

Medición de la eficiencia técnica en la industria manufacturera de Puebla

Measurement of technical efficiency in the manufacturing industry of Puebla

Brenda Karina Lezama González¹
Ma. Teresa Herrera Rendón Nebel²

Resumen

Se ha visto que las empresas del sector manufacturo tiene un nivel de eficiencia bajo cuando se analizan a nivel de la unidad económica y usando micro datos. Así pues, estamos interesados en este artículo en ver cuál es el nivel de eficiencia técnica de la industria manufacturera en Puebla y analizar si existe la misma tendencia.

Palabras Clave: eficiencia técnica, industria manufacturera, estado de Puebla.

Abstract

It has been seen that companies in the manufacturing sector have a low level of efficiency when analyzed at the economic unit level and using micro data. Thus, we are interested in this article to see what is the level of technical efficiency of the manufacturing industry in Puebla and analyze if the same trend exists.

Keywords: technical efficiency, manufacturing industry, state of Puebla.

1 Introducción

La industria manufacturera ha sido considerada por diversos autores como uno de los motores de crecimiento económico de México, sin embargo, la crisis de 1982 marcó el fin del crecimiento económico conocido como el “milagro mexicano”; para el período de 1982 a 2013 el crecimiento del PIB real fue de 2.3 % (Suárez & De Jesús Almonte, 2017). Debido a la crisis

¹ Estudiante de la Maestría en Economía Aplicada de la UPAEP. brendakarina.lezama@upaep.edu.mx

² Directora de la Facultad de Economía de la UPAEP. mariateresa.herrera@upaep.mx

(energética) de principios de los ochenta, las exportaciones petroleras dejaron de ser las más importantes del total de las ventas externas, siendo sustituidas por exportaciones no petroleras, como la manufactura. Lo que da paso a una estrategia de industrialización orientada a la exportación (Montiel, 2012).

Las bajas tasas de crecimiento económico después del milagro mexicano en 1982, provocaron que la economía nacional se rezagara frente al resto del mundo; en materia de empleo, la situación no fue mejor, ya que los empleos generados cada año desde 1982 a 2008 no fueron suficientes para cubrir la demanda, a pesar de los esfuerzos del gobierno, no se ha podido satisfacer esta necesidad económica básica. Por tanto, claramente se puede ver que existe un proceso de estancamiento tanto en el crecimiento del producto como en la generación del empleo.

Así mismo, Sánchez (2011) demuestra bajo el contexto del análisis kaldoriano, que la insuficiente dinámica del sector manufacturero es la causa principal de las bajas tasas de crecimiento económico, destacando un círculo virtuoso del estancamiento económico, asimismo, menciona que las regiones no son ajenas a esta tendencia, por lo que realiza un análisis de la evolución del crecimiento del PIB per cápita para las regiones de México de 1993 a 2010; sus resultados muestran que la región centro, en la cual se encuentra nuestro lugar de estudio (Puebla), fue la que representó la tasa más baja del crecimiento promedio anual del PIB per cápita con (0.69%); en cuanto a las tasas de crecimiento del empleo, la región Centro fue la más baja con (1.47%). La información presentada en el artículo mencionado demuestra la importancia de la industria manufacturera en el crecimiento económico y, revela que de superar el estancamiento económico sería necesario intensificar el proceso de industrialización (Sánchez, 2011).

En base a este contexto, Becerril, *et al* (2013), por un lado, concuerdan que la región Centro es la que tiene condiciones más desfavorables en cuanto al uso de los factores productivos; por

otro, refleja la importancia de buscar mecanismos y acciones de política económica, que redunden en un mejor uso de los factores productivos, que pudieran incidir en la eficiencia técnica y en su mejoría, con el fin de aumentar la producción y con ello, el crecimiento económico.

Herrera (2016) destaca que la eficiencia técnica es un elemento importante en la asignación eficiente de recursos, dado que la eficiencia es preferible a la ineficiencia y subraya su importancia para países con recursos escasos en capital, haciendo hincapié en que la eficiencia es una condición básica del desarrollo económico para México. Asimismo, propone, a nivel teórico, un criterio de elección de progreso técnico que cumpla con los objetivos de desarrollo humano y económico simultáneamente. Por otro lado, Herrera (2011) enmarca que la eficiencia técnica no solo es importante en materia de desarrollo sino también de bienestar por lo que considera algunos elementos necesarios para el buen establecimiento de criterios de elección de progreso técnico. Dado que la eficiencia técnica es una condición que podría asegurar que se están utilizando los recursos de manera óptima y que se cumple con una de las condiciones paretianas, no es suficiente para alcanzar el supuesto debido a las fallas del mercado, por lo que una segunda condición es el empleo, ya que Herrera (2011) lo considera como un requerimiento esencial básico de bienestar. La actividad industrial en México como factor de desarrollo desempeña un papel clave en el crecimiento regional, por lo que dada la ralentización del crecimiento económico y la relocalización de la industria manufacturera, se pretende realizar un análisis de la eficiencia técnica de la industria manufacturera en las regiones de Puebla y ver cuál ha sido su comportamiento y cuáles son las regiones más eficientes.

Eficiencia técnica

La teoría economía de la eficiencia se remonta a los años cincuenta, en donde Koopmans (1951) fue el primer autor en dar a conocer una definición de eficiencia productiva, para lo cual afirmaba que una combinación viable de inputs y outputs sería técnicamente eficiente, si tecnológicamente se hace imposible aumentar un output o disminuir un input a la par de reducir al menos un output o aumentar un input; sin embargo, su definición se mostraba limitada, es así que Debreu (1951) desarrolla una medida en la que no solo identifica los productos eficientes de los ineficientes sino que también cuantifica porcentualmente los niveles de eficiencia técnica, a través de un índice de eficiencia, también llamado como “coeficiente de utilización de recursos” (García, 2002 citado por Torres, *et al* (2018). Debreu (1951) definió este índice como la unidad menos la máxima reducción equiproporcional en todos los inputs, consistente en mantener la producción de los outputs, donde dicho coeficiente no dependía de las unidades de medida empleadas.

Más tarde Farrell (1957), toma de referencia lo realizado por Koopmans y Debreu para incluir el termino de eficiencia en su estudio, por lo que estableció una guía para su medición, creía que el problema de cómo medir la eficiencia se relacionaba con los problemas presentados tanto en la teoría económica como en la política económica al considerar a la misma como subjetiva y empírica (Farrell, 1957). Asimismo, *Farrell* hace hincapié en que el indicador de productividad usado comúnmente no proporciona lo necesario para determinar si una empresa es eficiente a través del adecuado uso de sus factores productivos, y si la misma está incrementando su producción; por tanto, realiza un análisis basado en datos de la agricultura donde comprueba que al calcular la frontera óptima de producción, existen resultados diferentes, es decir, se admite la posibilidad de que existe ineficiencia productiva cuando la máxima producción obtenida es mayor que la producción total (Herrera, 2012). Por tanto, Farrell (1957) centró su atención en la definición

de eficiencia productiva estableciendo un marco conceptual para su interpretación, así como medidas específicas para su determinación y cuantificación. Farrell (1957) desecha la idea de la eficiencia absoluta basada en alguna situación teórica definida con anterioridad y propone como alternativa una media de eficiencia relativa, expresión de la desviación observada respecto a aquella situación que reflejara mayor eficiencia productiva a través de un grupo representativo y homogéneo; donde, cada unidad productiva individual es puesta en relación con aquellas consideradas más eficaces, comparación de la que se desprenderá el grado de ineficiencia de cada una de ellas. Por tanto, la gran aportación de Farrell alude a que es considerado el autor más influyente en el estudio de la eficiencia productiva ya que propone la forma de medir empíricamente la eficiencia técnica, dado que la teoría económica nos muestra cual es el comportamiento eficiente de las distintas formas de producción; sin embargo, resulta desconocido en la práctica, por lo que el autor propone considerar como referencia eficiente la mejor práctica observada de entre la muestra de empresas objeto de estudio, y calcular así los índices de eficiencia de cada una en comparación con las que presente un mejor desempeño económico. Por lo que se obtiene como resultado una medida de eficiencia que tiene carácter relativo, es decir, que depende de una muestra objeto de estudio (Farrell, 1957).

En cuanto a Emerson (1962) con su teoría aporta una serie de principios que deben seguir los procesos para poder determinar un nivel de eficiencia adecuado, a partir de lo cual menciona que para ser eficientes se debe tener el horizonte claro para poder clarificar adecuadamente los objetivos y a través de la detección de los problemas se tomen las mejores decisiones; aunado a ello, aconseja que deben existir registros confiables, inmediatos y adecuados; así como, estándares y programas bajo lo cual se vuelve congruente la construcción del Análisis Envoltante de Datos (DEA, por sus siglas en inglés) (Emerson, 1962 citado por Rodríguez *et al*, 2014).

Veinte años después de Farrell, Charnes, Cooper y Rhodes emplean por primera vez la técnica del DEA con el fin de medir la eficiencia productiva en el sector agrícola de los Estados Unidos en base a los insumos empleados y a los productos obtenidos; pese a las limitantes de la metodología (no mide perturbaciones, no tiene un mínimo de unidades para incluir en el análisis, no se especifican las variables de insumos y productos), se considera que los resultados de la técnica son buenos en cuanto a que ayudan a determinar los factores de eficiencia por unidad económica e igualmente dan una noción de los insumos y productos que se desperdician en la obtención de los niveles de eficiencia técnica (Gaytán & Benita, 2014).

El modelo propuesto por Charnes, Cooper y Rhodes (1978) tiene dos orientaciones, la primera es una orientación hacia el input que hace referencia la reducción del input sin disminuir el output establecido; mientras que la segunda orientación es hacia el output, donde se pretende maximizar la producción sin alterar los insumos empleados. Estos autores se dan a la tarea de observar las unidades de decisión (DMU's) que tienen un comportamiento eficiente y bajo las cuales se construye una frontera de eficiencia a diferencia de aquellas que muestran un desempeño ineficiente, las cuales deberían ser llevadas al nivel de eficiencia que determina la frontera, por lo que es importante identificar los rendimientos que presentan las mismas (constantes, crecientes o decrecientes), con el fin de identificar la situación óptima dada bajo rendimientos constantes (Charnes *et al.*, 1978). Finalmente, Jong-Bae y Choongoo (2010), desarrollan el comando DEA en STATA para la obtención de niveles de eficiencia técnica (citado en Herrera, 2012).

Ayuso *et al.*, (2008) realizan un trabajo para estimar los niveles de eficiencia técnica en la producción privada de las entidades federativas de México en el período de 1970-2003. Siguiendo el Método Envolvente de Datos, el producto se encuentra representado por el PIB, la inversión por la formación bruta de capital y el empleo por el personal ocupado. Los resultados arrojan que al

inicio del periodo las entidades federativas que muestran mejores prácticas son el estado de Tabasco y Zacatecas siendo estos los que determinan la frontera eficiente en base a la cual se calculan las eficiencias técnicas de las entidades restantes a partir de su distancia relativa; al finalizar el periodo cambian rotundamente los resultados, ya que ahora los estados de Campeche y México son los que delimitan la frontera eficiente; dado los resultados obtenidos se puede observar concretamente que la irregular trayectoria que ha experimentado el agregado de la economía mexicana coincide con los ciclos económicos. Finalmente, Benita & Gaytán (2012) realizan un estudio del sector minero del estado de Zacatecas usando los periodos de 1998, 2003 y 2008 siguiendo un análisis comparativo entre entidades, mediante un modelo no paramétrico los resultados arrojan que la eficiencia media a nivel nacional y el número de entidades eficientes disminuyó durante el periodo estudiado. Además, Coahuila y Sonora se tomaron como ejemplo para poder convertirse en una entidad plenamente eficiente, asimismo, Zacatecas resulta eficiente en el sector minero debido a las características que presenta y finalmente, en el análisis desagregado por actividad económica, se encontró que la sobre especialización de minería de plata, plomo y zinc conllevaron la desaparición de otras actividades eficientes.

Sin duda alguna, la medición de la eficiencia técnica ha sido un método relevante en diversos estudios desde diferentes perspectivas; sin embargo, gran parte de ellos se realizaron a nivel nacional, por lo que hasta ahora no se ha encontrado literatura dentro de la economía regional focalizada al sector manufacturero del estado de Puebla, por tal motivo, se vuelve relevante la propuesta de este documento, referida a la medición de la eficiencia técnica manufacturera de las regiones de Puebla, además, se propone un análisis de la especialización productiva de dicha industria, entendida como el proceso en el que una entidad, una industria o el país en general se centran en una o varias actividades específicas.

Tabla 1 Literatura referente a la eficiencia técnica en el sector manufacturero y otros sectores

TITULO	AÑO	AUTOR	LUGAR Y PERIODO DE ESTUDIO	METODOLOGIA	INPUTS-OUTPUTS
<i>Aplicación del data envelopment análisis a la delimitación de la frontera tecnológica en México</i>	2008	Becerril Torres, Del Moral Barrera & Vergara González	Entidades Federativas de Mexico Periodo 1970-2003	DEA	Producto Interior Bruto (PIB) en pesos de 1993. Inversión (K) mediante la Formación Bruta de Capital en pesos de 1993. Empleo (L) hace referencia al personal ocupado.
<i>Cuantificación y análisis de la eficiencia técnica en el sector bancario</i>	2012	Gabriel Antonio Aramayo Peñaloza	Bancos Bolivianos Periodo: 2000-2009	Técnica DEA con enfoque frontera estocástica	PRODUCTO: Logaritmo del valor de bienes de uso en el sector bancario Logaritmo del valor de gastos financieros del sector bancario Logaritmo del valor gasto en personal administrativo INSUMO: Logaritmo del valor obligaciones con el público Logaritmo del valor obligaciones con entidades de financiamiento
<i>Eficiencia técnica y empleo: criterios de elección de progreso técnico en el sector manufacturero de México</i>	2012	María Teresa Herrera Rendón-Nebel	Sector manufacturero mexicano Periodo: 2003 a 2007	Técnica DEA y el empleo mediante la mano de obra requerida.	PRODUCTO: Valor de la producción Ingresos totales como INSUMO: Remuneraciones de los trabajadores Número de trabajadores como insumos
<i>Un estudio no paramétrico de eficiencia para la minería de Zacatecas</i>	2012	Benita Maldonado, Gaytán Alfaro & Rodallegas Portillo	Sector minero de Zacatecas Periodo: 1998-2008	Técnica DEA	PRODUCTO: producción bruta total INSUMO: activos fijos totales en pesos corrientes y personal ocupado total.
<i>Frontera tecnológica y productividad total de los factores de las regiones de México</i>	2013	Becerril Torres, Díaz Carreño & Del Moral Barrera.	Regiones de México Periodo: 1970- 2008	Técnica DEA Índice Malmquist con panel de datos.	PIB Formación bruta de capital fijo Personal ocupado
<i>Medición de la eficiencia técnica relativa de los proyectos de cimentación de Geofundaciones</i>	2014	Rodríguez Cardona, Ramírez Castro & Hernández Monroy	Bogotá Periodo: 2012	Técnica DEA: Orientación input	INSUMOS: Mano de Obra, Maquinaria, Equipo menor Compra, Tiempo de los proyectos PRODUCTOS: Calidad PIT, Cumplimiento, Rentabilidad (incidencia), Seguridad
<i>Análisis de eficiencia técnica en el sector manufacturero Chileno</i>	2015	González, Candía Campano y Cornejo & Espinosa Parada.	Industria manufacturera Chilena Periodo: 2000 - 2008	Metodología paramétrica de fronteras estocásticas de producción, se procedió a la construcción de un panel de datos	Producción: Valor agregado de la producción para la clase i en el periodo t Trabajo: Remuneración pagada a los trabajadores para la clase i en el periodo t . Capital: Suma del saldo de los activos fijos al final del periodo para la clase i en el periodo t . Energía: Valor neto total de combustibles utilizados en la clase i en el periodo t . Servicios: Total de gastos por servicio de la clase i en el periodo t . Insumos: Materias primas traspasadas e importadas

Medición de la eficiencia técnica en la industria manufacturera de Puebla

<i>Eficiencia técnica y cambio tecnológico de las unidades académicas de la Universidad Michoacana</i>	2015	Silvestre Ramírez & Chamú Nicanor	Universidad Michoacana Periodo: 2004-2014	Índice Malmquist Modelo frontera no paramétrico DEA	por la clase i en el periodo t. INSUMOS: Número total de personal académico Número total de personal no académico Número total de estudiantes matriculados PRODUCTOS: Número de egresados Número de grados (títulos) otorgados
<i>La eficiencia técnica relativa de las entidades federativas mexicanas.</i>	2016	Fregoso & González	32 entidades federativas de la República Mexicana Periodo: 2000	Técnica DEA con orientación output, con rendimientos constantes a escala. Análisis de sensibilidad.	INSUMOS PEA: población económicamente activa IED: inversión extranjera directa PRP: presupuesto publico PRODUCTOS CUR: número total de centros urbanos de 2550 habitantes PIBE: producto interno bruto estatal
<i>Metodología de análisis envolvente de datos, procesos administrativos y operacionales de las PG países latinoamericanos</i>	2016	Soto, Buelvas & Yarzagaray	Uruguay y países latinoamericanos Periodo 2007- 2011	Técnica DEA BBC orientación input	INSUMOS: Tasa de desempleo Formación Bruta de Capital Consumo de energía PRODUCTOS: PIB Manufacturero , PIB Minero
<i>La eficiencia de la industria de alimentos, bebidas y tabaco: un análisis DEA</i>	2018	Torres Salazar, Ayvar Campos & Navarro-Chávez	México, Estados Unidos, Canadá y Brasil Periodo 2000-2014.	Técnica DEA con orientación output y rendimientos variables a escala	PRODUCTO: Las exportaciones INSUMO: costo de los materiales, personal ocupado
<i>Mejorar los niveles de eficiencia técnica y aumentar el empleo en el estado de México</i>	2020	María Teresa Herrera Rendón-Nebel	Estado de Mexico	Análisis envolvente de datos	PRODUCTO: Valor de la producción Ingresos totales como INSUMO: Remuneraciones de los trabajadores Número de trabajadores como insumos

Fuente: Elaboración propia

2 Construcción y especificación funcional del modelo DEA

El propósito de este modelo es la construcción de una frontera de posibilidades de producción no-paramétrica, que permita identificar a las unidades de decisión (DMU's) que la determinan, es decir, aquellas que funcionan eficientemente.

Considerando N unidades de decisión, cada DMU (actividades económicas) consumirá cantidades de M insumos para producir S productos; es decir, la UD_j consumirá $x_{ji} \in X$ del insumo i y producirá $y_{jr} \in Y$ del productor r . Por tanto, se asumirá que $x_{ji} \geq 0$ y $y_{jr} \geq 0$. Donde X y Y son matrices de

tamaño $M * N$ y $S * N$ en las cuales se encuentran la totalidad de los insumos y productos de cada una de las actividades económicas (DMU's) consideradas en el estudio; la j -ésima UD se refiere a la j -ésima actividad económica del sector manufacturero, con $j= 311, 312, \dots, 400$). Cada actividad económica obtendrá una razón insumo/producto que proporcione una medida de eficiencia. Matemáticamente la minimización de esta razón, constituirá la función objetivo de la DMU analizada. El cociente insumo/producto de cada DMU deberá ser superior a la unidad, de tal forma que la frontera calculada debe envolver las distintas combinaciones de insumo/producto de la totalidad de DMU's consideradas.

Bajo este contexto el análisis matemático toma la siguiente forma, Gaytán y Benita (2014):

$$\begin{aligned}
 & \text{Min}_{u,v} v^T x_0 / u^T y_0 \\
 \text{s. a.} \quad & v^T x_j / u^T y_j \geq 1, \quad j = 1, 2, \dots, N \quad (1) \\
 & u, v \geq 0
 \end{aligned}$$

V y U serán vectores de tamaño $M*1$ y $S*1$. Una vez resuelto (1) se encontrarán los pesos óptimos de v^* y u^* de los insumos y productos. El problema de esta medición es que se obtiene un número infinito de soluciones por lo que se debe incluir la restricción $u^T y_0 = 1$; así el problema primal y el dual estarán dados como sigue:

Problema primal

$$\begin{aligned}
 & \text{Min}_{u,v} v^T x_0 \\
 \text{s. a.} \quad & \mu^T y_0 = 1 \\
 & v^T X - \mu^T Y \geq 0 \\
 & v, \mu \geq 0 \quad (2)
 \end{aligned}$$

Problema dual

$$\begin{aligned}
 & \text{Max}_{\phi, \lambda} \phi \\
 \text{s. a.} \quad & X\lambda \leq x_0 \quad (3)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varphi y_0 - Y\lambda &\leq 0 \\ \lambda &\geq 0 \end{aligned}$$

$\varphi \in [0, 1]$ Representa el índice de eficiencia técnica, mientras que λ representa un vector de tamaño $N \times 1$.

Con el fin de convertir el modelo a rendimientos variables a escala queda de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} & \text{Max}_{\varphi, \lambda} \varphi && (4) \\ & X\lambda \leq x_0 \\ & \varphi y_0 - Y\lambda \leq 0 \\ & \lambda \geq 0 \\ & e^T \lambda \leq 1 \end{aligned}$$

e^T es un vector $N \times 1$

Para llevar a cabo la técnica de DEA se realizaron estimaciones de eficiencia técnica relativa, asimismo, con el fin de respetar el principio de homogeneidad, se dividió a la base de datos en 7 regiones, las cuales conforman la división regional del estado de Puebla, dichas regiones igualmente fueron divididas por 21 subsectores manufactureros del 311 al 339. De acuerdo a Herrera (2012) la metodología DEA es utilizada para la estimación de la eficiencia técnica relativa debido a que es considerada como un instrumento que mide el mejoramiento de las empresas, en este caso actividades económicas. Siguiendo la metodología de Herrera (2012) la eficiencia técnica relativa fue estimada considerando rendimientos variables a escala (VRS_TE) principalmente porque las empresas de la muestra no son completamente homogéneas, aun perteneciendo al mismo subsector.

En Puebla existen 7 regiones: Región I Sierra norte; Región II Sierra nororiental; Región III Serdán y Valles centrales; Región IV Angelopolis; Región V Valle de Atlixco y Matamoros; Región VI Mixteca y Región VII Tehuacán y Sierra Negra; segundo, porque los giros de

producción de cada uno de los subsectores pueden variar. Por tal motivo, se aconsejó el uso de VRS_TE y no rendimientos constantes, ya que los rendimientos variables permiten la existencia de heterogeneidad entre las empresas, para el caso subsectores.

3 Identificación y caracterización de las variables

Dado que para la medición de la eficiencia técnica se requiere de una serie de inputs (insumos) y outputs (productos), se proponen las siguientes variables definidas en función de la síntesis metodológica de los censos económicos publicados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI):

Inputs

Personal ocupado total: Comprende a todas las personas que trabajaron durante el periodo de referencia dependiendo contractualmente o no de la unidad económica, sujetas a su dirección y control.

Total de gastos: Es el monto total que la unidad económica destinó al consumo de bienes, servicios y otras erogaciones financieras, fiscales y donaciones sin contrapartida a personas físicas y morales.

Outputs

Total de ingresos: Es el monto total que la unidad económica obtuvo por la venta de bienes, servicios, intereses, otros ingresos financieros y las donaciones recibidas sin contrapartida.

Producción Bruta Total: Es el valor de todos los bienes y servicios producidos o comercializados por la unidad económica como resultado del ejercicio de sus actividades.

De manera resumida se calculó el nivel de eficiencia de la industria manufacturera para cada una de las regiones de Puebla por subsector de actividad económica en los tres cortes transversales mencionados anteriormente (2004, 2009, 2014). A través del uso de variables inputs personal ocupado total y total de gastos, y como output ingresos totales y producción bruta total, dicha metodología se llevó a cabo con la utilización del software “for statistics and data science: STATA” por medio del cual se obtuvieron diferentes resultados en donde un *score* del VRS_TE igual a 1, significa que el subsector es eficiente, por lo que se encuentra sobre la frontera de eficiencia, por el contrario, el subsector cuyo *score* tiende a 0 es ineficiente.

En este apartado se describe el comportamiento de la eficiencia técnica de la industria manufacturera de las siete regiones que conforman el estado de Puebla por subsector de actividad económica, en los tres años censales considerados para el estudio. Los resultados fueron obtenidos con el método de Análisis Envolvente de Datos, a través del paquete estadístico STATA 14. Asimismo, se ofrece una descripción de los datos obtenidos de las técnicas de análisis regional, por lo que a través del cálculo de las mismas, se obtuvieron resultados del grado de especialización de la industria manufacturera de las regiones de Puebla por subsector de actividad económica, para los mismos años censales en los que se aplicó el DEA.

Ya que la eficiencia técnica se estimó por subsector de actividad económica para cada una de las regiones de Puebla y en base a que un SCORE igual a 1 significa que el subsector fue eficiente contrario de un SCORE igual a 0 donde resulta ineficiente, tenemos que la Región Sierra Norte se desempeñó principalmente en 10 de 21 actividades económicas consideradas en el estudio, por lo que considerando los valores medios de eficiencia técnica, las industrias que mostraron mayor variabilidad en cuanto a sus niveles de eficiencia fueron la industria alimentaria, fabricación de productos metálicos y fabricación de muebles, colchones y persianas, siendo la

industria fabricación de productos metálicos la que mostro ineficiencia en el uso de sus factores productivos al tener un valor de 0.7609 en el año 2009.

De acuerdo a los resultados de la región Sierra Nororiental II, se encontró que la misma se desempeñó en 11 de 21 actividades consideradas en el estudio; anexo a ello, se puede apreciar que las industrias que obtuvieron mayor variabilidad en sus niveles de eficiencia fueron la industria alimentaria, fabricación de prendas de vestir, fabricación de productos textiles, fabricación de productos metálicos y fabricación de muebles colchones y persianas. Considerando el valor medio de cada uno de los niveles de eficiencia técnica por actividad económica, se puede observar que las industrias alimentarias y fabricación de prendas de vestir se encontrar por debajo de la frontera de eficiencia técnica ya que mostraron valores de 0.697 y 0.7744; contrario a ello, los subsectores Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles, Curtido y acabado de cuero y piel, Impresión e industrias conexas e Industria del plástico y del hule se encuentran sobre la frontera de eficiencia dados que los mismos obtuvieron valores iguales a 1 en los tres años censales considerados en el estudio.

Una vez analizada la región III Serdán y Valles centrales, se encontró que la misma se desempeñó en 12 de 21 actividades económicas consideradas en el presente proyecto, considerando los resultados obtenidos con la técnica DEA se puede observar que las industrias alimentaria, Industria de madera, Fabricación de productos a base de minerales no metálicos, fabricación de productos metálicos, fabricación del colchones y persianas obtuvieron más valores ineficientes a comparación del resto de actividades. Considerando el valor medio de cada actividad, se puede apreciar que la industria impresión e industrias convexas obtuvo un nivel ineficiente de .75 en el año 2004 y la industria fabricación muebles, colchones y persianas mostro un valor de .74 en 2009, por otro lado, la industria de fabricación de productos metálicos obtuvo

un nivel ineficiente 0.7 en 2014. En cuanto a la Región VI Angelópolis, podemos observar que es la Región que desempeña en un mayor número de actividades ya que realiza actividades en 19 de las 21 considerados en el estudio. Asimismo, se puede observar que los municipios comprendidos en esta región optaron mayormente por el desempeño de actividades de industria alimentaria, fabricación de prendas de vestir, industria de madera, fabricación de productos a base de minerales no metálicos, fabricación de productos metálicos, fabricación de muebles, colchones y persianas; sin embargo, las actividades mencionadas mostraron tanto valores eficientes como ineficientes, por lo que considerando la media de cada actividad, podemos concluir que la industria alimentaria se muestra ineficiente en el año 2004 debido a que presenta un nivel de 0.76, por otro lado, la industria fabricación de prendas de vestir fue ineficiente en el año 2009 ya que su valor medio fue de .66, en cuanto a la industria fabricación de productos a base de minerales no metálicos mostro un valor medio de .53 considerado como ineficiente, mientras que la industria fabricación de muebles, colchones y persianas obtuvo un valor medio de 0.79 en el año 2014, contrario de las industrias que mostraron valores cercanos o iguales a uno fueron la industria de papel, industrias metálicas básicas, fabricación de accesorios y aparatos electrónicos, fabricación de equipo de transporte. Un dato relevante en el análisis fue lo obtenido por la industria de papel y las industrias metálicas básicas, ya que las mismas siguieron una tendencia de un nivel de eficiencia igual a uno durante los tres años censales considerados en el estudio.

Analizados los resultados de la región cinco Valle de Atlixco y Matamoros se aprecia que la región ha tenido buen desempeño en diversas actividades debido a las mismas muestran un nivel de eficiencia mayor a .8. Por otro lado, los sectores que muestran niveles de eficiencia cercanos a uno en los tres años censales considerados en el estudio son el sector 314 fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir, 323 impresión e industrias conexas, 327 fabricación de

productos a base de minerales no metálicos, 337 fabricación de muebles, colchones y persianas. Anexo a ello, se puede observar que los municipios de cada región continúan desempeñándose en mayor proporción en actividades referentes a la industria alimentaria, fabricación de productos metálicos e industria de madera, cabe mencionar que la región V se desempeñó en doce de las veintiún actividades consideradas en el estudio.

Por su parte la región VI muestra que los municipios pertenecientes a la misma se inclinaron más en desempeñar actividades de la industria alimentaria y la fabricación de productos metálicos, asimismo, considerando la eficiencia media de cada actividad económica se observa que el sector que se ubica sobre la frontera de eficiencia en los tres años censales considerados en el estudio es el 316 curtido acabado cuero y piel y el 323. Asimismo, en el año 2014 la región muestra un mejoramiento en sus niveles de eficiencia ya que en años anteriores el sector de la Industria alimentaria mostraba un nivel de 0.7933, mientras que el sector Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir presento los niveles más bajos en los primeros periodos del análisis con 0.6488 y 0.6986, lo relevante de este sector es que para el año 2014 sus valores cambiaron, encontrándose sobre la frontera de eficiencia técnica. Por último, podemos observar que la región VI se desempeñó solo en 13 actividades de las 21 consideras.

Finalmente, se muestran los resultados de la región VII Tehuacán y Sierra Negra, donde resaltan los subsectores Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles e Industria del papel ya que los mismos se encuentran sobre la frontera de eficiencia, continuando la misma tendencia en los tres años analizados. Así mismo, cabe resaltar que la región VII muestra solo un valor ineficiente en el periodo de 2004 perteneciente a la industria fabricación de prendas de vestir; sin embargo, muestra una mejora para los últimos años (Ver tabla 2).

Medición de la eficiencia técnica en la industria manufacturera de Puebla

Tabla 2 Eficiencia técnica relativa de los subsectores que componen la industria manufacturera a nivel regional 2004-2014

EFICIENCIA TÉCNICA RELATIVA CON RENDIMIENTOS VARIABLES A ESCALA (VRS_TE) EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA DE LAS REGIONES DE PUEBLA (VALORES PROMEDIO ANUAL, 2004-2014)									
SUBSECTOR	CONCEPTO	AÑO	REGION I	REGION II	REGION III	REGION IV	REGION V	REGION VI	REGION VII
311	Industria alimentaria	2004	0.9098	0.9041	0.9074	0.7594	0.8981	0.7933	0.9737
311		2009	0.8338	0.7744	0.9048	0.8647	0.9056	0.8118	0.9046
311		2014	0.8053	0.8945	0.8714	0.8232	0.8072	0.8231	0.9113
312	Industria de las bebidas y del tabaco	2004	1	1	1	0.9127	1		1
312		2009	1	1	0.9878	0.8637	0.9469	1	1
312		2014	0.9499	0.9037	0.8742	0.8795	0.8488	0.8568	0.888
313	Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles	2004		1		0.9715		0.9697	1
313		2009		1		0.9412	1	0.9212	1
313		2014		1		0.9532	0.9902	0.8013	1
314	Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir	2004	1	1		0.9214	1	0.6488	1
314		2009	0.9285	0.8994	1	0.9032	0.9972	0.6986	0.9462
314		2014	0.9404	0.8744	1	0.8167	1	1	0.964
315	Fabricación de prendas de vestir	2004	0.9612	0.9273	0.9676	0.8714	0.8898	0.951	0.7949
315		2009	0.9414	0.8269	0.8969	0.6634	0.9523	0.8907	0.8562
315		2014	0.8298	0.697	0.7819	0.8044	1	1	0.8916
316	Curtido y acabado de cuero y piel	2004	1	1		1	1	1	1
316		2009		1	1	0.9283	1	1	1
316		2014	1	1	1	0.9074	1	0.9628	1
321	Industria de madera	2004	0.9622	0.8707	0.8994	0.9351	0.9527	0.9919	0.9805
321		2009	0.9248	0.9727	0.9203	0.9207	0.9556	0.9116	0.9842
321		2014	0.9424	0.866	0.9324	0.8979	0.9205	0.9876	0.8912
322	Industria de papel	2004	1		1	1			1

322		2009	1	1	1	1			1
322		2014	1		1	1			1
323	Impresión e industrias conexas	2004	1	1	0.7509	0.9309	1	1	1
323		2009	0.9765	1	0.925	0.9578	1	1	1
323		2014	0.9935	1	0.9744	0.8207	1	1	1
324	Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	2004				1			
324		2009							
324		2014							
325	Industria química	2004		1	1	0.9997	1	1	1
325		2009		1		0.9655	1		1
325		2014	1			0.9629	1		1
326	Industria del plástico y del hule	2004		1		1	1		1
326		2009		1	1	1	1	1	1
326		2014		1		0.9315	1		1
327	Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	2004	0.9844	0.9742	0.9738	0.5284	0.9765	0.897	0.9592
327		2009	0.9716	0.9039	0.8481	0.9166	0.9945	0.8494	0.9714
327		2014	1	1	0.8405	0.9284	0.9669	0.9281	0.9164
331	Industrias metálicas básicas	2004		1		1			1
331		2009				1			
331		2014				1			
332	Fabricación de productos metálicos	2004	0.9175	0.9301	0.8917	0.8679	0.8993	0.884	0.9567
332		2009	0.7609	0.9288	0.8203	0.9137	0.946	0.924	0.9542
332		2014	0.9143	0.9245	0.784	0.8019	0.9318	0.8509	0.9166
333	Fabricación de maquinaria y equipo	2004	1		1	0.9738			1
333		2009	1			0.9898			1
333		2014	1			0.9541			1

Medición de la eficiencia técnica en la industria manufacturera de Puebla

334	Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos	2004	1			1			
334		2009	1						
334		2014	1						
335	Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos	2004				1			
335		2009				1			1
335		2014				0.9581			
336	Fabricación de equipo de transporte	2004	1		1	0.9889			
336		2009	1		1	0.9309			1
336		2014	1		1	0.9242		1	
337	Fabricación de muebles, colchones y persianas	2004	0.9101	0.8096	0.9733	0.8952	1	1	0.9658
337		2009	0.8878	0.9307	0.741	0.8939	0.9904	1	0.9834
337		2014	0.823	0.9041	0.8423	0.8744	1	1	0.9019
339	Otras industrias manufactureras	2004	0.9919	1	1	0.9719	1	1	0.9907
339		2009	0.9589	0.9665	0.8598	0.9924	0.9122	0.9805	1
339		2014	0.9231	0.8821	0.93	0.8773	0.9476	1	0.9435

Fuente: Elaboración propia con datos de los Censos Económicos INEGI 2004, 2009 y 2014.

4 Conclusiones y propuestas

La industria manufacturera en México por un lado ha sido una pieza clave en el crecimiento económico tanto a nivel regional como a nivel nacional; sin embargo, han sido diversas las causas que han motivado el estancamiento de la industria y por ende el estancamiento del crecimiento económico del país, por otro lado, evaluar el desempeño de las actividades económicas, pilares para una economía estatal se convierte en una actividad esencial que permite la orientación de la toma de decisiones. En base a ese contexto y debido a que diferentes estudios comprueban la importancia de la industria manufacturera se llevó a cabo el análisis de la misma a través de la técnica envolvente de datos, donde se evaluó la eficiencia técnica de los subsectores que la componen, con el fin de encontrar cuales han sido los sectores más eficientes durante el periodo considerado para el estudio, asimismo, se llevó cabo el cálculo de las técnicas a nivel regional.

Considerando la eficiencia media por subsector de cada una de las regiones de Puebla muchos muestran valores cercanos a la frontera de eficiencia; sin embargo, también se pudo observar mayor variabilidad en cuanto al nivel de eficiencia técnica en algunos sectores, principalmente en la industria alimentaria, 315 fabricación de prendas de vestir y 332 fabricación de productos metálicos, ya que los mismos manifestaron tanto valores eficientes como valores por debajo de la frontera de eficiencia, por tanto, las eficiencias resultaron ser susceptibles de acuerdo al subsector que pertenecen. Por otro lado, los subsectores más eficientes fueron el 322 Industria de papel, 336 fabricación de equipo de transporte y 323 impresión e industrias conexas; con base a este contexto, se acepta la hipótesis de que el sector manufacturero de las regiones de Puebla muestra ineficiencia técnica en cuanto al uso de sus factores productivos.

Entre las recomendaciones sugeridas para la mejora de la toma de decisiones de política económica e industrial se encuentran las propuestas por Rodrik (2007) quien menciona algunos principios en base a la materia de política industrial, entre ellos, la concesión de incentivos y subsidios a las actividades nuevas; asegurar que los recursos tanto físicos como humanos no permanezcan atados durante un largo periodo de tiempo a actividades que no generan dividendos y concesión de subsidios a aquellas actividades que pudieran tener efectos multiplicadores (Rodrik, 2007 citado por Sánchez, 2011). Adicional a ello, las políticas industriales deben tomar a consideración la creación de un sistema que sea capaz de incentivar campos no tradicionales e igualmente eliminar aquellos que no contribuyen de forma significativa a la economía; de igual forma, fomentar la sustitución de productos importados a partir de empresas establecidas en México que sean capaces de fomentar la investigación y el desarrollo.

Referencias

- Ayuso, I. C. Á., Torres, O. U. B., del Moral Barrera, L. E., & González, R. V. (2008). Aplicación del Data Envelopment Analysis a la delimitación de la frontera tecnológica en México (1970-2003). *Enlaces: revista del CES Felipe II*, 2.
- Becerril Torres, O. U., Díaz Carreño, M. Á., & del Moral Barrera, L. E. (2013). Frontera tecnológica y productividad total de los factores de las regiones de México. *Región y Sociedad*, 25(57), 5-26.
- Benita Maldonado, F. J., Gaytán Alfaro, E. D., & Rodallegas Portillo, M. C. (2012). Un estudio no paramétrico de eficiencia para la minería de Zacatecas, México. *Revista De Métodos Cuantitativos Para La Economía Y La Empresa*, 14, Páginas 54 a 75.

Recuperado a partir de

<https://www.upo.es/revistas/index.php/RevMetCuant/article/view/2160>

Charnes, A., Cooper, W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operation Research*, 429-444.

Debreu, G. (1951). “The coefficient of resource utilization”, *Econometric*, No. 19

Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A*.

Fregoso, J. H. C., & González, J. A. D. (2016). La eficiencia técnica relativa de las entidades federativas mexicanas. *Expresión Económica. Revista de análisis*, (30), 59-80.

Herrera R.N (2020). “Mejorar los niveles de eficiencia técnica y aumentar el empleo en el Estado de México”, pags. 265-288. En Cadena C. y Mejía P. (2020). *Estado de México: Instituciones, políticas públicas y actividad productiva*, ed. Colegio Mexiquense, Estado de México.

Herrera R.N (2012). Eficiencia técnica y empleo: criterios de elección de progreso técnico en el sector manufacturero de México. *Análisis Económico*, 27(66), 149-196.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2004), “Censos Económicos 2004”, Inegi, Puebla, Mexico, <https://www.inegi.org.mx/programas/ce/2014/default.html#Datos_abiertos>, 6 de abril de 2020.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2004), “Censos Económicos 2009”, Inegi, Puebla, Mexico,

https://www.inegi.org.mx/programas/ce/2014/default.html#Datos_abiertos, 6 de abril de 2020.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2004), “Censos Económicos 2014”, Inegi, Puebla, Mexico, https://www.inegi.org.mx/programas/ce/2014/default.html#Datos_abiertos, 6 de abril de 2020.

Koopmans, T. C. (1951). *Analysis of production as an efficient combination of activities. Activity Analysis of Production and Allocation*. John Wiley and Sons, Inc

Montiel, S. H. T. (2012). El impacto de la apertura comercial en la eficiencia técnica de las manufacturas en México: un análisis por entidad federativa. *Revista de Economía*, Facultad de Economía, Universidad Autónoma de Yucatán, 29(79), 9-9.

Ramírez, R. N. S., & Nicanor, F. C. (2015). Eficiencia técnica y cambio tecnológico de las unidades académicas de la Universidad Michoacana a través del índice Malmquist. *Economía y Sociedad*, 19(33), 17-35.

Rodríguez Cardona, D. E., Ramírez Castro, J. A., & Hernández Monroy, F. H. (2014). Medición de la eficiencia técnica relativa de los proyectos de cimentación profunda de Geofundaciones SA, durante el año 2012 para la ciudad de Bogotá, aplicando el análisis envolvente de datos-DEA. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/maest_administracion/466

Torres-Salazar, M., Ayvar-Campos, F. J., & Navarro-Chávez, J. C. L. (2018). La eficiencia de la industria de alimentos, bebidas y tabaco: un análisis a través de la envolvente de datos. *Revista Nicolaíta de Estudios Económicos*, 13(1).

Suárez & De Jesús Almonte (2017) Empleo manufacturero en la Región Centro de México.

Una estimación por gran división. Contaduría y administración, 62(3), 880-901.

Sánchez (2011) Estancamiento económico en México, manufacturas y rendimientos

crecientes: un enfoque kaldoriano. Investigación económica, 70(277), 87-126.

Gaytán & Benita (2014) La industria minera en México: patrones de desempeño y

determinantes de eficiencia. Lecturas de Economía, (80), 103-131

Gabriel Antonio Aramayo Peñaloza (2012). Cuantificación y análisis de la eficiencia técnica en el sector bancario (el enfoque de la frontera estocástica).

Aguirre González, Candía Campano, Arenas Cornejo & Espinosa Parada (2015). Análisis de

eficiencia técnica en el sector manufacturero chileno: una aproximación con fronteras estocásticas de producción. Revista de Economía, Facultad de Economía, Universidad Autónoma de Yucatán, 32(84), 9-9.

Cortés Fregoso & Domínguez González (2016).). La eficiencia técnica relativa de las

entidades federativas mexicanas. Expresión Económica. Revista de análisis, (30), 59-80.

Rincón Soto, Arango Buelvas & Torres Yarzagaray (2016). Metodología de análisis

envolvente de datos (DEA), procesos administrativos y operacionales de las políticas gubernamentales en los países latinoamericanos. Tlatemoani: revista académica de investigación, 7(22), 63-89.