

Importancia de la determinación del precio de acuerdo a la elasticidad y su impacto en los costos y la producción

Martha Claudia Rodríguez Villalobos¹

Josué Gerardo García Martínez²

Daniel Moreno Molina³

Resumen

“*La fijación del precio es el momento de la verdad: todo el marketing se centra en esta decisión*” (Raymond Corey, Harvard Business School). Hoy en día, la economía tiene demasiados cambios que llevan a las compañías a establecer y desarrollar estrategias con el objetivo de mitigar el impacto de esos cambios. Recursos naturales, mano de obra, materia prima y muchos otros factores forman parte de la prospección de la compañía, por lo cual se requiere que muchas personas estén involucradas en la planeación estratégica. Sin embargo, dentro de sus principales objetivos se encuentra la determinación del precio de sus productos. A pesar de la importancia que tiene la fijación de precios, tradicionalmente las empresas buscan fijar sus precios en base a sus costos más un porcentaje de utilidad deseada, y no se realiza un análisis con sustento económico que haga referencia a la elasticidad precio de la demanda. El objetivo de esta investigación es analizar la elasticidad precio de la demanda de una empresa de la región para determinar las políticas de fijación de precios, además se determinará el tipo de agrupamiento al que pertenecen sus productos de acuerdo a la segmentación del mercado en que se encuentra, con el fin de evaluar el costeo de la compañía bajo el sistema ABC. También se realizará un ejercicio de optimización de la producción, tomando como base datos proporcionados por la empresa para cada uno de los procesos necesarios para la elaboración de cada modelo, tales procesos son: ensamble, prueba, pintura y empaque. Esta empresa tiene presencia en más de 100 países, en México es líder en el ramo metal mecánico. Para el presente estudio se analizará una de las familias de sus productos, la cual cuenta con 21 modelos que varían en tamaño y características. El período a analizar corresponde desde Enero de 2013 a Septiembre de 2016 y se cuenta con datos mensuales de precios, ventas, producción y costos.

¹ Universidad de Monterrey, martha.rodriguezv@udem.edu

² Universidad de Monterrey, josue.garcia@udem.edu

³ Universidad de Monterrey, daniel.moreno@nemark.com

Introducción

Para algunas empresas cuyo objetivo es incrementar las utilidades, la estrategia ha sido incrementar el precio de venta. Desafortunadamente, no es así de simple, ya que en algunos casos la mejor estrategia es incluso bajar el precio y vender más; todo se basa en la elasticidad de la demanda de los productos. La fijación de precios de los productos de la compañía en estudio ha sido establecida con base en un costeo estándar, en el cual se contempla el costo de la materia prima más fletes y tasas para determinar mano de obra, gastos variables y gastos fijos. Debido al giro de la industria, metal-mecánico, es importante considerar el precio de los competidores para establecer rangos razonables que generen utilidad. Los precios son revisados una vez al año debido a la actualización de costos y determinando la tendencia de la industria. Se pueden hacer actualizaciones durante el año si el cliente lo requiere, con base en una revisión exhaustiva y llegando a acuerdos mutuos. Debido a la entrada de nuevos competidores en la región, a partir de 2015 se ha puesto especial interés en la determinación del precio de sus productos. Nuevas empresas procedentes de Alemania, Italia, Brasil, entre otras, han propiciado un cambio en los requerimientos del mercado tales como: precios bajos, reducción en los tiempos de entrega, cotizaciones en menor tiempo e Ingeniería a la Orden (ETO por sus siglas en inglés).

Empresas pequeñas utilizan métodos simples, como lo son aplicar un porcentaje al costo de la materia prima, lo cual cubre costos de flete, mano de obra y consumibles, además de generar una ganancia, pero ¿y las empresas multinacionales? La globalización conlleva no sólo compartir conocimientos entre naciones, recursos naturales de diversas regiones y ayuda de países del primer mundo a países en vías de desarrollo, sino también una más basta competencia; competencia que evoluciona a un ritmo acelerado y ocasiona que las empresas se estén reinventando día con día. Toda una nueva era de información y tecnología ha alentado a las empresas a ser más prácticas y metódicas, guiándolas ser más competitivas.

Además de tomar en cuenta la elasticidad de la demanda como estrategia para fijar el precio, otra forma de hacer que las compañías sean más rentables es mediante un buen manejo y control de sus costos. Cuánto más se conozcan los costos de fabricación de los productos (costo de la materia prima, precios de los consumibles, mano de obra, inversión en nueva maquinaria, etc.) se tendrá un mayor control sobre éstos, lo que tendrá como resultado una reducción en los costos en las empresas.

La compañía en cuestión utiliza un sistema de costos tradicional y se basa en un costo promedio ponderado para evaluar su materia prima. Todos sus métodos de cálculo son subtemas que provienen de la contabilidad de costos, la cual se define como un sistema que mide y anuncia información relacionada con la adquisición o consumo de recursos de la organización que proporciona información tanto para la administración como para la contabilidad financiera. En la empresa este sistema utiliza principalmente horas de mano de obra.

Lo que el presente estudio propone es evaluar el costeo de la compañía bajo el sistema ABC, con el cual se busca tener una comparativa contra el costeo tradicional que tiene actualmente. El objetivo es determinar si es óptimo para la empresa que considere una nueva forma de costeo que le brinde mayor análisis y una perspectiva enfocada a ver los procesos individualmente y no como un todo. Es importante tener otro enfoque para resaltar áreas de oportunidad o para asegurarse que el procedimiento actual es el que brinda mayores beneficios, dependiendo de los resultados se planteará una sugerencia hacia la empresa para cambiar o para continuar con su esquema existente.

El Sistema de costeo basado en actividades es un modelo económico diseñado para informar a la administración sobre datos históricos, presentes y operaciones futuras. Por esta razón el costeo ABC no puede ser referenciado como un modelo contable porque su utilización no está limitada a información financiera histórica. Presupuesto, pronósticos o incluso gastos objetivos o cantidad de información, pueden ser introducidos en éste modelo. Esto permite predecir la actividad de los gastos y la actividad de los drivers de información para obtener un gasto estimado de futuras actividades y recursos. (Miroslav Skoda, 2009). Este modelo puede proporcionar a la gerencia un panorama completo de en dónde se encuentran ubicados, qué producto es el más rentable y cuáles son las áreas de oportunidad que requieren supervisión; pueden enfocarse en nuevas estrategias e innovación para incrementar sus márgenes de ganancia de sus productos. Los gerentes deben estar preparados para cualquier situación, con todas estas herramientas ellos pueden analizar y tomar decisiones precisas, anticipar cualquier impacto y pronosticar mayores rentabilidades. Primero, ellos deben explorar la reducción de recursos que se emplean en diversas actividades, después, transformar esa reducción en utilidades, ellos deben reducir sus gastos en esos recursos o incrementar la salida de los recursos de producción. (Robin Cooper, Robert S. Kaplan, 1991).

Aunado al análisis de costos, la mejora continua en los procesos involucrados en la producción debe ser siempre una cultura de trabajo en cada compañía. Por lo tanto, podemos decir que un profundo conocimiento de los costos de producción, así como un análisis continuo en cada proceso productivo que tenga como finalidad la optimización de recursos y la obtención de datos históricos y predictivos de los comportamientos del mercado, son herramientas vitales para el desarrollo de estrategias sólidas que permitan a las empresas continuar incrementando su participación en los mercados nacionales e internacionales.

Marco Teórico

Pocos estudios han realizado estimaciones de la elasticidad de la demanda, uno de ellos es el realizado por Bordley (1993), en donde se propone un método alternativo para encontrar las elasticidades de los productos de una empresa automotriz, con el fin de mejorar las decisiones con respecto al establecimiento de precios, ya que las series de datos en el tiempo con que se contaba eran insuficientes. En este método primeramente se analizó el porcentaje de participación que pierde un producto cuando se incrementa su precio (demanda propia) y segundo, se obtiene la fracción de ese mercado perdido desviado a otros productos (fracción de desviación). Calculando la demanda propia y su fracción de desviación, el autor encuentra que los segmentos de compradores de autos económicos y el de compradores de autos lujosos no ven estos productos cruzados como sustitutos, ya que ambos tienen exclusividad o lealtad a sus productos. El autor estimó más de 40 mil elasticidades precio demanda para la industria automotriz y encontró que el segmento de autos económicos es más elástico, mientras que el segmento de automóviles lujosos es inelástico.

Recientemente Guerrero, Hernández y Díaz (2012) estimaron la elasticidad de la demanda como herramienta para asignar precios a una serie de productos automotrices de una empresa seleccionada en su estudio. Debido a que esta empresa contaba con un gran número de productos se realizaron agrupamientos conglomerados tomando en cuenta estandarización de precios con índices inflacionarios a través del IPC. Los autores encontraron que algunos productos mostraban un comportamiento inelástico ante los cambios de precio, mientras que en otros tenían una elasticidad significativamente negativa, mostrando su alta sensibilidad en el mercado a la variación de sus precios. Finalmente, los resultados de algunos productos indicaron que tenían elasticidades positivas, concluyendo que este tipo de comportamiento se debía a la calidad inherente de los productos de esta compañía

sobre la competencia, o bien, que estos productos son de las pocas opciones que tienen los consumidores al comprar. Sus resultados muestran la importancia de la estimación y el análisis de los datos.

De acuerdo a la literatura, los tres principales sistemas de costeo son: sistema de costeo directo, sistema tradicional de absorción de costos o unitario y sistema de costeo basado en actividades, estos sistemas difieren en metodología, exactitud y relevancia para la toma de decisiones. El sistema de costeo directo es el más simple en términos de asignación de costos, porque prorratea los costos al objeto. La gran desventaja es que no distribuye los costos indirectos. Este sistema de costeo es utilizado generalmente por las compañías pequeñas y carece de compartir los costos totales, por lo que no funcionaría para empresas con alto porcentaje de gastos generales, ya que el proceso de asignación sería arbitrario y conduciría a decisiones defectuosas y engañosas (Skoda, 2009). La perspectiva tradicional del costo unitario tiende a dirigir la atención de los gerentes hacia acciones a nivel de unidad para considerar un aumento de precios, o para reducir la mano de obra directa, los materiales o el procesamiento de las máquinas. (Cooper y Kaplan, 1991). El costeo basado en actividades o mejor conocido como ABC, fue desarrollado con la finalidad de mejorar el uso de la información contable (Tsai, et. al. 2009). Aparentemente, el costeo basado en actividades es superior al sistema de costeo tradicional, sin embargo no lo reemplaza. Este sistema afirma los mismos datos y añade relaciones operativas para apoyar más eficazmente la toma de decisiones. El propósito de separar cada operación de fabricación es obtener datos de costos más precisos para cada producto.

Metodología

Se estimará la elasticidad precio de la demanda para cada uno de los 21 modelos mediante un análisis de regresión lineal simple a través de Mínimos Cuadrados Ordinarios. Se tomaron en cuenta datos mensuales desde Enero del año 2013 a Septiembre de 2016, contando así con un total de 44 observaciones aproximadamente⁴. El modelo para obtener la elasticidad es el propuesto por Pindyck y Rubinfeld (2013):

$$\log Q_t = \alpha + \beta \log P_t + \varepsilon_t$$

donde:

Q_t es la cantidad de unidades vendidas

P_t es el precio mensual real ponderado de cada modelo⁵ (Base 2010=100)

Para la segmentación del mercado, se distinguen dos formas base, la segmentación a priori y la segmentación post hoc (Green, 1977; Wind 1978). En el presente análisis se utilizará la segmentación post hoc de acuerdo a la clasificación de análisis de conglomerados, en la cual se formarán grupos con respecto a la elasticidad precio de la demanda. Esta metodología fue propuesta por Guerrero, Hernández y Díaz (2012).

La selección del método de agrupamiento depende del propósito particular del estudio así como la escala de medición de la variable, clasificándose en método jerárquico o no jerárquico. Para el presente estudio se

⁴ En algunos casos se tuvieron datos atípicos.

⁵ Debido a que cada modelo contaba con diferentes productos, se tomó en cuenta el peso de la venta de cada producto para ponderar el precio que se consideró.

utilizará el método jerárquico ó aglomerativo, el cual considera a todas las entidades como si fuesen grupos distintos y progresivamente las consolidará hasta formar un solo grupo mediante el método de Ward o de varianza mínima⁶ (Levy y Varela, 2003). El agrupamiento se llevará a cabo mediante la línea de ensamble de cada modelo según su tamaño: pequeño, mediano y grande. Los resultados se presentarán mediante un dendograma mediante el programa STATA.

Las principales características del modelo ABC es la identificación de las actividades de manufactura y el uso de drivers de recursos en el consumo de cada producto. En el modelo ABC, la jerarquía de las actividades de la compañía se componen por las siguientes categorías: actividades a nivel de unidad (realizadas una vez para la unidad de servicio del producto, por ejemplo, mecanizado, acabado); actividades a nivel de lote (realizadas una vez para un lote de productos o servicios, por ejemplo, configuración, programación); actividades a nivel de producto (realizadas para beneficiar todas las unidades de un producto o servicio en particular, por ejemplo, diseño de producto); y las actividades a nivel de instalaciones (realizadas para sostener la instalación de fabricación o de servicio, por ejemplo, la protección de la planta y la gestión (Tsai, 2009).

El análisis de la optimización de la producción se realizará con el modelo de optimización discreta propuesto por Bertsimas y Freund (2004) en el cual, primero se deben identificar las variables de decisión, posteriormente se establece la función objetivo y por último, se deben identificar las restricciones aplicables al modelo que se desarrolla, las cuales pueden ser de capacidad, de calidad o políticas, entre otras. En el presente estudio se tomaron como base datos proporcionados por la empresa para cada uno de los procesos necesarios para la elaboración de cada modelo, tales procesos son: ensamble, prueba, pintura y empaque. Todos los modelos pasan por los mismos cuatro procesos, aunque no todos los modelos comparten los mismos recursos. Los productos se agruparon de acuerdo a la línea de ensamble de cada modelo según su tamaño: pequeña, mediana y grande. Una vez definidas las condiciones anteriormente expuestas, se procederá a plantear una ecuación lineal con las restricciones y se obtendrán los mejores niveles de producción para cada producto de cada modelo. Dicha solución se obtendrá utilizando el modelo “Solver” de Excel.

Resultados:

Precios

La Tabla 1 muestra las elasticidades obtenidas mediante el modelo de regresión lineal simple para la línea de ensamble de tamaño pequeño.

Tabla 1. Elasticidades de acuerdo a la línea de ensamblaje: pequeños

TIPO	ELASTICIDAD
A	-0.8446
B	0.1883
C	0.2425
D	-0.0120
E	-1.4089
F	-0.7743
G	-0.5489
H	-0.5979

⁶ Este método busca entre todas las combinaciones de conglomerados los dos con la menor varianza en su unión.

Los resultados indican que para los modelos A, D, F, G y H que se ensamblan bajo esta categoría presentan una elasticidad precio inelástica, mientras que el modelo E tiene una elasticidad precio elástica. Los modelos B y C presentan una situación en la cual un incremento promedio del 10% en los precios tendrá como consecuencia un aumento en la cantidad demandada del 1.8% y del 2.4% respectivamente.

La Tabla 2 presenta las elasticidades de acuerdo a la línea de ensamblaje mediano.

Tabla 2. Elasticidades de acuerdo a la línea de ensamblaje: medianos

TIPO	ELASTICIDAD
I	-0.8550
J	-0.2272
K	-0.5334
L	-0.3856
M	-0.0395

En esta línea de ensamble las elasticidades obtenidas son inelásticas al precio, es decir, incrementos en el precio disminuirán en un menor porcentaje la cantidad demandada, lo cual incrementaría los ingresos de la empresa.

En la Tabla 3 se muestran las elasticidades para la línea con mayor tamaño.

Tabla 3. Elasticidades de acuerdo a la línea de ensamblaje: grandes

TIPO	ELASTICIDAD
N	0.1239
O	0.7189
P	0.1253
Q	-0.1959
R	0.0250
S	-0.2005
T	0.1600
U	0.2742

Se muestra que para los modelos Q y S, la elasticidad precio es inelástica, mientras que para el resto de los modelos se presenta una elasticidad precio positiva, en donde un incremento en el precio aumentará la cantidad demandada. Se concluye que para todos estos modelos, incrementos en los precios aumentarán los ingresos.

Siendo que la variable precio es la más relevante, ya que es la única de la mezcla de la mercadotecnia que genera ingresos, la Tabla 4 presenta las políticas recomendadas para la fijación de precios de acuerdo a las elasticidades obtenidas.

Tabla 4. Políticas para la fijación de precios

TIPO	ELASTICIDAD	Política
E	-1.4089	Maximizar el ingreso
I	-0.8550	Fijación mediante márgenes: Tipo A
A	-0.8446	
F	-0.7743	
H	-0.5979	
G	-0.5489	
K	-0.5334	
L	-0.3856	
J	-0.2272	
S	-0.2005	
Q	-0.1959	
M	-0.0395	
D	-0.0120	
R	0.0250	
N	0.1239	
P	0.1253	
T	0.1600	
B	0.1883	
C	0.2425	
U	0.2742	
O	0.7189	

En el caso del modelo E, la política para la fijación de precios sería la de maximización del ingreso, en la cual habría que reducir precios y conservar el margen mínimo, ya que en el mercado, este modelo es el que tiene mayor competencia. Para el resto de los modelos, la política sería la fijación de márgenes en donde se deben de tomar en cuenta los costos totales para obtener el precio de venta (Mejía, 2005). Los modelos con Fijación de precios Tipo B que ofrece la empresa tienen características dimensionales que lo diferencian de la competencia, además el consumidor de estos modelos requiere tiempos de entrega cortos, a lo cual la empresa cumple con este requerimiento, por lo cual la empresa pudiera incrementar deliberadamente sus precios. En ambos casos se tendría que considerar la magnitud de la elasticidad obtenida para conocer el poder de mercado al momento de incrementar los precios de cada modelo mediante el Índice de Lerner⁷:

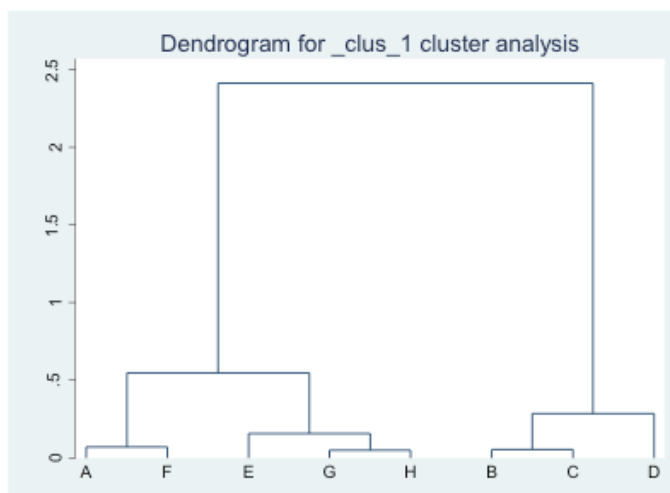
$$I_L = \frac{1}{|e_p^D|}$$

Así, al momento de determinar los precios se deben tomar en cuenta los costos totales (C) y el margen de ganancia requerido (Mg) considerando el poder de mercado de cada producto:

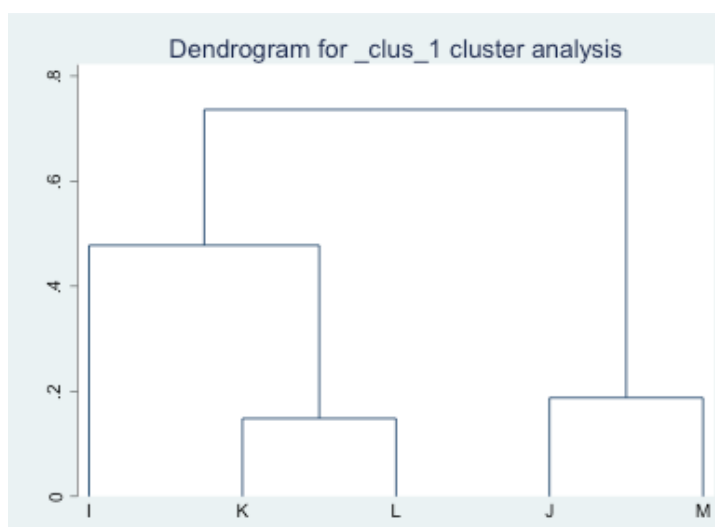
$$P = \frac{C}{1 - Mg}$$

⁷ Este índice se utiliza para conocer el grado de monopolio en un mercado.

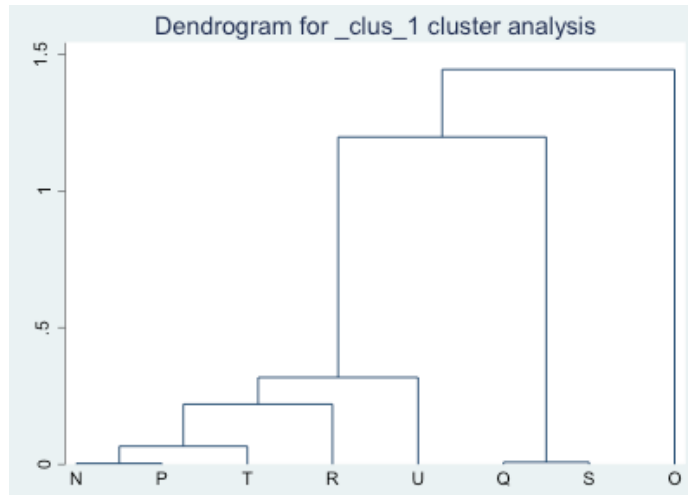
A continuación se presentan los resultados de los agrupamientos mediante un dendrograma. En el eje vertical se encuentra la distancia euclídea que determina el grado de disimilaridad entre dos familias, y en el eje horizontal está el número de conglomerados.



Se puede observar que las familias A y F forman el primer agrupamiento, las familias E, G y H el segundo agrupamiento y las familias B, C y D el tercer agrupamiento dentro de la línea de ensamble pequeño.



Para la línea de ensamble mediano se consideraron tres agrupamientos: el modelo I en el 1, los modelos J y M en el 2 y los modelos K y L en el 3.



Se observa que los modelos N, P, T, R y U estarían en un agrupamiento 1, los modelos S y T en el 2, y la familia O en el 3.

Costos

Ahora bien, con respecto al costeo, se consideró como base los costos del 2015 para hacer una distribución de los costos del 2016. Debido a que la empresa es una maquiladora, se consideró el prorrateo de los costos en base a las horas de mano de obra. A continuación se muestra una tabla con los tiempos requeridos para cada modelo.

Tabla 5. Tiempos requeridos por modelo

Tipo	Tiempo (Hr)	Tipo	Tiempo (Hr)	Tipo	Tiempo (Hr)
A	1.47	H	7.81	O	23.42
B	1.93	I	10.35	P	19.34
C	2.39	J	15.96	Q	12.79
D	2.28	K	8.11	R	22.99
E	2.35	L	14.70	S	26.38
F	3.01	M	17.13	T	46.90
G	2.68	N	18.12	U	12.79

Posteriormente se multiplicó el tiempo requerido de cada producto por su volumen en 2016 y se sumaron para obtener la cantidad total de horas disponibles de este año.

$$\text{año. } T_{total}^B = \sum t_i * Q_i \quad i=A,B,\dots,U$$

El resultado fueron 33,777.91 horas disponibles.

Si tomamos en cuenta el costeo tradicional (TAC) por sus siglas en inglés para el cálculo de las tasas de mano de obra, gastos de planta (Plant OH) y gastos de administración y ventas (SG&A) se considerarían los costos totales entre las horas totales disponibles:

$$MO = \frac{\sum \text{Gastos de } MO_i}{\sum t_i * Q_i}$$

$$\text{Plant OH} = \frac{\sum \text{Plant OH}_i}{\sum t_i * Q_i}$$

$$SG\&A = \frac{\sum SG\&A_i}{\sum t_i * Q_i}$$

Derivado de estos cálculos se obtendrán las tasas para los productos agrupados de acuerdo a las elasticidades según las líneas de ensamble, las cuales se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Tasas de acuerdo al Costeo Tradicional (TAC)

USD/Hr	TAC		
	MO	Plant OH	SG&A
Pequeño 1	\$ 3.65	\$ 11.77	\$ 46.14
Pequeño 2	\$ 3.65	\$ 11.77	\$ 46.14
Pequeño 3	\$ 3.65	\$ 11.77	\$ 46.14
Mediano 1	\$ 3.65	\$ 11.77	\$ 46.14
Mediano 2	\$ 3.65	\$ 11.77	\$ 46.14
Mediano 3	\$ 3.65	\$ 11.77	\$ 46.14
Grande 1	\$ 3.65	\$ 11.77	\$ 46.14
Grande 2	\$ 3.65	\$ 11.77	\$ 46.14
Grande 3	\$ 3.65	\$ 11.77	\$ 46.14

Considerando el costeo ABC se distribuyeron costos en base a la producción por agrupamiento y a los tiempos requeridos de cada producto

$$MO = \frac{\sum \text{Gastos } MO_j}{\sum t_j * Q_j}$$

$$\text{Plant OH} = \frac{\sum \text{Plant OH}_j}{\sum t_j * Q_j}$$

$$SG\&A = \frac{\sum SG\&A_j}{\sum t_j * Q_j}$$

Se realizaron las mismas operaciones para cada uno de los agrupamientos obteniendo las tasas que se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Tasas de acuerdo al Costeo ABC

USD/Hr	ABC		
	MO	Plant OH	SG&A
Pequeño 1	\$ 4.70	\$ 11.41	\$ 51.73
Pequeño 2	\$ 4.78	\$ 12.37	\$ 47.05
Pequeño 3	\$ 5.25	\$ 9.86	\$ 38.79
Mediano 1	\$ 1.98	\$ 8.81	\$ 35.37
Mediano 2	\$ 3.41	\$ 15.72	\$ 56.22
Mediano 3	\$ 2.01	\$ 7.57	\$ 29.28
Grande 1	\$ 2.82	\$ 22.60	\$ 90.07
Grande 2	\$ 6.98	\$ 37.95	\$ 186.41
Grande 3	\$ 2.20	\$ 15.18	\$ 62.05

Esta distribución nos ayuda a asignar costos más asertivamente ya que se hace en base a la capacidad de mano de obra de cada clúster y no se distribuyen todos los costos como en el TAC. De esta forma cuando se quiera analizar un producto en específico se pueden tomar mejores decisiones y no imponer costos que no deben ser asignados.

La siguiente tabla presenta la Tasa de Retorno Sobre Ventas ⁸ (RoS por sus siglas en inglés) de acuerdo al Retorno sobre las Ventas.

Tabla 8. Retorno sobre las ventas

Agrupamiento	TAC	ABC	Diferencia
Pequeño 1	27.4%	24.8%	-2.6%
Pequeño 2	12.7%	11.5%	-1.2%
Pequeño 3	10.7%	15.0%	4.3%
Mediano 1	6.5%	16.1%	9.6%
Mediano 2	16.2%	10.9%	-5.3%
Mediano 3	16.4%	30.2%	13.8%
Grande 1	38.2%	28.5%	-9.7%
Grande 2	56.9%	44.1%	-12.9%
Grande 3	41.5%	36.9%	-4.6%

Es importante destacar que mediante el costeo ABC se estaría perdiendo margen en la mayoría de los productos, solamente se ganaría en 3 de ellos. La decisión de cambiar el costeo o dejarlo se debe hacer en sí los clústeres con variaciones positivas tienen una elasticidad superior a los demás que mitiguen las pérdidas potenciales que pudiesen surgir.

Modelo de optimización lineal

Se estimó un modelo de optimización lineal para cada uno de los agrupamientos definidos mediante la línea de ensamble.

⁸ El Retorno Sobre Ventas es un indicador financiero usado por las compañías para monitorear su rentabilidad mensual, trimestral o anual.

Acorde a lo propuesto por Bertsimas (2006) se usa un modelo de programación lineal (PL) entera, dado que los artículos producidos son unidades indivisibles. Las variables de decisión creadas son:

X_i , artículos del modelo i

Las restricciones utilizadas fueron de 2 tipos: aquellas de tipo tecnológico referentes a las capacidades anuales de ensamble, prueba, pintura y empaque (horas), y las relacionadas al mercado, las cuales implican una venta anual al menos igual a las cantidades promedio vendidas. Para estas últimas se tomó como referencia el promedio de ventas anual histórico durante el periodo enero de 2013 a septiembre de 2016.

Los modelos de PL para cada modelo quedan como sigue:

Familia tamaño chico

Maximizar

$$733.18 * X_A + 567.3 * X_B + 940.08 * X_C + 788.88 * X_D + 1051.03 * X_E + 1230.55 * X_F + 1610.76 * X_G + 2029 * X_H$$

Sujeto a Ensamble

$$0.47 * X_A + 0.52 * X_B + 0.53 * X_C + 0.37 * X_D + 0.4 * X_E + 0.5 * X_F + 0.58 * X_G + 0.72 * X_H \leq 1688$$

Prueba

$$0.2 * X_C + 0.25 * X_D + 0.3 * X_E + 0.23 * X_F + 0.3 * X_G + 0.25 * X_H \leq 1688$$

Pintura

$$0.17 * X_C + 0.3 * X_D + 0.3 * X_E + 0.33 * X_F + 0.25 * X_G + 0.25 * X_H \leq 1688$$

Empaque

$$0.12 * X_C + 0.25 * X_D + 0.25 * X_E + 0.12 * X_F + 0.25 * X_G + 0.22 * X_H \leq 1688$$

Restricción comercial

X_A	\geq	20
X_B	\geq	55
X_C	\geq	140
X_D	\geq	1045
X_E	\geq	1186
X_F	\geq	176
X_G	\geq	360
X_H	\geq	145

Tipo de variable

$X_A, X_B, X_C, X_D, X_E, X_F, X_G, X_H$ entero no negativo

Se corre este modelo utilizando el módulo Solver de Excel, con lo cual se obtienen los siguientes resultados:

$$\begin{aligned}
 X_A &= 20 \\
 X_B &= 55 \\
 X_C &= 140 \\
 X_D &= 1045 \\
 X_E &= 1186 \\
 X_F &= 176 \\
 X_G &= 363 \\
 X_H &= 578
 \end{aligned}$$

Los resultados indican que la capacidad de la línea de ensamble se utiliza a plenitud, mientras que el resto de los procesos tienen utilidades parciales (prueba 55.6%, pintura 58.4% y empaque con 48.2%), lo cual abre la puerta a posteriores análisis de productividad. En cuanto a las cantidades a producir, cabe notar que los modelos G y H pueden producirse en mayor cantidad (lo cual es lógico dado su mayor nivel de contribución) mientras que el resto puede permanecer en su nivel actual.

Familia tamaño mediano

Maximizar

$$2493.21 * X_I + 3718.64 * X_J + 4292.46 * X_K + 5357.46 * X_L + 7496.21 * X_M$$

Sujeto a Ensamble

$$0.93 * X_I + 0.95 * X_J + 1.40 * X_K + 1.62 * X_L + 1.81 * X_M \leq 1688$$

Prueba

$$0.58 * X_I + 0.33 * X_J + 0.33 * X_K + 0.38 * X_L + 0.42 * X_M \leq 1688$$

Pintura

$$0.42 * X_I + 0.25 * X_J + 0.33 * X_K + 0.33 * X_L + 0.38 * X_M \leq 1688$$

Empaque

$$0.67 * X_I + 0.38 * X_J + 0.42 * X_K + 0.50 * X_L + 0.58 * X_M \leq 1688$$

Restricción comercial

X_I					>= 156
	X_J				>= 100
		X_K			>= 72
			X_L		>= 37
				X_M	>= 41

Tipo de variable

X_I, X_J, X_K, X_L, X_M entero no negativo

Se corre este modelo utilizando el módulo Solver de Excel, con lo cual se obtienen los siguientes resultados:

$$X_I = 156$$

$$X_J = 102$$

$$X_K = 72$$

$$X_L = 37$$

$$X_M = 710$$

Los resultados indican que la capacidad de la línea de ensamble se utiliza a plenitud, mientras que el resto de los procesos tienen utilizaciones parciales (prueba 27.2%, pintura 23.5% y empaque con 35.7%), lo cual abre la puerta a posteriores análisis de productividad. En cuanto a las cantidades a producir, cabe notar que el modelo M puede producirse en mayor cantidad (lo cual es lógico dado su mayor nivel de contribución) mientras que el resto puede permanecer en su nivel actual.

Familia tamaño grande

Maximizar

$$9679.58 * X_N + 11248.10 * X_O + 15681.58 * X_P + 15706.95 * X_Q + 19731.88 * X_R + 39062.22 * X_S + 20724.96 * X_T + 42618.12 * X_U$$

Sujeto a Ensamble

$$2.35 * X_N + 2.68 * X_O + 5.63 * X_P + 3.36 * X_Q + 4.01 * X_R + 5.63 * X_S + 6.81 * X_T + 6.84 * X_U \leq 1688$$

Restricción comercial

X_N	\geq	5
X_O	\geq	7
X_P	\geq	6
X_Q	\geq	5
X_R	\geq	2
X_S	\geq	1
X_T	\geq	1
X_U	\geq	1

Tipo de variable

$X_N, X_O, X_P, X_Q, X_R, X_S, X_T, X_U$ entero no negativo

Se corre este modelo utilizando el módulo Solver de Excel, con lo cual se obtienen los siguientes resultados:

$$X_N = 8$$

$$X_O = 7$$

$$X_P = 6$$

$$X_Q = 5$$

$$X_R = 2$$

$$X_S = 279$$

$$X_T = 1$$

$$X_U = 2$$

Los resultados indican que la capacidad de la línea de ensamble se utiliza a plenitud. Los tiempos del resto de las operaciones para la familia de modelos grandes, no fueron proporcionados por la empresa. En cuanto a las cantidades a producir, cabe notar que los modelos S y U pueden producirse en mayor cantidad (lo cual es lógico dado que está ubicada entre aquellas de mayor contribución) mientras que el resto puede permanecer en su nivel actual.

CONCLUSIONES

Dada la situación actual del mercado en México, el cambio en el modelo de costeo se convierte en una decisión estratégica para la empresa, debido a los resultados de la tabla 8, la empresa verá comprometidos sus resultados con un cambio inmediato al costeo ABC. Una práctica recomendable sería realizar escenarios con cambios en los precios de todos los modelos y analizar las variaciones en las tasas de retorno, para obtener un resultado óptimo.

Referente a la optimización del proceso productivo, podemos concluir que sería adecuado realizar un estudio de tiempos y movimientos en los cuatro procesos involucrados, para poder balancear la línea de producción y aumentar el porcentaje de utilización de los procesos con holgura de tiempos. La empresa carece de un registro actualizado de tiempos de procesos, por lo cuál los resultados aquí presentados pueden variar una vez que se actualicen dichos tiempos de proceso. Otra opción que tiene la empresa para reducir sus tiempos de proceso, es la de introducir más tecnología en los procesos de ensamble, prueba, pintura y empaque. La mayor parte de los procesos productivos es manual, lo cuál involucra una alta dependencia de la mano de obra especializada y esto se convierte en un factor sumamente determinante para la planeación de la producción.

BIBLIOGRAFÍA

Picón Prado, Eduardo. Varela Mallou, Jesús. Real Deus, Eulogio. (2003). Clasificación y segmentación post hoc mediante el análisis de conglomerados. En *Análisis multivariable para las Ciencias Sociales*, (417-449). Madrid, España: Pearson.

- Tsai, Wen-Hsien. Kuo, Lopin. Lin, Thomas W. Kuo, Yi-Chen. Shan, Yu-Shan. (1 noviembre 2010). Price elasticity of demand and capacity expansion features in an enhanced ABC product-mix decision model. Taylor & Francis Group, 48, 6387–6416. 12 enero 2017, De International Journal of Production Research Base de datos.
- Don R. Hansen, Maryanne M. Mowen. (2014). Process Costing. En Cornerstones of Cost Management (254-285). Canada: Cengage Learning.
- Robert S. Pindyck, Daniel L. Rubinfeld. (2009). Los elementos básicos de la oferta y de la demanda. En Microeconomía (23-65). Estados Unidos: Pearson, Prentice Hall
- Miroslav Škoda. (2009). The Importance of ABC Models in Cost Management. En Annals of the University of Petroșani, Economics, (263-274). Slovakia: Matej Bel University.
- Robin Cooper and Robert S. Kaplan. (1991). Profit Priorities from Activity-Based Costing . En Harvard Business Review (130-135). Harvard: Harvard University.
- M. Dolores Martínez Miranda. (2001). Análisis Cluster en SPSS. En Técnicas Estadísticas (33). Granada, España: Universidad de Granada.
- Santiago de la Fuente Hernández. (2011). Análisis Conglomerados. En Análisis Conglomerados (57). Madrid, España: Universidad Autónoma de Madrid.
- Patricia Paola Guerrero Garzón, Diego Fernando Hernández Losada, Luis Guillermo Díaz Monroy. (2012). Methodology for pricing using price elasticity of demand. Case type: automotive parts sector. En Artículo de Reflexión (29). Colombia: Universidad Nacional de Colombia.