo que puede transformarse progresivamente en un polo generador de ganancias sobre el conjunto del proceso de producción. El desplazamiento no se concibe más como un determinado por las necesidades exteriores del proceso de producción, sino

⁴ El transporte es considerado como una operación productiva (L’Huillier, 1969) que asegura la realización de desplazamientos en la fase necesaria producción-distribución, donde estas dos actividades lo determinan. Las operaciones de transporte son tomadas a cargo por una unidad funcional de la empresa, según dos modalidades principales: el servicio de transporte particular y el servicio de transporte público.

que toma simultáneamente en cuenta los parámetros técnicos del proceso productivo y dinámico del desplazamiento, permitiendo elaborar varios modelos del proceso de producción que integran las diferentes hipótesis e relación a cada uno de esos parámetros: una empresa puede escoger una configuración que asocia una división espacial y técnica, donde las unidades de producción-distribución son puestas en relación por un sistema de transporte interno a la empresa, de capacidad adecuada e inmediatamente disponible, que permite niveles de inventarios bajos, reconstituibles en poco tiempo. (Bakis, 1977).

Para pasar de una opción estratégica al campo de las realizaciones, la empresa desarrolla, más que una unidad funcional de transporte, un verdadero servicio corporativo logístico que interviene en los problemas de circulación de mercancías (materia primas, productos semiterminados y terminados), gestión de inventarios y definición de ritmo de producción, mediante el establecimiento de una verdadera red de medios de infraestructura y gestión que asocia las unidades productivas, las fuentes de aprovisionamiento y la distribución.

Así la logística, como lógica de la circulación es, simultáneamente (Colin, 1981):

- a. Una opción fundamental de integración del control de la circulación física de mercancías en la estrategia global de la empresa.
- b. Un esfuerzo permanente de concepción y organización de un sistema de circulación de flujos físicos perfectamente regulados hacia arriba (producción –aprovisionamiento) y hacia abajo (producción-distribución), cuyo diseño y realización es plenamente ejercido por la empresa, y;
- c. Un modo de gestión de operaciones de circulación de mercancías, ya sea con medios propios o subcontratados, que asegura su control por la empresa.

Según Colin (1981), la logística es una tecnología muy elaborada de la circulación física de mercancías que se basa en el control de la información asociada a la

mercancía circulante, lo cual no puede ser plenamente comprendido e interpretado si no es referencia al concepto de circulación.

El transporte se transforma, según L'Huillier (1972), en una "maniobra estratégica": las fases de producción y desplazamiento se imbrican íntimamente, al punto de devenir indisociables, ampliando el campo de la logística, cuya función integradora restaura la importancia de la circulación.

La mercancía, centro de la atención del análisis económico, ha sugerido pensar en la producción como indisociable de un espacio confinado (la fábrica) más que en el control (de un flujo y una red) sobre un espacio abierto. Más aún, la calificación de improductivo al trabajo asociado a la circulación ha relegado al análisis de la significación de las rupturas de tracción y de carga como oportunidades de valorización. No hay realización del valor sin una mercancía, pero la relevancia de la circulación en esa realización, en la determinación de la masa de valor y en el potencial para generar valor en otros procesos conexos de acumulación de capital (servicios logísticos), revela la necesidad de una nueva reflexión sobre el concepto de circulación (L'Huillier, 1972).

2.1.2 Cadena logística

La cadena logística es la implantación de la logística para la realización y control de la circulación. Así, la distribución física de los productos, la gestión de aprovisionamiento de materiales, definen familias de cadenas logísticas.

La materialización de la circulación física de una cadena logística implica una cadena de transporte: la recepción, el acondicionamiento, la transferencia física, la recepción y la gestión del conjunto de estas operaciones, que aseguran que una mercancía se desplace entre dos puntos del espacio (Hernández, 2000).

2.1.3 Cadena de transporte

La estructura de la cadena de transporte en términos de selección de modos y su combinación, determinación de la calidad de servicios, adopción de unidad de carga, especificación del acondicionamiento de la carga, frecuencia de transferencia física (determinación de la capacidad de la cadena), y decisión sobre el empleo de medios propios o de prestatarios, es resultado de la logística de la empresa, y específicamente de la cadena logística donde la cadena de transporte se inserta (*Logistics Management and Distribution Report*, 2000).

2.1.4 Evolución de la logística

2.1.4.1 La logística como sistema

La teoría de sistemas es un ramo específico de la teoría general de sistemas, surgió con los trabajos de Ludwig von Bertalanffy en 1976. El interés de la teoría general de sistemas, son las características y parámetros que se establecen para todos los sistemas. Aplicada a la administración, la teoría de sistemas, la empresa se ve como una estructura que se reproduce y se visualiza a través de un sistema de toma de decisiones, tanto individual como colectivamente (Ballou, 1978).

La logística es el ejemplo clásico de la aplicación del enfoque de sistemas a los problemas de administración de empresas.

El enfoque de sistemas permite comprender que los objetivos de las firmas sólo alcanzan por la mutua interdependencia entre las áreas funcionales básicas de la empresa (mercadotecnia, producción y finanzas). Aplicado a las cuestiones logísticas facilita no sólo el análisis, son el diseño de la organización para la gestión de los flujos físicos de mercancías que satisfacen el objetivo de la firma (Antún, 1993).

Bowersox en 1979 define a la logística como la aplicación del enfoque en sistema a la solución de los problemas de suministros y distribución de las empresas. Tal enfoque es adoptado en el 2003 por Ruano y Hernández, quienes definen a la logística como un sistema de gestión estratégica de los recursos humanos y de los flujos informativos, material, financieros y de retorno asociados al aprovisionamiento, producción, distribución, almacenaje y comercialización de las mercancías de los proveedores a los clientes con el propósito de satisfacer las necesidades de estos últimos con calidad y bajo costo como fuente para lograr ventajas competitivas en las organizaciones.

2.1.4.1.1 Concepción de un sistema logístico

La concepción del sistema logístico se basa en consideraciones sobre el flujo de información que viniendo del mercado (el ambiente) atraviesa la empresa, y cubre los requerimientos que impone el flujo de mercancías (Tabla 2.1).

Tabla 2.1 Concepción de un sistema logístico

	DEMANDA	<ul style="list-style-type: none"> .Distribución geográfica .Distribución según tipo de artículos .Tendencias/previsiones .Variaciones estacionales y aleatorias .Tamaño y composición de los pedidos .Calidad del servicio que hay que ofrecer
	TRANSPORTES DE CARGA	<ul style="list-style-type: none"> .Selección modo/tipo de vehículos .Organización de los circuitos de entrega .Gestión de las entregas .Costos
	DEPOSITOS REGIONALES	<ul style="list-style-type: none"> .Cuántos, capacidad, jerarquización .Dónde, zonas atendidas .Implantación, construcción, renta (selección) .Determinación nivel de ruptura .Gestión inventarios .Preparación de pedidos .Manipulaciones .Costos
	TRANSPORTES DE APROVISIONAMIENTO DE DEPOSITOS	<ul style="list-style-type: none"> .Selección modo/tipo de vehículos/unidad de carga .Frecuencias .Diseño circuitos alternativos (variaciones de órdenes de fabricación entre unidades de producción) .Costos
	DEPOSITOS CENTRALES	<ul style="list-style-type: none"> .Cuántos .Dónde .Gestión/vinculación entre unidades de producción, inventarios/nivel de ruptura .Manipulación .Costos
	DEPOSITOS DE PRODUCTOS SEMITERMINADOS	<ul style="list-style-type: none"> .Cuántos .Dónde .Gestión/vinculación entre unidades de producción, inventarios/nivel de ruptura .Manipulación .Costos
	TRANSPORTES ENTRE UNIDADES DE PRODUCCION	<ul style="list-style-type: none"> .Selección modo/tipo de vehículos .Frecuencia .Diseño circuitos alternativos (variaciones de órdenes de fabricación entre unidades de producción) .Costos
	UNIDADES DE PRODUCCION	<ul style="list-style-type: none"> .Cuántas/líneas de producción/capacidad .Dónde .Implantación interna .Plan de producción .Costos
	DEPOSITO DE MATERIAS PRIMAS	<ul style="list-style-type: none"> .Cuántos/capacidad .Dónde .Implantación .Gestión inventarios .Manipulaciones .Costos
	TRANSPORTES DE APROVISIONAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS	<ul style="list-style-type: none"> .Responsabilidad (proveedor o empresa) .Formas/selección modo/gestión parque vehículos .Frecuencias .Costos
	PROVEEDORES	<ul style="list-style-type: none"> .Quiénes/productos/cantidades/precios .Dónde

El diseño de la gestión del sistema se realiza según áreas de decisión, que pueden agruparse en tres marcos: ejes políticos, orientaciones estructurantes, y metas y procedimientos de organización y gestión. En cada área de decisión debe considerarse la naturaleza de la interfase de la función logística con otros actores (Figura 1.2) (Magee, 1968; Colin, 1981).

Tabla 2.2 Diseño de la gestión del sistema logístico

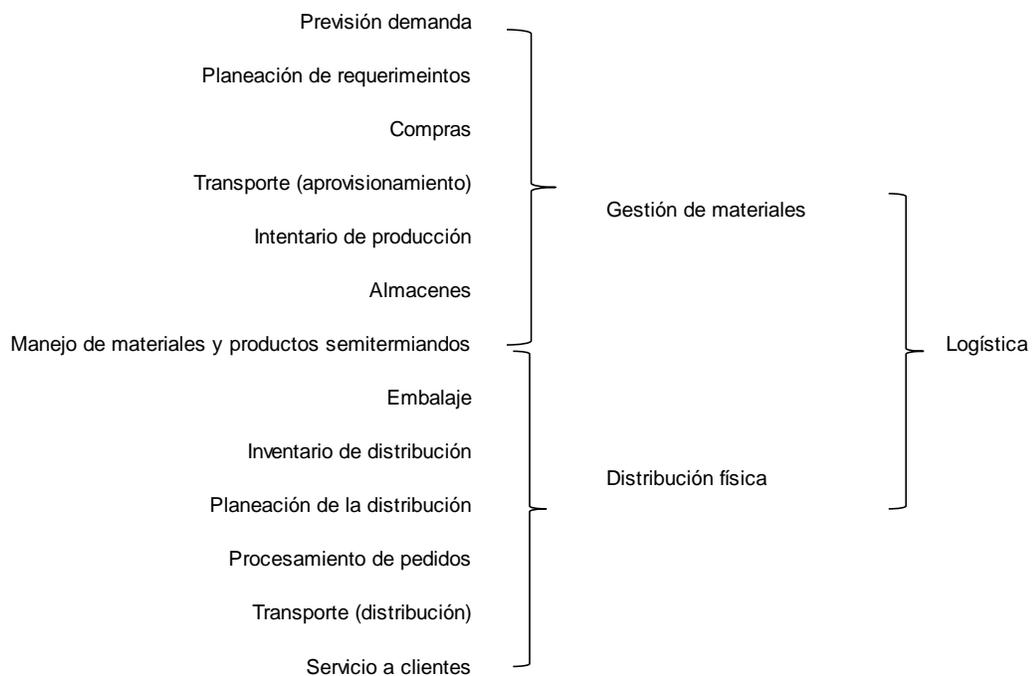
MARCOS	AREA DE DECISION	NATURALEZA DE INTERFASES
Ejes políticos	Integración en estrategias	Dirección General
	Adopción de un posición funcional	Otras funciones en la empresa: Investigación y Desarrollo, Mercadotecnia, y Producción
	Política de subcontratación	Prestatarios de servicios logísticos; transportistas, almacenes, auxiliares, consultores técnicos
	Política de alianzas	Otras empresas del mismo grupo y, tal vez, competidores
Orientaciones Estructurantes	Desempeño logístico	Empresa y clientes Empresa y proveedores Producción y Mercadotecnia
	Red logística	Producción y Mercadotecnia Proveedores, subcontratistas, distribuidores, clientela
	Recursos Humanos	Servicios funcionales de mercadotecnia, producción, exportación, control de gestión
Métodos y Procedimientos	Integración y Coordinación	Internos: todo a lo largo del flujo de mercancías (materias primas, productos semiterminados y terminados) Externos: gestión de subcontratistas prestatarios
	Información	Internos: todo a lo largo del flujo de mercancías servicios funcionales Externos: subcontratistas prestatarios, clientes, distribuidores y finales, proveedores
	Activación	Conjunto del personal de departamentos logísticos operacionales Socios por política de alianzas

Fuente: Elaboración propia con base en Colin, (1981).

2.1.4.1.2 La estructura del sistema logístico y la cadena de suministro

La estructura por partes del sistema logístico reúne los medios materiales y de gestión de dos subsistemas básicos: la gestión de materiales y la distribución física. Ambos, se traslapan en la fase de producción (almacenes en producción, manejo de materiales y productos semiterminados y embalaje) (Figura 2.1) (Ballou, 1978; House; Karrenbauer, 1978; Campbell, 1978).

Figura 2.1 Estructura del sistema logístico



Fuente: Elaboración propia con base en Ballou; House; Karrenbauer; Campbell, (1978).

En tal sentido, está compuesto por el sistema físico (fuentes de aprovisionamiento de materiales, los almacenes, empresas y clientes) y el sistema informativo que incluye todo el flujo informativo necesario para la planeación y el control del flujo material. Puede decirse entonces, que los componentes físicos involucrados en el sistema logístico son los mercados, las instalaciones y el equipamiento. Adicionalmente a estos componentes físicos que forman parte de la red logística, existen otros dos componentes que completan este sistema (Castro, 2003):

- a. La organización (estructura), necesaria para operar el sistema.
- b. El sistema de dirección, representado por las técnicas de dirección, de la información, el *hardware* y *software* para la recolección, transmisión, almacenamiento, procesamiento y exposición de los datos necesarios para soportar la organización y la configuración física.

Partiendo de estos conceptos, la estructura general de una cadena de suministros queda conformada por los subsistemas de aprovisionamiento, producción, distribución y residual, (Cespón, 2003).

2.1.4.1.3 Actividades clave y de soporte en un sistema logístico

Las actividades clave del sistema logístico son (Tabla 2.3) el servicio al cliente, el transporte, la gestión de inventarios y el procesamiento de pedidos.

Tabla 2.3 Actividades clave

Servicio al cliente	-Determinación de las necesidades y deseos del consumidor -Determinación de la respuesta del cliente al servicio que se le presta -Establecimiento de los niveles de servicio al cliente
Transporte	-Selección del modo y medio de transporte -Consolidación de envíos -Establecimiento de rutas de transporte -Gestión de la flota de vehículos de transporte
Gestión de inventarios	-Políticas de inventarios a nivel de materias primas y productos semiterminados, y a nivel de producción final -Proyección y programas de ventas -Gestión de inventarios en almacenes -Número, tamaño y localización de almacenes -Estrategias de entrada/salida de productos de almacenes
Procesamiento de pedidos	-Procedimiento de interacción entre la gestión de pedidos y la de inventarios -Métodos de transmisión y procesamiento de información sobre pedidos -Reglas para la confección de pedidos

Fuente: Elaboración propia con base en Ballou, (1985).

Las actividades de soporte del sistema logístico se encuentran en las interfaces entre la logística, la producción y la comercialización (Tabla 2.4).

Tabla 2.4 Actividades de soporte

Almacenamiento	-Determinación del espacio de almacenamiento -Diseño de almacén y de los muelles de carga y descarga -Configuración de almacén -Ubicación de los productos en almacén
Manejo de las mercancías	-Selección del equipo -Procedimiento de preparación de pedidos/lotes -Almacenamiento y recuperación de mercancías
Compras	-Selección de las fuentes de suministro -Programación de los requerimientos -Selección de oportunidades de compra
Planificación del producto	-Especificación de materias primas y productos semiterminados -Programación de secuencias de entrega vinculadas a ciclos de producción
Empaque	-Diseño en función al manejo del producto -Almacenamiento -Nivel de protección al producto
Gestión de información	-Recolección, almacenamiento y tratamiento -Análisis de datos Procedimientos de control

Fuente: Elaboración propia con base en Ballou, (1986).

En síntesis son el almacenamiento, el manejo de las mercancías, los procesos de compra, la planificación del producto, el empaque y la gestión de información.

2.1.4.2 Factores que impulsan el desarrollo de la logística

El desarrollo de la logística ha sido impulsado fundamentalmente por cambios en los consumidores, tendencias en procesos y organización de la producción,

evolución en tecnologías de gestión y la dinámica del entorno socio-político-económico (Tabla 2.5).

Tabla 2.5 Factores que impulsan el desarrollo de la logística

CONSUMIDORES	Cambios en la distribución espacial	.Urbanización de la población .Atención a zonas marginadas .Uso del automóvil y mayor movilidad espacial
	Cambios en la actividad	.Mayor propensión a consumir más que a la autosuficiencia .Énfasis en la diversificación (modelo, color, marca, ...) más que en lo genérico
PRODUCCION	Estabilización de los costos de producción	.Maduración tecnológica .Menores incrementos marginales a la productividad de la mano de obra
	Banalización del "know-how" de producción y valorización de la ingeniería de producto	.Más competidores .Más productos intercambiables y/o sustitutos
	Redespliegue especial de la producción y reconstrucción de sistemas productivos	.Desarrollo de firmas multiplanta transnacionales que aprovechan ventajas competitivas locacionales
TECNOLOGIA DE GESTION	Progreso y accesibilidad de/a sistemas informáticos	.Desarrollo de minicomputadoras y PC versátiles y de costo decreciente .Desarrollo de "software" comercial para la gestión de operaciones específicas
	Desarrollo de tele-comunicaciones y medios tele informáticos	.Mayor y nueva oferta de medios de telecomunicaciones (telefonía digital, fax, datos) aunado a mejores y nuevos medios para tratar la información ("scanner", terminales remotas)
DINAMICA DE ENTORNO	Influencia de la experiencia militar	.Herencia de la Segunda Guerra Mundial y la guerra fría, y las numerosas guerras postcoloniales (en particular Vietnam, y los conflictos en Medio Oriente)
	Influencia de los proyectos nacionales	.Conquista del espacio (NASA), aviones supersónicos (Aerospatiale)
	Influencia de nuevas tecnologías	.Desarrollo de centros comerciales en esquemas de magadistribución
	Globalización de la economía mundial	.Acuerdos de libre comercio (CEE) .Derrumbe de bloque socialista .Producción para el mercado mundial
	Nuevos enfoques de atención a problemas	.Ayuda a comunidades afectadas por desastres (terremotos, hambre) .Protección al medio ambiente y monitoreo al cambio global

Fuente: Elaboración propia con base en Ballou, (1986); Jonhson; Wood; (1990).

Los cambios en los consumidores que han generado mayores desafíos logísticos se refieren a cuestiones de distribución espacial y a los patrones de consumo.

La brecha espacial entre producción y consumo que debe resolverse por medio de la logística se ha modificado: por un lado más población es urbana, por otro, frecuentemente la población marginada está en porciones del territorio menos accesibles; sin embargo la movilidad espacial ha aumentado, más medios de transporte acercan más al consumidor al producto (Lambert *et. al.* 1993).

Cambios en la propensión a consumir, prácticamente la eliminación de la autosuficiencia, y el énfasis en la demanda de una canasta diversificada de productos amplían y complejizan los mercados potencialmente atendibles por la firma (*ídem*).

Los consumidores adquieren identidad de clientes y exigen un servicio que se transforma en objetivo logístico (*ídem*).

Por otro lado, la estabilización de los costos de producción (ya sea por maduración tecnológica o por menores incrementos marginales en la productividad de la mano de obra) así como la banalización de la tecnología de producción y la valoración relativa de la ingeniería de producto, enfrentan a la firma a una doble competencia: más competidores y más productos intercambiables o sustitutos. Un impulso inmediato para el desarrollo de la logística deriva de la necesidad de colocar en el mercado más oportunamente y con el menor costo un producto. Más aún, las estrategias de producción, en particular de firmas transnacionales que aprovechan ventajas competitivas de localización, exigen una nueva logística de reconstrucción de sistemas productivos ahora en segmentos espacialmente deslocalizados (Antún, 1994).

El desarrollo de medios de telecomunicaciones e informáticos, la nueva teleinformática, por la mayor y nueva oferta, aunado a mejores y nuevos medios

para tratar la información han generado una nueva tecnología de gestión empresarial. La logística se impulsa, en un nuevo manejo de la información asociada a la mercancía (Antún, 1996).

También la dinámica del entorno sociopolítico-económico ha favorecido el desarrollo de la logística. La influencia de la experiencia militar y de los grandes proyectos tecnológicos se ha transmitido del medio de la defensa y su círculo de proveedores, a todas las firmas. La globalización de la economía y la revelación que toda producción es para un mercado mundial se ha visto acentuada por los acuerdos de libre comercio, nuevos desafíos para una logística de distribución física internacional que debe integrarse en canales de comercialización innovadores, nuevas estrategias de distribución en mercados nuevos impulsan tecnologías logísticas sofisticadas (ídem).

Finalmente Antún (1996), la necesidad de nuevos enfoques a problemas emergentes de impacto mundial como la necesidad de atender a comunidades afectadas por desastres y la protección al medio ambiente y monitoreo al cambio global exigen maneras más eficientes de gestión de flujos de recursos que han favorecido, por transferencia de técnicas, el desarrollo de la logística corporativa.

2.1.4.3 Etapas de la evolución de la logística en la firma

Pueden distinguirse cuatro etapas en la evolución logística en la firma (Tabla 2.6): emergente, formativa, de desarrollo y avanzada.

Tabla 2.6 Etapas de la evolución de la logística en la firma

Etapas	Características
1. Emergente	<ul style="list-style-type: none"> .Identificación de conflictos funcionales en la firma .Estrategias tibias en vistas de centralizar operaciones logísticas
2. Formativa	<ul style="list-style-type: none"> .Consolidación de organizaciones corporativas para la distribución física de productos .Desarrollo de la gestión de aprovisionamiento, a semejanza de las "trading companies"
3. Desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> .Centralización a nivel corporativo y agrupamiento a nivel firma .Internalización de funciones logísticas y externalización de operaciones mediante prestatarios de servicios
4. Avanzada	<ul style="list-style-type: none"> .Integración de la logística a la producción (introducción del tiempo real) .Introducción de medios teleinformáticos para la gestión .Uso de EDI (Intercambio Electrónico de Datos) y sistemas expertos

Fuente: Elaboración propia con base en Arancibia (2015).

La etapa “emergente” se caracteriza por la identificación de conflictos funcionales en la firma (en particular entre producción, finanzas y ventas), y la aparición de estrategias “tibias” en vistas de centralizar operaciones logísticas (en general las de tráfico, transporte y almacenes) (Arancibia, 2015).

En la “etapa formativa” se consolidan la organización corporativa para la distribución física de los productos, y se desarrolla la gestión de aprovisionamiento a semejanza de las compañías comercializadoras (ídem).

Arancibia (2015) estudia la internalización de la función logística y la externalización de operaciones mediante prestatarios de servicios revela una “etapa de desarrollo”: existe una centralización a nivel corporativo y un

agrupamiento a nivel firma, y se descubre la necesidad de una contabilidad analítica de costos logísticos.

En una “etapa avanzada” se integra la logística a la producción, una manera de introducir el “el tiempo real” el mercado y el servicio a clientes en la producción; se incorporan medios tele informáticos para la gestión, se difunde el uso de intercambio electrónico de datos y se explora la aplicación de nuevas técnicas como los sistemas expertos en el manejo de inventarios (Colin, 1981).

2.1.4.4 La influencia de los costos de transacción en la logística y el comercio internacional

Una definición amplia de los costos de comercio es que incluye todos aquellos en los que se incurre para llevar un producto al consumidor final. Otra es aquella que considera el costo marginal de producir determinado bien; es decir, costos de transporte (carga y flete), barreras de acceso a mercados (arancelarias y no arancelarias, costos de información, de cumplimiento de contratos, los derivados de la conversión de divisas, los costos por regulación y los asociados con la distribución interna de los bienes (Velasquéz, 2003).

La otra parte de los costos del comercio se refiere al ambiente de negocios, el cual afecta el desempeño de los negociadores, debido a que les genera ineficiencias. Esto se debe a los obstáculos institucionales (en transporte, regulación y otros como logística e infraestructura), la asimetría en la información y el poder de burocracia a lo largo de la cadena de trámites oficiales requeridos. Estos costos en los que incurren los negociadores implican tiempo y dinero por retrasos, cargos extras y, en general, encarecimiento de las transacciones comerciales (ídem).

Anderson y Van Wincoop (2004), señalan que los instrumentos directos y tradicionales de política comercial (aranceles, cuotas y barreras no arancelarias) son menos importantes que los relativos a los instrumentos y las políticas que

alienten el desarrollo de la infraestructura de transportes, la creación de un marco legal que refuerce los derechos de propiedad y la presencia de instituciones que promueven el libre acceso a la información.

La infraestructura de un país tiene un papel importante en la movilización de su comercio, tema ampliamente tratado en diversos estudios. Por ejemplo, Bougheas, (1999) muestra las circunstancias en las que la infraestructura de transporte afecta el volumen de comercio entre dos países, desde una perspectiva ricardiana. Para Francis y Manchin (2006), los transporte y la infraestructura de comunicaciones, así como la calidad de las instituciones, son factores determinantes, cuya importancia no sólo afecta a los niveles de exportaciones de un país, sino también su probabilidad de referencia de la entrega de bienes en los límites fronterizos de un país y de esta manera reflejan el estado de la infraestructura propia y la de los socios comerciales. Es posible que haya interacciones de las variables asociadas a los costos, lo que puede hacer de ésta una función no lineal.

2.1.5 Logística integral como estrategia empresarial

La logística en su acepción más amplia es la racionalización de la conducción de flujos en la empresa. Éstos incluyen: los flujos físicos de mercancías en la gestión de aprovisionamiento de materiales, de los insumos y partes semiterminadas en el mismo proceso de producción (incluso en procesos cuya división espacial implica multiplicidad de plantas a nivel nacional o transnacional) y de la distribución física de los productos en las áreas de mercado atendidas, los flujos financieros, y los flujos de información. Esta concepción conduce a sofisticados esquemas de organización corporativa, donde la función logística puede alcanzar niveles de Dirección General (Antún, 1994).

La logística puede integrar distribución, producción y aprovisionamiento sincronizando ritmos y flujos; este sistema es conocido como logística integrada, y

es frecuentemente encontrado entre los fabricantes líderes de productos de consumo masivo (Martin, 1999).

Para Martin (1999), la logística integrada es una lógica que guía el proceso de planeación, asignación y control de los recursos humanos, técnicos y financieros para realizar la distribución física de los productos, apoyar el proceso de manufactura y ejecutar las operaciones de aprovisionamiento.

Un sistema logístico eficiente y efectivo permite la especialización del trabajo y la separación geográfica de las zonas de producción y consumo, potenciando la competencia de mercados distantes. Los costos logísticos tienen un efecto profundo en la estructura económica de un país y a nivel mundial. Los avances de la logística han consolidado en diferentes épocas, diferentes divisiones internacionales del trabajo. Así como las regiones de una misma nación se especializan en ciertos productos, también los países se especializan en el marco de una globalización del comercio (Antún, 1996).

Los sistemas logísticos proporcionan el puente entre las áreas de producción y los mercados separados en tiempo y distancia (*ídem*).

La logística tiene una función integradora en la firma; la gente en funciones logísticas está constantemente en contacto con otras áreas funcionales (mercadotecnia, producción, finanzas, contabilidad, investigación y desarrollo) adquiriendo un alto grado de visibilidad en la firma (Martin, 1999).

El puesto de gerente ocupa una posición de alta complejidad y tiene frente a sí un constante desafío. Debe ser tanto experto técnico como un generalista. Es necesario que conozca sobre el mercado de servicios de transporte y la negociación de fletes, el diseño de planta de almacenes, el análisis de inventarios, compras, aspectos de producción entre otras información, pero también que comprenda las relaciones entre las diferentes operaciones logísticas y aquellas

otras de la firma que se vinculan a éstas así como las vinculadas a proveedores y clientes (Prida, 1996).

También, cada vez más el centro de atención de los gerentes de logística se está moviendo más allá de los muros de la firma para integrar los ritmos de los proveedores y de los consumidores (*ídem*).

La logística estratégica está siendo definida como la búsqueda de una ventaja competitiva de la firma a obtener por medio de alianzas con prestatarios de servicios de transporte y logística que permitan satisfacer a menores costos mayores y mejores requerimientos de los clientes ofreciendo nuevos niveles de servicio que faciliten la conservación y la ampliación del mercado que atiende la firma (Martin, 1999).

Como resultado, los Gerentes de Logística están empleando cada vez menos tiempo en relación a las operaciones internas de la compañía, y cada vez dedicándose más a las interfaces con los proveedores y con los consumidores (Kolb, 1972).

2.2 Estrategias logísticas

2.2.1 Tipos de flujo

La empresa es una organización atravesada por un flujo primario integrado por tres componentes: capital, trabajo y tecnología, y uno secundario que son las mercancías como resultado de lo anterior. Adicionalmente, el mecanismo de control de la organización se articula sobre un flujo de información (Restrepo *et. al.* 2010).

Los flujos primarios y secundarios se asocian a direcciones funcionales de la organización corporativa: Finanzas, Personal, etc. Las fases de la actividad de la empresa-gestión de materiales o aprovisionamiento, producción y distribución física son divisiones de actividades operacionales sobre esos flujos (*ídem*).

Un flujo, al atravesar una fase, determina un conjunto de actividades operacionales. La logística incluye al control de flujos. No todas las organizaciones corporativas otorgan la misma posición funcional a la logística, sin embargo todas asumen que la logística es responsable del control de flujos de mercancías, que muchas veces se denomina flujo físico (Ballou, 2004).

Así, la logística integra el control de los flujos físicos en la empresa en los subsistemas: aprovisionamiento, producción y distribución física (Tabla 2.7) (Kolb, 1972).

Tabla 2.7 Control de flujos

FLUJO	CAPITAL	TRABAJO	TECNOLOGIA	MERCANCIAS	INFORMACION
FASE GESTION DE MATERIALES	Encontrar los recursos	Reclutar y transportar al personal	Adquirir el "saber hacer"	Adquirir, transportar y almacenar materias primas	Mercado de materiales
PRODUCCION	Asignar los recursos	Capacitar al personal	Innovar y desarrollar nuevas tecnologías	Transformación y circulación de productos semiterminados	Programación y control de la producción y calidad
DISTRIBUCION FISICA	Repartir las disponibilidades financieras	Asignar y conducir al personal	Puesta en práctica de tecnologías	Distribución, (transporte y almacenamiento y venta de productos semiterminados)	Mercado de productos terminados y servicios al cliente

Fuente: Elaboración propia con base en Kolb, (1972).

2.2.2 La función logística en la empresa

Las empresas tradicionales tienen una organización corporativa donde las funciones logísticas están descentralizadas, no hay una dirección funcional de logística, y dispersas, funciones individuales que operan separadamente, y no hay una coordinación por productos o divisiones de productos, salvo algún enlace a

nivel “*staff*”⁵ (Kolb, 1971). Esto genera consecuencias del débil control sobre la circulación como:

- a. Un aumento excesivo de los inventarios en los depósitos regionales, por no satisfacer plenamente la demanda.
- b. Las compras mal programadas de transporte y de almacenamiento y,
- c. La ausencia de coordinación entre la producción y los inventarios de productos terminados.

Unas estrategias corporativas para mejorar los métodos de explotación y organización del sistema logístico consisten en:

- a. Formular una estrategia global de logística.
- b. Desarrollar métodos y procedimientos de gestión de actividades operacionales de logística.
- c. Planificar la puesta en marcha del sistema logístico.
- d. Realizar previsiones de cambios internos y externos, estableciendo pautas de la dinámica del sistema logístico (Kolb, 1972; Heskett, 1977).

A nivel operativo, la evolución de la posición de la función logística en la estructura de la empresa parte del establecimiento de un departamento autónomo de transportes responsable de los medios de transporte y su aplicación, que a veces extiende su actividad al conjunto de movimientos: (aprovisionamientos, transferencias entre fábricas, entregas a los depósitos y a los clientes), pasando por el establecimiento de transportes y almacenes hasta la distribución física.

⁵ Por *staff* se entiende como aquel conjunto de personas bajo el mando de la dirección de la empresa que tienen como función coordinar alguna actividad.

2.2.3 Internacionalización de funciones logísticas y externalización

Las empresas comerciales dedicadas a la distribución consolidan el desarrollo de funciones corporativas ligadas a la circulación de mercancías, particularmente la función logística, entendida como el dominio de la circulación física. El concepto de dominio (Colin, 1981) es económico.

La empresa domina la circulación de los flujos físicos involucrando ritmos, magnitud de flujos y sus características cualitativas, incluso si algunas operaciones de explotación en la cadena logística son delegadas a prestatarios. En realización de las operaciones, por cuenta propia o delegadas, el dominio de la circulación se manifiesta en el control, que es un concepto de la gestión (*ídem*).

La función logística asegura el control de las operaciones que concurren a la circulación de la mercancía, sin que necesariamente ella la ejecute, por medio del procesamiento de la información asociada a la mercancía circulante (Chopral *et al.* 2008).

La delegación de la ejecución de operaciones a prestatarios permite realizar un conjunto de economías a la empresa (*ídem*):

- a. Economía en inversiones especializadas y periféricas (equipos de transporte y para el manejo de carga, depósitos, etc.) en relación con su objetivo principal ya sea la producción o la comercialización.
- b. Economías de competencia (en vez de tomar a cargo las operaciones, se selecciona el mejor prestatario).
- c. Economías de costos logísticos (los prestatarios más desarrollados integran cadenas de transporte en cadenas logísticas de diferentes clientes, reduciendo componentes de costos en éstas, por economías de escala).
- d. Mejor conocimiento de costos logísticos.

- e. Mayor flexibilidad para el cambio de estrategias logísticas
- f. Mejor acceso a nuevas áreas de mercado.

A pesar de las ventajas mencionadas anteriormente existen muchas barreras o frenos en las empresas que hacen difícil la externalización (Colin, 1981):

- a. Freno estratégico: cautela o desconfianza de las empresas a delegar la interfase producción- distribución física;
- b. Freno comercial: asociado a la identificación de los medios de transporte y los logísticos;
- c. Freno sindical: obstáculos puestos por los sindicatos a la disminución de actividades a cargo de la empresa;
- d. Freno financiero: inercia de las inversiones anteriores en medios materiales;
- e. Freno de la oferta: oferta restringida o poco adecuada de prestatarios sobre el mercado o de deficiencia transparencia.

2.2.4 Logística: Estrategias industriales y comerciales

2.2.4.1 La logística como componente esencial de estrategias industriales

Las estrategias industriales de racionalización del proceso de producción conducen a decisiones respecto a (Antún, 1994):

- a. El nivel de concentración espacial.
- b. El grado de especialización técnica.
- c. La intensidad de utilización del factor trabajo.

Como estas estrategias inducen ciertas características a la circulación y, en particular, definen ciertos parámetros de la circulación física, su formulación requiere de consideraciones logísticas.

Las consideraciones logísticas para formular estrategias industriales pueden derivarse según dos enfoques (Colin, 1981):

- a) Enfoque *a posteriori*: formuladas las líneas generales de la estrategia industrial, se diseña el apoyo logístico que permita su implantación.
- b) Enfoque *a priori*: el diseño potencial de cadenas logísticas es incorporado desde el inicio en la formulación de estrategias industriales.

2.2.4.2 Logística y estrategias comerciales

Las estrategias comerciales no se disocian de las industriales, sólo tienen una lógica propia. La distribución física juega el papel de interfase entre la producción y el mercado asegura el flujo de mercancía-producto hacia el mercado, facilita la transparencia de la situación del mercado al subsistema de información y optimiza los ritmos de producción versus los costos de capital en inventarios.

Como la lógica industrial induce a una producción concentrada, la función logística es esencial a la estrategia comercial para expandir el segmento del mercado atendido, tanto a nivel nacional, como internacional. En el primero, su manifestación más evidente son las zonas comerciales en que se recorta el territorio de referencia del mercado; en el segundo, la importancia de los consorcios de exportación, esencialmente prestadores de servicios logísticos con marcado énfasis en mercadotecnia.

2.2.5 Estrategias de aprovisionamiento de materiales

El enfoque tradicional de aprovisionamientos puede caracterizarse por una relación entre proveedor y cliente, marcada por una fuerte competencia entre ambas partes. Esta confrontación es estimulada por la tendencia de aprovisionamientos hacia la reducción de los precios a corto plazo y se pone en práctica por las políticas de negociación, donde calidad, plazo de entrega y

especificaciones de diseño, actúan como restricciones impuestas por el usuario y se transmiten al proveedor con el filtro de la negociación entre comprador y vendedor, los cuales actúan como meros intermediarios (Cespón, 2003).

Es indudable que la nueva concepción del sistema logístico como cadena integrada de suministros, hace necesario que proveedores y clientes comiencen a reconocer las oportunidades de obtener ventajas mutuas que pueden derivarse de compartir información acerca de las necesidades de materiales de una manera continua y leal.

Las empresas modernas emplean estrategias logísticas de aprovisionamiento de materiales como un enfoque global del proceso de compras para obtener estas ventajas mutuas (Tabla 2.8).

Tabla 2.8 Control de flujos para distribución y aprovisionamiento

Problemática	Interacciones entre
Localización	Políticas de "sourcing" y factibilidad de implementar cadenas de aprovisionamiento eficaces y eficientes
Precio	Prácticas de transporte, ritmo de la demanda de requerimientos para la producción y tamaño de lotes aceptados/"recibidos" de proveedores
Modo de transporte	Confiabilidad de proveedores, nivel de capital máximo a comprometer en inventarios y requerimientos de producción

Fuente: Elaboración propia con base en Johnson; Wood, (1990).

La función logística corporativa en aprovisionamiento integra el procesamiento de requerimientos de producción, la gestión de inventarios y almacenes de materias primas y productos semiterminados, la gestión de tráfico y transporte y el servicio a la producción. En casos recientes se adiciona el control y la facturación de

proveedores según entregas diarias en estaciones “*kanban*”⁶ de la línea de producción.

Por otro lado la función de compras en aprovisionamiento en vinculación con producción realiza estudios de fuentes alternativas para la procuración de materias prima y productos semiterminados “*sourcing*”⁷, planifica las compras, desarrolla proveedores y establece un programa de entregas con cada uno de estos (Murray y Kotabe, 1999).

2.2.6 Estrategias de distribución física

La organización conducente (Gelman; Negroe, 1982) del subsistema de distribución física, debe desempeñar las siguientes funciones (Magee, 1967):

- a. Diseño y desarrollo del subsistema (cambios tecnológicos en acceso, control y procesamiento de información, en embalajes y medios para el manejo de productos, cambios en línea de productos, en política de organización y mercados),
- b. Formulación de políticas de distribución física (políticas de venta, servicio a clientes, inversiones financieras en inventarios, línea de productos y selección de prestatarios),
- c. Administración del subsistema (transporte y tráfico, control de inventarios, gestión de prestatarios, operación de depósitos, recepción y expedición, procesamiento de pedidos, atención de clientes, procesamiento de la coordinación con otras funciones,
- d. Relaciones públicas y representación de funciones.

⁶ El Kanban es un sistema de trabajo *just in time*, lo que significa que evita sobrantes innecesarios de stock, que en la gestión de proyectos multimedia equivale a la inversión innecesaria de tiempo y esfuerzo en lo que no se necesita (o simplemente es menos prioritario) y evita sobrecargar al equipo (Anderson, 2010).

⁷ El *sourcing* internacional se refiere generalmente a las decisiones que determinan qué unidades de producción servirán para mercados particulares y cómo determinados bienes, servicios o componentes serán adquiridos (Murray y Kotabe, 1999).

2.2.6.1 Valor agregado con la logística de distribución

La logística de distribución provee un valor agregado derivado de los servicios extra vinculados al manejo de la información asociada a la mercancía que son de utilidad para los diferentes agentes en el canal de comercialización.

Los servicios extra de mayor interés son (Ball, 1980):

- a. La colocación de etiquetas con código de barras tanto en las cajas de lotes de producto como en el empaque de presentación al consumidor, facilitando la gestión de inventarios del distribuidor comercial y la facturación al cliente final.
- b. Consolidar la canasta de productos en el lote de entrega según la secuencia en que el agente de distribución los utiliza o le resulta más útil des consolidarlo reduciendo costos de manejo de mercancía y de riesgos del manipuleo.
- c. Facilitar el acceso a un sistema de información sobre el estado de pedidos, su procesamiento y oportunidad prevista de entrega “*status*”⁸ que apoya de manera rápida y precisa el proceso de decisión de los distribuidores para alcanzar un nivel adecuado del servicio de atención al cliente.

2.2.7 Justo a Tiempo: Un concepto total

Justo a Tiempo (JIT) es un concepto total que modifica la gestión de los flujos que atraviesa la empresa (Farrero, C.; Cabañero C.; y Núñez, A., 2002).

La innovación radica en la idea central que los flujos físicos son generados por el mercado, y que deben ser controlados por éste.

⁸ El status de un pedido permite darle seguimiento a éste y saber la ubicación exacta de donde se encuentra.

Inicialmente “*just in time*” se restringía a una manera de organizar la gestión de insumos para la producción. El énfasis es puesto en que el flujo de insumos para la producción debe regularse tal que aquellos estén exactamente en la oportunidad en que se requieran para ésta. Esto exige flexibilizar los métodos de transporte: hacer entregas más frecuentes, menos masivas, secuenciadas según la programación en tiempo real de la producción, especializar a los transportistas para acondicionar insumos en la manera en que serán requeridos en la línea de producción, automatizar las descargas, multiplicar los puntos de descarga hacia el punto de la línea de producción (*ídem*).

También un cambio en la relación con los proveedores, cuyo personal estará ahora vinculado a la gente de la línea de producción, y quienes recibirán pagos en la medida que sus materiales sean efectivamente incorporados al producto al final de un turno de trabajo, lo cual exige un cambio radical en la facturación (*ídem*).

De acuerdo a Ferrero *et. al.* (2002), la filosofía justo a tiempo se ha extendido a distribución física, y en particular en la logística del comercio exterior, donde cada vez se reconoce más que la competitividad de un producto en un mercado está definida por la oportunidad en tiempo y en lugar en que se coloca en él.

Más aún, el enfoque justo a tiempo ha facilitado que la logística se conciba como la maniobra estratégica corporativa para introducir el tiempo real en la producción. Los sistemas integrados de administración de ventas permiten programar la distribución de producto, la producción y el aprovisionamiento de insumos con base en previsiones reales derivadas de ventas consuma antes de que el lote de producto esté aún disponible. Se habla entonces de justo a tiempo total, cero inventarios o de “flujos tensos” (Johnson; Wood, 1990).

2.3 Componentes de la cadena logística y la cadena de transporte

La distribución física de los productos y la gestión de aprovisionamiento de materiales, definen eslabones de la cadena logística, en las siguientes secciones se mencionan los más importantes; como lo son los sistemas de transporte, los sistemas de inventarios y embalaje.

2.3.1 Relación entre cadena logística y cadena de transporte

La función logística de la empresa realiza la concepción de la circulación y establece un sistema de información que le permite organizar la cadena logística como instrumentos de fragmentación y recomposición del proceso de transportación/circulación de la mercancía en diferentes fases técnicas. Éstas quedan a cargo de operadores por cuenta propia o por subcontratación de terceros según estrictas normas y procedimientos (Hay, 1989).

Conforme se desarrolla la oferta de transporte, las empresas externalizan sus operaciones a través prestadores que estructuran cadenas de transporte para satisfacer las necesidades del cliente, hasta obtener un punto óptimo el cual se inserta en las cadenas logísticas (Tabla 2.9).

Tabla 2.9 Relación entre cadena logística y cadena de transporte

Cadena logística	Cadena de transporte
<p>Concepción de la circulación</p> <p>Instrumento de fragmentación y recomposición de la gestión del proceso de transformación/ circulación de la mercancía en diferentes fases técnicas confiadas a operadores (por cuenta propia o por subcontratación). Obedece a una lógica de circulación del conjunto, la cual determina las modalidades de explotación propias de cada operador.</p> <p>Privilegia las actividades de concepción y gestión de actividades delegadas.</p> <p>Dispone de medios organizacionales importantes cuyo campo de intervención es la información la cual permite regular el flujo de mercancías.</p>	<p>Realización de la transferencia física</p> <p>Reagrupamiento de varias fases técnicas asociadas a la transferencia física en una operación de prestación extendida (transporte + manejo de carga + acondicionamiento + gestión de inventarios, etc.). El operador de la estructura adquiere una autonomía relativa, economías de escala y de especialización, y diversificación potencial de la clientela; puede integrarse en una o varias cadenas logísticas de diferentes clientes.</p> <p>Ejecuta tareas diversificadas de explotación</p> <p>Utiliza medios físicos importantes; flota de vehículos frecuentemente equipados de radio- teléfonos, depósitos, equipo de maniobras y manejo de cargas, etc.</p>

Fuente: Elaboración propia, (2015).

2.4 Sistemas de transporte

2.4.1 Transporte y sistema logístico

Los sistemas de transporte materializan el desplazamiento físico concebido en las cadenas logísticas de aprovisionamiento, reconstrucción de la producción y distribución física de los productos de las empresas (Garrido, 2001).

Las facilidades de transporte permiten establecer cadenas de transporte modales, intermodales y multimodales. Las cambiantes características de la oferta, y en particular de la calidad de servicio, exigen un proceso continuo de toma de decisiones en la gestión del tráfico en sistemas logísticos (ídem).

Los costos del transporte afectan directamente la localización de las plantas de producción, los almacenes, los puntos de aprovisionamiento de materiales y productos intermedios, los puntos de venta del producto y acceso de los consumidores (Hummels, 1999).

Así mismo el autor menciona que la disponibilidad del transporte y su costo definen la factibilidad económica de diseñar y operar cadenas de transporte, relativizando el costo de los factores de producción, facilitando el redespliegue espacial de segmentos del proceso productivo, permitiendo a la firma aprovechar ventajas comparativas de un territorio y ganar ventajas competitivas en relación a otras empresas.

Esto con el fin de sostener que los requerimientos de inventario están influenciados por el modo de transporte utilizado; sistemas de transporte más veloces y más caros se asocian a “stocks” más pequeños. Sería imposible diseñar sistemas logísticos integrados justo-a-tiempo sin el progreso técnico en el transporte.

El empaque y el embalaje, y en menor medida el envase mismo del producto, están determinados por la cadena de transporte en la que se introduce para su distribución física. El uso de paletas, reciclables o desechables, la adopción de contenedores, el empleo de acondicionantes especiales {film de polietileno de alta densidad, cojines de amortiguamiento inflables, etc.} se asocia al desempeño de los modos de transporte que integran la cadena (Limao et. al. 2001).

Según el tipo de transporte que se asigne a la planta de manufactura se definirá procedimientos y se diseñarán equipos específicos para el manejo tanto de los materiales y partes semiterminadas como del producto: ductos, tolvas y bandas transportadoras para el manejo a granel, muelles de descarga y carga para determinado tipo de vehículos (*ídem*).

Por otro lado en su análisis de costos, las metas del servicio al cliente influyen sobre las políticas de selección del modo de transporte, según situaciones de inventarios en diferentes puntos de venta, según tipo de productos y según la categoría de los clientes.

Finalmente, el autor analiza el nivel de integración en la firma del sistema de información asociado a flujos de materiales y productos mejor podrán utilizarse las facilidades de transporte. Por ejemplo, si la metodología de procesamiento de pedidos promueve la integración de unidades de carga óptima para los vehículos adoptados, la empresa podría obtener la ventaja de descuentos por volumen otorgados por transportistas y menores costos unitarios de transporte.

2.4.2 Servicios de transporte

Las características y el nivel de calidad de los servicios de transporte modales, y de la coordinación intermodal/multimodal son claves para definir políticas de gestión de tráfico (Bougeas, 1999).

Unos de los aspectos más relevantes que la función logística debe monitorear es la evolución tecnológica de los servicios (*ídem*).

La desreglamentación del transporte facilita una oferta más competitiva (Antún, 1991) que se revela con un mejor cubrimiento del territorio con rutas alternativas, una diversificación de prestatarios y en particular el acceso de éstos a nuevas regiones, una mayor significación del servicio al cliente y nuevas maneras de comercialización de los servicios con descuentos por volumen y por frecuencias pre-programadas.

Las mejores técnicas en los medios materiales de la producción del transporte como el diseño de los vehículos, la suspensión con gas y los sistemas de frenos computarizados permiten nuevos diseños de empaque y embalajes así como redimensionar los lotes de reposición de almacenes y de entrega a clientes finales.

También el uso de computadores a bordo para mejorar la gestión de la operación de la flota de vehículos permite integrar aún más los sistemas de información logísticos con terminales en las oficinas de los usuarios, para un mejor seguimiento del flujo físico de materiales y producto (Casas, 1990).

Cada vez más, y en particular en el comercio internacional, las cadenas de transporte tienen una concepción intermodal/multimodal (ídem).

Conviene señalar que el desarrollo a escala mundial de “*freight-forwarders*” (agentes de carga y embarque), la mayor presencia a nivel doméstico de agentes de tráfico para la organización de cadenas intermodales (como los agentes de tráfico para el manejo de flujos de contenedores y trailers vacíos) y las prácticas de facturación única integrada de diferentes servicios donde se aplican numerosos tipos de descuentos atractivos (por volumen y frecuencia con base en servicios sobre un periodo de tiempo determinado a partir de un origen) han sido factores claves de impulso a la intermodalidad (Markides et. al. 2006).

Finalmente, conviene recordar que los servicios de paquetería en sus diferentes modalidades son un recurso de interés para la logística de las empresas. hasta hace poco estos servicios solo se consideraban para enfrentar situaciones de emergencia (ruptura de inventarios de seguridad, atención de clientes con compras esporádicas y con accesibilidad física restringida, manejo de devoluciones, servicio de garantía), sin embargo, son cada vez más utilizados en logística de distribución (ITM, 1994).

El servicio postal de paquetería tiene la ventaja de tarifas bajas a pesar de las limitaciones a dimensiones y peso y la carencia de recolección. Los diferentes servicios de mensajería acelerada (incluso “EMS” –*Express Mail Service*- de gran número de servicios postales nacionales) son ahora muy competitivos por la estructura de aplicación de tarifas y la recolección y distribución garantizada en periodos de tiempo prefijados. También los servicios de paquetería por autobús,

aunque las tarifas son homogéneas por peso y algo caras, han alcanzado un nicho no despreciable del mercado (*ídem*).

2.4.3 Integración de las cadenas de transporte

Los transportes se organizan para asegurar los desplazamientos físicos de bienes en las diferentes fases de actividad de la empresa –aprovisionamiento, producción y distribución–: el envío de materias primas desde los proveedores hasta las unidades de producción, las transferencias de productos semiterminados entre fábricas, y el envío de producto terminado desde éstas hasta los depósitos, o directamente a los clientes, y las entregas de los depósitos a los clientes (Wang et. al. 2004).

Cada desplazamiento físico se organiza en una cadena logística, la que estructura una cadena de transporte.

Cadena Logística (Antún, 1993).

- a. Una cadena logística⁹ se define con base en un conjunto de parámetros, pareas y medios de intervención. Los principales parámetros logísticos son:
- b. Los puntos del espacio entre los que debe realizarse el desplazamiento, y la distancia entre ellos;
- c. El volumen y el peso de los bienes a transportar en un periodo normalizado;
- d. La naturaleza de los bienes y las características del embalaje;
- e. El lote de las expediciones
- f. El plazo admisible de envíos, y la duración de la realización del desplazamiento, según diferentes alternativas técnicas;

⁹ La cadena logística se basa en la planificación y control de los bienes que se envían a los clientes, cumpliendo con la cantidad, la calidad y el tiempo concertado previamente. Para ello la cadena logística se centra en la organización del transporte necesario para cumplir con las entregas de los productos producidos en la fábrica hasta el cliente final (ICIL, 2017). En: www.icil.org

- g. Las restricciones de otras componentes de la red logística (número, capacidad y localización de los depósitos; ritmo y tamaño de las series de producción, etc.);
- h. La infraestructura de transportes existente, y su posible adecuación;
- i. La disponibilidad de prestadores de servicios de transporte y conexos (servicios de tráfico, seguros, agentes de aduanas, etc.);
- j. El precio del flete y el costo total de la cadena según diferentes alternativas.

Áreas y parámetros de intervención logística

Las principales áreas de intervención logística son (*ídem*):

1. La gestión del parque de vehículos, cuando se trata de transporte por cuenta propia;
2. La selección de prestatarios de servicios de transporte y conexos, y la determinación de la naturaleza de los contratos;
3. La programación de los transportes en los límites impuestos por los otros programas de actividad de la empresa;
4. El control de la ejecución de los movimientos.

Esa intervención se realiza a través de medios (*ídem*):

1. Los contratos con prestatarios;
2. Los métodos y procedimientos de gestión del parque propio (circuitos, frecuencias, etc.);
3. El programa de transportes;
4. Los mecanismos de control y seguimiento de movimientos (en general un sistema formalizado de información, muchas veces estructurado con “mecanismos informales”; por ejemplo: enlaces telefónicos entre estaciones de ferrocarril o estaciones de reaprovisionamiento para autotransporte).

Cadena de Transporte

El transporte es el responsable de mover los productos terminados, materias primas e insumos, entre empresas y clientes que se encuentran dispersos geográficamente, y agrega valor a los productos transportados cuando estos son entregados a tiempo, sin daños y en las cantidades requeridas. Igualmente el transporte es uno de los puntos clave en la satisfacción del cliente. Sin embargo, es uno de los costos logísticos más elevados y constituye una proporción representativa de los precios de los productos. Los costos asociados con el transporte son altamente representativos en la cadena de abastecimiento y están involucrados directamente con la relación que se tiene con proveedores, clientes y competidores (Acosta, 2004).

Cada cadena logística –por ejemplo la distribución física de una división de productos- estructura una cadena de transporte; ésta puede visualizarse como la materialización de los desplazamientos físicos implícitos en la cadena logística.

Los principales parámetros de la cadena de transporte son (IMT, 1994):

- a. Puntos de expedición y recepción;
- b. Dirección de flujos de bienes;
- c. Equipo para el manejo de carga en puntos de expedición y recepción;
- d. Empleo de infraestructura de transporte modal en una perspectiva intermodal/multimodal;
- e. Identificación y operación de rupturas de tracción y de carga;
- f. Unidades de carga;
- g. Características del acondicionamiento de la unidad de carga;
- h. Medios de información para el control y seguimiento de desplazamientos.

Prácticas logísticas corporativas

La situación de inestabilidad y las dificultades que atraviesan a diario las empresas que deben enfrentarse a un mercado global cada vez más competitivo, indica la necesidad de cambios estructurales profundos para revertir esta situación. Entre estos cambios estructurales, las mejoras en las prácticas logísticas y de gestión de cadenas de suministro han sido medidas reconocidas como factores clave para mejorar la competitividad de los países (Díaz, 2008).

La gestión eficaz de esta área y su mejora continua tiene una repercusión directa tanto en la calidad del servicio como en los costos asociados al producto. Es aquí donde la empresa despliega valor añadido y obtiene una ventaja competitiva y diferencial que lo posiciona en el mercado (*ídem*).

Al considerar la logística y gestión de la cadena de suministro como factores clave para obtener una ventaja competitiva en el mercado, se pueden encontrar diversas vías a partir de las cuales puede conseguirse dicho objetivo (Auramo, 2005):

- a. Bajo costo. A través de una gestión más eficiente se puede incrementar la participación en el mercado o mejorar la rentabilidad. Esta estrategia es importante en empresas con poca diferenciación entre productos (por ejemplo la industria química o de papel). Los costes logísticos pueden superar el 15% del coste de los productos vendidos.
- b. Mejor servicio al consumidor. Las medidas incluyen ciclos de pedido cortos y disponibilidad de stock, precisión en los pedidos y facturación, acceso a la información del estado de los pedidos, habilidad para responder a las inconformidades de los consumidores, entre otras.

- c. Servicios de valor agregado. Esto significa proporcionar actividades tales como fijación de precio y etiquetado de productos, pallets con diversos productos, hacer viajes de última hora, entrega directa a las empresas, arreglos para aprovisionamiento continuo o rápido y proporcionar entrenamiento y software a los consumidores.
- d. Flexibilidad. El sistema puede ser lo suficientemente flexible para personalizar el servicio y el coste ofrecido para cumplir con las necesidades de los diferentes segmentos de consumidores o de los consumidores de forma individual.
- e. Innovación. La empresa debe poseer varias características importantes: tiene que tener la capacidad de aprender del cambio, sistemas de información flexibles que puedan adaptarse a las nuevas formas del negocio, la visión de reconocerla necesidad del cambio y la dirección que éste debe tomar y el liderazgo para dirigir este cambio.

Se entiende por práctica logística corporativa la modalidad en que se estructuran las cadenas logísticas, y por ende las de transporte, en una empresa determinada; es decir “la manera como se realizan en la empresa las actividades asociadas al transporte” (IMT, 1994).

Las componentes de mayor interés en las prácticas logísticas corporativas en relación al transporte son (Wang et. al. 2004):

- a. La posición de la actividad de transporte en la función logística;
- b. La significación relativa al transporte realizado por medios propios respecto al potencial empleo de medios de terceros;
- c. La evaluación de la oferta de medios de transporte de terceros y su adecuación a las necesidades de la empresa;
- d. La selección y combinación de modos técnicos;

e. Las formas de gestión de medios propios y los de prestatarios.

2.5 Sistema de inventarios

El objetivo fundamental de la gestión de inventarios es asegurar la disposición de los materiales, en las mejores condiciones económicas, para satisfacer las necesidades de la demanda (Voss, 2005).

2.5.1 Conceptos básicos

Un inventario de producto, incluyendo de manera genérica también a los materiales, es un conjunto de estos que se conserva para revender a otros, utilizarlos en proceso de manufactura o para el mantenimiento de equipo existente. Existen inventarios desde materia prima, productos en proceso y productos terminados (Hernández, 2010).

La cuestión más importante vinculada a los inventarios es su costo. Si bien los inventarios se contabilizan en el haber de una empresa, un incremento en ellos no es deseable. No es conveniente que una forma fabrique más de lo que puede vender, al costo del capital en los productos aún no vendidos debe agregarse el riesgo comercial de no venderlos (Antún, 1993).

Solamente pueden mantenerse bajos los costos de inventarios si los inventarios son extremadamente bajos. Obviamente una ruptura de inventarios, es decir que no esté disponible un producto, cualquiera sea el sistema de inventarios utilizado, vinculado a la producción o a la distribución física, tiene un costo (*ídem*).

Es necesario un adecuado balance entre la necesidad de inventarios y el costo de mantenerlos. Como un inventario siempre implica costos, los compradores y

distribuidores minoritas prefieren hacer comprar pequeñas y ser atendidos con ciclos de pedidos frecuentes y entregas rápidas. Los fabricantes por su parte buscan transferir sus inventarios de producto final a los distribuidores aunque ellos sean pequeños gracias a un adecuado seguimiento de la producción al comportamiento del mercado. Los transportistas prefieren operar unidades de carga completas, evitando consolidación, a intervalos fijos incluso con horarios fijos sobre un programa semanal. Todos estos conflictos de intereses son resueltos por una gerencia logística junto con otras áreas mediante un adecuado balance en la transferencia de inventarios y riesgos comerciales (*ídem*).

La determinación de niveles de inventarios que debe mantener la firma, ya sea en aprovisionamiento de materiales como en la cadena de distribución de producto, se asocia a la manera en que se realiza la gestión de flujos físicos, el tipo de contratos con proveedores y distribuidores y los costos aceptados para cumplir niveles de servicio a la producción y a los clientes (Ballou, 2004).

2.5.2 Costos de inventarios

Para cada empresa, para cada producto o línea de producto, los costos de inventarios varían; en todos los casos los costos son importantes.

Hay diferentes tipos de costos: los de mantener los inventarios y los de ruptura de inventarios (Johnson; Wood, 1990).

Costo de mantener inventarios: derivados de los costos de almacenes, costos de seguros, costos comerciales y costos de capital.

Costos de ruptura de inventarios: No sólo es costoso mantener altos niveles de inventarios sino también fijarlos tan bajos que pueda haber una ruptura y no poder satisfacer los requerimientos del cliente.

La determinación del costo de la ruptura de inventario de un producto es difícil aunque siempre debe realizarse una estimación lo más aproximada a la realidad.

Para establecer el costo de la ruptura de inventario es necesario conocer el comportamiento del consumidor (Johnson; Wood, 1990):

- a. En el caso 1, simplemente hay una venta que se atrasa.
- b. En el caso 2, hay incertidumbre si el consumidor regresará.
- c. En el caso 3 y 4, hay venta de un sustituto del producto deseado por el cliente.
- d. En el caso 5, el consumidor permanece leal.
- e. En el caso 6, la venta y el cliente pueden haberse perdido.

2.5.3 Inventarios de seguridad

Para prevenir rupturas de inventarios las firmas establecen un inventario de seguridad para cada producto (IMT, 1994).

Los procedimientos para establecerlos están vinculados al nivel de servicio al cliente adoptado y a la confiabilidad del servicio de transporte de distribución y aprovisionamiento (*ídem*).

En la práctica es frecuente el empleo de un análisis sencillo de costos y beneficios marginales para ajustar el nivel de inventarios de seguridad, que se vincula a un análisis de marketing y al seguimiento del comportamiento de los consumidores (Gill; Sutherland, 1985).

Si previamente se ha determinado el costo para la empresa de una ruptura de “stocks” y se ha registrado el número de pedidos de los clientes no servidos puede analizarse para cada incremento de nivel de inventarios de seguridad, la fracción de costos de ruptura de inventarios que se evitan (*ídem*).

2.5.4 Gestión de inventarios

La gestión de inventarios es un punto determinante en el manejo estratégico de toda organización. Las tareas correspondientes a la gestión de un inventario se relacionan con la determinación de los métodos de registro, los puntos de rotación, las formas de clasificación y los modelos de reinventario, determinados por los métodos de control (Bastidas, 2010).

Para la gestión de flujos de inventario existen sistemas más o menos tradicionales, con alguna sofisticación en los umbrales y lotes de reposición, y sistemas justo a tiempo y *kanban* (Jackson, 1983).

En todos los casos es necesario monitorear el nivel de los inventarios, contrastar las existencias reales con niveles de inventario establecidos para reaprovisionamiento y de seguridad, y lanzar órdenes de reaprovisionamiento con procedimientos normales y de emergencia (Ballou, 2004).

En estos procedimientos se establecen períodos del día/semana/mes en que debe reportarse la orden al proveedor, alistar al transportista y garantizar los recursos para la descarga en almacenes (*ídem*).

Así mismo el autor estudia las diferencias entre los procedimientos normales y de emergencia estriban en el tamaño del lote de reaprovisionamiento, el modo de

transporte utilizado, los canales de procesamiento de la orden en el proveedor, el acondicionamiento del lote y el conjunto de agentes de prestaciones logísticas involucrados.

2.5.5 Almacenes y centros de distribución

En el enfoque tradicional de logística corporativa el papel de los centros de distribución y almacenes se reducía a recibir el producto, transferirlo a los sitios de almacenaje, custodiarlo, seleccionarlo, integrar lotes y expedirlos. Actualmente sus actividades se han extendido por las crecientes interdependencias con otras áreas logísticas y con otras áreas de la empresa, proveedores y clientes; es frecuente encontrar funciones de mercadotecnia, servicio a clientes, control de calidad, gestión de flotas de transporte entre otras (Soret, 2006).

Los almacenes se usan para acondicionar inventarios según diferentes períodos de tiempo, en el flujo de insumos para la producción, entre puntos de producción, y entre producción y distribución final (Gardner, 1985).

Si bien un centro de distribución es un almacén, frecuentemente se denomina así a los almacenes donde el énfasis se pone en un rápido movimiento de productos ya sea hacia otros distribuidores comerciales como hacia consumidores finales (*ídem*).

Las funciones sobre un inventario en un canal de comercialización son: almacenamiento, transferencia, manipuleo, comunicación y acoplamiento (Soret, 2006).

Esencialmente la función de acoplamiento entre producción y consumidores es realizada en un almacén o centro de distribución; obviamente en todos los componentes del sistema logístico se activan las otras funciones (*ídem*).

2.6 Envase, empaque y embalaje

2.6.1 Función del envase, empaque y embalaje

Cada producto tiene propiedades físicas, comportamientos químicos e incluso biológicos que deben ser respetados en su presentación al consumidor y en su introducción en cadenas logísticas de distribución, en particular en los procesos de almacenamiento y transporte (Chopra, 2008).

Los productos si bien son comercializados por unidad con el consumidor final, pueden ser comercializados con base en lotes con distribuidores mayoristas y minoristas (Ballou, 2004).

Existen productos que son manipulados a granel en flujos más o menos continuos durante toda la cadena de distribución. También se verifica la situación de productos que son distribuidos a granel y/o semigranel hasta los distribuidores comerciales, donde son fraccionados y empacados por estos para su comercialización con el consumidor final (*ídem*).

Pueden distinguirse tres elementos de protección del producto:

- El envase, que presenta al consumidor el producto

- El empaque, que integra lotes comerciales de producto envasado
- El embalaje, que forma parte de los envases y los empaques, y que también permite acondicionar lotes de producto empacado en unidades de carga para su transporte y en fracciones de ésta utilizadas en almacenamiento.

La función principal del envase, empaque y embalaje es la protección del producto. Sin embargo cada uno tiene funciones específicas (Tablas 2.10, 2.11 y 2.12).

Tabla 2.10 Funciones del envase

1.	Proteger el producto y sus accesorios.
2.	Separar partes del producto para evitar contacto indeseado.
3.	Amortiguar vibraciones y golpes externos.
4.	Posicionar al producto para una mejor conservación.
5.	Acondicionar documentación para uso del producto y de su garantía.
6.	Brindar una adecuada superficie exterior para colocar leyendas y/o etiquetas de identificación del producto con normas de manejo e indicación de riesgos.
7.	Apoyar los programas de mercadotecnia y ventas con diseño e ilustración atractiva.
8.	Evitar riesgos en manipulaciones y al ambiente.
9.	Resistir las condiciones de atmósfera y de temperatura controlada que necesite el producto.
10.	Contribuir a la utilización óptima del espacio disponible de las unidades de carga en vehículos de transporte.

Fuente: Elaboración propia, (2015).

Tabla 2.11 Funciones del empaque

1.	Proteger al producto y su envase, y proteger otros de éste.
2.	Acondicionar el lote comercial del producto.
3.	Restringir movimientos indeseados dentro del lote y de la unidad de carga cuando existe una transferencia física (manipulación en almacén, transporte).
4.	Amortiguar vibraciones y golpes externos.
5.	Soportar el peso de empaques idénticos en una estiba vertical adoptada.
6.	Posicionar al producto para una mejor conservación.
7.	Proveer una adecuada distribución del peso sobre el fondo del empaque.
8.	Brindar una adecuada superficie exterior para colocar leyendas y/o etiquetas de identificación del producto con normas de manejo e indicación de riesgos.
9.	Evitar riesgos en manipulaciones en medios de transporte y almacenes y al ambiente.
10.	Contribuir a la utilización óptima del espacio disponible de las unidades de carga en vehículos de transporte.

Fuente: Elaboración propia,(2015).

Tabla 2.12 Funciones del embalaje

2 Funciones del empaque

1. Integrar componentes del envase para separar partes del producto, y acondicionarlo.
2. Acondicionar y proteger lotes de empaque (con varios envases de cada unos de éstos).
3. Amortiguar vibraciones del vehículo dentro de una unidad de carga.
4. Facilitar las operaciones de carga y descarga de vehículos de transporte y almacenes.
5. Resistir las condiciones de atmósfera y temperatura controlada que requiera el producto para su conservación.

Fuente: Elaboración propia, (2015).

2.6.2 Elementos para el diseño y selección de materiales de envases, empaques y embalajes

Para el diseño y selección de materiales de envases, empaques y embalajes deben considerarse (Chopra, 2008):

- a. Las características de los productos
- b. Las características de la cadena de transporte y los procesos de almacenamiento y,
- c. Las condiciones de comercialización del producto, incluyendo las estrategias de mercadotecnia y ventas.

2.6.3 Normas y procedimientos de manejo de productos y lotes

En el envase de presentación del producto al consumidor se señalan las características distintivas del producto y su identificación. También se señalan claramente las normas de manejo y posibles riesgos así como las condiciones para una mejor conservación, y en su caso fecha de caducidad o vencimiento (*ídem*).

Así mismo el empaque recibe etiquetas y leyendas que comunican las normas de manejo, las condiciones ambientales que deben respetarse y los riesgos que implican el manipuleo de los productos. También se informa cuántas unidades de producto se incluyen, y en su caso indicaciones sobre las variedades incluidas.

2.7 Logística en el comercio internacional

2.7.1 Canales de comercialización

Los acuerdos bilaterales y multilaterales de facilitación del comercio entre las naciones, así como el proceso de globalización de la economía impulsan una serie de reflexiones sobre la competitividad de la producción en un mercado mundial.

Los exportadores exitosos revelan que la competitividad en comercio exterior de un producto con la calidad adecuada reside fundamentalmente en una innovación constante en los canales de comercialización, la logística y las cadenas de transporte (Brown, 1989).

2.7.2 Distribución física internacional

La distribución física internacional es la serie de operaciones necesarias para viabilizar el traslado físico de un producto desde el local del exportador hasta el local del importador (Özsomer et. al. 1993).

Cada operación requiere la contratación de un servicio, lo cual representa un componente de costo que puede ser directo o indirecto:

1. Directos: embalaje, documentación, manipuleo, seguro, transporte, almacenaje aduanero, agentes;
2. Indirectos: administrativos y capital (inventario)

En la práctica es muy difícil para la empresa que trabajan en comercio exterior obtener información sobre todos los componentes de costo; la experiencia demuestra que sólo ciertas empresas con largos años en comercio internacional pueden realizar un análisis integral de la DFI (Distribución física internacional).

Un producto competitivo en precio y calidad en el país que lo produce puede limitar su potencial de venta en el mercado internacional por una logística errada o incompleta de la distribución física internacional (Brown, 1989).

CAPÍTULO 3. EFICIENCIA

3.1 Conceptualización

La definición del concepto de eficiencia es acompañada de la definición de otros dos conceptos asociados, cuya raíz es similar, que son la efectividad y la eficiencia.

Bueno y Morcillo (1993) las definen de la siguiente manera:

Efectividad: es la cualidad de “efectivo”, es decir, hacer las cosas o de desempeñar una acción favorable. Por ello, también puede significar hacer las mejores cosas.

Eficiencia: es la cualidad de eficiente, es decir, que se aplica a lo que realiza cumplidamente las funciones a las que está destinado. También es hacer las cosas bien, es decir, con el mínimo esfuerzo y consumo de recursos.

Eficacia: es la cualidad de “eficaz”, es decir, de cumplir con los objetivos previstos. También es un concepto que introduce una visión externa del problema, pues quiere indicar si se está adaptando o relacionando bien con el entorno.

Para otros autores la eficacia es “el cumplimiento de los objetivos”, mientras que la eficiencia es “el logro de las metas con la menor cantidad de recursos” (Koontz y Wehrich, 1998). Estos mismos autores definen a la productividad como “la relación productos-insumos en un periodo específico con la debida consideración de la calidad”.

El concepto de productividad es comúnmente confundido y utilizado como sinónimo de eficiencia. Ante esta situación es necesario establecer las diferencias entre ambos conceptos, así como sus relaciones.

La productividad se entiende como la relación entre la producción (*output*) y sus factores (*inputs*). El diccionario económico de Oxford define el concepto así: "la productividad en economía es la razón entre el producto y los factores para producirlo". Thiry y Tulkens (1988) la han definido como: "la capacidad desplegada por los factores de la producción para producir", y cuando se presentan variaciones en esta habilidad, se dice que se gana o pierde productividad.

En el IV Congreso Mundial de Productividad (1984) se estableció que: la productividad es un concepto universal que aspira a proporcionar más y más bienes y servicios (*outputs*), para un mayor número de personas, con cada vez menor número de recursos reales (*inputs*); y para ello considera que es necesaria la aplicación integrada de habilidades y esfuerzos humanos, capital, tecnología, etc., para conseguir aumentos sostenidos y un mejor nivel de vida para todos, y a esto se le denomina: "productividad total".

Por su parte Pastor (1992) explican que existen dos indicadores de productividad: los indicadores parciales (que únicamente consideran un *input*) y los indicadores

globales (que utilizan todos los *inputs* para lo cual debe construirse un *input* agregado). Siguiendo con esta idea, Vicent (1968) dice que: la productividad es la razón entre la producción y los factores con que se realiza ésta, o bien, entre la producción y algunos factores que la originaron.

Por eso si sólo uno de los factores es considerado, por ejemplo: el trabajo, el capital o cualquier otro *input*, la medición de la productividad será parcial. Con respecto a esto, Vergés (2003) opina que el problema que existe con la productividad es que ésta es una magnitud que no puede compararse entre empresas, pues las unidades de medida de los *outputs* e *inputs* acostumbran a ser diferentes de una empresa a otra. En cambio, las tasas de variación sí son comparables. Por eso para él, la productividad expresada en índices normalmente sirve como una referencia sólo para la propia empresa.

Para Elion (1985) la productividad se ha considerado como el concepto clave para determinar si una empresa o un sector industrial son capaces de competir en los mercados globalizados, por lo que este concepto a su vez se relaciona con la competitividad.

En 1994 Prior entiende que la eficiencia global es la competitividad, “la posición relativa de la empresa frente a la concurrencia”. En general, la eficiencia busca lograr el mínimo de costos y aquí no se plantea si los objetivos son o no correctos. En cuanto a la eficacia, ésta tiende al cumplimiento de los objetivos sin importar, al igual que en la eficiencia, si éstos fueron los más adecuados. Mientras que en la efectividad sí se pretende plantear los objetivos correctos para asegurar la supervivencia de la empresa.

Con base en lo anterior, se puede decir que la rentabilidad es un concepto más amplio y que contiene a las magnitudes de la productividad, la que a su vez tiene dos componentes que son la eficiencia técnica y el desarrollo tecnológico. La

maximización de todas estas “variables–indicadores” resulta necesaria para obtener resultados o "performances" hacia el éxito empresarial.

La eficiencia productiva, es un concepto que se centra en la forma de convertir los factores de producción en productos. Y, como ya se ha dicho, un método de producción es considerado eficiente cuando a partir de determinadas cantidades de factores, se obtiene la máxima cantidad posible de producto. Es ineficiente cuando utiliza, respecto a otro, mayor cantidad de algún factor, y no menos de los demás, para producir la misma cantidad de producto que otro proceso productivo.

Pareto (1923) estableció algunas condiciones marginales que se tienen que satisfacer si se quiere evitar la ineficiencia económica. La idea básica de las condiciones de Pareto es que si, comenzando con la asignación existente de recursos, se puede encontrar una nueva asignación que hará que una persona esté mejor sin hacer que otra esté peor, entonces la asignación es ineficiente. El estudio de bienestar económico basado en las condiciones de Pareto se conoce como la economía del bienestar de Pareto. Para alcanzar la eficiencia de Pareto se tienen que satisfacer tres condiciones básicas. La economía tiene que lograr:

Eficiencia en el uso de las producciones en el consumo.

Eficiencia en el uso de los insumos en la producción.

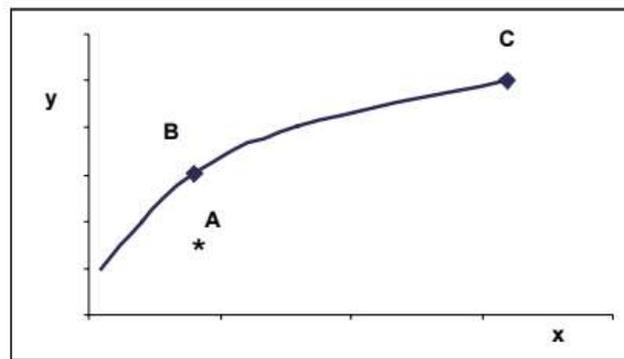
Eficiencia en igualar la producción con el consumo.

De acuerdo a esto, la eficiencia en la producción requiere que sea imposible redistribuir los insumos para obtener mayor cantidad de un producto sin reducir la producción de otro producto. Es decir, si fuese posible, entonces la asignación de recursos realizada no resultó ser la asignación eficiente (Pareto, 1923).

3.2 Diferencias entre eficiencia, productividad y competitividad

Si bien se han explicado los tres términos por separado, se introduce un ejemplo gráfico tomado de Álvarez (2001) que contribuirá a visualizar las diferencias entre la eficiencia y los conceptos de productividad y competitividad. Se comienza comparando la productividad media con la eficiencia técnica. Su relación puede verse en la Figura 2.2, en la que se representa una función de producción con rendimientos decrecientes y tres empresas, A, B y C.

Figura 2.2 Diferencias entre eficiencia técnica y productividad media.



Fuente: Álvarez (2001).

La empresa A es ineficiente, ya que no produce la máxima cantidad de *outputs* con los *inputs* que utiliza, mientras que B y C son eficientes. Pero la productividad media de la empresa C es menor que la de la empresa B, dado que la empresa C se encuentra produciendo a una escala mayor.

De acuerdo a la ley de los rendimientos decrecientes, alcanzar mayores producciones en el corto plazo sólo es posible agregando más insumos variables a los insumos fijos, con disminución de la productividad. Si se considera fija una de las dos variables (*output* o *input*), entonces ambos conceptos, productividad y eficiencia, son equivalentes.

Una mejora en la eficiencia, por ejemplo si la empresa A pasa a producir de la manera C, no implica necesariamente una mejora en la productividad. Pero pueden aumentarse ambas, productividad y eficiencia, simultáneamente si la

empresa A pasara a producir como B. En cambio, si la empresa C pasa a producir como B, aumentaría su productividad sin disminuir la eficiencia, pero operando a menor escala.

Con respecto a la competitividad, puede considerarse que este concepto engloba el de eficiencia y el de productividad. La productividad es el concepto menos amplio de los tres, ya que se refiere exclusivamente a la parte productiva, mientras que el de eficiencia también incorpora el efecto escala y el de la asignación de factores. Cuando en competitividad se refiere a ventaja en costos, está considerando el mismo enfoque que la eficiencia productiva, dado que el objetivo es el mismo: lograr la mayor cantidad de producto con el menor uso de insumos. Si se considera, en cambio, la ventaja por diferenciación del producto, se está abandonando el supuesto de competencia perfecta y de productos homogéneos, dado que se está aceptando la existencia de un precio mejor para el producto de determinada empresa (Prior, 1994).

3.3 Conceptos básicos de eficiencia

Koopmanz, (1951) da por primera vez una definición formal de la eficiencia y se refiere a ésta como tecnológicamente imposible aumentar *outputs* sin aumentar *inputs* o bien, disminuir *inputs* sin disminuir *outputs*.

Debreu (1951) y Farrel (1957) consideran que la definición de Koopmanz es bastante limitada porque no permite diferenciar a los productores eficientes de los ineficientes, por lo que proponen una medición que permitiera una aproximación cuantitativa de la eficiencia.

Debreu (1951) ofrece una definición de medida de eficiencia basándose en un *ratio* de distancias. Dicho *ratio* cuantificaría la proporción en que la situación obtenida en una economía se aleja de la óptima, considerando como tal aquella en la que fuera imposible aumentar la satisfacción de algún individuo sin, al menos,

disminuir la de otro. Este modo de concebir la cuantificación de la eficiencia, si bien no dependía de las unidades de medida, presentaba la dificultad de necesitar de la existencia de un sistema intrínseco de precios que homogeneizara las magnitudes de bienes comparadas en el proceso de cálculo del parámetro de eficiencia mediante el cómputo del ratio de distancias.

Koopmans (1951) genera un principio de eficiencia más amplio evitando así la limitación de la idea de eficiencia de Debreu, partiendo de la consideración de un marco de posibilidades técnicas muy similar al modelo *input-output* de Leontief que define a un punto eficiente como aquella combinación de producto neto que, siendo factible, posee la propiedad de cualquier incremento en una de sus coordenadas que puede ser lograda sólo a costa de disminuir al menos una de las restantes.

Koopmans y Debreu (1951) y Farrel (1957) pueden ser considerados como los principales antecesores en la medición de la eficiencia.

Farrell (1957) delimitó dos conceptos de eficiencia: eficiencia técnica y eficiencia precio. La primera la definió como la lograda al producir lo máximo posible a partir de unos *inputs* dados. La segunda entendió que la obtenía aquella unidad productiva que utilizara una combinación de *inputs* que, con el mismo costo, alcanzara un *output* determinado a unos precios preestablecidos.

Banker, Charnes y Cooper (1984) por su parte dividieron la eficiencia técnica en eficiencia técnica pura y eficiencia de escala.

En función de la primera y siguiendo su argumentación Farrell (1957) supuso una empresa que empleara dos factores para generar un output bajo rendimientos constantes a escala y total conocimiento de la función de producción. Los rendimientos de escala se obtienen al aumentar proporcionalmente la cantidad de

todos los factores que intervienen en la función producción. Existen tres tipos de rendimientos. Existen tres tipos de rendimientos de escala (Varian, 1998):

- Rendimientos constantes a escala. Significa que si se incrementa la cantidad de cada uno de los factores, la producción aumenta en la misma proporción.
- Rendimientos crecientes a escala. Implica que si se incrementa la cantidad de cada uno de los factores, la producción aumenta en una proporción mayor.
- Rendimientos decrecientes a escala. Se presentan cuando al incrementarse la cantidad de cada uno de los factores, la producción aumenta en una menor proporción.

Yarad (1990) menciona que la eficiencia técnica consiste en obtener la máxima producción física factible, dada la tecnología existente, a partir de una cierta cantidad de insumos.

Por su parte, González (1995) afirma que la eficiencia productiva o eficiencia técnica de una empresa está dada por su capacidad para transformar unos *inputs* (trabajo, capital y otros factores) en *outputs* (bienes o servicios) en el contexto de una tecnología, que puede sintetizarse mediante una función de producción, que marca el valor máximo o “frontera” de *output* alcanzable a partir de diversas combinaciones de *inputs*.

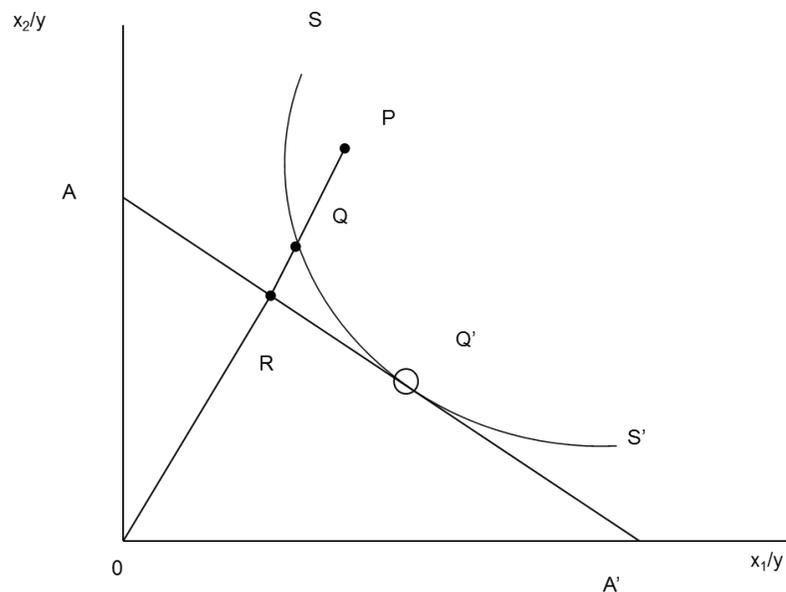
3.4 Medición de la eficiencia

Farrell (1957) propuso que se visualice la eficiencia desde una perspectiva real y no ideal, donde cada firma o unidad productiva sea evaluada en relación con otras tomadas de un grupo representativo y homogéneo. De esta manera, la medida de la eficiencia será relativa y no absoluta, donde el valor logrado de eficiencia para una firma determinada corresponde a una expresión de la desviación observada respecto a aquellas consideradas como eficientes.

El mismo autor desagrega a la eficiencia en dos componentes: técnica y asignativa. La primera se refiere a la habilidad de una firma para obtener el máximo nivel de producción dado un conjunto de insumos o, a partir de un nivel dado de producto, obtenerlo con la menor combinación de insumos. La segunda muestra la habilidad de una firma para usar los factores en proporciones óptimas, dados los precios de éstos, y obtener un determinado nivel de producción con el menor costo o, para determinado nivel de costes, obtener la máxima cantidad de producto. Ambas medidas, combinadas, proveen una medida de la *eficiencia económica* (Arzubi y Berbel, 2002).

Farrell (1957) adopta inicialmente el supuesto de que existen rendimientos constantes a escala. Si bien es el propio autor quien señala que deberían haberse considerado funciones con rendimientos crecientes y decrecientes, indica “es, desafortunadamente, más difícil relajar el supuesto de rendimientos constantes a escala”. Bajo este supuesto, la tecnología puede representarse como una isocuanta unitaria que representa las combinaciones eficientes de *inputs* que permiten producir una unidad de *output*.

Figura 2.3 Medidas de la eficiencia de Farrell



Fuente: Farrell (1957).

En la Figura 2.3 se reproduce el gráfico de Farell, en el que se construyó una curva isocuanta con una función de producción conocida, de tipo Cobb-Douglas (Curva SS'). Los requisitos son que sea convexa hacia el origen y con pendiente nunca positiva. Los dos insumos (x_1 y x_2) se ubican en los ejes, donde se representa la razón de utilización de cada factor por unidad de producto (y).

Cada empresa está representada por un punto (empresas P , Q y Q'). Si se traza una línea desde el origen a la empresa P , esta línea corta a la isocuanta en el punto Q . Puede advertirse que la empresa P emplea mayores cantidades de ambos insumos para obtener igual cantidad de producto que Q . De aquí se deduce que la empresa P es ineficiente y que la empresa Q es eficiente. La magnitud de la ineficiencia de P la constituye el segmento QP .

Es preciso señalar que la eficiencia estimada de esta manera constituye una medida radial, dado que se mide a lo largo de un radio vector que sale del origen. Por lo tanto, compara empresas que utilizan los factores en la misma proporción. Pero en la actualidad existen otros métodos que no miden radialmente la eficiencia (Fare, Grosskopf y Lovell, 1985; Kopp, 1981).

Las empresas que descansan sobre la isocuanta unitaria serán técnicamente eficientes mientras que, las que se ubiquen por encima de ella, serán ineficientes. El ratio OQ/OP es el índice de eficiencia técnica para la empresa P . En éste caso, el valor será menor que uno. El ratio OQ/OQ es el índice de eficiencia para la empresa Q . Su valor es 1.

Puede generalizarse diciendo que con esta metodología, el valor máximo será uno, correspondiéndole a las empresas eficientes. En tanto las empresas ineficientes tendrán un valor entre 0 y 1, y cuanto más se acerquen a la eficiencia, mayor será su valor relativo.

Por otra parte, la empresa **Q** puede no existir, siendo en este caso **Q** el punto proyectado eficiente para la empresa **P**. Con lo cual, la determinación del índice de eficiencia para la empresa **P** no varía.

Todas las empresas que descansan en la curva isocuanta, para este ejemplo **Q** y **Q'**, son igualmente eficientes si se considera la eficiencia técnica. Pero, si se consideran también los precios de los factores, entonces sólo existe una combinación de inputs que minimice los costes. Si los precios de los factores definen una recta de isocoste con la pendiente **AA'**, solamente la empresa **Q'** será eficiente desde ambos puntos de vista, el técnico y el asignativo.

Como la recta de isocoste **AA'** define el mínimo coste, cualquier combinación que se ubique por encima de ella representará un coste mayor. Por lo tanto, se puede medir la eficiencia asignativa para la empresa **Q** de la siguiente manera:

$$\text{Eficiencia asignativa de } Q = OR/OQ$$

Como en el caso de la eficiencia técnica, el valor mayor será 1, correspondiéndole a las empresas que sean asignativamente eficientes. Las ineficientes tendrán un valor entre 0 y 1, que será el caso de la empresa **Q**.

Debe señalarse que la empresa **P** tendrá el mismo coeficiente que la empresa **Q**, aunque no sea técnicamente eficiente. Ello se debe a que para medir la eficiencia asignativa, se elimina primero la ineficiencia técnica.

Una empresa que sea eficiente desde ambos puntos de vista, técnico y asignativo, será económicamente eficiente (eficiencia global, según Farrell). Por lo tanto, el ratio para calcular la eficiencia económica para la empresa **P** será:

$$\text{Eficiencia económica de } P = OR/OP$$

Matemáticamente, la eficiencia económica es el producto de la eficiencia técnica y la eficiencia asignativa. Para el caso de la empresa **P** queda de la siguiente manera:

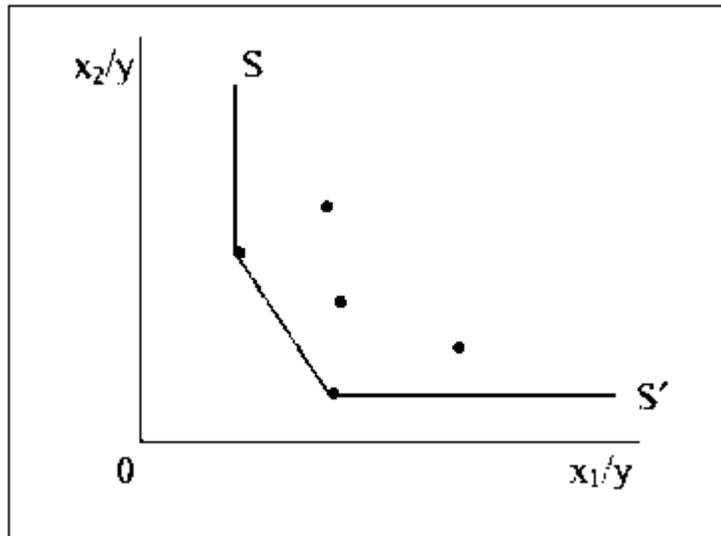
$$\text{Eficiencia económica de } P = OQ/OP \times OR/OQ = OR/OP$$

$$\text{Eficiencia económica (EE)} = \text{Eficiencia técnica (ET)} \times \text{Eficiencia asignativa (EA)}$$

Para aplicar su metodología de análisis de eficiencia en casos simples, donde se desconoce la función de producción, Farrell (1957) adopta un modelo lineal. La frontera eficiente queda conformada por la unión de segmentos lineales para el conjunto de observaciones que desarrollaron las mejores prácticas. Las desviaciones con respecto a la frontera constituyen las ineficiencias.

Esto puede representarse gráficamente con las mismas premisas empleadas para construir el gráfico anterior (Figura 2.3). Cada empresa se representa con un punto y las empresas eficientes se unen mediante segmentos, constituyendo la frontera eficiente. Se obtendrá una figura parecida a la Figura 2.4, puede apreciarse que la isocuanta unitaria no deja ninguna observación entre la curva y el origen.

Figura 2.4 Frontera lineal envolvente (isocuanta unitaria).



Fuente: Farrell (1957).

Debe señalarse que, para el desarrollo del índice de eficiencia, Farrell se inspiró en el anterior trabajo de Koopmans (1951) y Debreu (1951). A la vez, la medida de eficiencia técnica de Farrell aparece similar al coeficiente de utilización de recursos de Debreu. Por ello, a veces suele llamársele índice de Farrell-Debreu¹⁰.

Hasta aquí, se han seguido los lineamientos del trabajo de Farrell. Posteriormente, la eficiencia técnica se subdividió en dos componentes, eficiencia técnica propiamente dicha y eficiencia de escala, permitiendo que los rendimientos puedan variar con la escala de producción.

En su estudio, Farrell sugirió la aplicación empírica de sus ideas por medio de dos caminos:

- Establecer una forma funcional, que constituirá la Frontera Eficiente. También sugirió utilizar la forma Cobb-Douglas, por su sencillez.
- Hallar la frontera eficiente resolviendo ecuaciones lineales.

¹⁰ Este coeficiente (σ) permitiría identificar aquellas unidades que son eficientes de las que no, a partir de este análisis nace el concepto de holguras (*slacks*). El coeficiente $(1-\sigma)$ indica la máxima reducción que puede realizarse en los factores de producción manteniendo el nivel de *output* dado.

De esta manera, también dejó los cimientos para que puedan calcularse los índices de eficiencia por programación lineal.

Estas dos posibilidades presentadas por Farrell (1957) se fueron desarrollaron, posteriormente, mediante dos formas de estimar la frontera de referencia: la aproximación paramétrica y la aproximación no paramétrica.

Aproximación paramétrica: en este enfoque se especifica una forma funcional concreta para la frontera, estimando sus parámetros mediante programación matemática o técnicas econométricas (Alvarez, 2001). Esta línea dio origen, entre otros, a las siguientes reconocidas metodologías de análisis de frontera:

- Mínimos cuadrados ordinarios corregidos.
- Máxima verosimilitud.
- Frontera probabilística.
- Frontera estocástica.

Aproximación no paramétrica: en este caso no se construye la frontera paramétricamente, sino que las empresas eficientes se unen linealmente, conformando una envolvente de posibilidades de producción para el resto de las empresas ineficientes. El segmento que une dos empresas eficientes próximas entre sí constituye un límite eficiente y, a la vez, indica de qué manera pueden combinarse los insumos para obtener un punto eficiente proyectado, correspondiente a una empresa ineficiente. Esta línea dio origen al *Data Envelopment Analysis* (*ídem*).

3.4.1 Aproximaciones paramétricas

El trabajo de Aigner y Chu (1968) fue el primero en utilizar formas funcionales concretas para la estimación de la eficiencia. Ajustaron una función Cobb-Douglas empleando programación matemática, imponiendo que los residuos fuesen no negativos. Su modelo es:

$$\ln Y = \ln \beta_0 + \sum \beta_j \ln x_j - u, \quad u \leq 0$$

donde β es un parámetro desconocido a estimar y u es una variable aleatoria no negativa, asociada con la ineficiencia técnica. Esta última obliga a que $y \leq f(x)$.

Aigner y Chu (1968) plantean dos formas para la estimación de los parámetros:

- Mediante programación lineal, minimizando la suma de las desviaciones absolutas, con la condición de que cada desvío sea no positivo.
- Mediante programación cuadrática, minimizando la suma del cuadrado de las desviaciones. Esta forma, más compleja.

La eficiencia técnica (e^{-u}) se determina como el cociente entre la producción actual (Y) y la producción potencial (Y^*).

$$e^{-u} = \frac{Y}{Y^*}$$

Este modelo a veces es considerado entre los modelos no paramétricos, dado que su resolución no se basa en técnicas econométricas sino que emplea programación lineal, ligada a los modelos no paramétricos. Además, también es usual que se defina a los métodos paramétricos como a aquellos en los que se supone una distribución determinada a los errores (Aigner y Chu, 1968).

Si se aceptan estas posturas, el trabajo de Aigner y Chu no cumple con los requisitos para ser considerado dentro de los métodos paramétricos. Entonces el

primer trabajo que aplicó un modelo para la estimación de frontera por métodos paramétricos, resuelto por técnicas estadísticas, sería el de Afriat (1972). Su modelo:

$$y = f(x) \cdot e^{-u}$$

o bien, tomando logaritmos:

$$\ln y = \ln f(x) - u$$

El modelo propuesto por Afriat es similar al de Aigner y Chu, pero para su resolución supuso que los errores, en este caso e^{-u} , se distribuían según una función de tipo beta. Richmond (1974) encontró que eso era equivalente a suponer una distribución gamma para u .

Schmidt (1976) demuestra que si la distribución de errores de u se supone exponencial, la estimación de la frontera (por máxima verosimilitud, explicado en el siguiente epígrafe) coincide con la de la programación lineal; y si la distribución de u se supone seminormal, coincide con la de la programación cuadrática.

El trabajo de Afriat sienta las bases para los trabajos que posteriormente presentaron Aigner, Lovell y Schmidt (1977), por un lado, y simultáneamente Meeusen y Van den Broeck (1977), por el otro, introduciendo la frontera de producción estocástica.

Surge, de esa manera, la clasificación de las fronteras en dos: las fronteras determinísticas y las fronteras estocásticas.

Fronteras determinísticas: son las que atribuyen toda la desviación a la ineficiencia. El trabajo inicial de Farrell y los posteriores hasta 1977 siguieron esta línea. Una función de producción determinística puede escribirse como manera:

$$Y = f(x) - u$$

Donde u es una perturbación aleatoria no negativa, que mide la distancia de cada empresa a la frontera de producción.

Fronteras estocásticas: considera la naturaleza estocástica de la producción, incluyendo un término de error compuesto. El error compuesto presenta dos partes, un componente aleatorio, que representa sucesos no controlables por la empresa, y un componente atribuido a la ineficiencia (distancia de cada empresa a su frontera estocástica). Puede modelizarse de la siguiente forma:

$$Y = f(x) + \varepsilon, \quad \varepsilon = v - u$$

Donde la perturbación aleatoria v es un término de error simétrico que se supone idéntica e independientemente distribuido con media 0. El término de error u se supone que es no negativo y se distribuye independientemente de v , siguiendo una distribución de una cola.

Por lo tanto, la frontera de producción estocástica será:

$$Y^* = f(x) + v$$

En función de esta nueva clasificación, continuaremos revisando los estudios de eficiencia paramétricos, realizados desde 1977, de acuerdo a si utilizan fronteras determinísticas o estocásticas.

3.4.1.1 Aproximaciones paramétricas con fronteras determinísticas

Los principales métodos de análisis de eficiencia empleando aproximaciones paramétricas con fronteras determinísticas son los siguientes:

- a) Mínimos cuadrados ordinarios corregidos por traslación a la media.
- b) Mínimos cuadrados ordinarios corregidos por traslación al extremo.
- c) Máxima verosimilitud.
- d) Frontera probabilística.

Los tres primeros métodos se resuelven con técnicas econométricas. Una variante dentro de los determinísticos es el modelo probabilístico, introducido por Timmer (1971), que es resuelto por programación lineal.

Estimación por mínimos cuadrados

- a) Estimación por mínimos cuadrados ordinarios corregidos por traslación a la media.

El primer trabajo presentado con este planteo fue el de Richmond (1974). Allí se considera una función de producción del tipo Cobb-Douglas en forma lineal, como se escribe:

$$\ln y = \ln f(x) - u = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{i=n} \alpha_i \ln x_i - u, \quad u \geq 0$$

Richmond propuso una distribución gamma para los residuos y estimó los parámetros por una corrección a los parámetros estimados por la técnica de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). Denominó a esta técnica Mínimos Cuadrados Corregidos (MCC) (Fornsud *et. al.* 1980).

La dificultad que se halló con este modelo es que algunas observaciones pueden quedar por encima de la función de producción frontera, lo que no resulta apropiado si se está evaluando eficiencia técnica de empresas individuales.

b) Estimación por mínimos cuadrados ordinarios corregidos por traslación al extremo.

Método sugerido por Greene (1980), consiste en estimar en primer lugar una función de producción media por mínimos cuadrados ordinarios (MCO), y corregir el término independiente añadiéndole el máximo residuo positivo obtenido por estimación. De esa forma, todos los residuos serán negativos, menos uno, que será nulo y que será considerada la observación eficiente. Las observaciones se encontrarán por debajo de la frontera, a excepción de la correspondiente al máximo residuo.

El problema que se plantea (Álvarez, 2001) es que si se estima por MCO la función:

$$Y = f(x) - u$$

La media de los residuos no puede ser 0, ya que u debe ser positivo. Considerando μ la media de la distribución de u , una función de producción de Cobb-Douglas puede escribirse como:

$$\ln Y = (\beta_0 - \mu) + \sum \beta_j \ln x_j - (u - \mu), u \geq 0$$

El término del error de la ecuación transformada ($u - \mu$) tiene media 0, por lo que la aplicación de MCO proporciona estimaciones insesgadas de todos los parámetros, a excepción de β_0 . Corrigiendo este por el máximo residuo positivo, se obtiene una estimación consistente del término constante de la frontera.

La estimación por este modelo presenta, sin embargo, la desventaja que, en general, existe una sola observación eficiente, y basándose en ella se obtiene el

mayor residuo. De esta manera, el método es extremadamente sensible a valores anómalos (*outliers*).

c) Estimación por máxima verosimilitud

Para determinar la frontera determinística $Y = f(x) - u$ por máxima verosimilitud es necesario conocer la distribución de errores de u . Por lo tanto, deben introducirse ciertos supuestos sobre la forma en que se distribuirán dichos errores, teniendo en cuenta que no pueden existir residuos positivos. Suponiendo que la perturbación sigue una distribución de una cola, puede estimarse el modelo por máxima verosimilitud.

En este tratamiento, la variable dependiente depende de los parámetros a estimar (Schmidt, 1976). Ello viola la propiedad de que los estimadores sean asintóticamente eficientes.

Greene (1980) señala que las propiedades de los estimadores máximos verosímiles se mantienen si la función de densidad de u es 0, cuando $u=0$, y si la derivada de la función de densidad de u se acerca a 0 cuando u se aproxima a 0.

La distribución que cumple con las condiciones descritas es la gamma, hallada por Greene. Existen otras distribuciones que cumplen con estas propiedades, entre otras la normal y la chi-cuadrado. Sin embargo, otras no lo cumplen, como la exponencial o la normal truncada (León, 1995).

La desventaja de este modelo la señala el mismo Greene, y es que la eficiencia técnica está condicionada por consideraciones estadísticas.

d) Estimación por frontera probabilística

El trabajo de Timmer (1971) intenta corregir el problema de la alta sensibilidad que presentan los métodos de análisis de eficiencia con funciones frontera a los valores extremos. Siguiendo una sugerencia de Aigner y Chu, su método consistió en estimar la frontera por programación lineal, permitiendo que un determinado porcentaje de las observaciones permanezca por encima de la frontera.

Considerando una función Cobb-Douglas, suponiendo que hay n observaciones y m factores, tenemos:

$$\sum_{i=1}^m \ln x_{ij} \geq y_j \quad j = 1 \dots n$$

Debe señalarse que no necesariamente debe ser resuelto por programación matemática. Álvarez et al. (1988) demuestran que se puede resolver aplicando métodos econométricos, estimando una función frontera utilizando una variante probabilística del método Mínimos Cuadrados Ordinarios Corregido.

3.4.1.2 Aproximaciones paramétricas con fronteras estocásticas

Se ha mencionado quienes fueron los que introdujeron las fronteras estocásticas (Aigner *et. al.* 1977).

Las desventajas de los métodos determinísticos que incentivaron la aparición de las fronteras estocásticas (*ídem*):

1. Generalmente hay una sola producción eficiente, con lo cual la frontera es muy sensible a valores anómalos.
2. Se ignora la posibilidad de que las producciones de las empresas se vean afectadas por causas exógenas a ella.

La expresión matemática del modelo es la siguiente (Aigner *et. al.* 1977):

$$Y = f(x) \exp(v - u)$$

Donde $f(x) \exp(v - u)$ representa la frontera estocástica; el componente v presenta una distribución simétrica y representa los fenómenos aleatorios que la firma no controla. La ineficiencia técnica de la firma está representada por el componente $\exp(-u)$ con la condición de que éste sea igual o superior a cero.

Es decir, que $-u$ tenga una distribución truncada. Esta condición permite que todas las observaciones queden en el interior o descansan sobre la frontera estocástica. La función se llama estocástica porque los valores de la producción están limitados por la variable aleatoria estocástica. El error aleatorio puede ser positivo o negativo y los valores de salida de la frontera estocástica varían alrededor de la parte determinística del modelo.

Este modelo permite la estimación de los parámetros y sus errores estándares usando el método de Máxima Verosimilitud. En consecuencia, también es posible realizar test de hipótesis acerca de los valores de los parámetros estimados. La principal crítica al modelo de fronteras estocásticas es que generalmente no existe una justificación *a priori* para la selección de una determinada forma de distribución para los errores.

3.4.2 Aproximaciones no paramétricas

El primer trabajo publicado aplicando las ideas seminales de eficiencia fue presentado por el propio Farrell (Farrell y Fieldhouse, 1962), empleando programación lineal para su resolución y el *benchmarking*.

Basándose en Forsund y Sarafoglou (2000), el siguiente estudio que incorporó las sugerencias de Farrell fue presentado por Boles (1967), trabajando con una isocuanta unitaria y utilizando un modelo de programación lineal.

Boles, conjuntamente con un grupo de economistas de Berkeley presentaron su trabajo en un Simposio de la Asociación de Economistas Agrarios del Oeste de EE.UU, pero no tuvieron mayor repercusión.

Posteriormente, Boles continuó su trabajo, y en 1971 (Boles, 1971) desarrolló un modelo con múltiples outputs e inputs, idéntico al modelo DEA que posteriormente desarrollaron Charnes, Cooper y Rhodes en 1978.

Otro miembro del grupo Berkeley, Seitz estudió la eficiencia y la productividad, y desarrolló el primer trabajo aplicando índices de Malmquist en 1971 (Seitz, 1971) que fue definido teóricamente en 1982 y aplicado recién en 1989.

Lamentablemente, los estudios del grupo Berkeley no tuvieron difusión y fue necesario esperar hasta 1978 para la introducción de la metodología no paramétrica más difundida, el DEA.

Dada la importancia que tiene el DEA para este trabajo, se le dedica un apartado especial, en el cual se abordará con mayor detalle que el resto de las medidas de eficiencias evaluadas.

3.5 La eficiencia a través del modelo DEA

En DEA se establece la formulación del modelo y su resolución calcula la frontera de producción como una envolvente a los datos, determinándose para cada uno de los datos si pertenece o no a la frontera. Se adapta a contextos multiproductos e incluso de ausencia de precios. Deben señalarse algunas desventajas, como la dificultad para comprobar hipótesis estadísticas (este problema está siendo objeto de estudio para permitir inferencia estadística, mediante la aplicación de técnicas

de *bootstrapping*¹¹, como por ejemplo el trabajo de Simar *et. al.* (1998), o el hecho de no contemplar el error aleatorio de los datos, con lo cual toda desviación del óptimo es considerada ineficiencia.

La elección del DEA como metodología de análisis de eficiencia obedece a que la misma no requiere la especificación de una forma determinada de curva, por ser una técnica no paramétrica. Además, permite asumir rendimientos variables a escala y medir la eficiencia de escala, lo cual no es posible con los métodos paramétricos (Arzubi, 2002).

Una ventaja adicional del DEA es la posibilidad de poder comparar cada empresa ineficiente con aquella empresa eficiente con similar *mix* de *outputs* e *inputs*, que actúa como referente (*peer*). Ésta proporcionará información útil para guiar las decisiones de las empresas ineficientes que aspiren a mejorar (*ídem*).

El DEA es un enfoque “orientado a los datos” relativamente nuevo para evaluar el desempeño de un conjunto de entidades iguales llamadas Unidades de Toma de Decisión (DMUs) que transforman múltiples *inputs* en múltiples *outputs*. La definición de una DMU¹² es genérica y flexible. En años recientes se ha visto una gran variedad de aplicaciones de DEA para evaluar los desempeños de diferentes clases de entidades, en diferentes actividades, en diferentes contextos y en diferentes países. Esas aplicaciones de DEA han utilizado DMUs de varias formas para evaluar el desempeño de entidades como hospitales, el ejército, universidades, ciudades, cortes, firmas de negocios, entre otros. Porque requiere muy pocas suposiciones, también ha abierto posibilidades para su uso en casos en que ha sido resistente a otros enfoques por la naturaleza compleja de las relaciones entre los múltiples *inputs* y múltiples *outputs* involucrados en las DMUs (Cooper, 2004).

¹¹ La adaptación consistente del *bootstrap* a estimaciones del DEA fue formulada por primera vez en Simar y Wilson (1998a) siendo ésta, la única vía en la que es posible realizar inferencia estadística en las estimaciones efectuadas con el DEA.

¹² La definición de variables de entrada y salida para cada unidad de decisión comparada (Decision- Making Unit - dmu) (Charnes, Cooper y Rhodes, 1978).

3.5.1 Antecedentes

Desde que el DEA fue introducido en 1978, investigadores de varios campos rápidamente han reconocido que es una excelente y fácil metodología utilizada para modelar procesos operacionales para evaluaciones de desempeño (Charnes *et. al* 1978).

Charnes *et. al.* (1978), inspirados en las investigaciones de Farrell, dan origen al Análisis Envolvente de Datos, herramienta que utilizada en esta investigación para medir la eficiencia.

El modelo original de DEA fue desarrollado por Charnes *et al.* (1978). Para calcular la eficiencia relativa de una firma, actualmente se prefiere resolver el problema dual, modelo que puede ser escrito de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} & \text{Min } \theta, \lambda \\ & \text{s a:} \\ & -y_i + \lambda Y \geq 0 \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0 \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

Dónde:

X = matriz de *inputs* K x N

Y = matriz de *outputs* M x N

θ es un escalar. Multiplica al vector de inputs

λ es un vector de constantes N x 1. Multiplica a la matriz de *inputs* y *outputs*.

N = número de firmas.

El dual permite ilustrar acerca de la naturaleza de la eficiencia relativa dado que se obtienen, en el caso que existan, las holguras (*slacks*) o reducciones no radiales de *inputs*.

Para que una unidad sea considerada técnicamente eficiente en el sentido de Farrell, será igual a uno y las holguras serán igual a cero.

Debe señalarse que es preciso resolver el problema lineal N veces, obteniéndose en cada iteración la eficiencia relativa de una firma.

El modelo presentado hasta aquí asumía que todas las firmas se encontraban operando en la escala óptima con rendimientos a escala constantes (CRS).

Más adelante, Banker *et al.* (1984) sugieren una extensión del modelo hacia situaciones de rendimientos variables a escala, modificando el programa lineal de manera de incorporar una restricción de convexidad¹³ ($N1'\lambda = 1$). Para diferenciarlo del anterior se le llama modelo de rendimientos variables a escala (VRS), y la expresión del mismo es la siguiente:

$$\begin{aligned} & \min \theta, \lambda \\ & \text{s a:} \\ & -y_i + \lambda Y \geq 0 \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0 \\ & N1'\lambda = 1 \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

Dónde: N1 es un vector unitario N x 1.

Esta modificación permitió descomponer a la eficiencia técnica en dos, *eficiencia técnica pura* y *eficiencia de escala*.

¹³ La restricción de convexidad permite definir la frontera considerando que cualquier combinación lineal de dos unidades de decisión observadas pertenecerá al conjunto de producción, si dichas unidades observadas también pertenecen al mismo. Por consiguiente, la eliminación de este supuesto y el mantenimiento de los postulados de fuerte disponibilidad de inputs y outputs y rendimientos variables de escala modifica la forma de la función de producción de frontera y, en consecuencia, transforma el conjunto de producción.

Para ello deben calcularse los dos modelos, CRS y VRS, con los mismos datos: si hay una diferencia entre las dos mediciones para una firma en particular, entonces significa que dicha firma posee ineficiencia de escala, y que el valor de ineficiencia es la diferencia entre la medición CRS y la medición VRS.

La eficiencia técnica pura coincide con la medición VRS. La ineficiencia de escala se origina de producir en un nivel de escala que no es óptimo, considerando como tal al que se obtiene de reescalar la actividad de las firmas eficientes (CRS = 1). La eficiencia técnica global es el producto de las dos eficiencias, técnica pura y de escala, y su medición coincide con el modelo CRS.

El modelo de Banker *et al.* (1984) puede tener dos orientaciones, hacia la optimización en la combinación de *inputs* (modelo *input*-orientado) para la obtención del *output*, o hacia la optimización en la producción de *outputs* (modelo *output*-orientado). El descrito es el modelo *input*-orientado¹⁴.

Al tratar con el modelo CRS, el cálculo de las ineficiencias *input*-orientadas obtiene los mismos valores que el cálculo de las ineficiencias *output*-orientadas. Pero si el modelo es VRS, habrá diferencias en el cálculo de las ineficiencias según se orienten hacia *inputs* o hacia *outputs* (Arzubi, 2002).

Existen cuatro principales modelos DEA: el modelo con rendimientos constantes a escala (CRS), el modelo con rendimientos variables a escala (VRS), el modelo aditivo y el modelo multiplicativo; los primeros dos son los más utilizados. Los modelos DEA pueden tener dos orientaciones, hacia la optimización en la combinación de *inputs* (modelo *input*-orientado) para la obtención del *output*, o hacia la optimización en la producción de *outputs* (modelo *output* orientado) (Coelli et. al. 2002).

¹⁴ Teniendo en cuenta las orientaciones definidas, una Unidad será considerada eficiente si, y solo si, no es posible incrementar las cantidades de *output* manteniendo fijas las cantidades de *inputs* utilizadas ni es posible disminuir las cantidades de *inputs* utilizadas ni es posible disminuir las cantidades de *inputs* empleadas sin alterar las cantidades de *outputs* obtenidas (Charnes, Cooper y Rhodes, 1981).

3.5.2 Modelo DEA para la minimización de costos

Se considera, en primera instancia, la determinación de la eficiencia técnica la cual requiere la resolución del siguiente modelo DEA:

$$\begin{aligned} & \text{Min } w_0 x_0 \\ & \text{s. a:} \\ & -y_0 + Y\lambda \geq 0 \\ & x_0 - X\lambda \geq 0 \\ & e\lambda = 1 \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

Donde:

w₀ es un vector de precios de inputs para la firma evaluada

x₀ es el vector minimizador de costes de las cantidades de inputs para la firma evaluada, dado el precio de input **w₀** y el nivel de output **y₀**.

La eficiencia de costos o eficiencia económica (EC) de la firma analizada se calcula como:

$$EC = \frac{W_0 X_0}{W_0 X_0} *$$

Esto es, EC es la ratio de mínimo coste respecto al coste observado de la firma evaluada. Luego, la eficiencia asignativa se calcula por diferencia a través de:

$$EA = \frac{EC}{ET}$$

3.5.3 Modelo DEA para maximización de ingresos

Si se considera más apropiado asumir la maximización de ingresos, entonces puede plantearse el modelo DEA *output*-orientado, en primera instancia, para el cálculo de la eficiencia técnica. Luego, en un segundo paso, se utiliza el siguiente modelo:

$$\begin{aligned}
& \text{Max } p_0 y_0 \\
& \text{s. a:} \\
& -y_0 + y\lambda \geq 0 \\
& x_0 - X\lambda \geq 0 \\
& e\lambda = 1 \\
& \lambda \geq 0
\end{aligned}$$

Dónde:

p_0 es un vector de precios de *outputs* para la firma evaluada y_0 es el vector maximizador de ingresos de las cantidades de *outputs* para la firma evaluada, dado el precio del *output* y_0 y el nivel de *inputs* x_0 .

La eficiencia de ingresos o eficiencia económica (EI) de la firma analizada se calcula como:

$$EI = \frac{P_0 Y_0}{P_0 Y_0} *$$

Esto es, EI es la ratio del ingreso observado para la firma evaluada respecto al máximo ingreso. Luego, la eficiencia asignativa se calcula por diferencia a través de:

$$EA = \frac{EI}{ET}$$

Fare, Grosskopf y Weber (1997) desarrollaron un modelo para minimizar costes y maximizar ingresos conjuntamente, lo que implica la maximización del beneficio. Sugieren resolver dos problemas lineales, el primero comprende la solución de un modelo DEA maximizador de ingresos y en el segundo se calcula la eficiencia técnica como una simultánea reducción de *inputs* y expansión e *outputs*. La eficiencia técnica medida de esa manera es conocida como función de distancia direccional.

3.5.4 Análisis de las holguras (*slacks*)

Este sistema de medida de la eficiencia presenta problemas en los extremos, cuando una unidad eficiente extrema no tiene ninguna otra con la cual unir el segmento de curva frontera. En este caso la frontera corre paralela a uno de los ejes. Entonces, la reducción radial de una firma ineficiente, hacia un punto eficiente proyectado, continúa ofreciendo la posibilidad de reducción de *inputs*.

Por ello, dicho punto proyectado no puede considerarse realmente óptimo, dado que puede haber otra explotación produciendo una similar cantidad de *output* con un consumo menor de *inputs*.

La distancia entre el punto eficiente proyectado radialmente a la explotación eficiente de referencia se denomina holgura. Su medida dará la ineficiencia de holgura.

Por lo expuesto, se hace necesario plantear una segunda etapa en la determinación de eficiencia, para eliminar el efecto de la ineficiencia de holgura. Luego, la consideración en común de ambas medidas (radial y holgura) dará la eficiencia técnica (Coelli, 1998).

El tratamiento consiste en maximizar la suma de las holguras, de la siguiente manera (ídem):

$$\text{Max } w = es^- + es^+$$

$$s^+ = Y\lambda \geq y_0$$

$$s^- = \theta x_0 \geq X\lambda$$

$$\lambda \geq 0, s^- \geq 0, s^+ \geq 0$$

Para que una firma sea considerada eficiente, se deben cumplir dos condiciones:

- la eficiencia técnica debe dar 1
- las holguras deben ser iguales a 0.

Este tratamiento se repite para cada una de las firmas.

Debe mencionarse que estas condiciones también son conocidas como Eficiencia Pareto-Koopmans, por los economistas Wilfredo Pareto y el economista Tjalling Koopmans, inspirador de Farrell. La eficiencia Pareto-Koopmans se define de la siguiente manera:

“Una unidad o firma es totalmente eficiente sí, y solo sí, no es posible mejorar algún input o algún output sin empeorar alguno de los otros inputs u outputs”.
(Cooper, 2000)

Las ideas de Farrell lograron cumplir la condición (i), pero no habían podido completar la condición (ii), que como se explicó, se satisface con el tratamiento de las holguras.

El análisis de eficiencia mediante DEA presenta, respecto a los métodos paramétricos, la ventaja de ofrecer (al menos) una unidad real de referencia para las unidades ineficientes. Estas unidades referentes se denominan *peers*, se ubican en la frontera eficiente y se encuentran operando en un nivel de escala próximo, en cuanto a los *inputs* considerados, respecto a la unidad ineficiente que están referenciando (su par ineficiente).

La comparación con explotaciones *peers* es muy importante para el método, ya que se constituyen como referentes de las unidades ineficientes para el tratamiento de las holguras. Pero además, resultan de gran interés para la planificación regional, ya que se muestran como los “modelos reales a seguir” para

las unidades ineficientes que deseen mejorar su eficiencia, en el denominado proceso de *benchmarking*.

3.5.5 Fundamentos de la programación lineal

La teoría de la programación lineal¹⁵ se ha utilizado desde la segunda mitad del siglo pasado para resolver problemas concretos como el del transporte, el de la dieta y otros muchos problemas de la industria, la economía y la estrategia militar. Los problemas que resuelve la programación lineal, tratan de encontrar el máximo y el mínimo de algunas funciones sujetas a ciertas limitaciones que se llaman restricciones.

Se puede decir que con la programación lineal se deben tratar aquellos problemas en los que se debe optimizar (calcular máximos o mínimos) una función lineal de varias variables, llamada función objetivo, sometida a una serie de restricciones expresadas mediante sistemas de inecuaciones lineales.

3.5.6 Fundamentos metodológicos del DEA

En la actualidad, las empresas deben de enfrentar problemas que en algunos casos pueden poner en riesgo, no sólo la estabilidad de ella, sino también su permanencia en el mercado, por lo que deben de resolverlos en forma rápida y eficiente. Estos problemas pueden ser complejos, debido al número de variables y parámetros que se conozcan, es por ello que se utilizan distintas técnicas de investigación (Maule, 2013).

¹⁵ La programación lineal corresponde a un algoritmo a través del cual se resuelven situaciones reales en las que se pretende identificar y resolver dificultades para aumentar la productividad respecto a los recursos (principalmente los limitados y costosos), aumentando así los beneficios. El objetivo primordial de la programación lineal es optimizar, es decir, maximizar o minimizar funciones lineales en varias variables reales con restricciones lineales (sistemas de inecuaciones lineales), optimizando una función objetivo también lineal.

Entre las más conocidas está la investigación de operaciones¹⁶, una de las ramas de la matemática que aplica el método científico, utilizada por la ingeniería para la solución de problemas. Ésta consiste, en hacer uso de diferentes modelos que permitan evaluar la mejor alternativa de decisión. Dando como resultado un manejo adecuado de los recursos con los que se cuentan, para lograr propósitos específicos.

El concepto de Investigación de Operaciones nació durante la Primera Guerra Mundial en Inglaterra entre los años 1914 y 1915, cuando F. W. Lanchester intentó tratar cuantitativamente las operaciones militares, obteniendo ecuaciones que relacionaban el resultado de una batalla en función de la fuerza numérica relativa de los combatientes y de su capacidad relativa de fuego. Lanchester modeló una situación que involucraba opciones estratégicas, y después probó ese modelo contra la situación real.

De otro lado Edison, estudió el proceso de la guerra antisubmarina. Efectuó un análisis estadístico para desarrollar maniobras mediante las cuales los barcos pudieran evadir y destruir a los submarinos y en 1917, el matemático Erlang, que trabajaba en la compañía telefónica de Copenhage, publicó el trabajo “Soluciones a algunos problemas en la teoría de probabilidades importantes en las centrales telefónicas automáticas”, contenía fórmulas de tiempo de espera que más tarde fueron empleadas por la Oficina Postal Británica para calcular el número de circuitos necesarios.

Como los antecedentes mencionados existen muchos que han permitido una evolución continua en ese campo, es así como se han diseñado diferentes técnicas para resolver distintos problemas, más específicamente, se consideran algunos métodos de Investigación de Operaciones, como la programación lineal

¹⁶ La Investigación Operativa es la aplicación del método científico por equipos interdisciplinarios a problemas que comprenden el control y gestión de sistemas organizados (hombre- máquina); con el objetivo de encontrar soluciones que sirvan mejor a los propósitos del sistema (u organización) como un todo, enmarcados en procesos de toma de decisiones.

que se ha usado con éxito en la solución de problemas referentes a la asignación de personal, la mezcla de materiales, la distribución y el transporte y las carteras de inversión. La programación dinámica¹⁷ que se ha aplicado con buenos resultados en áreas tales como la planeación de los gastos de comercialización, la estrategia de ventas y la planeación de la producción. La teoría de colas¹⁸ que ha tenido aplicaciones en la solución de problemas referentes al congestionamiento del tráfico, al servicio de máquinas sujetas a descomposturas, a la determinación del nivel de la mano de obra, a la programación del tráfico aéreo, al diseño de presas, a la programación de la producción y a la administración de hospitales.

De igual forma se encuentra la metodología *Data Envelopment Analysis* (DEA), uno de los modelos desarrollados por la Investigación de Operaciones que trata de optimizar la medida de eficiencia de cada unidad analizada, para crear así una frontera eficiente basada en el criterio de Pareto, precisando que es una técnica no paramétrica para la medición de la eficiencia relativa de unidades organizacionales en situaciones donde existen múltiples entradas y/o salidas, o donde posiblemente es difícil medirlas monetariamente.

DEA generaliza en cierto sentido la productividad que muchas veces se utiliza, en la cual se definen entradas y salidas ponderadas.

Productividad = Suma ponderada de Salidas / Suma ponderada de Entradas

La eficiencia en DEA se basa en el cálculo comparativo del cociente entre productos y los insumos de varias unidades de decisión, las cuales pueden ser:

¹⁷ Donde tiene mayor aplicación la Programación Dinámica es en la resolución de problemas de optimización. En este tipo de problemas se pueden presentar distintas soluciones, cada una con un valor, y lo que se desea es encontrar la solución de valor óptimo (máximo o mínimo).

¹⁸ La teoría de colas es el estudio matemático del comportamiento de líneas de espera. Esta se presenta, cuando los "clientes" llegan a un "lugar" demandando un servicio a un "servidor", el cual tiene una cierta capacidad de atención. Si el servidor no está disponible inmediatamente y el cliente decide esperar, entonces se forma la línea de espera.

empresas, hospitales, escuelas, países y cualquier en la que se procesen insumos o recursos para generar productos o servicios (Restrepo, 2007).

CAPITULO 4. DEA *Network*

La mayoría de los artículos en DEA tienen como núcleo central la aproximación de la frontera eficiente o frontera de mejor práctica, la cual es construida a partir de inputs y outputs observados, y manejan los procesos de producción dentro de las unidades de decisión (DMU) como una simple transformación de recursos. La principal implicación de esta suposición es que la tecnología, a partir de la cual es medida la eficiencia, no permite el flujo o transferencia de inputs u outputs intermedios en el proceso de producción, sino que la considera como una caja negra por donde entran *inputs* y salen *outputs*.

La investigación de Färe y Primont (1984) fue de las primeras en romper con el paradigma anterior, y plantearon un modelo de programación lineal para medir la eficiencia para múltiples empresas, en donde se estima la medida de eficiencia para una planta y para la empresa o sector industrial al que pertenece. Posteriores trabajos (Färe, 1991; Färe y Grosskopf 1996; 2000, Färe y Zelenyuk, 2003,) plantean el problema como un modelo de programación lineal donde se relacionan la teoría de redes con la medición de la eficiencia, es decir indagan lo que sucede dentro de la caja negra.

Dentro de la evolución del DEA aparecen los modelos de dos etapas, estos modelos que encuentran la solución de la primera etapa y junto con algunas variables adicionales son utilizados como *inputs* de la segunda etapa, además asumen completa transferencia de los *outputs* de la primera etapa hacia la segunda. Por ejemplo, Charnes et al. (1984 , 1994) aplica un modelo del DEA en dos etapas para evaluar las políticas y administración en el reclutamiento del ejército norteamericano. Por su parte, Zhu (2000) aplica un modelo en dos etapas para analizar el desempeño financiero de las 500 primeras compañías según la

revista Fortune, a través de la generación de la frontera de mejor practica mediante las ocho variables de desempeño financiero que emplea la revista para hacer su clasificación.

4.1 Modelo de dos etapas

El DEA se ha aplicado en muchos estudios de eficiencia y benchmarking en el sector de transporte. Los modelos convencionales de DEA consideran el sistema como una caja negra de un solo proceso. Sin embargo, hay una serie de enfoques denominados DEA de red que consideran que el sistema está compuesto por distintos procesos o etapas, cada una con sus propias entradas y salidas y con flujos intermedios entre las etapas (Lozano, 2012).

El problema dado por una única etapa, busca, para la unidad evaluada, la máxima reducción *input*, obteniéndose los valores holgura de manera residual.

Sin embargo, mediante este método de resolución, según Coelli, Prasada Rao y Battese (1998), “*no siempre se identifican todas las holguras*”.

Para determinar todas las posibles holguras *input* y *output*, Ali y Seiford (1993a) sugieren la resolución de una segunda etapa, cuyo objetivo es maximizar la suma de las holguras *input* y *output* manteniendo el valor óptimo de logrado en la primera etapa.

Por tanto, este método de resolución implica la resolución de dos problemas para cada unidad (Coll *et. al.* 2006):

Primera etapa:

El objetivo de este primer paso es determinar el valor óptimo, es decir, la máxima reducción proporcional que tendría que producirse en los Inputs de la unidad objeto de estudio.

Segunda etapa:

A partir del óptimo obtenido en la etapa 1 se ajustan los Inputs y se procede a maximizar las holguras *inputs* y *outputs* para mover radialmente el punto proyectado en la etapa 1, que satisface la condición de eficiencia de Farrell (1957), a un punto sobre la envolvente eficiente que satisfaga la condición de optimalidad de Pareto-Koopmans.

Posteriormente surgieron los modelos que incorporan explícitamente el flujo de *inputs* intermedios, que toman los precios exógenamente y estiman la eficiencia de cada subsistema y la eficiencia agregada del sistema (Färe, 1991; Färe y Whittaker, 1995; Färe y Grosskopf 1996a, 1996b, 2000, entre otros), el planteamiento de estos modelos parte de arreglos que pueden estar colocados en un forma horizontal (Färe y Primont, 1984; Färe *et al.*, 1992) o en serie (Färe y Whittaker, 1995; Färe y Zelenyuk, 2003; Golany *et. al.*). Este segundo grupo de artículos tratan de explicar lo que sucede al interior de las unidades de decisión, es decir, analizan que sucede dentro de la “caja negra”. El primer trabajo publicado bajo este nuevo enfoque fue elaborado por Färe (1991). En él relaciona la medición de la eficiencia y la teoría de redes, el resultado fue un modelo DEA mediante el cual se puede medir y analizar la eficiencia de una empresa con bienes intermedios y, más en concreto, se desarrolla un modelo de análisis de actividades para cada uno de los nodos de la red, por donde circula el flujo de inputs intermedios entre ellos.

Por su parte, Färe y Whittaker (1995) hacen una estudio empírico (sin inputs intermedios y otro como el propuesto por Färe,1991) tomando una muestra de 137 granjas en EE.UU, y estiman las eficiencias global, técnica y asignativa de dos modelos DEA, encontrando que la descomposición de la producción en un proceso de subproducciones reduce considerablemente el problema de dimensionalidad en los modelos DEA, y por lo tanto pueden ser manejadas e incluidas en el modelo un gran número de variables.

Färe y Grosskopf (1996a, 1996b: 20-23) desarrollan un modelo para la medición de la productividad que incorpora productos intermedios y no requiere que los *inputs* sean asignados eficientemente entre los nodos de la red o de la disponibilidad de los precios, sus principales conclusiones son: i) el problema DEA con *inputs* intermedios es esencialmente una función de distancia, ii) no se necesita, en principio, información sobre los precios de los *inputs* y *outputs*, y iii) identificación de las asignaciones ineficientes e incluso identifica las ineficiencias debidas a la falta de *inputs*. Löthgren y Tambour (1999) plantean un modelo DEA basado en el propuesto por Färe y Grosskopf (1996b) que incluye la “satisfacción del consumidor” en la medición de la eficiencia y producción, y lo aplican a una muestra de farmacias ubicadas en el sur de Suecia. Los resultados indican un progreso de la productividad bajo ambos modelos, aunque con una tasa de cambio menor en el modelo de red.

Färe y Grosskopf (2000) presentan un estudio teórico acerca de la flexibilidad en la metodología DEA para modelar situaciones donde se presentan *inputs* intermedios y analizan el caso estático y dinámico.

Jaenicke (2000) desarrolla un modelo DEA dinámico en la producción de cosechas sujetas a un efecto de rotación, el modelo es aplicado a una base de datos de una granja experimental para investigar el papel que tiene el “capital de la tierra” en el crecimiento de la productividad y en el efecto rotatorio.

Y finalmente, el tercer grupo de artículos incorporan la maximización de beneficios. Färe y Zelenyuk (2003) analizan las condiciones de la agregación de la eficiencia de Farrell (1957) y derivan la medición de la eficiencia para la industria, a partir de las mediciones de las eficiencias técnicas y globales de las empresas. El modelo fue probado mediante una simulación de 20 empresas que utilizan dos *inputs* para producir dos *outputs*. La medición de la eficiencia técnica resultante para la industria, es una generalización *multioutput* de la eficiencia estructural de Farrell.

Por su parte, Golany *et. al.* desarrollan un marco teórico para medir la eficiencia de sistemas compuestos, en particular analizan el caso de dos subsistemas colocados en un arreglo en serie, y estiman simultáneamente, la eficiencia del sistema agregado y cada subsistema, y presuponen que existen incentivos para realizar una integración vertical y permiten a cada uno de los subsistemas adquirir los recursos del otro a cambio de la entrega de los apropiados inputs intermedios.

También, generan una frontera Pareto-eficiente que caracteriza los conjuntos aceptables de eficiencia para cada subsistema, a partir de los cuales los gerentes negociarán para seleccionar el resultado final.

Además, se discuten tres propuestas para la selección del punto de la frontera Pareto eficiente:

1. el que logra la reducción proporcional más grande en las eficiencias clásicas;
2. el que logra la reducción igual más grande en la eficiencia; y
3. el que maximiza la reducción radial en el consumo agregado de los recursos originalmente empleados antes de la integración.

PARTE III. MARCO REFERENCIAL

CAPÍTULO 5. LOGÍSTICA Y TRANSPORTE: FACTORES PARA LA COMPETITIVIDAD

En este capítulo se exponen las principales características de este sector, así como la conectividad logística destacando el caso de estudio de esta investigación, es decir el caso de la infraestructura de transporte carretero.

El presente apartado tiene como objetivo destacar el peso de la infraestructura en los diferentes índices de competitividad tanto internacional como nacional.

Los niveles de competitividad están estrechamente relacionados con el desarrollo de la infraestructura de los países (Marchini, 2003).

Transporte y conectividad internacional

La logística de carga internacional tiene una importancia decisiva para el crecimiento con equidad. Impacta de manera directa en la competitividad de las exportaciones, el acceso a bienes importados esenciales y los costos de distribución interna (Barbero, 2013).

Para el comercio internacional, los costos de transporte tienen un mayor efecto en los precios que antes. La competitividad en el servicio de transporte implica que sea barato, seguro y de calidad, y que garantice que las mercancías lleguen en buen estado a su destino. En un estudio de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2012) se menciona que en el marco de la liberación del comercio, el transporte y el costo de los fletes internacionales son tan importantes como el efecto que tiene el tipo de cambio en el comercio.

La cadena de suministro como el tipo justo a tiempo, así como el comercio de productos intermedios y en general la fragmentación de la producción

internacional, requiere un nuevo manejo logístico para su transporte, inventario y gestión (Jiménez *et. al.* 2002).

En la mayor parte de los países el comercio exterior se vincula no sólo con la contenerización, sino específicamente con el transporte marítimo; sin embargo, no es el caso de México pues, en 2006, uno de cada seis contenedores de comercio exterior se movía por mar y los otros cinco atravesaban las fronteras del norte del país por la vía terrestre (Mertner y Pérez, 2006).

Esto se vincula con la concentración del comercio de México con EE.UU, sobre todo a partir de la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). Aunque el comercio exterior de México se ha diversificado, EE.UU continúa siendo el destino de casi 81% de los productos mexicanos (*World Economic Outlook WEO*, 2012).

Mertner y Pérez mencionan que en 2004 cruzaron la frontera norte 4.5 millones de contenedores; de éstos, 87% lo hicieron en autotransporte de carga, relacionados sobre todo con las maquiladoras fronterizas.

La infraestructura multimodal

El desarrollo de los corredores multimodales requiere de una infraestructura específica, como son los puertos secos o terminales interiores de carga, los centros de transferencia y las instalaciones de seguimiento o logística con un uso intensivo de las TIC para el intercambio de datos entre los múltiples actores implicados: aduanas, operador de transporte multimodal, agente aduanal, autoridades portuarias, empresas de los diversos modos de transporte. Asimismo, se necesita proporcionar la información debida tanto al generador de la carga como al comprador. Algunos contenedores ya se encuentran estandarizados con medidas específicas internacionales. La información sobre la carga debe proporcionarse de manera anticipada a la llegada de la mercancía a los puertos, con documentos electrónicos por internet de hecho, con la certificación de origen se asegura y agiliza este paso (Maldonado 2008).

La sistematización de los procesos de revisión de la mercancía y los papeles y el uso de tecnología de punta (rayos gamma y si surge alguna anomalía, rayos x) ha permitido que sólo en algunos casos sea necesaria la inspección física. El seguimiento de los contenedores mediante la tecnología gps (siglas en inglés de sistema de posicionamiento global) es ya común en el transporte multimodal (*ídem*).

Los beneficios que se obtienen con la multimodalidad son varios (Francois *et. al.* 2007):

a) para el país, se evita la congestión de los puertos marítimos, hay mayor control de las mercancías que se introducen, así como de la recaudación tributaria, se propician precios competitivos de lo que se produce en el país y mejora el precio de los artículos importados;

b) para el operador del transporte multimodal, éste puede planear sus actividades, evita el manejo directo y merma de la mercancía, puede programar los vehículos que requiere, obtiene trato preferencial en aduanas de ingreso, y paso al contar 726 comercio exterior, octubre de 2008 con documentación certificada internacionalmente;

c) para el usuario, menores costos y tiempos de entrega, posibilidad de programar despachos, así como manejo eficiente de inventarios, un solo interlocutor (el operador multimodal) para el seguimiento de mercancía y menor riesgo de saqueo o pérdida.

Según el BM, el avance tecnológico, el comercio electrónico, la liberalización de las inversiones, así como el desarrollo del suministro mundial, representan una nueva oportunidad para aquel que sea capaz de mover las mercancías de un lugar a otro, más rápidamente, de manera confiable y a bajo costo (BM, 2012).

El Banco Mundial pretende, el IDL medir el rendimiento de cada país en cada área logística. Se enfoca en la entrega efectiva que implica tiempo, calidad y seguridad

en la cadena de suministro en un mundo en el que se comparte la producción justo a tiempo.

Los altos precios logísticos, y en particular los bajos niveles de calidad, son una barrera al comercio y a la inversión extranjera directa, y en consecuencia al crecimiento económico. De esta manera, se considera que “el progreso tecnológico, la globalización del comercio y la liberalización de las inversiones presentan una nueva oportunidad para fortalecer los mercados globales para el crecimiento económico y la reducción de la pobreza” (Maldonado, 2008).

Si bien se puede estar de acuerdo o no con esta afirmación, se ha tratado de crear un modelo *benchmark* para comparar áreas comunes que los interesados tendrán como referente para evaluar su desempeño y competitividad en sus servicios logísticos. La dispersión de la producción requiere de servicios logísticos eficaces para acortar el ciclo de vida del producto, que se relaciona con la llamada inter-red física, en la que intervienen productores, proveedores y consumidores; su facilitación es el centro actual de la mundialización económica. Como se mencionó, resulta de gran utilidad conocer los parámetros de medición de la competitividad logística (*ídem*).

Los factores clave en el desempeño logístico en la cadena de suministro, según la encuesta aplicada por el BM, son los tiempos límite de entrega, la calidad del transporte y de la infraestructura física y digital o informática, la eficiencia en los despachos aduaneros fronterizos, una industria logística local competente para la distribución interna, los costos de servicios nacionales competitivos, la seguridad para el comercio y la cadena de suministro. Destaca que el despacho aduanero ocupa uno de los primeros lugares de importancia en la eficiencia logística (BM, 2014).

Los corredores multimodales de México

El transporte multimodal tiene como objetivo que se “incremente la competitividad de la economía nacional, mediante la coordinación de los diferentes agentes que

intervienen en la operación y el traslado de las mercancías”, tal como se define en el Acuerdo de Concertación para el Desarrollo de Corredores Multimodales, firmado en 2004 por distintos organismos, tanto gubernamentales como privados (Martínez, 2007).

El objetivo del acuerdo de concertación de transporte multimodal es que los organismos citados logren conjuntar esfuerzos para que México preste este tipo de servicio en favor de los exportadores nacionales, por medio de la facilitación y el desarrollo de cadenas logísticas en el territorio nacional y su vinculación con el exterior, además de que esto resulte atractivo en particular a los exportadores asiáticos que comercian con EE.UU. El acuerdo se coordina por medio del Comité Interinstitucional de Facilitación, que define opciones de solución para mejorar el desempeño (Castillo, 2004).

A pesar de lo anterior, el transporte tradicional o unimodal continúa siendo en México el más utilizado para la distribución de carga tanto nacional como de exportación, principalmente el autotransporte, pese a que en comparación con el tren resulta más caro. Así, el costo del transporte absorbe 12.6% de las ventas totales de una empresa, en tanto que en EE.UU o China no rebasa 8%; además, alrededor de 90% de las entregas llega con retraso, lo cual tiene también un efecto negativo en las empresas (Cantero, 2007).

Por otro lado, el desconocimiento de cómo funcionan los servicios multimodales empuja a los proveedores o productores a recurrir al tradicional, restando competitividad al precio de sus productos. Se debe resaltar que el servicio multimodal no sólo sirve para la exportación de mercancías, sino también para enfrentar las necesidades del suministro y la distribución de las industrias dentro del país. Frente al transporte multimodal y su contraparte, los corredores, hay posturas y perspectivas encontradas. Hay quienes ven en ello sólo un proyecto más, argumentando que desde hace más de 15 años incluso antes de la firma del TLCAN ya había proyectos parecidos y nunca terminaron por cristalizarse. En el decenio de los setenta ya se había planeado el corredor transistmico; aun cuando

se construyeron carreteras y vías férreas, nunca funcionó como lo habían planeado: una ruta que competiría con el canal de Panamá. Otra perspectiva, tampoco positiva, ve en la creación de los corredores la manera eficiente de despojar al país de los bienes y recursos nacionales conforme a los requerimientos del mercado mundial (*ídem*).

Por su parte, la visión optimista de Cantero considera los corredores como la oportunidad de México para incorporarse con ventaja en la economía mundial, arguyendo en su favor que la situación es distinta a la de hace más de 20 años, cuando no se hacía uso intensivo de las TIC, y lo que ofrece un corredor multimodal es el apoyo con infraestructura a la logística del transporte.

En el Acuerdo de Concertación para el Desarrollo de Corredores Multimodales, se registran 10 corredores, que no son carreteras o vías férreas nuevas, sino rutas logísticas en las que se cuenta con los servicios y la infraestructura idónea para facilitar el transporte multimodal internacional.

Existen varios métodos para medir la competitividad desarrollados por reconocidas instituciones, entre los más importantes podemos citar el *World Competitiveness Yearbook* (WCY), del Instituto Internacional para el Desarrollo de la Capacidad de Gestión (IMD), el *Global Competitiveness Report del World Economic Forum* (WEF) y los diferentes índices de competitividad del Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO)(Laffaye, 2007).

Éste último, el IMCO no define un subíndice de infraestructura como las demás mediciones pero incorpora los sectores precursores de clase mundial, definidos como el sector de transporte, telecomunicaciones y financiero; son sectores precursores porque son necesarios para el desarrollo de la economía de los países en un entorno global.

En el caso del WCY menciona que uno de los aspectos más importantes para elevar la competitividad de los países es el adecuado funcionamiento de

infraestructura ya que juega un papel importante en el crecimiento y aumento del potencial económico. La cantidad y calidad de la infraestructura hace una contribución importante a las tasas de productividad y crecimiento del sector privado. Particularmente la modernización de los caminos, vías, puertos, transporte aéreo, la oferta de energía eléctrica y adecuadas telecomunicaciones (WCY, 2014).

El índice de competitividad del IMD se lleva a cabo desde 1989 y combina variables de resultado como son el desempeño económico, con aproximaciones de la eficiencia del gobierno y del sector empresarial y con variables relacionadas con el desarrollo de la infraestructura (Verde, 2008).

El IGC 2014-2015, elaborado por el WEF, evalúa el panorama de competitividad de 144 economías a partir de su productividad y la prosperidad generada (WEF, 2014).

El índice se basa en el análisis de 12 pilares de competitividad que incluyen instituciones, infraestructura, salud y educación, eficiencia del mercado laboral, preparación tecnológica, innovación y sofisticación de negocios (*ídem*).

Algunos cuestionamientos a las metodologías de los índices se centran en el hecho que los índices en términos de crecimiento se basan en encuestas de opinión realizadas a ejecutivos de las empresas, lo que provoca críticas sobre la fiabilidad de los datos. Sin embargo, las encuestas son valiosas porque recopilan datos sobre aspectos en los que nunca se contará con datos oficiales (Warner, 2002).

5.1 Desempeño logístico: Un análisis comparativo a nivel mundial

Antes de abordar la situación de la infraestructura en transporte carretero, es necesario establecer la situación de la logística a nivel internacional ya que la

infraestructura es uno de los rubros para medir la eficiencia de la logística según el BM.

La eficiencia de México en 2014 en exportaciones e importaciones bajó a la posición 50 de 160 economías, cuando en 2012 su posición era la 47, según el ranking de logística y comercio global realizado por el BM.

El LPI del BM es una herramienta comparativa que se realiza cada dos años, para ayudar a los países a identificar desafíos y oportunidades que enfrentan en su desempeño en logística comercial y ver qué pueden hacer para mejorar dicho desempeño. EL LPI 2014 permite comparar a 160 países y sus resultados están basados en encuestas a casi mil profesionales logísticos que proveen retroalimentación cualitativa sobre la realidad logística de diversas naciones. Lo anterior se complementa con información cuantitativa del desempeño de los componentes clave de la cadena logística del país en cuestión (BM, 2014).

El LPI ofrece dos perspectivas distintas (*ídem*):

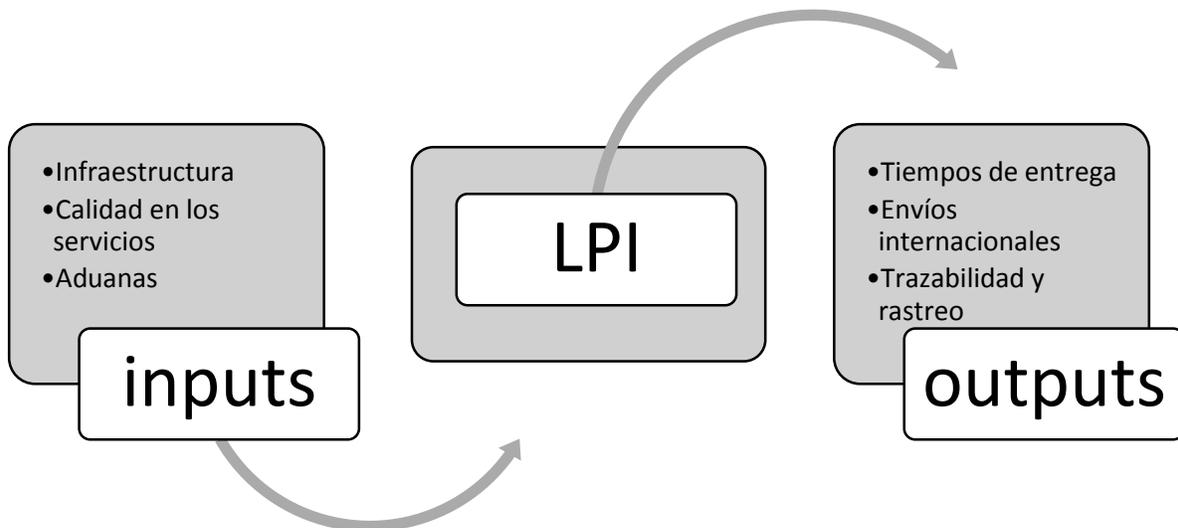
- LPI internacional: provee evaluaciones cualitativas de los países en seis áreas definidas, realizadas por profesionales del mundo de la logística que trabajan fuera del país en cuestión.
- LPI nacional: provee tanto evaluaciones cualitativas como cuantitativas del país, por parte de profesionales logísticos que trabajan dentro del país. Incluye indicadores detallados del ambiente y procesos logísticos.

En cuanto al LPI Internacional, sus indicadores corresponden a (*ídem*):

- Eficiencia del proceso del despacho de aduanas (*customs*).
- Calidad de la infraestructura relacionada con el comercio y el transporte (*infrastructure*).
- Facilidad de acordar envíos internacionales a precios competitivos (*international shipment*).

- Competencia y calidad de los servicios logísticos (*logistics competence*).
- Capacidad de seguir y rastrear los envíos, o trazabilidad (*tracking y tracing*).
- Frecuencia con la cual los embarques llegan al destinatario en el tiempo programado, o puntualidad (*timeliness*).

Figura 3.1 Indicadores LPI de *inputs* y *outputs*



Fuente: Elaboración propia con base en la Comisión Económica de América Latina y el Caribe (CEPAL), (2016).

La brecha entre los países que tienen el mejor y el peor desempeño en materia de logística comercial continúa siendo grande, esta brecha persiste debido a la complejidad de las reformas e inversiones vinculadas a la logística en los países en desarrollo, y a pesar de que la ineficiencia de las cadenas de abastecimiento es la principal barrera para la integración comercial mundial (CEPAL, 2012).

A continuación el ranking de los 10 países con mayor desempeño logístico a nivel mundial, según el BM.

Figura 3.2 Los 10 países más altos en el LPI años 2010, 2012, 2014, 2014.

Economy	2014 LPI			2012 LPI			2010 LPI		
	Rank	Score	% of highest performer	Rank	Score	% of highest performer	Rank	Score	% of highest performer
Germany	1	4.12	100.0	4	4.03	97.0	1	4.11	100.0
Netherlands	2	4.05	97.6	5	4.02	96.7	4	4.07	98.5
Belgium	3	4.04	97.5	7	3.98	95.3	9	3.94	94.5
United Kingdom	4	4.01	96.6	10	3.90	92.7	8	3.95	94.9
Singapore	5	4.00	96.2	1	4.13	100.0	2	4.09	99.2
Sweden	6	3.96	94.9	13	3.85	91.2	3	4.08	98.8
Norway	7	3.96	94.8	22	3.68	85.9	10	3.93	94.2
Luxembourg	8	3.95	94.4	15	3.82	90.3	5	3.98	95.7
United States	9	3.92	93.5	9	3.93	93.7	15	3.86	91.7
Japan	10	3.91	93.4	8	3.93	93.8	7	3.97	95.2

Fuente: Índice de Desempeño Logístico 2014, Banco Mundial en: <http://lpi.worldbank.org>, (2015).

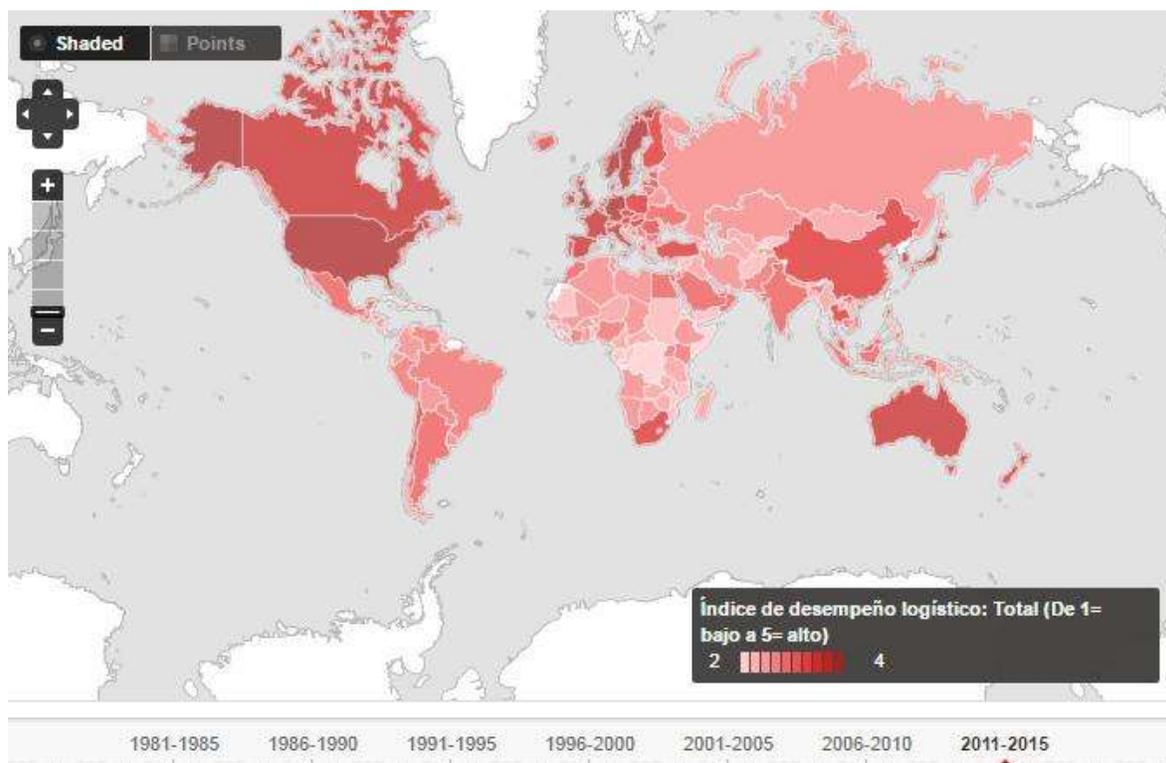
Se observa como Alemania se ha mantenido desde el 2010 dentro de los primeros 4 lugares, a diferencia de Singapur que el lugar más bajo que ha ocupado es el 5. Mientras que Reino Unido y Japón han permanecido en los primeros 10 lugares. EE.UU por otra parte, ha logrado su mejor desempeño de 2010 al 2012.

En el informe del LPI de 2014, Alemania exhibió el mejor desempeño logístico general de todo el mundo, mientras que Somalia obtuvo el puntaje más bajo.

En los países de ingreso bajo, los mayores avances suelen deberse a mejoras en la infraestructura. En cambio, los países de ingreso mediano suelen tener una infraestructura y un control fronterizo que funcionan bastante bien. Generalmente logran sus mayores avances como consecuencia de una mejora en los servicios de logística y, en especial, de la subcontratación de las funciones especializadas, como es el caso del transporte, el despacho de cargas y el almacenamiento (BM, 2014).

Con respecto a los resultados de los 27 países de caso de estudio y la posición que toman en este índice, el siguiente mapa muestra la distribución de los valores obtenidos en el LPI.

Figura. 3.3 Mapa de distribución de valores LPI



Fuente: BM (2015), en: <http://datos.bancomundial.org/indicador/LP.LPI>. Febrero

En los países de ingreso alto hay una creciente conciencia de una “logística verde”, es decir, servicios de logística que sean inocuos para el medio ambiente. En 2014, alrededor del 37 % de los encuestados del sondeo del índice de desempeño logístico que transportan mercaderías a los países que integran la organización para la OCDE reconoció que hay una demanda de soluciones de logística inocuas para el medio ambiente, mientras que solo un 10 % de aquellos realiza envíos a destinos de ingreso bajo (BM, 2014).

Un estudio que realizó en 2013 el BM y el FEM permitió concluir que una reducción en los altos costos de las operaciones y la burocracia innecesaria que enfrentaban los operadores comerciales podrían brindar un impulso considerable al producto interno bruto mundial (*ídem*).

Durante el mismo año la OMC ultimó los detalles de un “acuerdo de facilitación del comercio” que fija los parámetros para tener procedimientos aduaneros más rápidos y eficientes y contiene disposiciones para la asistencia técnica y la capacitación en esta área. El BM y otras seis instituciones de financiamiento multilateral apoyaron la iniciativa de la OMC en una declaración unánime emitida en octubre (OMC, 2014).

En este amplio contexto, el LPI goza del creciente respeto de las autoridades normativas. En Indonesia, por ejemplo, dicho valor se emplea formalmente para medir el desempeño del Ministerio de Comercio (*ídem*).

El Foro de Cooperación Económica de Asia y el Pacífico (APEC) emplea el índice de desempeño logístico para medir el impacto de una iniciativa destinada a mejorar la conectividad de la cadena de abastecimiento (APEC, 2014).

En la siguiente tabla se clasifican los 27 países de caso de estudio según los rubros del LPI para el año 2013.

Tabla 3.1 Rankings mundiales del IPL 2014 según sus rubros.

País	Año	LPI Rank	LPI Calificación	Aduanas	Aduanas	Infraestructura	Infraestructura	Envíos internacionales	Envíos internacionales	Servicios logísticos	Servicios logísticos	Trazabilidad y rastreo	Trazabilidad y rastreo	Tiempos de entrega	Tiempos de entrega
Alemania	2014	1	4.12	2	4.1	1	4.32	4	3.74	3	4.12	1	4.17	4	4.36
Reino Unido	2014	4	4.01	5	3.94	6	4.16	12	3.63	5	4.03	5	4.08	7	4.33
Singapur	2014	5	4	3	4.01	2	4.28	6	3.7	8	3.97	11	3.9	9	4.25
E.U	2014	9	3.92	16	3.73	5	4.18	26	3.45	7	3.97	2	4.14	14	4.14
Japon	2014	10	3.91	14	3.78	7	4.16	19	3.52	11	3.93	9	3.95	10	4.24
Canadá	2014	12	3.86	20	3.61	10	4.05	23	3.46	10	3.94	8	3.97	11	4.18
Francia	2014	13	3.85	18	3.65	13	3.98	7	3.68	15	3.75	12	3.89	13	4.17
Hong Kong	2014	15	3.83	17	3.72	14	3.97	14	3.58	13	3.81	13	3.87	18	4.06
Australia	2014	16	3.81	9	3.85	12	4	18	3.52	17	3.75	16	3.81	26	4
Dinamarca	2014	17	3.78	13	3.79	17	3.82	9	3.65	18	3.74	36	3.36	3	4.39
España	2014	18	3.72	19	3.63	20	3.77	21	3.51	12	3.83	26	3.54	17	4.07
Italia	2014	20	3.69	29	3.36	19	3.78	17	3.54	23	3.62	14	3.84	22	4.05
Corea del Sur	2014	21	3.67	24	3.47	18	3.79	28	3.44	21	3.66	21	3.69	28	4
N. Zelanda	2014	23	3.64	6	3.92	22	3.67	8	3.67	27	3.56	38	3.33	40	3.72
China	2014	28	3.53	38	3.21	23	3.67	22	3.5	35	3.46	29	3.5	36	3.87
Tailandia	2014	35	3.43	36	3.21	30	3.4	39	3.3	38	3.29	33	3.45	29	3.96
Chile	2014	42	3.26	39	3.17	41	3.17	53	3.12	44	3.19	40	3.3	44	3.59
Vietnam	2014	48	3.15	61	2.81	44	3.11	42	3.22	49	3.09	48	3.19	56	3.49
Mexico	2014	50	3.13	70	2.69	50	3.04	46	3.19	47	3.12	55	3.14	46	3.57
Indonesia	2014	53	3.08	55	2.87	56	2.92	74	2.87	41	3.21	58	3.11	50	3.53
India	2014	54	3.08	65	2.72	58	2.88	44	3.2	52	3.03	57	3.11	51	3.51
Argentina	2014	60	2.99	85	2.55	63	2.83	64	2.96	62	2.93	53	3.15	55	3.49
Brasil	2014	65	2.94	94	2.48	54	2.93	81	2.8	50	3.05	62	3.03	61	3.39
Perú	2014	71	2.84	96	2.47	67	2.72	69	2.94	76	2.78	83	2.81	66	3.3
Costa Rica	2014	87	2.7	110	2.39	99	2.43	106	2.63	69	2.86	82	2.83	95	3.04
Rusia	2014	90	2.69	133	2.2	77	2.59	102	2.64	80	2.74	79	2.85	84	3.14

Fuente: Elaboración propia con base en el IPL (2014) en: <http://lpi.worldbank.org>. Septiembre.

En la última edición del índice de desempeño logístico, que forma parte del informe bienal titulado *Connecting to Compete 2016: Trade Logistics in the Global Economy* (Conectarse para competir 2016: La logística comercial en la economía mundial) se realiza una clasificación de 160 países a partir de su desempeño en materia de logística comercial. Por tercera vez, Alemania es el país mejor posicionado. Siria ocupa el último puesto.

En el caso de México para el año 2016, el IDL ubica al país en el lugar 54, bajando 4 lugares en el ranking con un puntaje de 3.11.

A continuación la lista del Índice de desempeño logístico 2016 (primeras 10 posiciones):

1. Alemania
2. Luxemburgo
3. Suecia
4. Países Bajos
5. Singapur
6. Bélgica
7. Austria
8. Reino Unido
9. Hong Kong (China)
10. Estados Unidos

5.2 Infraestructura carretera: clave para el comercio internacional

Los países que encabezan la edición 2014-2015 del IGC elaborado por el WEF en cuanto a calidad de infraestructura carretera son Emiratos Árabes Unidos, con la primera posición, seguido por Portugal, Austria, Francia, Países bajos y Singapur. A continuación se enlista los 27 países de caso de estudio según su posición en el índice.

Tabla3 .2 Ranking del IGC 2014-2015: Calidad en infraestructura carretera.

Rank	País	Infraestructura carretera
4	Francia	6.20
6	Singapur	6.10
7	Hong Kong	6.00
10	Japón	5.94
11	España	5.93
12	China	5.92
13	Alemania	5.90
16	Estados Unidos	5.70
18	Corea del sur	5.60
21	Dinamarca	5.40
23	Canadá	5.30
30	Reino Unido	5.20
31	Chile	5.10
35	Nueva Zelanda	4.90
43	Australia	4.80
50	Tailandia	4.50
52	México	4.40
57	Italia	4.30
72	Indonesia	3.90
76	India	3.80
104	Viet Nam	3.20
102	Perú	3.20
110	Argentina	2.99
122	Brasil	2.80
119	Costa Rica	2.80
124	Rusia	2.70

Fuente: Elaboración propia con base en WEF, “Competitiveness Rankings”, en: <http://reports.weforum.org>. Agosto (2014)

En cuanto a calidad en infraestructura carretera, México se ubica en el lugar 52 del ranking de competitividad. Cabe mencionar que en materia de infraestructura de transporte ha sido la mejor posición debido a que en ferrocarriles, México se posicionó en el lugar 64, esto significó una caída de cuatro peldaños frente al año precedente. Para el año 2016 baja puntuación de 4.40 a 2.89 en cuanto a infraestructura carretera ubicándose en el lugar 57 del ranking.

En materia de puertos, de acuerdo con el Índice de Competitividad no se mostró movimiento y se mantuvo en el lugar 62.

Los aeropuertos fue el rubro en donde se alcanzó una mejoría, al ubicarse en el lugar 63, mientras que el año previo se había instalado en el peldaño 64.

En el ramo de infraestructura también se consideran otros elementos como electricidad y telefonía, en donde México alcanzó el sitio 88, mientras que en 2013 se había posicionado en el lugar 92.

Ante el panorama que ofrecen las mediciones internacionales de competitividad y en específico el componente de infraestructura, la administración del Presidente Felipe Calderón presentó en el año 2007, el Programa Nacional de Infraestructura 2007-2012 (PNI) y el Fondo Nacional de Infraestructura. El programa tiene como objetivos principales elevar la cobertura, calidad y competitividad de la infraestructura; convertir a México en una de las principales plataformas logísticas del mundo, aprovechando la posición geográfica y la red de tratados internacionales; incrementar el acceso de la población a los servicios públicos, sobre todo en las zonas de mayores carencias; promover un desarrollo regional equilibrado, dando atención especial al centro, sur y sureste del país; elevar la generación de empleos permanentes; impulsar el desarrollo sustentable y desarrollar la infraestructura necesaria para el impulso de la actividad turística (PNI,2007).

Por su parte, el Fondo Nacional de Infraestructura tiene como objetivos ubicar a México dentro de los 30 líderes en infraestructura; convertir al país en una de las principales plataformas logísticas del mundo; promover un desarrollo regional equilibrado; elevar la generación de empleos permanentes e impulsar el desarrollo sustentable (BANOBRAS, 2008).

Las carreteras son fundamentales para el comercio, pues posibilitan el desplazamiento de mercancías de un mercado a otro de manera rápida en distancias cortas y medias y, dependiendo de su cobertura, brindan mayor flexibilidad que otros modos de transporte. En el marco del comercio mundializado, su importancia se incrementa, pues esta red permite crear corredores intermodales de transporte, necesarios para el flujo expedito de las mercancías. En el caso de México, el modo de transporte más usado para el comercio exterior es el carretero, seguido por el marítimo, el ferroviario y el aéreo (Jiménez, 2009).

El transporte por carretera es valorado como un modo de transporte indispensable. Es un factor importante para el crecimiento del PIB. Sin transporte por carretera, el comercio es imposible (*ídem*).

5.3 Situación de la red carretera en México

La red carretera¹⁹ se compone de cuatro tipos de vías: red troncal federal, red de alimentadoras estatales, caminos rurales y brechas mejoradas. La primera corresponde a carreteras que cruzan y comunican a todos los estados de México, por lo que son responsabilidad del gobierno federal.

Se puede considerar a ésta la más importante para el tránsito de personas y mercancías, pues permite la comunicación interestatal, conecta las fronteras del país y los puntos turísticos más importantes, así como con las ciudades portuarias más significativas (Ensenada, Mazatlán, Veracruz, Cancún, Progreso).

En cuanto a las carreteras alimentadoras estatales, éstas son vías que vinculan las cabeceras municipales dentro de un estado, conectan con la red troncal y están a cargo de la respectiva entidad federativa. Los caminos rurales se integran por carreteras de baja calidad, que conectan comunidades alejadas; mientras que

¹⁹ La red carretera sólo es un enlace entre dos puntos geográficos con distintos tipos de recursos; si en uno de ellos no son lo suficientemente atractivos para el otro, no habrá intercambio alguno.

las brechas mejoradas son caminos rústicos de tierra o pedregosos acondicionados por la mano del hombre, de acuerdo con sus necesidades. Estos dos últimos tipos de vías son de jurisdicción local (SCT, 2014).

En el país existen 379 mil km de caminos; sin embargo sólo el 13% son autopistas federales; cuando a estas se suman las carreteras estatales este porcentaje se incrementa a 37% del total. Este bajo porcentaje es un reflejo de la falta de conexión de los nodos estratégicos; que genera problemas de saturación y de conexión local, como en los accesos a las ciudades. El desempeño reciente muestra que, en 2013, el volumen de carga transportada apenas creció el 0.8% con respecto al año anterior. Sin embargo el monto de las exportaciones, en el 2015, ha crecido a tasa anual en 10.1% (Banco Nacional de Comercio Exterior, 2015).

Los datos anteriores manifiestan el esfuerzo por incrementar la conectividad del país en los ámbitos estatal y municipales; no obstante, el crecimiento de la red troncal federal ha descansado en la iniciativa privada, ya que el gobierno federal no construye carreteras de cuota, aunque las opera.

El aumento de la longitud carretera por sí mismo no indica la calidad de la ampliación y si ésta es adecuada para incrementar la competitividad de las empresas nacionales en el plano internacional.

Así, la infraestructura de la red carretera nacional ha crecido, pero ostenta deficiencias que obstaculizan el comercio. Algunas tienen un origen estructural. La configuración espacial de la red se definió durante la vigencia del modelo de sustitución de importaciones y tenía el propósito de interconectar al país con la Ciudad de México, mayor centro de producción conforme a este modelo de crecimiento económico.

Esta red carretera tampoco se complementaba con la red ferroviaria, pues se creía que ésta era obsoleta, por lo que los ejes troncales se construyeron de manera paralela a los ferroviarios. Como resultado, no se crearon ejes transversales para la integración regional y se continuó con la configuración longitudinal de las vías de comunicación. Aunque esta configuración restringió la generación de vínculos comerciales dentro del país y la comunicación de muchas regiones con el exterior, permitió cierta conexión con el extranjero, debido a que los ejes carreteros reprodujeron el trayecto de las vías férreas que se habían trazado para alcanzar los principales puntos fronterizos (Chías, 2006).

Los orígenes de la configuración espacial de la red carretera explican su falta de competitividad en el plano internacional, pues bastaba con que cumpliera con los requerimientos internos de transporte, bajos en comparación con los del comercio internacional.

Con la apertura comercial de México y la firma del TLCAN, el comercio internacional mediante el autotransporte se incrementó a niveles que no estaban previstos cuando se construyeron las carreteras. Lo que ha originado un desgaste rápido de éstas.

Muchas carreteras se construyeron entre 1926 y 1970, por lo que su vida útil ha terminado. De igual modo, en muchas se utilizaron materiales y especificaciones técnicas pensadas para soportar cargas de vehículos entre seis y ocho toneladas y tránsito máximo de 2 000 unidades diarias, cuando en la actualidad hay vehículos que transportan cargas muy superiores y en algunos tramos carreteros los tránsitos son mayores a 20 000 vehículos diarios (Téllez, 2004).

Como resultado, la infraestructura carretera no es la más adecuada para que todas las regiones del país aprovechen los beneficios de los tratados comerciales ni para un concurrido tránsito de vehículos automotores de carga.

Las carreteras de cuota de México son caras en comparación con las de otros países, lo que reduce la competitividad de esta infraestructura para el transporte de mercancías.

Todo lo anterior (mala cobertura, deficiente calidad de las carreteras, cuotas altas) e incluso la inseguridad se refleja en los índices de competitividad internacional de la infraestructura del país (Moreno, 2008).

Finalmente, al comparar algunos indicadores de la infraestructura carretera con socios comerciales de México, se entiende que el país tiene una red deficiente: su densidad carretera y su proporción de carreteras pavimentadas es inferior a las de países desarrollados y muy similar a las de países latinoamericanos.

Son también obsoletas las normas que regulan el transporte terrestre en muchas partes del mundo, reduciendo la eficiencia de la logística y echando por tierra los esfuerzos por estimular el comercio.

Las pérdidas debidas a los obstáculos al transporte internacional por carretera pueden cifrarse en miles de millones de dólares o euros. Estas pérdidas para la economía y la sociedad pueden evitarse. La Unión Internacional de Transportes por Carretera (IRU) hace lo posible por ayudar a este sector a reducir esas pérdidas.

PARTE IV. MARCO NORMATIVO

En este apartado se hace referencia a las bases normativas que sustentan el transporte carretero tanto a nivel internacional como nacional.

CAPÍTULO 6. NORMATIVIDAD EN EL TRANSPORTE CARRETERO DE CARGA

6.1 Organizaciones Internacionales de Transporte

Las Organizaciones Internacionales de Transporte desempeñan un papel importante en la facilitación del comercio, ya que representan a sus miembros en las negociaciones sobre la facilitación del comercio y a menudo son decisivas para promover medidas de facilitación del comercio y para implementar herramientas y soluciones de facilitación del comercio entre sus comunidades (Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa CEPE, 2012).

Las principales Organizaciones Internacionales de Transporte para la facilitación del comercio son las siguientes:

FIATA, la Federación Internacional de Asociaciones de Transitorios, representa a la industria de transitorios, y es una organización integrada por alrededor de 40,000 empresas de logística y agentes de carga, en 150 países. La FIATA formuló una serie de documentos estándar y sus equivalentes electrónicos para que sean usados por transitorios en todo el mundo (FIATA, 2012):

- Certificado de Recepción del Transitorio
- Certificado de Transporte del Transitorio
- Certificado de Almacén de la FIATA

- Conocimiento de Embarque negociable para el Transporte Multimodal de la FIATA
- Documento de Transporte Multimodal no negociable de la FIATA
- Declaración de Expedidores para el Transporte de Mercancías Peligrosas
- Certificado Intermodal de Pesos del Expedidor
- Instrucciones de Envío

La Unión Internacional de Transporte por Carretera (IRU), es una organización mundial de transporte carretero que representa los intereses de los operadores de camiones (así como los intereses de los operadores de autobuses, autocares y taxis) para el movimiento de personas y mercancías por carretera (IRU, 2013).

La IRU participa activamente en la facilitación del comercio para el transporte por carretera y busca armonizar, tanto como sea posible, toda la legislación que rige actualmente el transporte carretero, a fin de garantizar la interoperabilidad, evitar la duplicación y la confusión innecesaria que ocasiona costosos retrasos, infracciones a la ley y multas (*ídem*).

En el panorama gubernamental internacional hay dos formas multilaterales principales de facilitación, es decir, de prevención de pérdidas:

- Las convenciones y convenios de las Naciones Unidas y
- Los instrumentos de la OMC

Cabe destacar el artículo V del GATT sobre la libertad de tránsito del instrumento de facilitación de la OMC, ya que su aplicación adecuada, contribuye al progreso del comercio y la cooperación internacional mediante la facilitación del transporte por carretera.

Desde sus inicios en la década de los 70s, IRU ahora da forma a la política de movilidad y la practican en más de 100 países.

IRU fue fundada en 1948 en Ginebra para ayudar a Europa después de la guerra para reconstruir el comercio y vínculos comerciales.

Comenzando como una alianza de asociaciones nacionales de transporte por carretera de ocho países europeos, la IRU se comenzó a desarrollar en 1949.

Como los cambios geopolíticos y económicos han avanzado a través de Europa y Asia en las décadas que siguieron, la IRU se ha mantenido a la vanguardia de facilitar el comercio, la mejora del transporte e impulsar la prosperidad.

La orientación y las actividades de la IRU ahora se han extendido a todos los continentes, para la movilidad de personas y mercancías por carretera, así como los viajes intermodales y servicios de movilidades innovadoras.

6.2 Normatividad en transporte carretero de México

En este apartado se citan las siguientes leyes, normas, y reglamentos que rigen el funcionamiento del sistema carretero como el autotransporte.

A continuación se enlistan algunas de las disposiciones normativas de carácter federal más relevantes, que son aplicables para regular la actividad del ramo del transporte en nuestro país.

- a) Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (artículos 1, 5, 6, 14, 16, 27, 28, 42 fracción VI, 73 fracción XVI y 133)
- b) Tratados internacionales en la materia
- c) Ley Orgánica de la Administración Pública Federal
- d) Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal y los reglamentos que de ella se desprenden

Y demás reglamentos que rigen el transporte:

- Reglamento para el Transporte Multimodal Internacional
- Reglamento Interior de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes
- Reglamento del Padrón de Abanderamiento Mexicano
- Reglamento para el Transporte Multimodal de Mercancías
- Reglamento para el Transporte Multimodal Internacional
- Manual de Organización de la SCT
- Normativa para la Infraestructura del Transporte

De forma general los diversos ordenamientos legales que rigen la actividad del Autotransporte Federal, con el propósito de exponer únicamente un catálogo de los mismos, así como la naturaleza jurídica y alcances de la normatividad de carácter administrativa aplicable a este modo de transporte le corresponde a la SCT.

Esta dependencia del Poder Ejecutivo Federal lleva a cabo la regulación de este servicio a través de diversas unidades administrativas, y de conformidad con los principios que rigen a nuestro sistema jurídico vigente, actúa dentro de un marco legal que le proporciona el fundamento y herramientas legales necesarias para cumplir con su cometido.

a) El Artículo 73 fracción XVII de la Constitución

De conformidad con nuestro sistema constitucional vigente, la base o sustento de este marco legal se ubica en el texto de la Constitución Política, específicamente en su artículo 73, fracción XVII, el cual establece que es facultad del Congreso de la Unión dictar leyes sobre vías generales de comunicación, es decir, le atribuye al citado poder federal la facultad para regular todo lo concerniente a estas importantes arterias de enlace, y en consecuencia, para expedir leyes que traten

tanto sobre su conservación, construcción y mantenimiento, como las relativas a los medios de transporte que en ellas operan.

b) Los Tratados Internacionales

De conformidad con lo dispuesto por el artículo 133 de la Constitución Política, los tratados que estén de acuerdo con la misma, celebrados y que se celebren por el Presidente de la República con aprobación del Senado, serán la Ley Suprema de toda la Unión, y en tal sentido, debe señalarse que en nuestra materia el Poder Ejecutivo Federal ha suscrito importantes tratados internacionales, como lo son los de libre comercio celebrados con los EE.UU y Canadá (T.L.C.) y los recientemente firmados con la Comunidad Europea y con otros países latinoamericanos.

En estos acuerdos se destacan diversos compromisos en materia de Autotransporte, desde aperturas comerciales de servicios hasta de cooperación técnica, y por tanto, constituyen una fuente legal para las políticas y programas aplicables al Autotransporte Federal en el país.

Leyes secundarias

Siguiendo un orden descendiente, de arriba a abajo, partiendo de la constitución política y los tratados internacionales, que se consideran la ley suprema de la unión, continúan las leyes secundarias. En este orden de ideas, y por lo que hace a nuestro objeto de estudio, estimamos debe acudir, en primer lugar, a la ley secundaria que faculta al Poder Ejecutivo Federal para hacer cumplir el mandato emitido por el Congreso de la Unión a que hemos hecho referencia líneas arriba, posteriormente analizar la ley secundaria que se deriva del citado artículo 73, fracción XVII constitucional, y continuar con otros ordenamientos de esa misma jerarquía, que también forman parte del marco legal del Autotransporte Federal.

c) Ley Orgánica de la Administración Pública Federal

Ubicada en el ámbito del derecho administrativo, contiene disposiciones sobre la competencia necesaria que requiere la Secretaría de Comunicaciones y

Transportes, dentro de la Administración Pública Federal, para desempeñarse en el ámbito del Autotransporte Federal. Trata en su artículo 36 de los siguientes aspectos:

- Composición orgánica de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes;
- Denominación y funciones de cada unidad administrativa;
- Distribución de competencias de acuerdo a las distintas funciones;
- Facultades del Secretario de Estado y de los titulares de las distintas unidades administrativas.
- Facultades específicas en materia de Autotransporte Federal para el Subsecretaría de Transporte, la Dirección General de Autotransporte Federal y los Centros SCT ubicados en la República Mexicana.

d) La Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal

También ubicada en el ámbito del derecho administrativo, se deriva del artículo 73 fracción XVII constitucional y cumple con el mandato de dicho precepto, y por ello tiene por objeto la regulación de la vía general de comunicación caminos y puentes, y en términos generales, sobre la operación del modo de transporte que en ella transita, es decir, sobre los servicios de autotransporte público federal y sus servicios auxiliares, estableciendo al efecto disposiciones sobre lo siguiente:

- Características, efectos y vigencia de los permisos;
- Caducidad y revocación de permisos;
- Servicios sujetos a permiso;
- Autoridad que ejerce jurisdicción sobre los servicios;
- Definición de cada tipo de servicio y sus modalidades;
- Requisitos para la operación de los servicios;
- Servicios auxiliares al autotransporte federal;
- Sistema de responsabilidades en la operación de los servicios;
- Disposiciones sobre competencia económica;
- Autorizaciones a transportistas estatales;

- Condiciones de operación de los vehículos;
- Requisitos de los operadores o conductores;
- Recursos administrativos;
- Vigilancia y supervisión de los servicios.

PARTE V. MARCO METODOLÓGICO

En este apartado se explican las técnicas utilizadas para el análisis del problema de la investigación.

CAPÍTULO 7. METODOLOGÍA

En este capítulo se determinan los niveles de eficiencia en los 27 países de caso de estudio a partir de las mediciones de los modelos de frontera DEA. Lo cual permitirá conocer la situación que guarda cada país en materia de eficiencia en el sector logístico.

7.1 Análisis Envolvente de Datos

Considerando que el objetivo principal de la investigación es el análisis de eficiencia en el comercio internacional basado en la infraestructura de transporte carretero, se optó por emplear el modelo matemático DEA (*Data Envelopment Analysis*) que permite la observación del comportamiento de las variables seleccionadas, proporciona los resultados necesarios para identificar cuáles son aquellas DMUs que están presentando bajos porcentajes de eficiencia, cuales son las falencias en las variables que cada una maneja e igualmente posibilita observar cual es la DMU que tiene el mejor comportamiento.

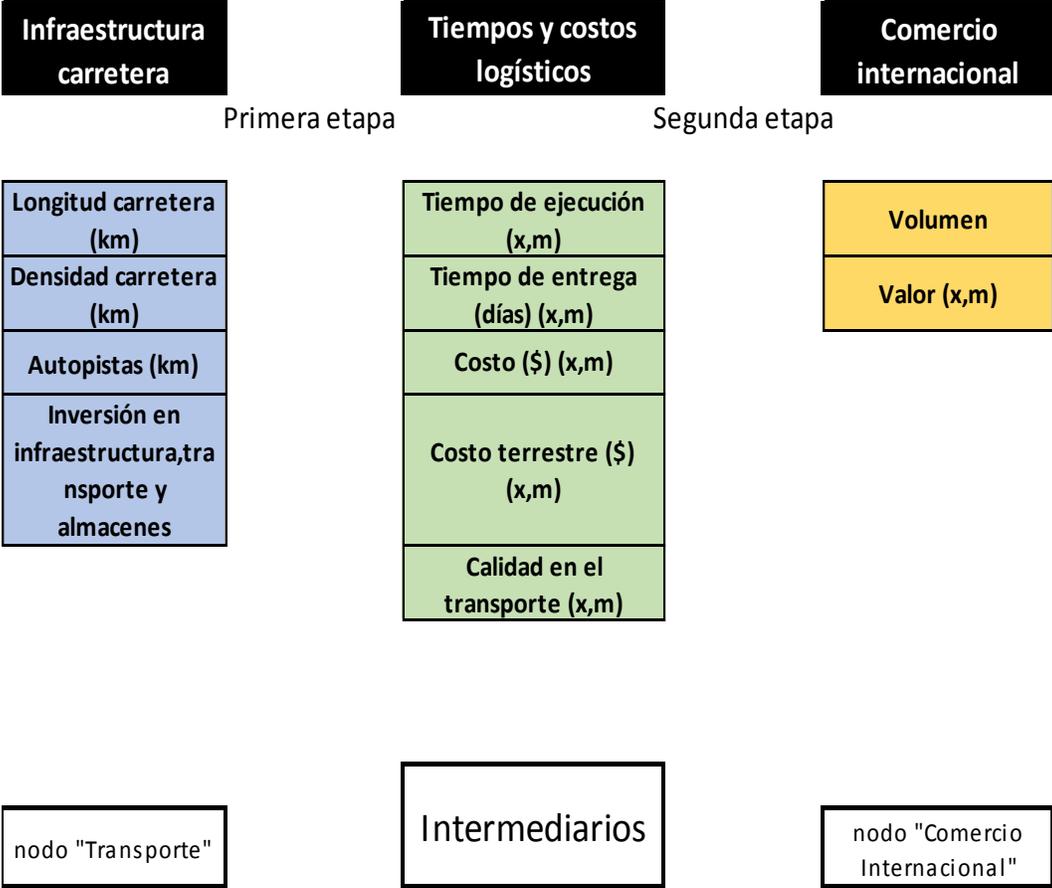
7.1.1 DEA Network de dos etapas

La presente investigación se basa en varias investigaciones, entre ellas se puede mencionar la de Charnes (1994), donde aplica un modelo del DEA en dos etapas para evaluar las políticas y administración en el reclutamiento del ejército norteamericano. Por su parte, Zhu (2000) aplica un modelo en dos etapas para analizar el desempeño financiero de las 500 primeras compañías según la revista Fortune, a través de la generación de la frontera de mejor practica mediante las

ocho variables de desempeño financiero que emplea la revista para hacer su clasificación.

El modelo es *output* orientado de rendimientos contantes; ya que aplicado a ésta investigación se busca incrementar el valor y el volumen del comercio internacional a través de la infraestructura en transporte carretero.

Figura 5.1 Red del modelo DEA



Fuente: Elaboración propia, (2016).

El *input* infraestructura es medido a través de diversos indicadores como lo son: la longitud carretera, su densidad, autopistas y la inversión en infraestructura,

transporte y almacenes. La primera estación representa las variables técnicas de la infraestructura carretera, así como su inversión. Mientras que los *outputs* representan los costos, la calidad y tiempos logísticos.

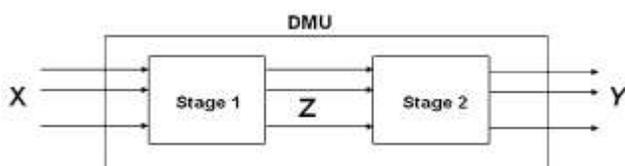
Al asociar el comercio con la reducciones de costos debido a la logística se da una notable expansión en el comercio internacional, ya que éste es más costoso que el comercio interno (Sourdin *et. al.* 2012).

En la segunda estación los *outputs* representan tanto el valor como el volumen de comercio internacional que se realiza vía carretera.

El *software* utilizado para realizar los cálculos fue el MaxDEA Pro. Dicho programa contiene diversas herramientas, entre ellas se encuentra la denominada *Network model*. Este modelo involucra para su aplicación unas variables intermedias, las cuales son utilizadas como *inputs* para la segunda etapa (Figura 5.1).

Considerando el caso genérico en el que cada DMU transforma algunas entradas externas X a las salidas finales Y, a través de las medidas intermedias Z en un proceso de dos etapas, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 5.2 Construcción de un modelo de dos etapas.



Suponga n DMUs ($j = 1, \dots, n$), cada una usando m entradas externas x_{ij} , $i = 1, \dots, m$ en la primera etapa para producir q salidas z_{pj} , $p = 1, \dots, q$ de esa etapa. Los resultados obtenidos de la primera etapa se utilizan entonces como entradas en la segunda etapa para producir productos finales y_{rj} , $r = 1, \dots, s$. En este entorno básico, nada más que las entradas externas a la primera etapa entran al sistema y

nada más que las salidas de la segunda etapa dejan el sistema. Siguiendo la siguiente notación:

$j \in J = \{1, \dots, n\}$: En conjunto de índices de las n DMUs.

$j \in 2 J$: Denota la DMU evaluada.

$X_j = (x_{ij}, i = 1, \dots, m)$: El vector de los insumos externos utilizados por DMU j , $j \in J$

$Z_j = (z_{pj}, p = 1, \dots, q)$: El vector de las variables intermedias por DMU j , $j \in J$

$Y_j = (y_{rj}, r = 1, \dots, s)$: El vector utilizado por los productos finales por DMU j , $j \in J$

$n = (n_1, \dots, n_m)$: El vector de pesos en el modelo fraccionario

$v = (v_1, \dots, v_m)$: El vector de pesos para las entradas externas en el modelo lineal.

$u = (u_1, \dots, u_q)$: El vector de pesos para las medidas intermedias en el modelo fraccional.

$w = (w_1, \dots, w_q)$: El vector de pesos para las medidas intermedias en el modelo lineal.

$x = (x_1, \dots, x_s)$: El vector de pesos para las salidas finales en el modelo fraccional.

$u = (u_1, \dots, u_s)$: El vector de pesos para las salidas finales en el modelo lineal.

e_j : La eficiencia global de DMU j , $j \in J$

e_j^1 : La eficiencia de la primera etapa por DMU j , $j \in J$

e_j^2 : La eficiencia de la segunda etapa por DMU j , $j \in J$

7.1.2 Modelo *Multiplier*

Generalmente al maximizar un *output*, las lambdas son utilizadas como pesos para combinar los *inputs* y *outputs*.

Charnes, Cooper y Rhodes (1978) demuestran la diferencia entre el modelo envolvente y multiplier expresándolos de la siguiente manera:

a) Forma envolvente

$$\text{Max } \phi + \varepsilon (\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+)$$

Sujeto a

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = x_{i0} \quad i=1,2,\dots,m;$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = \phi y_{r0} \quad r=1,2,\dots,s;$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j = 1,2, \dots, n.$$

b) Forma *multiplier*

$$\text{Min } q = \sum_{i=1}^m v_i x_{i0}$$

Sujeto a

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s m_r y_{rj} \geq 0$$

$$\sum_{r=1}^s m_r y_{r0} = 1$$

$$m_r, v_i \geq \varepsilon, \quad \forall r, i$$

Considerando un modelo básico CRS de dos etapas se tiene que:

Stage 1:

$$\max \frac{\varphi Z_{j_0}}{\eta X_{j_0}}$$

s.t.

$$\frac{\varphi Z_j}{\eta X_j} \leq 1, \quad j = 1, \dots, n$$

$$\eta \geq 0, \varphi \geq 0$$

Stage 2:

$$\max \frac{\omega Y_{j_0}}{\hat{\varphi} Z_{j_0}}$$

s.t.

$$\frac{\omega Y_j}{\hat{\varphi} Z_j} \leq 1, \quad j = 1, \dots, n$$

$$\hat{\varphi} \geq 0, \omega \geq 0$$

Overall:

$$\max \frac{\omega Y_{j_0}}{\eta X_{j_0}}$$

s.t.

$$\frac{\omega Y_j}{\eta X_j} \leq 1, \quad j = 1, \dots, n$$

$$\eta \geq 0, \omega \geq 0$$

Unidades de Decisión DMUs

En cuanto se refiere a la elección de las Unidades de Decisión DMUs. Deben ser entidades donde se tomen decisiones, donde se transformen insumos en productos o servicios. El número de éstas debe ser mayor que la combinación del número de *inputs* y *outputs*. En términos de grados de libertad en DEA, se incrementan cuando aumentan las DMUs y disminuyen si aumenta el número de *inputs* y *outputs*.

Metodológicamente el número de DMUs debe ser al menos dos veces el número total de *inputs* y *outputs* considerados (Lo, *et al.*).

La fiabilidad de los resultados también depende de la relación existente entre el número de variables consideradas y el de unidades a analizar. Así, Banker *et. al.* (1989) establecían, a modo orientativo, el requisito de que el número de unidades analizadas sea mayor o igual a la suma de *inputs* y *outputs* para que el modelo tenga carácter discriminatorio.

Otros autores como Stoker (1991) mencionan que veinte unidades serían suficientes sin hacer depender el número de la cantidad de variables o Mancebón (1996) recoge la recomendación de que el número de entidades analizadas sea al menos el triple de las variables relevantes introducidas en el modelo.

Aplicado al modelo de dos etapas, la variable infraestructura de transporte carretero es medida por 7 indicadores, mientras que la variable comercio internacional por tres (Anexo I).

Tabla 5.1 Lista de países de caso de estudio

No.	País
1	Alemania
2	Argentina
3	Australia
4	Brasil
5	Brunei Darussalam
6	Canadá
7	Chile
8	China
9	Corea del sur
10	Costa Rica
11	Dinamarca
12	España
13	Estados Unidos
14	Francia
15	Hong Kong
16	India
17	Indonesia
18	Italia
19	Japón
20	México
21	Nueva Zelandia
22	Perú
23	Reino Unido
24	Rusia
25	Singapur
26	Tailandia
27	Viet Nam

Fuente: Elaboración propia, (2016).

Las DMUs seleccionadas se definieron con el objetivo de analizar el desempeño logístico en el comercio internacional, por lo cual la mayoría de los países a

estudiar son parte del APEC. Puesto que, APEC emplea el índice de desempeño logístico para medir el impacto de una iniciativa destinada a mejorar la conectividad de la cadena de abastecimiento y el desempeño logístico de la zona siendo ésta una de las consignas principales de dicha zona económica (Zamora, 2016).

Aunado a estos países se incorporaron también países con alto flujo de comercio internacional y alto desempeño logístico acorde con la OMC 2013 como son: Alemania, Argentina, Brasil, Costa Rica, Dinamarca, España, Francia, India, Italia y Reino Unido.

El informe del BM muestra que por tercera vez consecutiva, Alemania es el país mejor posicionado en el índice logístico (BM, 2014).

Asimismo los países de Alemania, Dinamarca, España, Francia, Reino Unido, Chile, India e Italia se encuentran dentro de los primeros 80 países de los 160 considerados por el WEF en cuanto a calidad de infraestructura carretera. Lo cual indica que estos países se encuentran por encima del promedio en eficiencia de la logística.

A nivel latinoamericano destacaron las siguientes posiciones (WEF, 2014):

Cuadro 5.1 Nivel de eficiencia del IDL 2014.

		% eficiencia
Chile	3.17	73.38
México	3.04	70.37
Brasil	2.93	67.82
Argentina	2.83	65.51
Perú	2.72	62.96
Costa Rica	2.43	56.25

Fuente: Elaboración propia con base en el Foro Económico Mundial, BM; (2015).

En cuanto a infraestructura de transporte destaca Chile con una calificación de 3.17, seguido de México con 3,04 y Brasil con 2.93.

El periodo de evaluación para la eficiencia comprende el año 2014, se toman de referencia los indicadores que miden la eficiencia de la infraestructura carretera como lo es el IDL.

7.2 Selección de variables

Existen diversas investigaciones de la aplicación del DEA *Network* de dos etapas en el transporte, principalmente en los sistemas ferroviarios y marítimos. En donde consideran como insumos; la infraestructura física de las terminales, ya sea portuarias o ferroviarias y a través de intermediarios como la frecuencia medida en tiempo de transporte y sus costos derivados, se obtienen las variables de salida que corresponden a los TEUs trasladados o el número de contenedores transportados, en otras palabras la cantidad o el volumen transportado.

Es el caso del modelo de dos etapas de Li, Cao y Yang (2015), aplicado al transporte consideran sus *inputs* como la longitud de la red, la capacidad de la flota y personal ocupado para el transporte. Los *outputs* corresponden a los pasajeros y la carga transportada.

Para realizar los cálculos se procedió a seleccionar diversos indicadores de los *inputs* y *outputs* representativos del marco teórico y la revisión de literatura.

Primera etapa

Inputs

- Red Carretera. Longitud de las carreteras que están a cargo del gobierno federal y constituyen los corredores carreteros federales, que proporcionan acceso y comunicación a las principales ciudades, fronteras y puertos

marítimos del país y, por lo tanto, registran la mayor parte del transporte de pasajeros y carga

- Densidad vial. Se refiere a la proporción de kilómetros lineales de carretera por kilómetro cuadrado. Este dato aclara la situación de desarrollo en infraestructuras o la accesibilidad de cada país.
- Autopistas. Se refiere a las autopistas de cada país. Este indicador incluye las superautopistas para tráfico con velocidades altas.
- Inversión en infraestructura carretera, transporte y almacenes. Representa el porcentaje de participación del sector transporte en el total del PIB nacional. Este indicador incluye transporte y almacenamiento, así como a la inversión a la construcción y mantenimiento de la red carretera.

Variables intermedias

- Plazo de ejecución. Es el período entre la fecha de iniciación y el vencimiento del término para la ejecución del contrato, incluye el plazo de transporte. El plazo de transporte se calculará por la distancia total recorrida entre la estación de partida y la de destino.
- Plazo de entrega. El plazo de entrega se compone de :
 - a) Del plazo de expedición que se fija de manera uniforme para cada transporte, independientemente de la longitud del recorrido y del número de redes participantes.
 - b) Del plazo de transporte, que difiere según la longitud del recorrido.
 - c) De los plazos suplementarios, fijos o eventuales
- Costo por contenedor. El costo calcula las tarifas aplicadas a un contenedor de 20 pies conocido normalmente como TEU²⁰. Todos los cargos vinculados con la realización de los procedimientos para exportar o importar los productos están incluidos. Éstos incluyen costos de documentación, tarifas administrativas para despacho de aduana y control técnico,

²⁰ TEU. acrónimo del término en inglés *Twenty-foot Equivalent Unit*, que significa Unidad Equivalente a Veinte Pies

honorarios del despachante, gastos de manipulación en la terminal y transporte terrestre o lo equivalente a un INCOTERM 2010 DDP.

- Costo terrestre. Los costos del vehículo de transporte terrestre se pueden agrupar en fijos y variables. Sus costos fijos son los menores de cualquier medio de transporte, dado que no son propietarios de las vías por las que operan; entre sus costos fijos más representativos se tienen los siguientes: seguros, amortizaciones, salarios de los conductores y depreciación. Por otro lado los costos variables tienden a ser altos, dado a que la construcción y el mantenimiento de las vías de tránsito se cobran a los usuarios en forma de impuestos de combustible, peaje e impuestos por la relación de peso kilometraje; Los costos variables en el transporte terrestre deben calcularse por kilómetro recorrido, entre sus costos variables más significativos se encuentran los siguientes: gasolina, aceite, llantas y peajes.
- Calidad en el transporte. La calidad en el transporte implica la propia calidad del camión de carga, tanto su capacidad de carga como su antigüedad y la habilidad del operador.

Segunda etapa

Para la segunda etapa del modelo, las consideradas variables intermediarias de la primera etapa, serán los *inputs*, por lo que los indicadores de los *outputs* se describen a continuación (Chen, Li, Liang y Wu; 2015).

Outputs

Valor del comercio internacional. Se refiere a las exportaciones e importaciones de bienes y servicios representan el valor de todos los bienes y demás servicios de mercado prestados al resto del mundo. Incluyen el valor de las mercaderías, fletes, seguros, transporte y otros servicios.

Volumen de bienes transportados por carretera. Se refiere al transporte internacional de mercancías por carretera

Los datos recolectados se obtuvieron de la el BM, la OCDE, la OICA y la OMC.

7.3 Pruebas de validación

En la elección de *inputs* y *outputs* se debe ser cuidadoso de que realmente sean insumos y productos. El análisis DEA requiere de datos relativamente homogéneos para lograr una estimación consistente de la eficiencia.

El análisis factorial es una técnica de reducción de datos que sirve para encontrar grupos homogéneos de variables a partir de un conjunto numeroso de variables. Su propósito consiste en buscar el número mínimo de dimensiones capaces de explicar el máximo de información contenida en los datos (Carmona, 2014).

El análisis factorial y el análisis de componentes principales (ACP) están muy relacionados y son una técnica de análisis multivariante de reducción de datos. Algunos autores consideran el segundo como una etapa del primero y otros los consideran como técnicas diferentes (Carmona, 2014).

El método de componentes principales tiene como objetivo transformar un conjunto de variables originales, en un nuevo conjunto de variables (sin perder información), combinación lineal de las originales, denominadas componentes principales (factores). El ACP trata de hallar estos componentes o factores, los cuales se caracterizan por estar correlacionadas entre sí, que sucesivamente expliquen la mayor parte de la varianza total.

Una prueba de adecuación de la muestra es la Kaiser-Meyer-Olkin (KMO); valores pequeños en este índice, indican que no es recomendable usar el análisis factorial, siendo que las correlaciones no son explicadas por las otras variables (Carmona, 2014).

En los siguientes cuadros, se presenta el valor obtenido en este índice para cada una de las etapas del modelo.

Cuadro 5.2 Resultado de la prueba de KMO para la primera etapa.

Prueba de KMO y Bartlett		
Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		.499
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	282.865
	gl	91
	Sig.	.000

Fuente: Elaboración propia con base en cálculos del Análisis de Componente Principales.

La medida de adecuación muestral KMO tiene el mismo objetivo que el test de Bartlett, se trata de saber si se puede factorizar las variables originales de forma eficiente.

Para esta primera etapa la prueba de adecuación de Bartlett nos indica con un valor de .00, que el tamaño de la muestra es aceptable siempre y cuando se cumpla la regla $\leq .05$ para ser estadísticamente significativo. Algunos autores advierten que únicamente se utilice cuando la razón n/k sea menor que 5. Donde n es el tamaño de la muestra y k el número de variables.

Cuadro 5.3 Resultado de la prueba de KMO para la segunda etapa.

Prueba de KMO y Bartlett		
Medida Kaiser-Meyer-Olkin		.546
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	329.301
	gl	78
	Sig.	.000

Fuente: Elaboración propia con base en cálculos realizados en el SPSS (2016).

En el caso de la segunda etapa la prueba kmo y el test de Bartlett indican que el tamaño de la muestra es adecuada con un valor de .546 y .00 respectivamente.

Cuadro 5.4 Resultado de la prueba de KMO para el modelo de dos etapas.

Prueba de KMO y Bartlett		
Medida Kaiser-Meyer-Olkin		.583
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	270.779
	gl	45
	Sig.	.000

Fuente: Elaboración propia con base en cálculos realizados en el SPSS (2016).

Para finalizar el análisis con estas pruebas de adecuación se incluye la prueba kmo y el test de Bartlett del modelo considerando únicamente las variables de entrada y las de salida dejando a un lado las variables intermedias. Estadísticamente estas últimas pruebas resultan significativas con valores de .583 para la prueba kmo y .00 para el test de Bartlett.

El cuadro del coeficiente de correlación (R^2) entre una variable y todas las demás, es otro indicador de la fortaleza de la asociación lineal entre las variables y es reconocido como comunalidad. Cuando este coeficiente es pequeño para una variable es particular, es recomendable considerar la posibilidad de eliminarla del conjunto de variables en estudio.

La comunalidad es un valor que se obtiene en el análisis factorial, para cada una de las variables originales, sumando los cuadrados de las correlaciones o cargas de los factores retenidos con la variable para la que se calcula y que expresa la proporción de varianza de la variable extraída o explicada con m factores, donde m es el número de factores retenidos. Si m es igual al número total de variables la comunalidad será igual a 1.

Para el estudio se realizó un análisis del modelo de dos etapas (Cuadro 5.5).

Cuadro 5.5 Comunalidades del modelo de la primera etapa.

Comunalidades		
	Inicial	Extracción
Red carretera	1.000	.932
Densidad vial	1.000	.634
Autopistas	1.000	.892
Inversión	1.000	.611
Tiempo de ejecución (x)	1.000	.905
Tiempo de ejecución (m)	1.000	.916
Tiempo de entrega (x)	1.000	.720
Tiempo de entrega (m)	1.000	.755
Costo (x)	1.000	.838
Costo (m)	1.000	.861
Costo terrestre (x)	1.000	.887
Costo terrestre (m)	1.000	.902
Calidad de transporte (x)	1.000	.586
Calidad de transporte(m)	1.000	.662

Fuente: Elaboración propia con base en cálculos realizados en el SPSS (2016).

Los valores obtenidos con el método de extracción indican que en su mayoría las variables son significativas para incluirlas al modelo, ya que se encuentran cerca del valor 1, con excepción de la variable calidad en el transporte con un valor de .586 lo cual podría indicar su posible reemplazo o la posibilidad de excluirla del

modelo. En este caso, se considera que la variable calidad es muy importante, ya que es un indicador que refleja el grado de cumplimiento de requisitos del transporte de carga.

Cuadro 5.6 Comunalidades del modelo de las variables intermedias

Comunalidades		
	Inicial	Extracción
Tiempo de ejecución (x)	1.000	.939
Tiempo de ejecución (m)	1.000	.927
Tiempo de entrega (x)	1.000	.736
Tiempo de entrega (m)	1.000	.767
Costo (x)	1.000	.842
Costo (m)	1.000	.878
Costo terrestre (x)	1.000	.903
Costo terrestre (m)	1.000	.904
Calidad de transporte (x)	1.000	.556
Calidad de transporte(m)	1.000	.651
volumen (x)	1.000	.978
valor (x)	1.000	.965
valor (m)	1.000	.876

Fuente: Elaboración propia con base en cálculos realizados en el SPSS (2016).

Los valores obtenidos con el método de extracción para la segunda etapa indican que en su mayoría las variables son significativas para incluirlas al modelo, ya que se encuentran cerca del valor 1, pero al igual que en la primera etapa la variable calidad en el transporte adquiere los valores más alejados de la unidad.

Cuadro 5.7 Comunalidades del modelo de la segunda etapa

Comunalidades		
	Inicial	Extracción
Red carretera	1.000	.772
Densidad vial	1.000	.590
Autopistas	1.000	.979
Inversión	1.000	.986
volumen (x)	1.000	.942
valor (x)	1.000	.906
valor (m)	1.000	.653

Fuente: Elaboración propia con base en cálculos realizados en el SPSS (2016).

En el análisis de comunalidades del modelo sin considerar las variables intermediarias se tiene que tanto las variables técnicas de infraestructura como las variables referentes al comercio internacional son significativas para el modelo con excepción de la variable densidad puesto que tiene el valor más bajo con .590, sin embargo se considera un indicador importante ya que hace referencia al aprovechamiento de la superficie en carreteras.

Del análisis factorial (matriz de componentes rotados) se puede concluir que en uno de los componentes resultó con una alta asociación entre variables referentes a la variable *expressways* y *motorways*, por lo cual ambas variables se transformaron en una sola variable sintética con el nombre de autopistas. Mientras que en otro componente, las variables con mayor asociación corresponden a la

inversión tanto en infraestructura como en transporte y almacenes. De la misma manera, las variables referentes a la inversión se incorporaron en una sola, llamada inversión en infraestructura, transporte y almacenes.

PARTE VI. RESULTADOS

CAPÍTULO 8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

8.1 Eficiencia de la infraestructura en transporte carretera de los 27 países frente al comercio internacional

En esta parte de la investigación se plantearon las bases metodológicas de los modelos de frontera DEA, método empleado para el cálculo de la eficiencia en los 27 países de caso de estudio.

En esta sección se exponen los principales resultados obtenidos al aplicar ésta técnica de programación lineal.

Se estimaron los cálculos de tres tipos de eficiencia: Eficiencia Técnica Global (ETG) que hace referencia a los rendimientos constantes a escala, la Eficiencia Técnica Pura (ETP) que corresponde a los rendimientos variables a escala y Eficiencia de Escala (EE) en un modelo con orientación *output*. Es decir, se busca la maximización de las variables de salida que miden el comercio internacional.

La siguiente tabla muestra que acorde a los valores de ETG en la infraestructura de transporte carretero en un modelo con orientación output (Tabla), los países que resultaron eficientes fueron Alemania, Argentina, Brasil, Brunei D, China, Costa Rica, Hong Kong, Reino Unido, Singapur y Tailandia. Mientras que los resultados de eficiencia técnica pura muestran que los países eficientes son 13 (Alemania, Argentina, Brunei, Canadá, China, Costa Rica, Hong Kong, Italia, Perú, Singapur y Tailandia.) bajo rendimientos variables. Por su parte la eficiencia de

escala señala a 10 países eficientes los cuales son: Alemania, Argentina, Brasil, Brunei D., China, Costa Rica, Hong Kong, Reino Unido, Singapur y Tailandia.

Tabla 5.2 Resultados de eficiencia del transporte de carga internacional: CRS, VRS y EE.

NO	DMU	ETG	ETP	EE	RTS
1	ALEMANIA	1	1	1	Constante
2	ARGENTINA	1	1	1	Constante
3	AUSTRALIA	0.63275	0.915604	0.691074	Creciente
4	BRASIL	1	1	1	Constante
5	BRUNEI	1	1	1	Constante
6	CANADA	0.736349	1	0.736349	Creciente
7	CHILE	0.867229	0.920569	0.942058	Decreciente
8	CHINA	1	1	1	Constante
9	COREA DEL SUR	0.28716	0.298606	0.961668	Creciente
10	COSTA RICA	1	1	1	Constante
11	DINAMARCA	0.561352	0.601997	0.932483	Decreciente
12	ESPAÑA	0.462181	0.623117	0.741724	Creciente
13	EUA	0.222329	0.303528	0.732483	Decreciente
14	FRANCIA	0.48016	0.543516	0.883434	Creciente
15	HONG KONG	1	1	1	Constante
16	INDIA	0.130178	0.157442	0.82683	Decreciente
17	INDONESIA	0.588224	0.666632	0.882383	Creciente
18	ITALIA	0.777296	1	0.777296	Creciente
19	JAPON	0.304804	0.46319	0.658055	Decreciente
20	MÉXICO	0.679531	0.788089	0.862252	Decreciente
21	NUEVA ZELANDA	0.306331	0.681288	0.449636	Creciente
22	PERU	0.451183	1	0.451183	Creciente
23	REINO UNIDO	1	1	1	Constante
24	RUSIA	0.901277	0.922238	0.977272	Decreciente
25	SINGAPORE	1	1	1	Constante
26	TAILANDIA	1	1	1	Constante
27	VIETNAM	0.71319	0.821932	0.8677	Creciente

Fuente: Elaboración propia con base a cálculos del modelo DEA Network, (2016).

A pesar de que muchos países no presentaron valores de eficiencia, se pueden clasificar según sus tipos de rendimientos de escala: países con rendimientos

constantes, países con rendimientos crecientes y países con rendimientos decrecientes.

La primera clasificación corresponde a los países con rendimientos constantes como lo son: Alemania, Argentina, Brasil, Brunei, China, Costa Rica, Hong Kong, Reino Unido, Singapur y Tailandia.

Los países pertenecientes a la clasificación de rendimientos crecientes corresponden a: Australia, Canadá, Corea del Sur, España, Francia, Indonesia, Italia, Nueva Zelanda, Perú y Vietnam.

Finalmente Chile, Dinamarca, EUA, India, Japón, México y Rusia son el grupo de países que pertenecen a la clasificación de rendimientos decrecientes de escala.

8.2 Análisis de las variables *slacks* para el nodo transporte

Por medio del análisis de las variables *slacks*, se obtiene la dirección en que debe reducirse los *inputs* y en la que deben aumentarse los *outputs* para convertir las DMUs ineficientes en eficientes. Se realiza el análisis para cada una de las divisiones del modelo denominadas nodos (Anexo II).

Considerando el modelo CRS y para la primera división denominada “transporte” se observa que en términos de comercio internacional, las carreteras son subutilizadas y poco aprovechadas para bienes comerciales en la mayoría de los países.

Cabe destacar que las redes no sólo sirven para el comercio internacional sino también para el transporte de pasajeros y el comercio nacional. Como es el caso de India y Rusia que sobresalen con valores de 3.3557 millones de km. y 1.1367 millones de km. respectivamente. El cual refleja que otra característica de éste resultado podría ser la superficie del país.

En el caso de las DMUs con valores de cero, se puede concluir que no es necesario un cambio en la infraestructura, es decir; estos países se consideran eficientes en el uso de su red carretera para el comercio internacional. De otra manera su longitud puede ser demasiado extensa para el uso que le da el transporte de carga.

Tal es el caso de Alemania, Argentina, Brasil, Brunei, China, Costa Rica, España, Hong Kong, Japón, México, Reino Unido, Singapur y Tailandia.

Cabe destacar que en México el medio de transporte más utilizado para el comercio exterior es el carretero representando más del 60% de las exportaciones (Banco Nacional de Comercio Exterior, 2014).

Como señala Hagget (1976), el concepto de densidad respecto a la red carretera se considera como la relación entre su longitud por unidad de superficie.

El indicador de la densidad vial representa la proporción de kilómetros lineales de carretera por kilómetro cuadrado. Este dato aclara la situación de desarrollo en infraestructuras o la accesibilidad de cada país. Si los valores resultaron ser cero, se considera una unidad eficiente, de lo contrario se refiere a que la superficie no está siendo aprovechada para la construcción de carreteras.

La densidad vial tiene gran importancia tanto para la calidad de la vida de los ciudadanos como para las actividades económicas. La mayoría de la movilidad de personas se realiza a través de coches, de modo que la red carretera aumenta la capacidad de transporte. En el caso de las empresas, la red vial, facilita el transporte de las materias primas pero sobre todo el transporte del producto final hacia los consumidores que pueden disponer de ellos.

Aquellos valores positivos del análisis reflejan la necesidad de aprovechar la superficie del país correspondiente en construcción de carreteras destinadas para el uso en el comercio internacional.

Tal es el caso de Francia y Nueva Zelanda con valores de 1.2829 y 2.6767 km/km² respectivamente.

La red carretera está integrada por autopistas que permiten el movimiento de transporte de carga a altas velocidades. En términos de comercio internacional, diversos países resultaron hacer poco de uso de sus autopistas, tal es el caso de Canadá y EUA.

Para Canadá el panorama es un poco distinto, si bien se tiene un exceso de vías terrestres de comunicación que resultan “ineficientes” para el comercio internacional según el estudio la razón de 6.6455 millones de km. debe considerar un factor importante; la geografía del país, al poseer un terreno tan irregular, agregando a esto la hidrografía es difícil pensar en poder replicar la eficiencia en vías terrestres de comunicación de países de primera línea, sin embargo, esto hace que el estudio de redes carreteras sea de vital importancia, ya que una mala decisión puede costar mucho dinero/tiempo como se indica en el presente trabajo.

Corea del Sur debe enfocar sus esfuerzos en mejorar la planeación del trazo de vías terrestres de comunicación, actualmente cuenta con una saturación de caminos, los cuales lejos de permitir el correcto flujo de mercancías, pudiesen llegar a entorpecer la labor de mover carga de un lugar a otro en territorio nacional.

En el caso de Chile, los recursos destinados al sector de infraestructura, transporte carretero y almacenes no están siendo aprovechados en su totalidad,

es decir, que se podrían obtener los mismos resultados incluso si se recortase el presupuesto gubernamental en este rubro, a razón de 86.1541 millones de dólares según el estudio realizado.

En México existe un problema en el aprovechamiento de los recursos económicos destinados a la mejora, mantenimiento y reparación de vías carreteras; en comparación con países líderes en aprovechamiento del gasto público en infraestructura carretera, México no alcanza a justificar el costo-beneficio de dicha inversión. Más que pensar en donde invertir, se debe trabajar para hacer más eficiente el uso del capital destinado a la causa, pudiendo ser desde eliminar intermediarios, recorte de presupuesto en obras de bajo impacto.

8.3 Análisis de las variables *slacks* para el nodo de comercio internacional

El nodo que corresponde a los *outputs* del modelo es el de comercio internacional. Dicho nodo incluye las variables de volumen y valor de las exportaciones e importaciones (Anexo II).

El análisis de holguras para la segunda etapa del modelo indica que Australia y Canadá deben aumentar su valor en las exportaciones en 4.3337 y 5.9282 millones de dólares respectivamente.

Es decir, el país de enfocarse en desarrollar estrategias que le permitan comercializar bienes con países más allá de las fronteras terrestres, como es América Latina y considerar exportar mercancías con mayor valor agregado.

Por otra parte, Chile debe enfocarse en aumentar su valor en importaciones en 2.5345 millones de dólares. Según datos de la OMC, las importaciones de Chile desde EUA, Brasil y Argentina representan un poco más del 18, 7 y 9% respectivamente, países que por su zona geográfica pueden aprovechar la vía carretera para comerciar entre sí. Siendo materias primas la mercancía que principalmente importa, Chile debiera diversificar el tipo de mercancías que importa no limitándose únicamente a materia prima y considerar el mercado de

productos terminados de mercancía extranjera de los cuales no se cuenta con la infraestructura adecuada en el país lo cual implica la inversión en tecnologías.

Para Corea del Sur no únicamente debe considerarse la importación de productos con mayor valor agregado pero también aumentar su volumen de exportaciones.

A Dinamarca le corresponde aumentar su valor de importaciones y su volumen de exportaciones en 11.49.25 y 37565.6331 unidades respectivamente para ser eficiente en su comercio internacional.

España debe enfocarse en aumentar su valor de importaciones en 5.2403 unidades para alcanzar su eficiencia.

El análisis indica que Francia, EUA, India e Indonesia deben aumentar su valor en las exportaciones en 10.2357, 4.1567, 23.9428 y 3.3303 unidades respectivamente.

Para el caso de Italia, el valor de sus importaciones debe subir en 2.4753 unidades.

También se observa que Japón debe aumentar tanto su valor en exportaciones como en importaciones en 221.7490 y 206.1256 unidades, en ese orden.

A México le corresponde subir su valor de exportaciones en 6.0520 unidades para alcanzar su eficiencia en el comercio internacional.

Nueva Zelanda debe aumentar su valor en importaciones y volumen de exportaciones en 6.8606 y 147291.125 unidades respectivamente.

Para Perú no sólo debe aumentar su valor en exportaciones pero también su volumen en exportaciones en 9.3719 y 10779.3336 unidades.

Por otro lado, Rusia debe enfocarse en subir su valor de importaciones en 5.0932 unidades.

Finalmente a Vietnam le corresponde subir su valor y volumen de exportaciones en 1.8826 y 62753.7126 unidades.

Para aumentar el nivel de importaciones y exportaciones las carreteras deben ofrecer mejor calidad de tal manera que pueda hacerse más uso de estas en el comercio internacional.

8.4 Análisis de las variables *slacks* para las variables intermedias

Como ya se mencionó con anterioridad las variables intermedias son aquellas que participan en ambas etapas del modelo. Éstas corresponden a los tiempos y costos logísticos y a la calidad del transporte (Anexo II).

Los costos logísticos inciden en toda la cadena de valor ya que entran varias veces en la función de producción. Tras la reducción drástica de los aranceles al comercio exterior en la década de 1990, los costos logísticos se tornaron fundamentales para la competitividad de los países (Banco Interamericano de Desarrollo, 2016).

Actualmente, es a través de la logística donde se establecen redes de suministro o abastecimiento en las cuales se busca que todas las partes constitutivas de la misma se integren para dar respuesta con servicio y rapidez a las exigencias del mercado y fundamentalmente, con menores costos. Y es precisamente el hecho de que a través de la logística es posible que las organizaciones desarrollen ventajas diferenciadoras en el mercado en términos de costos (Novoa, 2009).

Con el análisis de las holguras de las variables intermediarias se observa que en su mayoría los países deben disminuir sus tiempos logísticos para ser eficientes. Los tiempos logísticos implican tiempos de ejecución como lo son los tiempos de transporte y los costos que se derivan de éstos.

Tal es el caso de Australia, que para ser eficiente en cuanto al comercio internacional, debe disminuir sus tiempos de entrega y sus tiempos de ejecución principalmente en importaciones en 2.6 días, mientras que sus costos logísticos deben disminuir en mayor proporción.

Parecido al caso de Canadá, que debe disminuir sus variables de costos y tiempos logísticos para alcanzar su eficiencia en el comercio internacional con excepción del tiempo de entrega para las exportaciones que debe aumentarlo en .3674 días.

A México le corresponde disminuir sus costos terrestres en importaciones en 4.9076 dólares para alcanzar su optimización en el comercio exterior.

La calidad en el transporte para los países con valores de cero, señala que estos países son eficientes en términos de comercio internacional. De lo contrario valores negativos como es el caso de Perú, Vietnam y Chile hacen referencia a que la calidad en el transporte carretero no es primordial para este país. En otras palabras, el mercado no demanda niveles tan altos de calidad en el país, q bien pudieran destinar parte de los recursos que destinan al transporte en otras áreas q tienen deficiencias.

En el análisis de holguras aquellos valores negativos de países como Vietnam, Dinamarca, Chile, Canadá, Corea del Sur, Francia, Indonesia, Italia y Perú; hacen referencia a que la calidad sobrepasa el estándar exigido.

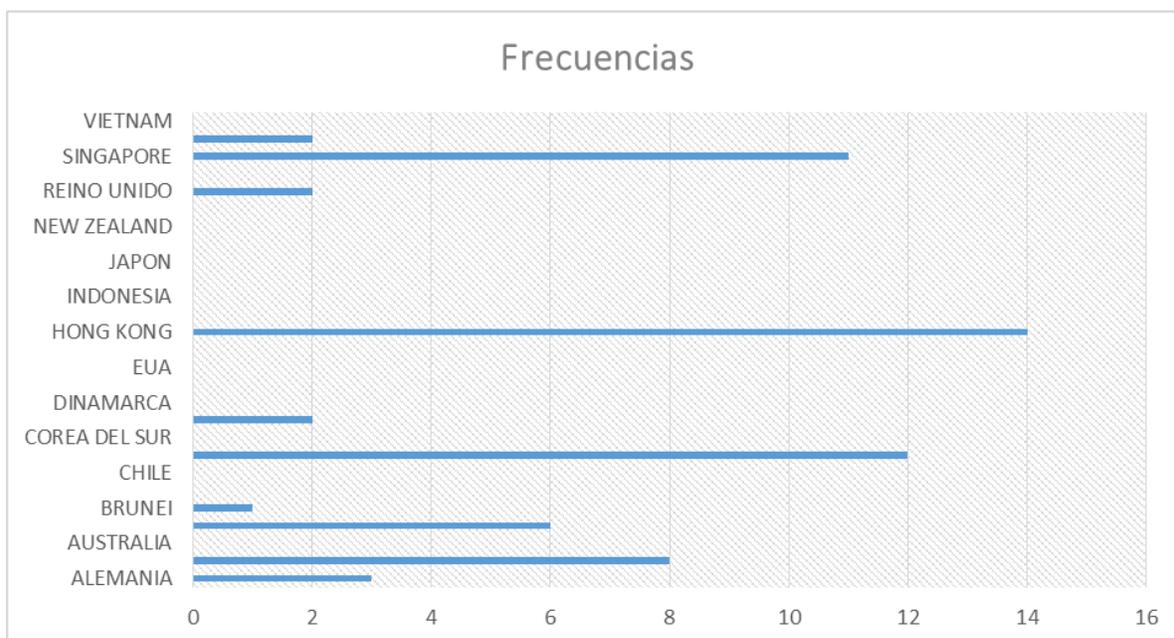
8.5 Análisis de *benchmarking*

El objetivo de realizar un *benchmarking* en los 27 países es para identificar aquellos que son eficientes e ineficientes.

Las DMUs toman como punto de referencia aquellas unidades que forman parte de la frontera de eficiencia.

Para este estudio los países con mayor frecuencia en el análisis de benchmarking fueron Hong Kong con 14, China con 12 y Singapur con 11, seguido de Argentina con 8, Brasil con 6, Alemania con 2, Tailandia, Reino Unido y Costa Rica con 2 y Brunei D. con 1.

Grafica 1. Frecuencia de los países utilizados como referencia.



Fuente: Elaboración propia con base en los cálculos DEA, 2016.

8.6 Análisis del modelo *multiplier*

En un modelo de dos etapas, el método *multiplier* puede reducir de manera drástica la probabilidad del número de soluciones, esto se refiere a que la eficiencia de ratio puede tener infinitas combinaciones de solución.

El modelo *multiplier* también proporciona de manera desglosada el nivel de eficiencia de las DMUs para cada una de las etapas.

Considerando un modelo CRS *multiplier* con orientación *output* se observa que Brunei, Hong Kong y Singapur son eficientes.

Para la primera etapa del modelo que corresponde al nodo de transporte se tiene que Argentina, Brasil, Brunei, Costa Rica, Dinamarca, Hong Kong, Italia, Perú, Reino Unido, Rusia y Singapur son eficientes. Lo cual indica que éstas DMUs hacen buen aprovechamiento de los recursos técnicos y de inversión en la infraestructura de transporte carretero logrando ser eficientes en sus tiempos y costos logísticos así como en su calidad de transporte.

Por otra parte el análisis de la segunda etapa indica cómo Brunei, China, Hong Kong y Singapur son los únicos países eficientes en el comercio internacional considerando sus tiempos, costos y calidad en el transporte.

En el caso de México con un nivel de eficiencia de 12.18%, se observa que es más eficiente en el nodo de comercio internacional con una eficiencia de 60.75%, que en el nodo transporte con una eficiencia de 20.05%. (Cuadro 5.7)

Cuadro 5.8 Resultados de eficiencia del modelo *multiplier* para los 27 países.

NO	DMU	Score	Score_Stage1	Score_Stage2
1	ALEMANIA	0.180382	0.799596	0.225591
2	ARGENTINA	0.132109	1	0.132109
3	AUSTRALIA	0.129319	0.711251	0.18182
4	BRASIL	0.161954	1	0.161954
5	BRUNEI	1	1	1
6	CANADA	0.239873	0.939762	0.255249
7	CHILE	0.103963	0.643882	0.161464
8	CHINA	0.323286	0.323286	1
9	COREA DEL SUR	0.159629	0.837991	0.19049
10	COSTA RICA	0.926025	1	0.926025
11	DINAMARCA	0.194226	1	0.194226
12	ESPAÑA	0.15677	0.660865	0.23722
13	EUA	0.04473	0.26245	0.170434
14	FRANCIA	0.132083	0.574001	0.23011
15	HONG KONG	1	1	1
16	INDIA	0.027719	0.149343	0.185607
17	INDONESIA	0.090453	0.444412	0.203535
18	ITALIA	0.195175	1	0.195175
19	JAPON	0.024105	0.14656	0.164473
20	MÉXICO	0.121846	0.200547	0.607566
21	NEW ZEALAND	0.139339	0.440502	0.316317
22	PERU	0.166774	1	0.166774
23	REINO UNIDO	0.149166	1	0.149166
24	RUSIA	0.169452	1	0.169452
25	SINGAPORE	1	1	1
26	THAILANDIA	0.27964	0.322157	0.868022
27	VIETNAM	0.301545	0.441374	0.683196

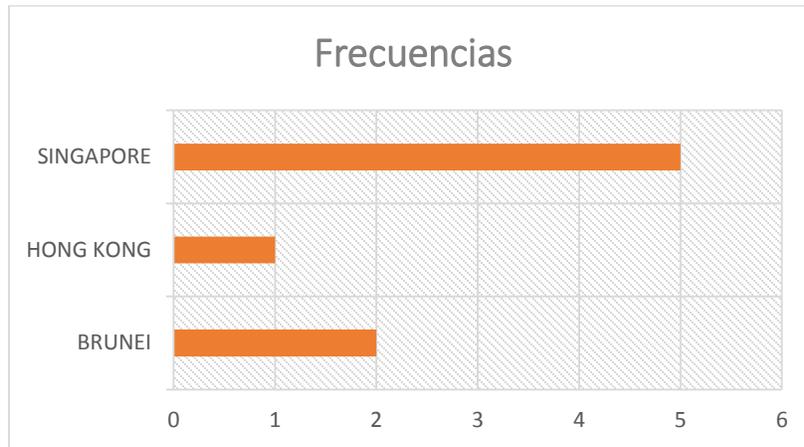
Fuente: Elaboración propia con base a cálculos del modelo DEA *multiplier*, (2016).

8.7 Análisis de benchmarking del modelo *multiplier*

Las DMU con el valor máximo de eficiencia serán aquellas con valor de 1 y se les denomina unidades eficientes, las cuales constituirán el conjunto de referencia para las unidades ineficientes.

Este modelo, al comparar los valores de las variables de entrada y salida de la unidad ineficiente con los valores de las unidades eficientes que les sirven de referencia, nos permite conocer las variables y la intensidad sobre las que tenemos que actuar para que las unidades ineficientes se conviertan en eficientes. Para la primera etapa, los países más utilizados como referencia fueron Singapur, Brunei y Hong Kong con una frecuencia de 5, 2 y 1 respectivamente.

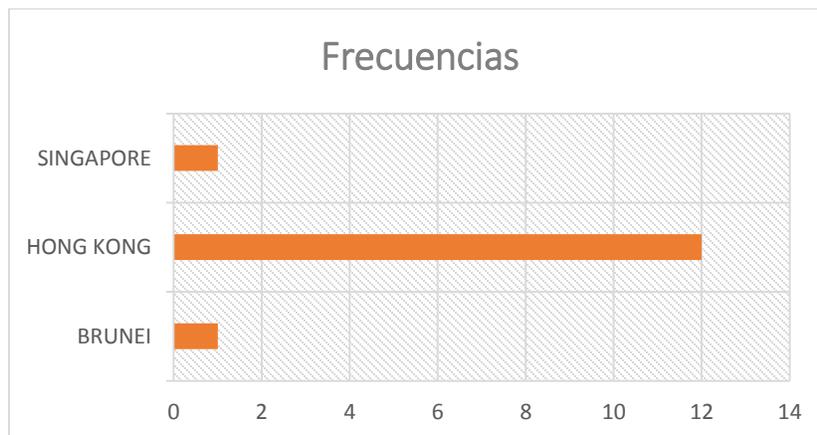
Grafica 2. Análisis de los países más utilizados como referencia en la primera etapa.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

De la misma manera, Hong Kong, Singapur y Brunei fueron los países más utilizados como referencia para la segunda etapa con 12, 1 y 1 respectivamente.

Grafica 3. Análisis de los países más utilizados como referencia en la segunda etapa.



Fuente: Elaboración propia, (2016).

El grupo de países eficientes para el modelo *network* de dos etapas (CRS) resulta ser más alto en comparación con el modelo *multiplier* (CRS), debido a las restricciones más exigentes que conlleva la expresión matemática del modelo.

Ambos modelos coincidieron con los niveles de eficiencia de Singapur, Hong Kong y Brunei Darussalam. Lo cual indica que estos países fueron aquellos con mayores niveles de eficiencia en el comercio internacional con respecto a su infraestructura en transporte carretero para el año 2014.

CAPÍTULO 9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El LPI es una medición realizada por el Banco Mundial con el objetivo de mostrar y describir las tendencias globales en materia de Logística. El LPI fue lanzado por primera vez en 2007 y fue diseñado para medir los componentes de la cadena de suministro, como el transporte y la facilitación del comercio (Consejo Nacional de Competitividad CNC, 2016).

Previamente en la parte III de la presente investigación se menciona como LPI se encarga de medir la eficiencia de las cadenas de suministro de cada país y como

esta se desenvuelve en el comercio con otros países (socios comerciales). Una logística ineficiente conlleva a un alza de los costos del comercio y por ende reduce la integración global afectando a los países en desarrollo que buscan competir en el mercado global.

Diversos autores mencionan que la logística es factor determinante para la competitividad del país y que su ineficiencia se traduce en mayores costos (Mustra, 2011).

El LPI mide la eficiencia de las cadenas de suministro a través de 6 componentes (Banco Nacional de Comercio Exterior, 2015):

1. La eficacia de las aduanas y despacho en la frontera.
2. La calidad del comercio y la infraestructura de transporte.
3. La facilidad de organizar los envíos a precios competitivos.
4. La competencia y la calidad de los servicios logísticos.
5. La capacidad de seguimiento y rastreo de envíos.
6. La frecuencia con que los envíos lleguen a los destinatarios dentro de los plazos de entrega programados o previstos.

Estos componentes son evaluados con una calificación de 1 a 5; siendo 1 bajo y 5 alto. De esta manera se genera el índice utilizando la técnica de Análisis de Componentes Principales (PCA), que permite reducir las dimensiones de la base de datos. A partir de las puntuaciones obtenidas, se procura normalizar los resultados restando la media de la muestra y dividiendo por la desviación estándar antes de realizar el PCA. El resultado final es el LPI, el cual es un promedio ponderado de los puntajes (BM, 2014).

Éste resultado refleja para el BM, la eficiencia de México y otros países en el comercio exterior según su logística.

Para el año 2014 se determinó que México seguía siendo ineficiente en sus exportaciones bajando posiciones desde el año 2012, específicamente debido a la calidad de su infraestructura de transporte con un nivel de eficiencia de 70.37%.

El DEA por otro lado, permite un análisis más cuantitativo considerando aspectos técnicos de la infraestructura de transporte, costos, calidad y tiempos logísticos, así como el comercio exterior. Y a través de esta técnica no paramétrica se determina el nivel de eficiencia de México frente a otros países.

El modelo determina que México es ineficiente con un nivel de 67.95%, en donde se señala que el problema radica no sólo en su infraestructura carretera pero también en el transporte y almacenes de distribución. Cabe mencionar que en comparación con el nivel de eficiencia del BM, los resultados no son tan variados.

El análisis también permite determinar que se debe enfocar en el valor de las exportaciones del país.

En el análisis comparativo de ambos estudios, el LPI a partir de cuestionarios y el DEA a través de un análisis *benchmarking*, coinciden en que México se encuentra por debajo de sus principales socios comerciales, Estados Unidos y Canadá.

Ambos estudios desde un enfoque cualitativo y cuantitativo concilian dado el contexto actual en relación a la apertura comercial, el sector de transporte y logística es un factor fundamental para incrementar la competitividad de sus sectores productivos, favoreciendo el proceso de procuración, abastecimiento y distribución de bienes y servicios.

Algunas otras investigaciones estudian a la infraestructura de transporte como uno de los principales factores de la competitividad.

Tal es el caso de Mustra (2011) que menciona como la logística, la calidad de los servicios logísticos e infraestructuras tienen un impacto facilitador en el transporte

de bienes entre países, y que la propia inseguridad de las infraestructuras a su vez resta competitividad a los países (Ramírez, 2009).

Mediante un estudio por Li, Cao y Yang (2015) que consiste en un modelo DEA de dos etapas determinan el nivel de eficiencia de la carga transportada en China, sea mercancías y pasajeros a través de indicadores como la longitud de la red, la capacidad de flota y personal ocupado, concluyendo que estas son las variables más importantes para reconocer la calidad de una infraestructura de transporte y para lograr una optimización a futuro en el sector transporte de debe destinar más recursos a la construcción y reestructuración de la red de transporte.

Comparando estos resultados con el modelo *multiplier* se puede observar que en efecto el país requiere de un plan de desarrollo en su infraestructura de transporte para ser eficiente.

Los resultados arrojados del análisis comparativo entre México y otros países permiten apreciar que en su mayoría los países tienen problemas en disminuir los tiempos y costos logísticos, y las carreteras no son una infraestructura aprovechada para los tratados comerciales.

Tal como menciona Hausman (2005) estos costos son derivados de incumplimientos contractuales con el cliente o la no calidad, pero también desde una perspectiva de la infraestructura de transporte ya que los costos como consecuencia de accidentes son provocados por la no calidad de la red carretera.

Los tratados comerciales que ha firmado México tienen el fin de capitalizar las oportunidades que brinda el comercio internacional para promover el desarrollo económico; pero no puede cumplirse si no se cuenta con una infraestructura de transportes que permita la interconexión eficiente entre el exterior y todas las regiones del país. En el caso de México, la infraestructura de transporte más importante para el comercio exterior es la carretera, pues la mayor parte del

comercio internacional se efectúa con EE.UU mediante el autotransporte. El análisis señala que la red carretera nacional tiene deficiencias de cobertura, calidad, precio e inseguridad. Como resultado, esta infraestructura no es competitiva en el plano internacional e impide la obtención de mayores beneficios procedentes de los tratados comerciales.

CONCLUSIONES

Los fundamentos teóricos de la investigación están basados en el concepto de la logística y la eficiencia.

La logística como un ejemplo del enfoque de sistemas para la solución de problemas de administración en las empresas. Éste enfoque permite comprender que los objetivos de una organización sólo se alcanzan si existe mutua interdependencia entre las áreas de la empresa.

Y la eficiencia como un parte de la competitividad que hace referencia al logro de las metas con la menor cantidad de recursos, u operar de modo que los recursos sean utilizados de forma más adecuada.

Por otra parte, se plantea la logística como uno de los elementos más importantes de la competitividad por su impacto facilitador en el transporte de bienes entre países considerando costos y tiempos.

El objetivo general de la investigación es analizar de qué manera la infraestructura en transporte carretero incidió en la eficiencia del comercio internacional en México frente a países representativos para el año 2014.

La técnica del DEA (Data Envelopment Analysis) es una aplicación de los métodos de programación lineal, que se emplea para medir la eficiencia relativa de unidades organizativas que presentan las mismas metas y objetivos. Esta técnica fue desarrollada inicialmente por Charnes, Coopers y Rhodes (1978), quienes se basaron en un trabajo preliminar de Farrell (1957).

La técnica DEA es una alternativa a los modelos de *ratios* y de regresión, ya que permite trabajar con múltiples variables de entrada y salida. Es más, no requiere que las variables del modelo reúnan características estadísticas especiales, ya que esta técnica mide la eficiencia de cada país respecto de a los otros países de la muestra, y permite una gran flexibilidad en la selección de las variables según los diferentes tipos de medida.

Existen diversas investigaciones utilizando la misma técnica en materia de logística, particularmente el transporte, donde los autores concluyen cómo la inversión en la infraestructura y transporte son de gran importancia puesto que incrementa su calidad y su red, así como permite reducir costos y tiempos en el traslado tanto de personas como de mercancías, creando mayor cobertura y conectividad.

En este trabajo se presenta a partir de la metodología DEA, la medición de la eficiencia técnica, de escala y pura de un modelo de rendimientos constantes con orientación *output*. Se analizan para el año 2014, variables de 27 países con mayor flujo de comercio internacional.

Con base en los datos de input y output utilizados para realizar los cálculos de los niveles de eficiencia para cada puerto, se puede observar y concluir que los países que reciben más capital para continuar mejorando e incrementando su infraestructura son México, China, Japón, Rusia, Singapur, Tailandia, China y Argentina, es decir, éstos países tienen mayor superficie aprovechada en carreteras, lo cual facilita el movimiento de mercancías.

Respecto a los resultados arrojados los países: Alemania, Argentina, Brasil, Brunei D, China, Costa Rica, Hong Kong, Reino Unido, Singapur y Tailandia muestran eficiencia técnica global; Alemania, Argentina, Brunei, Canadá, China, Costa Rica, Hong Kong, Italia, Perú, Singapur y Tailandia tienen eficiencia técnica pura y los países de Brasil, Alemania, Argentina, Brasil, Brunei D., China, Costa Rica, Hong Kong, Reino Unido, Singapur y Tailandia tienen eficiencia de escala.

Los resultados del análisis de comparación *benchmarking* corresponden a las estrategias a implementar para llegar a ser unidades eficientes, aquellos países más utilizados como referencia fueron Hong Kong, China y Singapur, seguido de Argentina, Brasil, Alemania, Tailandia, Reino Unido, Costa Rica y Brunei D.

La aplicación del modelo *multiplier* de rendimientos constantes permitió un análisis más profundo del nivel de eficiencia por etapas, de tal manera que permitió identificar qué países son más eficientes en el nodo de transporte y en el nodo de comercio internacional.

El modelo *multiplier* reduce de manera significativa el número de soluciones resultantes del modelo envolvente, permitiendo identificar aquél grupo de países con mayor eficiencia, los cuales resultaron ser: Brunei, Hong Kong y Singapur en ambas etapas.

El análisis de benchmarking toma como referencia las mejores prácticas de los países para ser adaptadas por aquellos países ineficientes. Los países utilizados como referencia fueron: Brunei, Hong Kong y Singapur en ambas etapas.

En el caso particular de México, los resultados en el modelo envolvente indican que tiene una eficiencia del 67.95% en el comercio internacional con respecto a su infraestructura en transporte carretero, perteneciendo al grupo de rendimientos decrecientes de escala, es decir; que al incrementarse la cantidad de cada una de sus las variables, el comercio internacional aumenta en una menor proporción.

Mientras que el modelo *multiplier* indica que México posee una eficiencia técnica global de 12.18%. A través del análisis por etapas se observa que en cuanto al comercio internacional tiene una eficiencia del 60.75%, lo cual indica que existe un mal aprovechamiento en sus recursos de costos, tiempos y calidad en la logística. Por otra parte, se tiene que en cuanto al transporte, México posee una eficiencia del 20.05%, lo cual indica que sus recursos técnicos y de inversión en la infraestructura carretera no son utilizados de manera óptima.

Finalmente no se debe dejar de lado el análisis comparativo de éstos resultados con el índice de desempeño logístico, el cual indica que México sigue retrocediendo en su eficiencia con el comercio exterior, específicamente por el mal desempeño en su variable de infraestructura de transporte, mientras que Alemania sigue posicionándose en el primer lugar por tercera ocasión.

Referencias bibliográficas

Afriat, S. (1972). Efficiency Estimation of Production Functions. *International Economic Review*, Vol.3, 568-598.

Aigner, D. Y S.F.Chu (1968). On Estimating the Industry Production Function. *American Economic Review* 58, 826-839.

Aigner, D.; Lovell and Schmidt (1977). "Formulation and estimation of stochastic frontier production models". *Journal of Econometrics* 6, 21-37.

Alvarez, A. (2001). "La Medición de la Eficiencia y la Productividad". Ed. Pirámide, Madrid.

Anaya, (2000). *La gestión operativa de la empresa*. Madrid: Editorial ESIC; 295p.

Anderson, J.; Reinertsen, Donald G. (2010). *Kanban: Successful Evolutionary Change for Your Technology Business*. Disponible en: <http://www.amazon.com/kanban-successful-evolutionary-technology-business/dp/0984521402>.

Andrew Warner. "Nota informativa elaborada para el Banco Interamericano de Desarrollo", National Bureau of Economic Research and Center for Global Development, Washington, D.C.

Antún, (1990). "Relaciones estructurales entre transporte y desarrollo regional: Una metodología de análisis", *Revista Interamericana de Planificación*, No.89

Antún, (1993). *Logística: Una visión sistemática*. Secretaría de Comunicaciones y Transporte.

Antún, J. (1996). *LOGÍSTICA EMPRESARIAL: Una maniobra sistémica para la estrategia de competitividad*. ACADEMIA MEXICANA DE INGENIERIA, Ciudad de México.

Arancibia, J. (2015). *Logística internacional- Administración comparada internacional. Producción y subcontratación*. Universidad Alas peruanas.

Arzubi, A. y Berbel, J. (2002). *Determinación de índices de eficiencia mediante DEA en explotaciones lecheras de Buenos Aires*, en: www.inia.es/gcontrec/pub/arzubi_1161097578171.pdf

Bakis, J. (1977). IBM. Un multinazionale regionale, Presses Universitaires de Grenoble, Grenoble, 153 p.

Ball, R. (1979). "The profit of distribution", *Management Today* (London), jan, 105-120 p.

Ball, R. (1980). "Physical distribution: A suitable case for treatment", *Long Range Planning* (Oxford), V. 13, No.1, jan, 2-12 p.

Ballou, R. (1970). "Broadening and unifying marketing logistics". *The Logistics and Transportation Review*.

Ballou, R. (1978). *Basic business logistics: Transportation materials management and physical distribution*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 187 p.

Ballou, R. (1985). *Business Logistics Management: Planning and Control*, Prentice Hall, New Jersey. 655 p.

Ballou, R. (2000). *Business Logistics Management*. Upper Saddle River.

Ballou, R. (2004). *Business Logistics management II*. Prentice Hall, USA, 2004.

Ballou, R. (2004). *Logística, administración de la cadena de suministros*. Pearson Educación de México.

Banco Interamericano de Desarrollo, 2016. *El Observatorio Regional de Transporte de Carga y Logística*

Banker, Charnes and Cooper (1984), *Some Models for estimating technical and scale efficiencies in data development analysis*, *Management science*, Vol. 30, No. 9.

BANOBRAS, (2008). Fondo Nacional de Infraestructura, México.

Barbero, J. (2010). *Logística. Análisis y Opciones para resolver sus desafíos estratégicos*, Banco Mundial, Buenos Aires.

Barbero, J. (2011). *La Infraestructura en el Desarrollo Integral de América Latina*, Corporación Andina de Fomento, Bogotá.

Barvaresco, A. (2001). *Proceso Metodológico en la Investigación*. Universidad del Zulia.

Berenguer, J. and Ramos, J. (2003). *Negocios digitales. Competir utilizando Tecnologías de Información*. Ediciones Universidad de Navarra (EDUNSA). España.

Boles, J. (1967): "Efficiency Squared, Efficiency Computation and Efficiency Indexes". Western Farm Economic Association, Proceedings 1966, Pullman, Washington, 137-142. En Forsund y Sarafoglou (2000).

Boughees, S. (1999). "Infrastructure, Transport Costs, and Trade", *Journal of International Economics*, vol 47, pp. 169-189.

Bougheas, S. (1999): «Infrastructure, Transport Costs and Trade», *Journal of International Economics*, número 47, páginas 169-189.

Bowersox, D.; Closs, D.; Helferich, O. (1990). *Logistical Management*, MacMillan Publishing Co, London.

Bowersox, D.J. (1987) "Logistics Strategic Planning for the 1990's", *Council of Logistics Management Fall 1987 Annual Conference Proceedings*, Vol 1, p.230-242.

Bowersox, D.J.; Smykay, C; Lalonde, J. (1968). Physical distribution: *Management logistics problem of the firm*, The Macmillan Company, Toronto, 196 p.

Bueno, E.; Morcillo, P. (1993): "La Dirección Eficiente". Ed. Pirámide, Madrid, Cap.1.

Campbell, J. (1980). "From traffic manager to logistician", *MSU Business Topics*, v 28, No. 4, 25-30 p.

Casas, F. (1990): Transport Innovation and Welfare under Variable Returns to Scale, *International Economic Journal*, número 4, páginas 45-57.

Castaño, P. (2010). *El Sector de los Operadores Logísticos y la externalización de servicios en una economía globalizada el caso de la Comunidad Valenciana*. Universidad Politécnica de Valencia. Católica de Chile. Santiago de Chile.

Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública, *Análisis comparativo de tarifas en autopistas concesionadas: los casos de Argentina, Brasil, España y México*, Cámara de Diputados, México, octubre de 2004.

Cespón Castro, R. (2003). Administración de la cadena de suministro. Manual para estudiantes de la especialidad de Ingeniería Industrial. Universidad Tecnológica Centroamericana de Honduras. UNITEC. Tegucigalpa.

Gómez, Marta y Acevedo, José A. (2000). Logística del Aprovisionamiento. Colección Logística. Corporación John F. Kennedy; 120p.

Chandra y Kuma (2000). *Supply chain management in theory and practice: a passing fad or a fundamental change?*

Chopra, S.; Meindl, P. (2008) Administración de la Cadena de Suministro: Estrategia, Planeación y Operación. Ed. Pearson Educación. México.

Chopral, P. (2008). Administración de la Cadena de Suministro. Estrategia, planeación y operación. Editorial Pearson.

Christopher, M. (1999). "Logística. Aspectos estratégicos" Editorial Limusa S.A de C.V. Grupo Noriega Editores México.

Claudia Verde, (2008). La competitividad en América Latina. Reporte Mundial de Competitividad IMD 2008, CAF, 2008.

Coelli, T. (1998): "A Multistage Methodology for the Solution of Orientated Dea Models". Operation Research Letters, Vol 23, Iss 3,5, 143-149.

Colin, J. (1981). Stratégies logistiques: Analyse et évaluation des pratiques observées en France, Thèse Doctorat de 3ème Cycle en Economie de Transports, CRET, Faculté des Sciences Economiques, Université d'Aix-Marseille II, 299 p.

Colin, J. (1987). *The role of Shippers and Transport Operators in the Logistics Chain*, European Conference of Ministers of Transport, Paris.

Colin.J (2003). *Selecting The Right Supply Chain for a Customer in Project Business*. Helsinki: University of technology.

Cooper, W. et al. (2000), *Data Envelopment Analysis*, Kluwer Academic Publishers, United States.

Cooper, W.W., L. Seiford L. y K. Tone (2000): *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. Kluwer Academic Publishers.

Cos P. (2001). *Manual de Logística Integral*. Ed. Díaz de Santos. Madrid.

Council of Logistics Management (2012). En:

<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/346430/Council-of-Logistics-Management>.

- Eilon, S. (1985). *Applied Productivity Analysis for Industry*. Pergamon Press.
Faculty of Commerce, Fukuoka University, 8-19-1 Nanakuma, Jonan-Ku, Fukuoka
814-0180, Japan.
- Fare, R. and Whittaker, G. (1995). "*An Intermediate Input Model of Dairy Production*".
- Färe, R., and D. Primont. (1984). "Efficiency Measurement for Multiplant Firm".
Operations Research Letters 3 (5), 257-260.
- Färe, R., and S. Grosskopf. (1996a). "Productivity and Intermediate Products: A
Frontier Approach". *Economics Letters* 50 (1), 65-70.
- Färe, R., and S. Grosskopf. (1996b). *Intertemporal Production Frontier: With
Dynamic DEA*. Boston, Kluwer Academic Publishers, London.
- Färe, R., and S. Grosskopf. (2000). "Network DES". *Socio-Economic Planning
Science* 34 (1), 35-49.
- Färe, R., and V. Zelenyuk. (2003). "On Aggregate Farrell Efficiencies". *European
Journal of Operational Research* 146, 615-620.
- Farrel M.J. and M. Fieldhouse (1962). "Estimating efficient production functions
under increasing returns to scale". *Journal of Royal Statistical Society Series A.*,
Vol 125, 252-267.
- Forsund, F.R. and N. Sarafoglou (1999). "The diffusion of research on productive
efficiency: The economist's guide to DEA evolution." Discussion Paper 02/1999.
Department of Economics, University of Oslo.

Forsund, F.R., C.A.K. Lovell, and P. Schmidt. (1980). "A Survey of Frontier Production Functions and Their Relationship to Efficiency Measurement". *Journal of Econometrics*, Vol. 13: 5-25.

Francis, J. y Manchin, M. (2006). *Institutional Quality Infrastructure and the Propensity to Export*. Centre for Economic Policy Research, Londres.

Fukuyama H., Mirdehghan S. (2012). Identifying the efficiency status in network DEA

García, M. E. (2008). En: <http://www.concyteg.gob.mx>.

Gardner, R. (1985). "Distribution Facility Design and Construction 2, The Distribution Handbook, Free Press/Macmillan, pp 584-599.

Garrido, R. (2001). Modelación de sistemas de distribución de carga. Universidad

Gelman, O; Negroe, G. (1982). "La planeación como un proceso básico en la conducción". *Revista de la Academia Nacional de Ingeniería México*, V.I, 253-270 p.

Golany, B. and Roll Y. (1993): "Some Extension of Techniques to Handle NonDiscretionary Change in UK Universities". *Journal of Productivity analysis* 4, 119-132.

Gómez, M. (2011), *Infraestructuras terrestres: nodos de transferencia de cargas*, Universidad Tecnológica Nacional.

Greene, W. (1980a): "Maximum Likelihood Estimation of Econometrics Frontier Functions". *Journal of Econometrics*, 13(1), 27-56.

Greene, W. (1980b): "On the Estimation of a Flexible Frontier Production Model". *Journal of Econometrics*, 46, 141-163.

Hagget, P. (1976). *Análisis locacional en geografía humana*. Ed. Gustavo Gili. Col. Ciencia Urbanística núm. 17. Barcelona 1976.

Hay, Edward J. "Justo a Tiempo" Editorial Norma, 1989, págs. 17-18.

Hernández, J. (2000), Tesis de Maestría en Ingeniería de Transporte, DEPTI-UNAM

Heskett, J.; Glaskowsky, N.; Ivie, R.; (1973). Business Logistics, Ronald Press, New York.

House, R.; Karrenbauer, J. (1978). "Logistics system modeling", *International Journal of Physical Distribution and Materials Management (Bradford)*, V8, No.4, 189-200 p.

<http://www.ucab.edu.ve/ucab/nuevo/index.php?load=modelos.htm&seccion=1> 30

Hummels, D. (1999): Have International Transportation Costs Declined, *Journal of International Economics*, número 54, páginas 75-96.

Hummels, D.; Ishii, J. and Yi, K. (2001). The nature and growth of vertical specialization in world trade. *Journal of International Economics*, 54, 75-96

Hurtado y Garrido (1998). En: Paradigmas y métodos de investigación en tiempos de cambio.

Hurtado, J. (2000). *Metodología de la Investigación Holística*. Editorial Fundación Syspal.

IMC (2006). Instituto Mexicano para la Competitividad, Situación de la competitividad en México 2006: punto de inflexión, México, 2007. (04 de septiembre de 2016).

IMD, (2008) World Competitiveness Yearbook 2008. (04 de septiembre de 2016). Instituto Mexicano para la Competitividad, Situación de la competitividad en México 2012.

Jackson, G. (1983). "Just in time Production: Implications for Logistics Managers 2, *Journal of Business Logistics*, Vol.4, No 1-2.

Jaenicke, E. (2000). "Testing for Intermediate Output in Dynamic DEA Models: Accounting for Soil Capital Rotational Crop Production and Productivity Measures". *Journal of Productivity Analysis* 14 (3), 247-266.

Johnson, J.; Wood, D. (1990). *Contemporary Logistics*, Mc Millan Publishing Co, New York, 579 p.

José, M.; Castan F.; Cabañero, C. y Núñez, A. (2003). *La Logística en la empresa fundamentos y tecnologías de la información y de la comunicación*. Madrid, Ediciones Pirámide, p.172.

Kolb, F. (1972). *La logística: Aprovisionamiento-producción-distribución*, Enterprise Moderne Edición, Paris, 209 p.

Koontz, H. y Weirich, H. (1998). *Administración. Una Perspectiva Global*, 11 edición, Mc Graw-Hill, México.

L'Huillier, (1965). *Le Cout de Transport (L'Analyse économique et l'entreprise face aux mouvements de marchandises)*, Editions Cujas, Paris, 469 p.

L'Huillier, D; Reynaud, C. (1974). "La manoeuvre stratégique transport dans l'aménagement", *Révue Economique*; v.2, 176-207

Laffaye, S. (2007). "Los índices compuestos de competitividad, corrupción y calidad de vida: una nota comparada", *Revista del CEI*, Número 10, Diciembre de 2007.

Laffaye, S. (2007). "Los índices compuestos de competitividad, corrupción y calidad de vida: una nota comparada", *Revista del CEI*, Número 10, (Diciembre de 2016).

Lambert, D.; Stock, J. (1993). *Strategic Logistics Management*, Irwin, Boston, 862p.

Larson and Halldorsson (2004). *Logistics Versus Supply Chain Management: An International Survey*.

Latika S. and Kasiphongphaisan (2009). *Logistics Management in Retail Industry*. Jonkoping International Business School.

Léopold S. and Paul W. (1998). Sensitivity Analysis of Efficiency Scores: How to Bootstrap in Nonparametric Frontier Models. *Management Science*.

Levary, R. and Better.R. (2000). *Supply chains through information technology*, Industrial Management.

Límao, N. y Venables, A. (2001): Infraestructura, Geographical Disadvantage, Transport Costs, and Trade, *The World Bank Economic Review*, volumen 15, número 3, páginas 451-479.

Löthgren, M. and Tambour, M. (1999). "Productivity and Consumer Satisfaction in Swedish Pharmacies: A DEA Network Model". *European Journal of Operational Research* 113 (3), 449-458.

Luis Chías Becerril (2006). "Indicadores de transporte para evaluar la interconectividad y accesibilidad en el territorio sur-sureste".

Magee, J. (1960). "The logistics Distribution", *Harvard Business Review*, 91 p.

Magee, J. (1967). *Industrial Logistics*, Mc GrAW Hill, New York, 205 p.

Magee, J. (1967). *Physical Distribution Systems*, Mc Graw Hill, New York, 189 p.

Magee, J.; Copacino, W.; Rosenfield. (1985). *Modern Logistics Management (Integrating Marketing, Manufacturing and Physical Distribution)*, Wiley, New York, 403 p.

Manheim, M. (1979), "Fundamentals of Transportation System Analysis", MIT press, 1979.

Mankiw, N. (2010). *Macroeconomics* (7th ed.). New York: Worth Publishers.

Marchini, G. (2003), "La competitividad externa de Canadá y de sus socios del TLCAN revelada en los índices internacionales", México y la Cuenca del Pacífico, Vol. 6, núm.19, mayo-agosto 2003.

Marchini, G. (2003). "La competitividad externa de Canadá y de sus socios del TLCAN revelada en los índices internacionales", México y la Cuenca del Pacífico, Vol. 6, núm.19, mayo-agosto 2003.

Markides V., and Holweg M., "On the diversification of international freight forwarders A UK perspective", *Int. J. Physic. Distr. Logist. Manag.* vol. 36, pp. 336-359, 2006.

Meeusen, W. and Van den Broeck, J. (1977): "Efficiency Estimation from CobbDouglas Production Functions with Composed Error". *International Economic Review*, 18, 435-444.

Mendez, A.; Canitrot, L. y García, N. (2011) *Logística y Competitividad*, Dirección Nacional de Programación Económica Regional, Ministerio de Economía y Finanzas Públicas, Buenos Aires.

Méndez, R. (2014). *LA COMPETITIVIDAD Y LA INFRAESTRUCTURA DE LA LOGÍSTICA EN MÉXICO*. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Facultad de Comercio Administración y Ciencias Sociales.

Moreno, J. y Castillo, L. (2003). *Flexibilidad Empresarial, Eficiencia Técnica y Crecimiento Económico: Evidencia Empírica en la Empresa Industrial Española Durante el Periodo 1994-2000*, España, en: www.acede2003.org/archivos/33.pdf

Moreno, P. (2008). *La infraestructura y la competitividad en México*, Documento de Trabajo, núm. 80, Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública. (Noviembre de 2016).

Murray, J., & Kotabe, M. (1999). Sourcing Strategies of US Services Companies: A modified Transaction-Cost Analysis. *Strategic Management Journal*, vol.20, 9, 791-809.

Novoa, F. (2009). Mejoramiento de la gestión logística de las empresas afiliadas a Acopláticos: diagnóstico y recomendaciones.

Ortiz, (2010). *La Importancia de la Logística en la Atención al Cliente como Herramienta Competitiva*. Guatemala: Universidad de San Calos de Guatemala.

Özsoyner A., Mitri M., and Cavusgil, S. (1993). "Selecting an international freight forwarder: an expert system application", *Int. J. Physic. Distr. Logist. Manag.*, vol. 23, pp11-22, 1993.

Pastor, J., Pérez, F. (1992) "La productividad del Sistema bancario español (1986-1992)", *Papeles de Economía Española*, forthcoming.

Portugal, A. and Wilson, J. (2011). Export performance and trade facilitation reform: Hard and soft infrastructure. *World Development*, 1295-1307. Available: 10.1016/j.worlddev.com (02 de junio de 2016)

Portugal-Pérez, A. and J. Wilson (2010). Export Performance and Trade Facilitation Reform: Hard and Soft Infrastructure, II World Bank Policy Research Working Paper 5261

Prida, B. (1996). "Logística de Aprovisionamiento" Ed. Mc. Graw Hill. Programa Nacional de Infraestructura 2007-2012, México. (14 de noviembre de 2015).

Puentes, (2006). Estudio de caracterización de la logística en Colombia. Sena, Colombia.

Ramírez, M. (2009). "Carreteras: infraestructura para aprovechar los tratados comerciales". *Comercio Exterior*, VOL.59, No. 8. (Agosto de 2015).

Restrepo, L. (2010). PLANEACIÓN ESTRATÉGICA LOGISTICA PARA UN HOLDING EMPRESARIAL Logistical strategic planning for an Enterprise holding Company. Universidad Tecnológica de Pereira.

Richmond, J. (1974): "Estimating the Efficiency of Production". *International Economic Review*, 515-521.

Sahid, F. (2000). Logística Pura. Colección Logística. Corporation John F. Kennedy. 116p.

Schmidt, P. (1976). "On the statistical Estimation of Parametric Frontier Production Functions". *Review of Economics and Statistics*, 53, 238-239.

Seitz, W. (1971): "Productive Efficiency in the Steam-Electric Generating Industry". *Journal of Political Economy* 79, 878-886.

Simar, L. and Wilson, P. (1998): "Sensitivity Analysis of Efficiency Scores: How to Bootstrap in Nonparametric Frontier Models". *Management Science*, Vol. 44, No. 1, 49-61.

Soret, I. (2006). Logística y Marketing para la Distribución Comercial. Ed. ESIC. España.

Sourdin, P.; and Pomfret, R. (2012). Measuring international trade costs. *World Economy*, 35(6), 740-756.

Tamayo (2001). *Metodología formal de la investigación científica*. México: Editorial Limusa.

Téllez G.; Torras O.; y Rascón C. (2004). "Prospectiva de la sobras carreteras en México", *Notas*, núm. 85. (Julio de 2015).

Thiry, Bernard and Tulkens, H. (1988). "Allowing for technical inefficiency in parametric estimates of production functions with an application to urban transit firms," CORE Discussion Papers 1988041, Université catholique de Louvain, Center for Operations Research and Econometrics (CORE).

Timmer, C. (1971). "Using a Probabilistic Frontier Production Function to Measure Technical Efficiency". *Journal of Political Economy*, 79, 776-794.

Torres y Zamora (2006), *Los espacios de reserva en la expansión global del capital*, Plaza y Valdés. México, 2006, pp. 351-383.

Velásquez, A. (2003). COSTOS TRANSACCIONALES Y CADENA DE ABASTECIMIENTO: Un Asunto de Competitividad.

Vergés, J. (2003). "Evaluación de la eficiencia comparativa entre empresas, atendiendo tanto a los resultados financieros como a los niveles de productividad: La empresa pública Transmediterránea versus la empresa pública privada Europa 15 Ferrys", Departamento de Economía de la Empresa. UAB.

Vincent P. (1986) Implications of Salesforce Productivity Heterogeneity and Demotivation vol. 32, issue 11, pages 1371-1388.

Wagenheim, G. (1983) "Distribution as a source of competitive advantage", *Annual Proceeding of the NCPDM*, p.812.

Wang D., Tian Y., and Hu Y. (2004). "Empirical study of supplier selection strategies across the supply chain management in manufacturing companies", *International Engineering Management Conference, Proceedings*, pp 85-89.

Warner, A. (2002). "Nota informativa elaborada para el Banco Interamericano de Desarrollo", Nacional Bureau of Economic Research and Center for Global Development, Washington, D.C.

World Economic Forum (2008), Assessing the Foundations of Mexico's Competitiveness: Finding from the global Competitiveness Index 2007-2008.

Zhu, J. (2000). "Multi-factor performance measure model with an application to Fortune 500 Companies". European Journal of Operational Research 123 (1), 105-124. Vol. 44, No. 1 (Jan., 1998), pp. 49-61

ANEXOS

ANEXO I

DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA
EFICIENCIA A TRAVÉS DE LOS
MODELOS DEA

Cuadro 5.9 Selección de inputs para la primera etapa del modelo para el año 2014.

No.	País	red carretera	Densidad	Autopistas	Inversion
1	ALEMANIA	0.64448	1.80	6.10	8.08
2	ARGENTINA	0.231374	0.08	2.50	13.84
3	AUSTRALIA	0.8731147	0.11	8.78	7.46
4	BRASIL	1.751868	0.21	14.89	0.00
5	BRUNEI	0.003029	0.52	5.58	5.82
6	CANADA	1.04	0.10	20.17	4.71
7	CHILE	0.77764	1.03	2.47	100.00
8	CHINA	4.11	0.43	100.00	23.64
9	COREA DEL SUR	0.106414	0.88	8.00	9.93
10	COSTA RICA	0.039018	0.76	0.00	7.66
11	DINAMARCA	0.073	1.69	0.61	9.21
12	ESPAÑA	0.683175	1.35	14.11	4.82
13	EUA	6.59	0.67	83.15	4.48
14	FRANCIA	1.028446	1.87	14.32	5.38
15	HONG KONG	0.0021	1.91	2.08	8.14
16	INDIA	4.865	1.48	37.78	24.40
17	INDONESIA	0.5	0.26	7.80	10.09
18	ITALIA	0.4877	1.62	5.04	3.53
19	JAPON	1.215	3.21	14.64	58.94
20	MÉXICO	0.38	0.19	6.08	28.63
21	NEW ZEALAND	0.94902	3.54	6.29	3.38
22	PERU	0.14	0.11	3.90	4.30
23	REINO UNIDO	0.390238	1.60	1.17	7.22
24	RUSIA	1.396	0.08	4.09	21.82
25	SINGAPORE	0.164	0.00	11.55	15.49
26	THAILANDIA	0.18	0.35	3.85	14.74
27	VIETNAM	0.21	0.63	5.55	6.84

Fuente: BM (2015); OCDE, 2015.

Cuadro 5.10 Selección de las variables intermediarias, 2014.

No.	País	Tiempo de ejecución x	Tiempo de ejecución m	Tiempo de entrega x	Tiempo de entrega m	Costo x	Costo m	Costo terrestre x	Costo terrestre m	Calidad en el transporte m	Calidad en el transporte x
1	ALEMANIA	5	4	1	2	1015	1050	1784	1145	23.1	21.8
2	ARGENTINA	16	15	2	3	1770	2320	1145	750	24.4	18.6
3	AUSTRALIA	2	7	2	2	1200	1220	433	1500	0.8	11.1
4	BRASIL	3	5	2	3	2323	2323	439	750	17.4	14.9
5	BRUNEI	0	0	0	0	705	770	0	0	36.6	49.4
6	CANADA	2	5	1	2	1680	1680	734	750	21.1	15.6
7	CHILE	2	3	1	1	910	860	750	750	44.6	44.8
8	CHINA	3	3	2	3	823	800	645	637	25.2	16.5
9	COREA DEL SUR	3	3	1	1	670	695	500	500	27.7	33.4
10	COSTA RICA	6	6	1	2	1020	1070	500	500	41.9	4.3
11	DINAMARCA	2	3	1	1	795	745	500	612	50.2	60.3
12	ESPAÑA	2	1	3	2	1310	1400	721	1000	0	0
13	EUA	3	3	2	2	1224	1289	745	729	20.9	13.1
14	FRANCIA	2	4	1	1	1335	1445	500	1500	21.8	19.3
15	HONG KONG	1	1	1	1	590	565	354	274	24.4	29.9
16	INDIA	3	4	2	1	1332	1462	1043	921	52.6	12
17	INDONESIA	3	5	3	4	572	647	309	426	32.6	16.5
18	ITALIA	2	3	1	2	1195	1145	750	1000	23.5	13.4
19	JAPON	1	1	2	2	829	1021	707	866	24.1	25
20	MÉXICO	3	5	2	2	1499	1888	707	1000	46.3	4.1
21	NEW ZEALAND	0	0	2	3	870	825	0	0	25.4	14.5
22	PERU	0	0	3	2	890	1010	0	0	37.5	24.1
23	REINO UNIDO	2	4	2	2	1005	1050	1414	2466	19.8	11.7
24	RUSIA	5	5	2	4	2401	2595	5000	5000	13	31.7
25	SINGAPORE	2	2	2	2	460	440	250	250	27.8	32
26	THAILANDIA	2	2	1	1	595	760	250	250	50.5	10.4
27	VIETNAM	0	0	1	1	610	600	0	0	54.1	21.4

Fuente: BM (2014); OCDE (2014).

Cuadro 5.11. Selección de variables para la segunda etapa, 2014.

No.	País	valor x	valor m	volumen
1	ALEMANIA	45.7	39	427300
2	ARGENTINA	14.8	14.5	188792.98
3	AUSTRALIA	20.9	21.4	188792.981
4	BRASIL	11.2	13.9	188792.98
5	BRUNEI	71	35.7	0
6	CANADA	31.6	32.5	188792.981
7	CHILE	33.8	32.3	188792.981
8	CHINA	22.6	18.9	3718882
9	COREA DEL SU	50.6	38.9	12545.496
10	COSTA RICA	35.1	37.2	25.95
11	DINAMARCA	53.7	48.3	10003
12	ESPAÑA	32.5	30.1	211891
13	EUA	13.4	16.5	188792.981
14	FRANCIA	28.7	30.5	265000
15	HONG KONG	219.6	219.6	188792.98
16	INDIA	23.2	25.5	188792.98
17	INDONESIA	23.7	24.5	188792.981
18	ITALIA	29.6	26.5	188792.98
19	JAPON	17.7	20.8	334667
20	MÉXICO	32.4	33.5	211600
21	NEW ZEALAND	29.2	27.4	0
22	PERU	22.4	23.9	0
23	REINO UNIDO	28.4	30.3	143453
24	RUSIA	30	22.9	180135
25	SINGAPORE	187.6	163.2	50
26	THAILANDIA	69.2	62.6	188792.981
27	VIETNAM	86.4	83.1	0

Fuente: BM (2015), OCDE (2015).

ANEXO II

ANÁLISIS DE LAS VARIABLES *SLACKS* DEL MODELO DEA NETWORK

Cuadro 5.12 Análisis de las variables *slacks* para la primera etapa del modelo Network.

NO	DMU	Score	red carretera	Densidad	Autopistas
1	ALEMANIA	1	0	0	0
2	ARGENTINA	1	0	0	0
3	AUSTRALIA	0.63275	-0.522604	0	0
4	BRASIL	1	0	0	0
5	BRUNEI	1	0	0	0
6	CANADA	0.736349	-0.093882	0	-6.645503
7	CHILE	0.867229	-0.411076	0	0
8	CHINA	1	0	0	0
9	COREA DEL SUR	0.28716	-0.040166	0	-2.44426
10	COSTA RICA	1	0	0	0
11	DINAMARCA	0.561352	-0.037628	-0.454146	0
12	ESPAÑA	0.462181	0	-0.698868	-1.172569
13	EUA	0.222329	-0.820802	0	-27.690105
14	FRANCIA	0.48016	-0.427757	-1.282908	0
15	HONG KONG	1	0	0	0
16	INDIA	0.130178	-3.355747	0	0
17	INDONESIA	0.588224	-0.144321	0	0
18	ITALIA	0.777296	-0.209924	-0.988781	0
19	JAPON	0.304804	0	0	0
20	MÉXICO	0.679531	0	0	0
21	NEW ZEALAND	0.306331	-0.309235	-2.676761	0
22	PERU	0.451183	-0.099234	0	-0.916711
23	REINO UNIDO	1	0	0	0
24	RUSIA	0.901277	-1.136797	0	0
25	SINGAPORE	1	0	0	0
26	THAILANDIA	1	0	0	0
27	VIETNAM	0.71319	-0.165548	0	-1.773302

Fuente: Elaboración propia, (2016).

Cuadro 5.13 Análisis de las variables *slacks* de la segunda estación del modelo Network.

NO	DMU	valor x	valor m	volumen
1	ALEMANIA	0	0	0
2	ARGENTINA	0	0	0
3	AUSTRALIA	4.333757	0	0
4	BRASIL	0	0	0
5	BRUNEI	0	0	0
6	CANADA	5.928255	0	0
7	CHILE	0	2.534519	0
8	CHINA	0	0	0
9	COREA DEL SUR	0	31.031959	43625.5952
10	COSTA RICA	0	0	0
11	DINAMARCA	0	11.49025	37565.6331
12	ESPAÑA	0	5.240389	0
13	EUA	10.235718	0	0
14	FRANCIA	4.156717	0	0
15	HONG KONG	0	0	0
16	INDIA	23.942892	0	0
17	INDONESIA	3.330361	0	0
18	ITALIA	0	2.475357	0
19	JAPON	221.749059	206.125642	0
20	MÉXICO	6.052008	0	0
21	NEW ZEALAND	0	6.860692	147291.125
22	PERU	9.37196	0	10779.3336
23	REINO UNIDO	0	0	0
24	RUSIA	0	5.093259	0
25	SINGAPORE	0	0	0
26	THAILANDIA	0	0	0
27	VIETNAM	1.882632	0	62753.7126

Fuente: Elaboración propia, (2016).

Cuadro 5.14 Análisis de las variables stacks de los intermediarios

NO	DMU	Tiempo de ejecución x	Tiempo de ejecución m	Tiempo de entrega x	Tiempo de entrega m	Costo x	Costo m	Costo terrestre x	Costo terrestre m	Calidad en el transporte m	Calidad en el transporte x
1	ALEMANIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	ARGENTINA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	AUSTRALIA	2.660443	-2.600007	-1.051195	-0.725413	-604.9882	-486.71051	-47.932491	-1220.9734	11.679527	0.036946
4	BRASIL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	BRUNEI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	CANADA	-0.179174	-2.369181	0.367449	-0.179174	-593.41595	-599.13565	-467.41448	-357.84754	-6.430209	-1.396142
7	CHILE	10.109516	9.487078	1.499308	2.185752	876.492933	1326.41654	810.324965	1093.85371	-15.794184	-23.941494
8	CHINA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	COREA DEL SUR	-1.741566	-1.741566	0.258434	0.258434	-214.10376	-258.62379	-236.81098	-273.80128	-5.352787	-6.837987
10	COSTA RICA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	DINAMARCA	3.637859	2.637859	0.184011	1.074781	286.597558	373.804986	49.192352	-86.266994	-5.721658	-47.701761
12	ESPAÑA	-0.933336	0.376251	-2.188218	-0.933336	-689.851	-789.70348	-481.57435	-737.39562	12.584868	12.988214
13	EUA	6.907449	13.129445	4.726048	7.907449	6144.33705	6074.08533	711.543568	1694.50085	40.054638	40.227461
14	FRANCIA	-1.232865	-3.171013	-0.396622	-0.232865	-991.07821	-1111.0299	-303.0916	-1316.6054	-11.183447	-8.399122
15	HONG KONG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	INDIA	8.402553	6.818355	0.897793	2.807971	461.60577	624.498026	125.725749	-39.747815	-8.05292	30.884886
17	INDONESIA	5.389121	2.889945	-1.655094	-2.100171	448.47164	642.844752	351.42325	28.583438	-14.669173	-1.106442
18	ITALIA	-0.735786	-1.942165	-0.596461	-1.354923	-881.75251	-828.50896	-314.24015	-706.54501	-14.751685	-4.528226
19	JAPON	56.518055	52.525258	6.241946	10.238514	6278.80957	7918.69266	4613.30707	2642.5082	94.798191	78.702436
20	MÉXICO	16.954684	13.75323	0.870163	2.081443	831.442527	1143.04936	762.745367	-4.9076	-1.206466	24.146519
21	NEW ZEALAND	1.50958	2.238988	-0.855123	-1.49042	222.333604	256.946882	307.180953	387.366333	-8.916713	3.356606
22	PERU	0.552716	0.552716	-2.447284	-1.447284	-742.34431	-868.72693	82.1495	77.587067	-29.218424	-14.463817
23	REINO UNIDO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	RUSIA	10.470844	9.517617	0.120325	-0.921098	-662.65654	-334.53686	-3879.7083	-4256.2755	13.217633	-10.630972
25	SINGAPORE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	THAILANDIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	VIETNAM	0.865908	0.865908	-0.134092	-0.134092	-291.2046	-294.84854	184.340641	157.754748	-38.574478	-2.92617

Fuente: Elaboración propia, (2016).

ANEXO III.
OPERACIONALLIZACIÓN
DE VARIABLES

Cuadro 5.15 Operacionalización de variables

Objetivo general	Variables	Indicadores
<p>Identificar el grado de eficiencia o ineficiencia de la red logística (infraestructura, tiempos, y costos y calidad) del transporte carretero en el comercio internacional durante el año 2014 de México frente a países representativos.</p> <p>Hipótesis: La red logística (infraestructura, tiempos, y costos y calidad) del transporte carretero incidió en la eficiencia del comercio internacional durante el año 2014 de México frente a países representativos.</p>	<p><u>Variable dependiente:</u> Eficiencia o ineficiencia del comercio internacional del transporte carretero.</p> <p><u>Variable independiente:</u> La red logística del transporte carretero.</p> <p>1. Infraestructura en transporte carretero de carga.</p> <p>2. Tiempos y costos logísticos.</p> <p>3. Calidad en el transporte carretero de carga</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Volumen de exp/imp a través del transporte carretero. Unidad: millones de ton/ km - Valor de exp/imp a través del transporte carretero. Unidad: % PIB - Red carretera. Unidad: millones de km - Densidad vial. Unidad: km/km² - Autopistas. Unidad: km - Inversión en infraestructura, transporte y almacenes. Unidad: dólares estadounidenses - Tiempo de ejecución de exportaciones e importaciones Unidad: días - Tiempo de entrega de exportaciones e importaciones Unidad: días - Costos de exportaciones e importaciones Unidad: dólares estadounidenses - Costo de transporte terrestre de exportaciones e importaciones Unidad: dólares estadounidenses - Indicador de calidad en el transporte carretero de carga

Fuente: Elaboración propia, (2016).