



## **Rutas optimas en el envío de bujes de una empresa de autopartes**

*Enrique Ávila Soler<sup>1\*</sup>, Marcela Yesenia Córdova Alvarado<sup>1</sup>, Sofía Montes Rosas<sup>1</sup>, Cecilia Jokebed Rea Castañares<sup>1</sup>, Esther Jennifer Viguera De La Rosa<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana, UAM-Azcapotzalco

\*[eas@azc.uam.mx](mailto:eas@azc.uam.mx)

### **RESUMEN**

La investigación se enfoca a los costos de distribución de las materias primas, productos intermedios y terminados en el sector de autopartes para la toma de decisiones estratégicas. Este caso de estudio analizó el traslado de bujes para autos, camiones y todoterreno. La situación actual de la empresa es que no tiene control y planeación sobre los gastos, lo que ocasionó que los costos de envío sean altos al no racionalizar recursos en las etapas donde existe transporte. La metodología del método de transporte fue aplicada en los siguientes cinco puntos: 1) determinación de las variables e información cualitativa y cuantitativas. 2) análisis de las variables por lugares de origen (empresas manufacturas) y los destinos (clientes). 3) Implementación del método de transporte, comparando contra los tipos (costo mínimo, esquina noroeste y aproximación Vogel). 4) Análisis del resultado por Vogel y 5) Elaborar propuesta de rutas optimas que aprovechen todos los capitales de la organización y generen la utilidad. Los orígenes comprenden a la ciudad de México, Tecámac, Coacalco, Monterrey y Tizayuca. Los destinos se integran por Monterrey, Chiapas, Sonora, Morelia, Toluca y Mérida. Los resultados arrojados mencionan que el costo total óptimo por lote de producción fue de \$ 69,220.50 por el traslado de 66,754 bujes de seis almacenes a diferentes ubicados en varias partes de la República mexicana. La conclusión general es que se cumple la satisfacción de oferta y demanda del mercado y puede aplicarse a cualquier sector para obtener resultados en el corto, mediano y largo plazo.

**Palabras claves:** Costo óptimo, Método de transporte, distribución de producto terminado.

## ABSTRACT

The research focuses on the distribution costs of raw materials, intermediate and finished products in the auto parts sector for strategic decision making. This case study looked at moving bushings for cars, trucks, and SUVs. The current situation of the company is that it does not have control and planning over expenses, which caused shipping costs to be high by not rationalizing resources in the stages where there is transportation. The methodology of the transport method was applied in the following five points: 1) determination of the variables and qualitative and quantitative information. 2) analysis of the variables by places of origin (manufacturing companies) and destinations (customers). 3) Implementation of the transport method, comparing against the types (minimum cost, northwest corner and Vogel approximation). 4) Analysis of the result by Vogel and 5) Prepare a proposal for optimal routes that take advantage of all the capital of the organization and generate profit. The origins include Mexico City, Tecámac, Coacalco, Monterrey and Tizayuca. The destinations are made up of Monterrey, Chiapas, Sonora, Morelia, Toluca and Mérida. The results obtained mention that the optimal total cost per production lot was \$69,220.50 for the transfer of 66,754 bushings from six warehouses to different locations in various parts of the Mexican Republic. The general conclusion is that the satisfaction of market supply and demand is met and can be applied to any sector to obtain results in the short, medium and long term.

**Key words:** Optimum cost, transportation method, distribution of finished product.

## INTRODUCCIÓN

El propósito de la investigación es optimizar recursos en el traslado de bujes para autos, camiones y todoterreno, dado que el proceso de envío al cliente conlleva altos costos que en ocasiones los cubre la empresa.

La problemática identificada en la organización es que no se tenía definidas las formas de control en los gastos, así como en las rutas para distribuir el producto de los orígenes a los diferentes destinos por cubrir de la empresa. Lo anterior justifica este estudio, ya que se propone incluir en su forma de trabajo a una nueva herramienta de solución aplicable en el corto plazo y de gran impacto económico.

La importancia del estudio es que utiliza una técnica de optimización de recursos que es un método certero y de alta confiabilidad por los múltiples resultados de éxito. A continuación, se mencionan antecedentes y conceptos concernientes al tema con el propósito de tener mayor comprensión del tópico.

“La Investigación de Operaciones es una disciplina que se ocupa de la aplicación de métodos analíticos avanzados para tomar decisiones óptimas, la cual generó resultados de alto impacto desde la primera guerra mundial” (Taha, 2011, p1).

El método de transporte (MT), es un algoritmo que trata el traslado de productos desde los puntos de origen hasta los diversos destinos. El MT tiene dos objetivos y son: 1) minimizar el costo de enviar  $n$  unidades hasta  $m$  destinos o 2) maximizar las utilidades de enviar  $n$  unidades a  $m$  destino. Se aplican en tres diferentes metodologías que son: costo mínimo (CM), Esquina noroeste (EN) y Aproximación Vogel (AV) entre ellas pueda haber variaciones derivadas de forma de resolverse. (Guerrero, 2009, p.272)

La EN ofrece una rápida ejecución que busca la solución básica y que cumpla con todas las restricciones que se estipulen, su nombre se debe a que el proceso siempre comienza desde la esquina superior izquierda y ahí es donde se asigna la mayor cantidad ( $Q$ ) posible para la ruta. (Martínez et al., 2014. P.156)

El CM genera una asignación en función de las rutas más económicas y su resolución se ve por matriz, por columna y por fila que presentan el costo mínimo y se hace la mayor asignación de envíos posible por ese costo. (Guerrero, 2009, p.272)

La AV es uno de los métodos más confiables y es una mejora del CM. En esta parte se generan las penalizaciones que conducen al costo menor en la fila y columna menor, conforme avanza la asignación se va reajustando la demanda y la oferta. (Miranda, 2020 p.1)

“Los bujes son elementos de una máquina donde se apoya y gira en un eje. Se representan en una pieza que sujeta un cilindro de metal o un conjunto muy elaborado de componentes que forman un punto de unión” (Pitol Reyes y Hipólito Patricio.,2018, p.7).

La hipótesis inicial del estudio es que al aplicar el MT se definirían las rutas ideales que disminuyan los costó de los orígenes y destinos. El objetivo del estudio es identificar las rutas que minimice los costos de transporte en el envío de bujes a los clientes.

## METODOLOGÍA

El estudio se realizó en una empresa manufactura de bujes de uso automotriz. La metodología que se aplicó se distribuyó en los cinco puntos siguientes: 1) determinación cualitativas y cuantitativas de variables e información. 2) análisis de las variables por lugares de origen (empresas manufacturas) y los destinos (clientes). 3) Implementación del MT, comparando contra los tipos (CM, EN y AV). 4) Análisis del resultado y 5) Elaborar propuesta de rutas optimas que aprovechen los recursos de la organización y generen utilidad.

Los orígenes (ORI) comprenden a: Ciudad de México (CDMX), Tecámec (TEC), Coacalco (COA), Monterrey (MON) y Tizayuca (TIZ). Los destinos (DES) se integran por: Monterrey (MON), Chiapas (CHI), Sonora (SON), Morelia (MOR), Toluca (TOL) y Mérida (MER).

La recolección de la información de las variables cuantitativas y cualitativas para diseñar la matriz de MT fueron la oferta (OFE), demanda (DEM), costos por unidad enviada de ORI a DES (proporcionados por la empresa), los medios y modos de transporte (camión de transporte terrestre), seguros aplicables, salarios, embalaje y condiciones de seguridad tanto para empleados y productos.

“Los costos del transporte se tienen que minimizar, por lo que se opta por el algoritmo de transporte con el propósito de resolverlo eficientemente” (Guerrero, 2009 y Hadson, 1996). En este caso la tabla 1 muestra la información requerida para ejecutar la simulación con el software Qm for Windows.

Tabla 1. Costos unitarios por unidad (U) de bujes (CUB).

| ORI /DES | MON | CHI | SON | MOR | TOL | MER | OFE |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| CUB      | \$  | \$  | \$  | \$  | \$  | \$  | U   |

|         |        |      |       |        |       |        |        |
|---------|--------|------|-------|--------|-------|--------|--------|
| CDMX \$ | 1.32   | 1.01 | 1.47  | 0.82   | 0.96  | 1.33   | 13,458 |
| TEC \$  | 1.36   | 1.07 | 1.21  | 0.92   | 0.97  | 1.29   | 7,448  |
| COA \$  | 1.25   | 1.15 | 1.20  | 0.96   | 0.98  | 1.22   | 16,834 |
| MONT \$ | 1.20   | 1.53 | 1.12  | 0.97   | 0.90  | 0.96   | 14,470 |
| TIZ \$  | 1.38   | 1.47 | 1.20  | 0.93   | 0.94  | 0.91   | 14,544 |
| DEM U   | 21,362 | 5280 | 7,754 | 14,106 | 7,040 | 11,212 |        |

Fuente: Elaboración propia, 2022

## RESULTADOS

La simulación aplicada con el software a los CUB arrojo las rutas óptimas para el envío de bujes por los métodos EN, CM y AV (tabla 2, 3 y 4).

Tabla 2. Rutas óptimas por método EN para el envío de bujes.

| ORI/<br>DES | MON<br>Q/\$         | CHI<br>Q/\$       | SON<br>Q/\$        | MOR<br>Q/\$          | TOL<br>Q/\$        | MER<br>Q/\$          |
|-------------|---------------------|-------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|
| CDMX        |                     |                   |                    | 13458/<br>\$11035.56 |                    |                      |
| TEC         |                     | 5280/<br>\$5649.6 |                    | 648/<br>\$596.16     | 1520/<br>\$1474.4  |                      |
| COA         | 16834/<br>\$21042.5 |                   |                    |                      |                    |                      |
| MONT        | 4528/<br>\$5433.6   |                   | 7754/<br>\$8684.48 |                      | 2188/<br>\$1969.2  |                      |
| TIZ         |                     |                   |                    |                      | 3332/<br>\$3132.08 | 11212/<br>\$10202.92 |

Fuente: Elaboración propia, 2022

Tabla 3. Rutas óptimas por método CM para el envío de bujes.

| ORI/<br>DES | MON<br>Q/\$         | CHI<br>Q/\$       | SON<br>Q/\$        | MOR<br>Q/\$          | TOL<br>Q/\$        | MER<br>Q/\$          |
|-------------|---------------------|-------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|
| CDMX        |                     |                   |                    | 13458/<br>\$11035.56 |                    |                      |
| TEC         |                     | 5280/<br>\$5649.6 |                    | 648/<br>\$596.16     | 1520/<br>\$1474.4  |                      |
| COA         | 16834/<br>\$21042.5 |                   |                    |                      |                    |                      |
| MONT        | 4528/<br>\$5433.6   |                   | 7754/<br>\$8684.48 |                      | 2188/<br>\$1969.2  |                      |
| TIZ         |                     |                   |                    |                      | 3332/<br>\$3132.08 | 11212/<br>\$10202.92 |

Fuente: Elaboración propia, 2022

Tabla 4. Rutas óptimas por el AV para el envío de bujes (CUB).

| ORI/<br>DES | MON<br>Q/\$           | CHI<br>Q/\$         | SON<br>Q/\$          | MOR<br>Q/\$            | TOL<br>Q/\$          | MER<br>Q/\$            |
|-------------|-----------------------|---------------------|----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|
| CDMX        |                       |                     |                      | 13,458/<br>\$11,035.56 |                      |                        |
| TEC         |                       | 5,280/<br>\$5,649.6 |                      | 648/<br>\$596.16       | 1,520/<br>\$1,474    |                        |
| COA         | 16,834/<br>\$21,042.5 |                     |                      |                        |                      |                        |
| MON         | 4,528/<br>\$5,433.6   |                     | 7,754/<br>\$8,684.48 |                        | 2,188/<br>\$1,969.2  |                        |
| TIZ         |                       |                     |                      |                        | 3,333/<br>\$3,132.08 | 11,212/<br>\$10,202.92 |

Fuente: Elaboración propia, 2022

El comparativo de los métodos CM, EN y AV definió que se seleccionará los datos del último porque tiene mayor precisión. De la misma manera, se puede destacar que los

orígenes que tendrían mayor flujo de envíos es TEC, MON y TIZ y los de menor son CDMX y COA. En lo respectivo a los destinos que más recibirán producto por la demanda es MON, MOR y TOL y menor SON y MER.

Las rutas de distribución óptima del producto al mínimo costos serán las que se muestra en la tabla 5 y ocuparan un presupuesto su \$ 69,220.1 para atender a todos los clientes de la empresa, para el anterior se requiere saber los costos envío óptima de las rutas (ORI y DES), cantidades de bujes a enviar (QBE), CUB y costo de envío (CE),

Tabla 5. Costos de envío por unidad de ORI a DES.

| ORI                                 | DES | CBE (U) | CUB (\$) | CE (\$/BUJES) |
|-------------------------------------|-----|---------|----------|---------------|
| CDMX                                | MOR | 13,458  | 0.82     | 11,035.56     |
| TEC                                 | CHI | 5,280   | 1.07     | 5,649.60      |
| TEC                                 | MOR | 648     | 0.92     | 596.16        |
| TEC                                 | TOL | 1,520   | 0.97     | 1,474.40      |
| COA                                 | MON | 16,834  | 1.25     | 21,042.50     |
| MON                                 | MON | 4,528   | 1.20     | 5,443.60      |
| MON                                 | SON | 7,754   | 1.12     | 8,684.48      |
| MON                                 | TOL | 2,188   | 0.90     | 1,969.20      |
| TIZ                                 | TOL | 3,332   | 0.94     | 3,132.08      |
| TIZ                                 | MER | 11,212  | 0.91     | 10,202.92     |
| Costo total de enviar Lote de bujes |     |         |          | 69,220.50     |

Fuente: Elaboración propia 2022.

La tabla 5 muestra que los costos mínimos y óptimos en cuanto a la racionalización de recurso en el traslado de productos y se detallan en los siguientes diez puntos: 1). La CDMX enviará 13,458 bujes a MOR a un CE de \$ 11,035.56. 2) TEC enviará 5,280 bujes a CHI a un CE de \$ 5,649.6. 3) TEC enviará 648 bujes a MOR a un CE de \$ 596.16. 4) TEC enviará 1,520 bujes a TOL a un CE de \$ 1,474.40. 5) COA enviará 16,834 a MON a un CE de \$ 21,042.50. 6) MON enviará 4,528 bujes a MON a un CE de 5,443.60. 7) MON enviará 7754 bujes a SON a un CE de \$ 8,684.48. 8) MON enviará 2,188 bujes a TOL a

un CE de 1,969.20. 9) TIZ enviará 3,332 bujes a TOL a un CE de \$ 3,132.08. 10) TIZ enviará 11,212 bujes a MER a un CE de \$ 10,202.92.

En términos generales el costo total óptimo fue de \$ 69,220.50 por el traslado de 66,754 bujes de seis almacenes o clientes diferente ubicados en diferentes partes de la República Mexicana. El MT valida que se satisface en cuanto oferta y demanda.

## DISCUSIÓN

En esta investigación se presenta el uso del MT para disminuir los costos de enviar bujes a diferentes zonas de la República Mexicana usando como medio y modo el camión de transporte terrestre. A continuación, se muestran algunos otros estudios aplicados a otros sectores que coincidieron con resultados similares y que aplicaron la misma metodología para soluciones en corto plazo.

Flores, Flores y Romero (2019) señalan que el transporte es uno de los principales renglones del comercio mundial, sin embargo, existen muchas reservas para mejorar su eficiencia desde el punto de vista económico, puesto que no se aplican métodos y herramientas objetivas que puedan tributar a su optimización. El trabajo tiene como objetivo el proponer un procedimiento para disminuir los costos de transportación y optimizar las rutas de manera que el tiempo y el consumo de combustible reduzcan considerablemente sus valores. Se analizan los MT más utilizados en el contexto mundial, y se decide la utilización de una variante del método del CM para disminuir los costos de trasportación de una empresa comercializadora de materias primas escogida para el estudio. Se toma como ejemplo una empresa que se dedica a la transportación de mercancías en la ciudad de Quito. Se ajusta la matriz del método tradicional con una variante modificada que identifica los valores más altos de mercancía a transportar con el menor costo promedio. (pp 49-50)

Zapata, Vélez y Arango (2020) mencionan que el transporte es una actividad clave para el desempeño competitivo de las empresas, es responsable de alrededor del 50% de los costos logísticos de las mismas. En su estudio utilizaron un método de optimización basado en el problema de ruteo de vehículos con flota de capacidad heterogénea. El resultado es la reducción en un 53% los costos de distribución, siendo una aplicación

original en el sector transportador colombiano y fácilmente replicable a otras empresas de la región. Igualmente, a partir de esta aplicación se obtienen otros hallazgos que permiten reducir el número de vehículos, permitiendo disminuir los impactos negativos del transporte en la sociedad y el ambiente. La principal limitación es la complejidad implícita del modelo, que dificulta incluir otras variables para su aplicación en otras empresas y sectores. (p. 2)

Girón, López y Sornoza (2021) indican que hay una variedad de métodos para encontrar una solución óptima al problema del transporte, por lo que mencionan los métodos EN; AV y CM que dan como resultados la solución y así lo alude en su análisis.

## CONCLUSIONES

El MT permitió definir una cantidad exacta de costo total minimizado de \$ 69,220.50 cada vez que se vaya a cumplir la demanda del mercado.

Se cumplió la hipótesis inicial dado que el MT permite resolver una cadena de problemas en una organización.

Los hallazgos de esta investigación son permitió analizar todas las variables para generar utilidad al reorganizar los procesos y stock de los inventarios.

EL MT mejoro la imagen corporativa de la empresa al cumplir en tiempo, forma, calidad y cantidad requerida de bujes para automóvil,

## LITERATURA CITADA

Flores, G. A., Flores, D. A. y Romero, A. J. (2019). Contribución al mejoramiento de la eficiencia en el transporte de mercancías. *Revista UNIANDES Episteme*, 6(1), 49-61. Recuperado de <http://45.238.216.13/ojs/index.php/EPISTEME/article/view/1248>

Girón, M. F., López, J. R., y Sornoza K. J. (2021). Solución al problema del transporte aplicación práctica. *Revista Ecuatoriana de Ciencias*, 5(4), 61-73. Recuperado de <https://doi.org/10.46480/esj.5.4.170>

Guerrero S. H. (2009). *Programación lineal aplicada*. Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones.

Hadson, W. K. (1996). *Manual del ingeniero industrial IV*. Ciudad de México, México: Mc Graw Hill.

Pitol Reyes, R. P. y Hipólito Patricio J.K.H. (2018). *Metodología AMEF aplicada a la Mejora de Producción de Buje RB en la Empresa Bujes Schettino*. (Experiencia Educativa) Universidad Veracruzana

Miranda, R. 2020. *Método de Aproximación Vogel*. Academia.edu.1-6. Recuperado de [https://www.academia.edu/43650742/M%C3%A9todo\\_VOGEL](https://www.academia.edu/43650742/M%C3%A9todo_VOGEL)

Taha, H. A. (2011). *Investigación de operaciones*. Ciudad de México, México: Pearson Educación.

Zapata, J. A., Vélez, Á. R. y Arango, M. D. (2020). Mejora del proceso de distribución en una empresa de transporte. *Revista Investigación administrativa*, 49(126), 1-17. Recuperado de <https://doi.org/10.35426/iav49n126.08>