

**Optimización en el proceso de distribución para reducir costos de transporte en la empresa Vitale Dex S.A.C. en chimbote-2017.****Optimization in the distribution process to reduce transport costs in the Vitale Dex S.A.C. company in chimbote-2017****Optimização no processo de distribuição para reduzir custos de transporte na companhia Vitale Dex S.A.C. em chimbote-2017.****Brigithe Deyadira Cornejo Ortega<sup>1</sup>, Lily Margot Villar Tiravanti<sup>2</sup>****Resumen**

El objetivo de la presente investigación fue optimizar el proceso de distribución para reducir costos de transporte en la empresa Vitale Dex SAC. La investigación tuvo un diseño experimental del tipo pre experimental. La población considerada fueron las 8 zonas de distribución de la empresa y la muestra, no probabilística fue dos zonas de reparto: mercados de Chimbote y Nuevo Chimbote, debido a que en este sector se encuentran la gran mayoría de clientes y, por ende, tiene una demanda elevada con relación a las demás zonas y presentan los mayores problemas en la distribución de rutas y fallas en sus camiones. A estas zonas se aplicó un modelo de red y una herramienta de mantenimiento para determinar su efecto en los costos de transporte. Durante la evaluación con la aplicación del software Winqsb, se ahorró S/ 4824 soles, mientras que empleando el análisis de modo y efecto de fallas se ahorró S/ 68720 soles. Se concluye que se optimizó el proceso de distribución, teniendo un ahorro del 55% en costos de transporte.

*Palabras claves:* Árbol de Expansión, costo de transporte, proceso de distribución, rutas.

**Abstract**

The objective of this research was to optimize the distribution process to reduce transport costs in the company Vitale Dex SAC. The research had an experimental design of the pre experimental type. The population considered was the 8 distribution zones of the company and the non-probabilistic sample was two distribution areas: Chimbote and Nuevo Chimbote markets, because in this sector the vast majority of customers are located and, therefore, has a high demand in relation to the other zones and present the greatest problems in the distribution of routes and faults in their trucks. A network model and a maintenance tool were applied to these zones to determine their effect on transport costs. During the evaluation with the Winqsb software application, S / 4824 soles were saved, while using the mode and effect analysis of faults, S / 68720 soles was saved. It is concluded that the distribution process was optimized, with a 55% saving in transport costs.

*Keywords:* Expansion tree, transportation cost, distribution process, routes.

**Resumo**

O objetivo desta pesquisa foi otimizar o processo de distribuição para reduzir os custos de transporte na empresa Vitale Dex SAC. A pesquisa teve um desenho experimental do tipo pré experimental. A população considerada foram 8 áreas de distribuição da empresa e a não-probabilística da amostra foi de duas zonas de distribuição: mercados Chimbote e Nova Chimbote, porque neste sector são a grande maioria dos clientes e, portanto, tem uma alta demanda em relação às demais zonas e apresentam os maiores problemas na distribuição de rotas e falhas em seus caminhões. Um modelo de rede e uma ferramenta de manutenção foram aplicados a essas zonas para determinar seu efeito nos custos de transporte. Durante a aplicação software de avaliação WinQSB é salvo S / 4824 solas, enquanto estiver usando o modo de análise e efeito de falhas salvos S / 68720 solas. Conclui-se que o processo de distribuição foi otimizado, com uma economia de 55% nos custos de transporte.

<sup>1</sup>Escuela Ingeniería Industrial. Estudiante. Universidad Cesar Vallejo. Chimbote. Perú. [Brigithe.96@hotmail.com](mailto:Brigithe.96@hotmail.com).

<sup>2</sup>Escuela Ingeniería Industrial. Magister. Universidad Cesar Vallejo. Chimbote. Perú. [lily.villar@gmail.com](mailto:lily.villar@gmail.com).

<https://orcid.org/0000-0003-1456-8951>

Recibido: 04/12/2017

Aceptado: 07/05/2018

**Palavras-chave:** *árvore de expansão, custo de transporte, processo de distribuição, rotas*

## **Introducción**

Uno de los puntos claves para que una empresa distribuidora funcione correctamente es la manera en cómo hacen llegar sus productos al cliente, pues es todo un proceso en la que incluye al más importante: el transporte, ya que tienen que planificar adecuadamente las rutas a seguir para una óptima distribución, esto definitivamente va de la mano con el buen funcionamiento de sus unidades (camiones), puesto que sin ellos no se podría entregar el producto satisfactoriamente al cliente.

Alicorp es una de las empresas de consumo de bienes más grandes del Perú. Para que todos los productos de Alicorp puedan ser vendidos, cuentan con franquicias en las diferentes ciudades del País, y una de ellas está en Chimbote, llamada VITALE DEX S.A.C., la cual es una empresa que se encarga de distribuir los productos de consumo masivo a las diferentes zonas de la provincia del Santa.

El costo de transporte en el año 2015 fue aproximadamente de 412000 soles, mientras que en el año 2016 fue de 455000 soles, lo que preocupó porque al transcurrir de los años el costo empleado fue elevándose. (Vitale Dex, 2017).

En la actualidad se emplea diariamente 9 camiones, cada uno cuenta con 1 chofer, 3 ayudantes y 1 seguridad, hay muchas veces que algunos ayudantes faltan inesperadamente y los demás integrantes del camión no se abastecen sobre todo en el reparto.

La distribuidora se encarga de abastecer a más de 800 clientes en Chimbote y Nuevo Chimbote significando un área bastante amplia, el diseño de las rutas de distribución que emplean es de manera empírica, el chofer de cada camión realiza su recorrido de acuerdo a su experiencia y los conocimientos que tiene, tomando su propio criterio para llegar a los sectores establecidos. Antes de comenzar a repartir, el transportista adquiere las boletas y facturas de pedidos que tiene bajo responsabilidad, procede a verificarlas y comienza a definir la ruta más adecuada de acuerdo a su criterio.

Aproximadamente en el día tienen de 1 a 2 paradas por alguna falla del camión, mayormente son inesperadas, perdiendo aproximadamente 30 minutos del tiempo real. Pero en realidad en cada camión cada 2 meses se realiza un cambio de aceite con un costo de S/200.00, así también realizan una revisión técnica cada año con un costo de S/140.00, pero parece que no son suficientes porque aun así los camiones siguen presentando fallas, causando retrasos. Algo que les ha pasado en ocasiones ha sido el pinchado de llantas, o el desgaste, cuando recorren las zonas de El Carmen, El Porvenir, 2 de Junio, San Pedro, La Victoria, esas zonas no cuentan con pistas adecuadas e incluso no cuentan con pistas, algunos son arenales o tienen muchas imperfecciones que hacen que los camiones a veces sufran de paradas, se atasquen o sufran algún accidente no previsto.

Hay muchas veces que los choferes se complican cuando su camión es el encargado de repartir a las zonas de mercados ya que la zona es bastante amplia y todos sus clientes no están juntos, sino dispersos, a pesar que cuentan con estibadores, no pueden ir cargando de un lugar a otro, ya que el camión al ir de puesto en puesto perdería tiempo y dinero en combustible, a veces contratan el servicio de un triciclo para que pueda distribuir sus productos. Para que lleguen de un mercado a otro simplemente siguen la secuencia más no evalúan la cercanía o la prioridad en los tiempos. Uno de los problemas que dificulta seguir una ruta adecuada en cuanto a la zona mayorista es que hay clientes que no quieren recibir o atender el pedido a la hora que el camión llega si no que les hacen volver más tarde.

Las rutas que tienen que recorrer cada chofer son por sectores, y no pueden dejar pasar ningún cliente, ya que es una venta y se tiene que cumplir, por lo tanto deben distribuir a todos los lugares donde se ha vendido, pero buscando una ruta que pueda disminuir distancia, y de esa manera los costos, hay algunos choferes que al final del día cuando llegan a liquidar simplemente dicen que no entregaron a algunos de sus clientes porque no se encontraba, pero también se ha descubierto

que ellos por hacer el recorrido más rápido o querer llegar rápido a liquidar e irse, mienten y en realidad nunca pasaron por aquel cliente, por el simple hecho de no querer hacer ruteos largos.

La empresa no cuenta con rutas establecidas, simplemente las realizan cada chofer de acuerdo a su criterio, muchas veces ellos piensan que es el mejor camino o el más fácil cuando en realidad solo se complican y toman caminos que no les convienen, las fallas continuas en los camiones ocasiona pérdida de tiempo y dinero, es algo que lo toman muy a la ligera, sin darse cuenta que sus elevados costos en transporte se dan por el inadecuado mantenimiento a sus camiones y por la manera en que plantean sus rutas.

Carbonel (2015) aplicó un modelo matemático de algoritmo de pétalos en la planificación de rutas la cual consideró el número de orígenes, destinos, vehículos y viajes; factores de costo. Y como restricciones: demanda, cantidad de carga, capacidad, tiempo del vehículo, tiempo de desestiba, tiempo total, hora de salida y kilometraje, para poder realizar el diagnóstico en la que los clientes se sentían medianamente satisfechos y otros insatisfechos con el proceso de reparto en la empresa San Isidro Labrador S.R.L. , a la vez los costos de reparto eran muy elevados como para no brindar un servicio A1 a los clientes. El modelo matemático desarrollado permitió reducir los costos de reparto un 43.7%; en costo de combustible empleado obtuvo una reducción de 33.5%; el costo de mano de obra disminuyó un 30.04%; en cuanto al costo de mantenimiento generado es de S/.172.95 para su posible uso como mantenimiento preventivo. Se probó la hipótesis con la prueba estadística t-student obteniéndose  $p = 1.7\%$  menor el 5% de error aceptado por la prueba por ende se acepta que la aplicación de un modelo matemático de planificación de rutas minimiza los costos del reparto de la empresa San Isidro Labrador S.R.L. en el año 2015

Pérez (2016) determinó un método óptimo de transporte de materia prima que minimice los costos de combustible y los costos de merma de la empresa esparraguera SAVSA mediante la aplicación de un modelo de programación lineal se obtuvieron las cantidades diarias de materia prima ofertadas por cada proveedor durante un mes, los costos de transporte en los que se incurrió y los recursos empleados, para la formulación y solución del modelo propuesto se empleó LINGO Systems. Para demostrar que existe diferencia significativa entre los valores del modelo propuesto y la empresa se empleó la prueba de hipótesis de diferencias pareadas para el costo de combustible y el costo de mermas. Finalmente se logró disminuir el costo del combustible un 24.9% y el costo de merma un 7.8% con el modelo propuesto el costo total promedio diario de transporte de materia prima disminuye 21.2% y el mensual 21.17%, concluyendo así que el modelo propuesto minimizó los costos de combustible y de merma.

Cadillo (2011) en su investigación realizada, buscó determinar el mejor modelo heurístico al problema de ruteo de vehículos, para lo cual realizó un mapeo de los 42 puntos de venta para la resolución del VRP (Vehicule Routing Problem) a partir de las distancias recorridas por el transporte hacia cada uno de los puntos de la red y se midió la eficiencia del sistema con indicadores de distancia recorrida, coeficiente de cumplimiento, factor de uso y frecuencia de entrega; para luego resolver el problema en LINGO System con propuestas de Modelo matemático – Cercanía de puntos, Modelo matemático – Método del barrido, Cercanía de puntos – Método del Ahorro, Método del barrido – Método del Ahorro, Gran ruta – Método del Ahorro y Modelo computacional. En base a los resultados de cada modelo se llega a tomar la decisión es el Modelo matemático – Cercanía de puntos debido a que recorre la menor distancia no sólo ideal sino también real que fue 0.25% menor que el modelo matemático con método del barrido, 3.36% menor que el método cercanía de puntos con método del ahorro, 6.11% menor que el método del barrido con método del ahorro, 7.97% menor que el método gran ruta con método del ahorro y 14.15% menor que el método computacional. Utilizando el factor de linealidad que según el análisis fue de 1.383 con una desviación estándar de 0.130.

En la presente investigación se realizó el estudio de modelo de redes Árbol de Expansión Mínima en las rutas de las zonas más críticas a las que distribuyen los productos, mediante el cual se pudo obtener rutas elaboradas de acuerdo a distancias y tiempos, más eficientes y con un menor costo, involucrando también al mantenimiento de las unidades para que no presenten fallas y por ende retrasen las rutas.

## Materiales y métodos

La investigación fue de tipo pre experimental, ya que existe un control mínimo en el proceso de la distribución. La población fueron todas las zonas (08) a las que la empresa se encarga de distribuir el producto, en la provincia del Santa (Local, Nuevo Chimbote, Mayorista, Coishco, Santa, Guadalupito, San Jacinto, Moro, Casma). El muestreo fue no probabilístico eligiéndose por juicio a las zonas mayorista, que abarcan los mercados de Chimbote y Nuevo Chimbote. Se seleccionaron estas únicas debido a que en este sector se encuentran la gran mayoría de clientes y, por ende, tienen una demanda elevada con relación a las demás zonas y, a la vez, presentan los mayores problemas en la distribución de rutas y fallas en sus camiones. A estas zonas de reparto solo en mercados de Chimbote y Nuevo Chimbote, se le aplicó un modelo de red y una herramienta de mantenimiento para determinar su efecto en los costos de transporte. Las técnicas empleadas para la elaboración del estudio presentado fueron la observación directa, recopilación de datos, análisis documental. Entre los instrumentos que se utilizaron se tuvo el programa WinQSB 2.0 para la generación de los resultados.

## Resultados

En la Tabla 1, se presentan las zonas en las que se distribuyen los productos, las rutas, el peso y el número de camión con los que cuenta cada una, respectivamente

**Tabla 1**

*Zonas de distribución*

| ZONAS                 | RUTAS                           | PESO (APROX) | UNIDAD DE MEDIDA | N° CAMIONES |
|-----------------------|---------------------------------|--------------|------------------|-------------|
| <b>Local</b>          | Chimbote                        | 7            | tn               | 2           |
| <b>Nuevo Chimbote</b> | Bodegas                         | 6            | tn               | 2           |
| <b>Mayorista</b>      | Mercados de Chimbote y Nuevo C. | 25           | tn               | 4           |
| <b>Coishco</b>        | Bodegas, mercado                | 3            | tn               | 1           |
| <b>Santa</b>          | Bodegas, mercado                |              |                  |             |
| <b>Guadalupito</b>    | Bodegas, mercado                | 6            | tn               | 1           |
| <b>San Jacinto</b>    | Bodegas, mercado                |              |                  |             |
| <b>Moro</b>           | Bodegas, mercado                |              |                  |             |
| <b>Casma</b>          | Bodegas, mercado                |              |                  |             |
| <b>Pariacoto</b>      | Bodegas, mercado                | 3            | tn               | 1           |
| <b>TOTAL</b>          |                                 | 50           | tn               | 11          |

*Nota.* Elaboración propia – (Data tomada por el Dpto. Contable)

## Guía de Observación para hallar tiempos

En la Tabla 2, clasificamos las rutas de acuerdo a cada camión, teniendo los nodos, que son los mercados a los que reparten, se obtuvo el tiempo entre un nodo a otro, el tiempo de espera mientras se reparten los pedidos, el tiempo por falla o algún inconveniente que puedan presentar (aproximado), teniendo finalmente el tiempo final de cada recorrido.

**Tabla 2**

*Tiempos por distribución de cada ruta*

|                  | NODO<br>1-2 | NODO<br>2-3 | NODO<br>3-4 | NODO<br>4-5 | NODO<br>5-6 | TIEMPO<br>DE<br>ESPERA | TIEMPO<br>POR<br>FALLA | TIEMPO<br>TOTAL<br>(MNTS) | TIEMPO<br>TOTAL<br>(HORAS) |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------------|------------------------|---------------------------|----------------------------|
| <b>Camión 01</b> |             |             |             |             |             |                        |                        |                           |                            |
| <b>Ruta A</b>    | 27          | 15          | 15          | 20          | 25          | 369                    | 30                     | 501                       | 8.4                        |
| <b>Camión 02</b> |             |             |             |             |             |                        |                        |                           |                            |
| <b>Ruta B</b>    | 5           | 23          | 20          | 10          | 0           | 205                    | 20                     | 283                       | 4.7                        |
| <b>Camión 03</b> |             |             |             |             |             |                        |                        |                           |                            |
| <b>Ruta C</b>    | 25          | 15          | 15          | 20          | 25          | 305                    | 30                     | 435                       | 7.3                        |
| <b>Ruta D</b>    | 28          | 12          | 15          | 35          | 0           | 358                    | 40                     | 488                       | 8.1                        |
| <b>Camión 04</b> |             |             |             |             |             |                        |                        |                           |                            |
| <b>Ruta E</b>    | 25          | 15          | 5           | 28          | 0           | 465                    | 25                     | 563                       | 9.4                        |
| <b>Ruta F</b>    | 33          | 15          | 40          | 0           | 0           | 80                     | 25                     | 193                       | 3.2                        |

*Nota.* Elaboración propia. (Data tomada por los mismos transportistas)

En la Tabla 2 se pudo obtener el tiempo total presentado en horas de cada ruta recorrida por día y camión, teniendo con mayor tiempo a la ruta E, en parte es entendible ya que también se incluye el tiempo de espera y en esta ruta se encuentra el mcd. La Perla, la cual tiene un mayor porcentaje de clientes que los demás nodos; y con un tiempo mínimo a la ruta F con 3.2 horas, tomando como una ruta necesaria pero muy corta para abarcarla en 1 solo día.

### **Análisis de Modo y Efecto de Fallas**

Para conseguir cuáles son las fallas más frecuentes presentadas en los camiones se realizó el AMEF, con el cual se presentó la severidad, ocurrencias y detección de cada componente, dando un puntaje final y evaluando el significado.

**Tabla 3**

*Resumen del Análisis de Modo y efecto de Fallas*

| <b>Nombre del Componente</b>       | <b>NPR</b> | <b>Prioridad</b>      |
|------------------------------------|------------|-----------------------|
| <b>Motor de Combustión Interna</b> | 504        | Alto riesgo de falla  |
| <b>Sistema Eléctrico General</b>   | 336        | Riesgo de falla medio |
| <b>Neumáticos</b>                  | 216        | Riesgo de falla medio |
| <b>Frenos</b>                      | 336        | Riesgo de falla medio |

*Nota.* MENCHOLA, 2003

En la Tabla 3, se identificó que la falla de alto riesgo es la del Motor de Combustión Interna mientras que las de Sistema Eléctrico General, Neumáticos y frenos son fallas de Riesgo Medio, todas no se encuentran del todo bien y eso provoca que los camiones presenten fallas, paradas, ocasionando gastos.

### **Costos de Transporte en la Distribución**

#### **Costos por fallas y mantenimiento de los camiones**

Cada camión presenta aproximadamente 1 falla por ruta recorrida con un costo promedio de 50 soles por falla, a la vez ocasionando una parada que se convierte en pérdida de tiempo.

Son 4 camiones con 6 rutas diferentes en general, de los cuales algunas de ellas se repiten y realizan 11 recorridos semanales.

Entonces tenemos:  $50 \times 11 = 550$  soles  $\rightarrow$  Costo semanal por fallas generales

Al año sería 26400 soles.

A cada camión se le realiza cada 2 meses un cambio de aceite con un costo de s/ 250.00, al año sería un costo de s/ 1500

Se realiza una revisión técnica cada año con un costo de s/ 500.00.

### Costos en materia de rutas

Todos los camiones son petroleros

Costo por km = S/ 3

**Tabla 4**

*Costo por rutas/semanal*

| Rutas/nodos   | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | 5-6 | Total (km) | Costo (S/) | Frecuencia | Costo semanal (S/) |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|------------|------------|------------|--------------------|
| <b>Ruta A</b> | 3.7 | 2   | 2.5 | 2.9 | 3.4 | 14.5       | 43.5       | 2          | 87.00              |
| <b>Ruta B</b> | 1.1 | 3   | 2.7 | 1   | 1.1 | 8.9        | 26.7       | 1          | 26.70              |
| <b>Ruta C</b> | 2.4 | 2.2 | 2.3 | 2   | 2.8 | 11.7       | 35.1       | 1          | 35.10              |
| <b>Ruta D</b> | 3   | 1.6 | 2.5 | 5   | -   | 12.1       | 36.3       | 2          | 72.60              |
| <b>Ruta E</b> | 2.8 | 1   | 3.5 | 2.5 | -   | 9.8        | 29.4       | 3          | 88.20              |
| <b>Ruta F</b> | 8   | 1.5 | 8.5 | -   | -   | 18         | 54         | 2          | 108.00             |
| <b>Total</b>  |     |     |     |     |     |            |            |            | <b>417.60</b>      |

*Nota.* Elaboración propia – (Data tomada por los mismos transportistas)

En la Tabla 4 se presentó las distancias recorridas por cada ruta, de acuerdo a los nodos (mercados) que distribuyen, el costo por km recorrido es de S/ 3.00, siendo la ruta D y F con un costo más elevado.

RUTA A: Vitale Dex, 2 de Mayo, 21 de Abril, César Vallejo, Progreso, Vitale Dex

RUTA B: Vitale Dex, Miramar, Alfonso Ugarte, Chacra la Olla, Miramar, Vitale Dex.

RUTA C: Vitale Dex, Israelitas, La Florida, Señor de los Milagros, Trapecio, Vitale Dex.

RUTA D: Vitale Dex, 03 de Octubre Buenos Aires, Bellamar, Vitale Dex.

RUTA E: Vitale Dex, 03 Estrellas, La Perla, Ferroles, Vitale Dex

RUTA F: Vitale Dex, Los Cedros, Bellavista, Vitale Dex.

### Herramientas para la optimización del proceso de distribución

#### Aplicación del software Winqsb

Una vez evaluadas las rutas dadas (A-F), se procede a aplicar la optimización de cada ruta mediante el software del Winqsb. Cabe recalcar que el primer nodo con el último siempre serán el mismo, por lo que siempre vuelven a la empresa.

**Ruta A:**

En la ruta A se tiene 6 nodos.

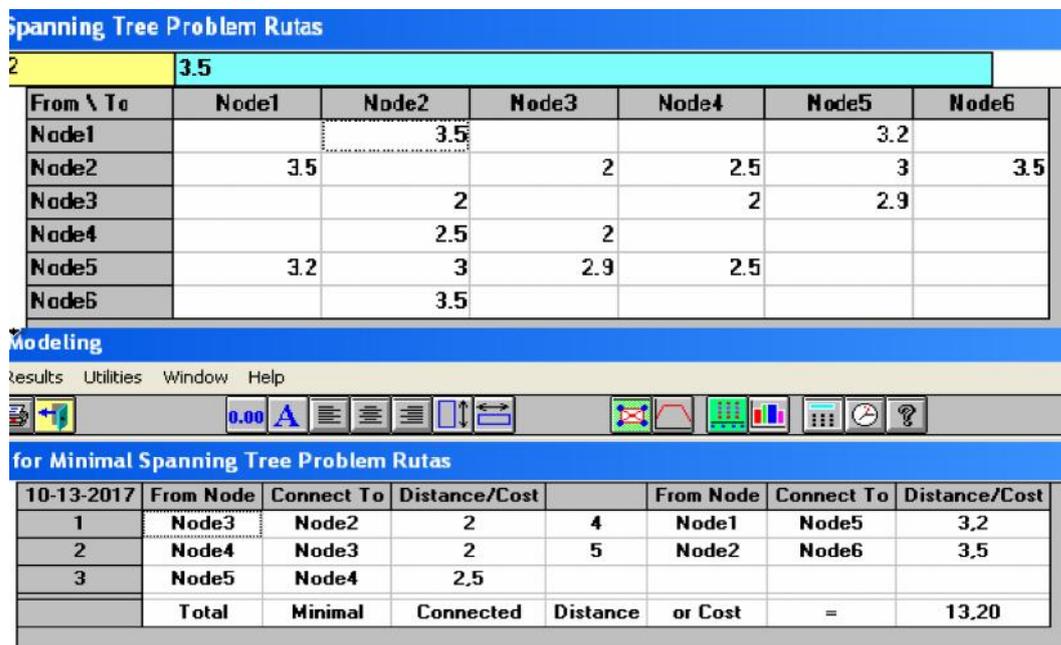


Figura 1. Ruta A

Nota. Elaboración propia-Winqsb

Nodo 01 al nodo 05 (Vitale- Progreso) recorre una distancia de 3.2 km.

Nodo 05 al nodo 04 (Progreso – Mcd. 21 de abril) recorre una distancia de 2.5 km.

Nodo 04 al nodo 03 (Mcd. 21 de Abril – 02 de Mayo) recorre una distancia de 2 km.

Nodo 03 al nodo 02 (02 de Mayo- Mcd. César Vallejo) recorre una distancia de 2 km.

Nodo 02 al nodo 6 (Mcd. César Vallejo-Vitale) recorre una distancia de 3.5 km.

Teniendo una distancia total de 13.20 km.

**Ruta B:**

En la ruta B se tiene 06 nodos.

| Minimal Spanning Tree Problem Rutas |       |       |       |       |       |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| From \ To                           | Node1 | Node2 | Node3 | Node4 | Node5 |
| Node1                               |       |       |       | 1     |       |
| Node2                               |       |       | 3     |       | 1.1   |
| Node3                               |       | 3     |       | 2.7   |       |
| Node4                               | 1     |       |       |       |       |
| Node5                               |       | 1.1   |       |       |       |

| Minimal Spanning Tree Problem Rutas |            |               |          |           |            |               |  |
|-------------------------------------|------------|---------------|----------|-----------|------------|---------------|--|
| From Node                           | Connect To | Distance/Cost |          | From Node | Connect To | Distance/Cost |  |
| Node3                               | Node2      | 3             | 3        | Node1     | Node4      | 1             |  |
| Node3                               | Node4      | 2.7           | 4        | Node2     | Node5      | 1.1           |  |
| Total                               | Minimal    | Connected     | Distance | or Cost   | =          | 7.80          |  |

**Figura 2. Ruta B**  
 Nota. Elaboración propia-Winqsb

Nodo 01 al nodo 04 (Vitale-Chacra a la Olla) recorre una distancia de 1 km.  
 Nodo 04 al nodo 03 (Chacra a la Olla-Mcd. Alfonso Ugarte) recorre una distancia de 2.7 km  
 Nodo 03 al nodo 02 (Mcd. Alfonso Ugarte- Mcd. Miramar) recorre una distancia de 3 km.  
 Nodo 02 al nodo 05 (Mcd. Miramar- Vitale) recorre una distancia de 1.1 km.  
 La distancia total recorrida es de 7.80 km.

**Ruta C:**

En la ruta C se tiene 06 nodos.

| Minimal Spanning Tree Problem Rutas |       |       |       |       |       |       |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| From \ To                           | Node1 | Node2 | Node3 | Node4 | Node5 | Node6 |
| Node1                               |       |       | 2.3   |       |       |       |
| Node2                               |       |       |       | 1.5   |       | 2.4   |
| Node3                               | 2.3   |       |       |       | 1.2   |       |
| Node4                               |       |       |       |       | 2     |       |
| Node5                               |       |       | 1.2   | 2     |       |       |
| Node6                               |       | 2.4   |       |       |       |       |

| Minimal Spanning Tree Problem Rutas |            |               |          |           |            |               |  |
|-------------------------------------|------------|---------------|----------|-----------|------------|---------------|--|
| From Node                           | Connect To | Distance/Cost |          | From Node | Connect To | Distance/Cost |  |
| Node2                               | Node4      | 1.5           | 4        | Node3     | Node5      | 1.2           |  |
| Node1                               | Node3      | 2.3           | 5        | Node2     | Node6      | 2.4           |  |
| Node5                               | Node4      | 2             |          |           |            |               |  |
| Total                               | Minimal    | Connected     | Distance | or Cost   | =          | 9.40          |  |

**Figura 3. Ruta C**  
 Nota. Elaboración propia-Winqsb

Nodo 01 al nodo 03 (Vitale- Mcd. La florida) recorre una distancia de 2.3 km.  
 Nodo 03 al nodo 05 (Mcd. La Florida – Mcd. Trapecio) recorre una distancia de 1.2 km.  
 Nodo 05 al nodo 04 (Mcd. Trapecio- Mcd. Señor de los Milagros) recorre una distancia de 2 km  
 Nodo 04 al nodo 02 (Mcd. Señor de los Milagros- Mcd. Israelitas) recorre una distancia de 1.5 km.

Nodo 02 al nodo 06 (Mcd.. Israelitas- Vitale) recorre una distancia de 2.4 km.

La distancia total recorrida total es de 9.40

### RUTA D:

En la ruta D se tiene 07 nodos. La ruta D se unió con la ruta F ya que ésta solo contaba con 2 mercados a repartir y era prácticamente un recorrido innecesario, entonces se optó por unirla a la ruta que recorra una zona cercana y que pueda recorrer esos lugares.

| for Minimal Spanning Tree Problem Rutas |           |            |               |          |           |            |               |
|---|-----------|------------|---------------|----------|-----------|------------|---------------|
| 10-13-2017                              | From Node | Connect To | Distance/Cost |          | From Node | Connect To | Distance/Cost |
| 1                                       | Node2     | Node4      | 1,5           | 4        | Node3     | Node5      | 1,2           |
| 2                                       | Node1     | Node3      | 2,3           | 5        | Node2     | Node6      | 2,4           |
| 3                                       | Node5     | Node4      | 2             |          |           |            |               |
|   | Total     | Minimal    | Connected     | Distance | or Cost   | =          | 9,40          |

| for Minimal Spanning Tree Problem Rutas |           |            |               |          |           |            |               |
|---|-----------|------------|---------------|----------|-----------|------------|---------------|
| 10-13-2017                              | From Node | Connect To | Distance/Cost |          | From Node | Connect To | Distance/Cost |
| 1                                       | Node1     | Node2      | 3             | 4        | Node4     | Node5      | 1,5           |
| 2                                       | Node2     | Node3      | 1,6           | 5        | Node5     | Node6      | 1             |
| 3                                       | Node3     | Node4      | 2,5           | 6        | Node6     | Node7      | 7,5           |
|   | Total     | Minimal    | Connected     | Distance | or Cost   | =          | 17,10         |

Figura 4. Ruta D

Nota. Elaboración propia-Winqsb

Nodo 01 al nodo 02 (Vitale- Mcd.03 de Octubre) recorre una distancia de 3 km.

Nodo 02 al nodo 03 (Mcd. 03 de Octubre -Mcd Buenos Aires) recorre una distancia de 1.6 km.

Nodo 03 al nodo 04( Mcd Buenos Aires – Mcd. Bellamar) recorre una distancia de 2.5 km

Nodo 04 al nodo 05 ( Mcd. Bellamar- Mcd. Bellavista) recorre una distancia de 1.5 km

Nodo 05 al nodo 06 (Mcd Bellavista – Mcd Los Cedros) recorre una distancia de 1 km

Nodo 06 al nodo 07 (Mcd Los Cedros – Vitale) recorre una distancia de 7.5 kmLa distancia total recorrida es de 17.10 km.

### RUTA E:

La ruta E tiene 5 nodos.

| From \ To | Node1 | Node2 | Node3 | Node4 | Node5 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Node1     |       |       |       | 2.5   |       |
| Node2     |       |       | 1     | 3     |       |
| Node3     |       | 1     |       |       | 2.8   |
| Node4     | 2.5   | 3     |       |       |       |
| Node5     |       |       | 2.8   |       |       |

| for Minimal Spanning Tree Problem Rutas |           |            |               |          |           |            |               |
|---|-----------|------------|---------------|----------|-----------|------------|---------------|
| 10-13-2017                              | From Node | Connect To | Distance/Cost |          | From Node | Connect To | Distance/Cost |
| 1                                       | Node4     | Node2      | 3             | 3        | Node1     | Node4      | 2,5           |
| 2                                       | Node2     | Node3      | 1             | 4        | Node3     | Node5      | 2,8           |
|   | Total     | Minimal    | Connected     | Distance | or Cost   | =          | 9,30          |

Figura 5. Ruta E

Nota. Elaboración propia-Winqsb

En la Figura 5 se ingresaron los datos de las distancias actuales en el software para que de esa manera arroje la ruta más óptima y el resultado fue:

Nodo 01 al nodo 04 (Vitale – Ferroles) recorre una distancia total de 2.5 km.  
 Nodo 04 al nodo 02 (Ferroles- Mcd. 03 Estrellas) recorre una distancia de 3 km.  
 Nodo 02 al nodo 03 (Mcd 03 Estrellas- La perla) recorre una distancia de 1 km.  
 Nodo 03 al nodo 05 (La Perla- Vitale) recorre una distancia de 2.8 km.  
 La distancia total recorrida es de 9.30 km

### Aplicación del Análisis de Modo y Efecto de Fallas

En la tabla 05, dentro de las 4 fallas más comunes que se presentaban en los camiones, el Sistema Eléctrico General y los Neumáticos son fallas que se pueden controlar o cambiar por los mismos transportistas, es tener un poco mas de criterio y conciencia, en cambio el Motor de Combustión Interna y los Frenos ya es un tema netamente de mantenimiento constante en la que los camiones deberían pasar por revisión cada 15 días aproximadamente y no esperar presentar alguna falla para poder acudir al centro mecánico.

**Tabla 5**  
*Resumen de la Aplicación del AMEF*

| NOMBRE DEL COMPONENTE       | NPR | PRIORIDAD            |
|-----------------------------|-----|----------------------|
| Motor de Combustión Interna | 120 | Riesgo de falla bajo |
| Sistema Eléctrico General   | 90  | Riesgo de falla bajo |
| Neumáticos                  | 120 | Riesgo de falla bajo |
| Frenos                      | 64  | Riesgo de falla bajo |

*Nota.*

Elaboración propia. (Modelo tomado de MENCHOLA, 2003)

En la Tabla 5 se muestra el resumen final de la aplicación del AMEF, en la que muestra que las fallas presentadas en los camiones mejoraron, presentando un número prioritario de riesgos (NPR) menor, lo que hace que el nivel de riesgo de falla de las 4 fallas sea bajo.

### Diagnóstico (D4). Cuantificación económica de las rutas

Se contaba con 4 camiones y 6 rutas, pero una vez que se aplicó el modelo de red del árbol de expansión mediante el Software del Winqsb, la ruta F del camión 4 se acopló a la ruta D del camión 2. A continuación, en la tabla 6 se presentan los costos finales de las nuevas rutas.

**Tabla 6**  
*Costo por Rutas/ Semanal*

| RUTAS/<br>NODOS    | ANTES DE LA APLICACIÓN |               |                 |                        | DESPUÉS DE LA APLICACIÓN |               |                |                        |
|--------------------|------------------------|---------------|-----------------|------------------------|--------------------------|---------------|----------------|------------------------|
|                    | TOTAL<br>(KM)          | COSTO<br>(S/) | FRECU-<br>ENCIA | COSTO<br>SEMANTAL (S/) | TOTAL<br>(KM)            | COSTO<br>(S/) | FRECU-<br>NCIA | COSTO<br>SEMANTAL (S/) |
| <b>Ruta A</b>      | 14.5                   | 43.5          | 2               | 87.00                  | 13.2                     | 39.6          | 2              | 79.2                   |
| <b>Ruta B</b>      | 8.9                    | 26.7          | 1               | 26.70                  | 7.8                      | 23.4          | 1              | 23.4                   |
| <b>Ruta C</b>      | 11.7                   | 35.1          | 1               | 35.10                  | 9.4                      | 28.2          | 1              | 28.2                   |
| <b>Ruta D</b>      | 12.1                   | 36.3          | 2               | 72.60                  | 17.10                    | 51.3          | 2              | 102.6                  |
| <b>Ruta E</b>      | 9.8                    | 29.4          | 3               | 88.20                  | 9.3                      | 27.9          | 3              | 83.7                   |
| <b>Ruta F</b>      | 18                     | 54            | 2               | 108.00                 | -                        | -             | -              | -                      |
| <b>Total</b>       |                        |               |                 | 417.60                 | Total                    |               |                | 317.10                 |
| <b>Costo Anual</b> |                        |               |                 | 20044.80               | Costo Anual              |               |                | 15220.80               |

*Nota.* Elaboración propia. (Data tomada de los resultados en el software aplicado)

En la Tabla 6, se presentan las 6 rutas antes de la aplicación con un costo mensual de 20044.80 soles mientras que luego de la aplicación es de 15220.80 soles. El ahorro en soles es de 4824.00 soles (24.07%)

### Cuantificación económica en mantenimiento de camiones

**Tabla 7**  
*Costos anuales de mantenimiento antes de la aplicación*

| CRITERIO                  | COSTO ANUAL (S/) |
|---------------------------|------------------|
| Por fallas en las rutas   | 26400            |
| Cambio de aceite / filtro | 1500             |
| Revisión Técnica          | 500              |
| <b>Total</b>              | <b>28400</b>     |

*Nota.* Elaboración propia. (Datos tomados de los mismos transportistas)

El costo anual por cada camión sería de 28 400.00 soles, pero en total por los 4 camiones el costo real es de 113 600.00 soles anuales.

**Tabla 8**  
*Costos anuales de mantenimiento después de la aplicación*

| MTO                               | COSTO MENSUAL (S/) | COSTO ANUAL (S/) |
|-----------------------------------|--------------------|------------------|
| Por fallas en las rutas           | 400                | 4800             |
| Cambio de aceite / filtro         | 220                | 2640             |
| Revisión Técnica                  | 300                | 3600             |
| Cambio de frenos (3 veces al año) | 60                 | 180              |
| <b>Total</b>                      | <b>980</b>         | <b>11220</b>     |

*Nota.* Elaboración propia. – (Datos tomados de los mismos transportistas)

Los criterios empleados en la tabla 08 fueron tomados de acuerdo al AMEF realizado y a las fallas en las rutas. Antes de la aplicación el costo que de mantenimiento de sus camiones era de 113600 soles, después de la aplicación el costo anual fue de 11220 soles pero como son 4 camiones el costo final fue de 44880 soles . Teniendo un ahorro de 68720 soles.

**Tabla 9**  
*Costos anuales finales*

| Costos            | Antes (s/)       | Después(s/)     | Ahorro (s/)    | Ahorro %   |
|-------------------|------------------|-----------------|----------------|------------|
| Por rutas         | 20044.80         | 15220.80        | 4824.00        | 24%        |
| Por mantenimiento | 113600.00        | 44880.00        | 68720.00       | 60%        |
| <b>Total</b>      | <b>133644.80</b> | <b>60100.80</b> | <b>3544.00</b> | <b>55%</b> |

*Nota.* Elaboración propia.

En la tabla 9 se presenta el resultado final de los costos obtenidos antes y después de la aplicación de la investigación, teniendo como ahorro anual 73544 soles, representando el 55% del costo total.

### Discusión

La empresa se encarga de repartir la mercadería a 10 zonas diferentes, las cuales se evaluaron mediante la ficha de registro y se pudo obtener que la zona con una demanda superior a las demás es la zona Mayorista en la que incluía a los mercados de Chimbote y Nuevo Chimbote con un peso aproximado de 25 toneladas y contaba con 4 camiones a cargo y cada uno de ellos tenía diferentes rutas. Se procedió a evaluar independientemente cada camión de la zona mencionada mediante el Registro de cada camión y los Tiempos por Distribución de cada ruta, el camión n° 01 contaba con la ruta A, el camión n° 02 contaba con la ruta B, el camión n° 03 contaba con la ruta C y D, el camión n° 04 contaba con la ruta E y F, al evaluar los tiempos totales de cada ruta se pudo comprobar que la ruta con menor tiempo y a la vez con tan solo 3 lugares para distribuir era la ruta F, la cual era una ruta necesaria pero una salida innecesaria para tomarse todo 1 día, ya que generaba gastos que se podían ahorrar.

Los transportistas realizaban el recorrido de sus rutas a criterio propio por la experiencia que tenían, pero muchas veces tomaban las rutas equivocadas pues lo hacían más extenso y por ende con un gasto mayor, así como lo afirmó (MILLA, 2013) que realizar las rutas de forma empírica no es la más apropiada, si no que se tienen que diseñar de acuerdo a distancias, tiempos o algún algoritmo o modelo matemático.

Por otro lado los transportistas sufrían de constantes paradas diarias de los camiones, teniendo un tiempo muerto de aproximadamente 30 minutos por ruta recorrida, y es que ellos no sabían cuándo o en qué momento el camión podía sufrir de alguna falla e impedir que sigan recorriendo su ruta, por ello se empleó el Análisis de Modo y Efecto de Fallas, para identificar de esa manera las fallas más frecuentes presentadas, y constatar si cuentan con un perfecto control de mantenimiento a sus camiones.

## Conclusiones

Mediante el diagnóstico situacional se identificó la zona con mayor demanda y problemas a la vez, que fue la zona Mayorista, así también se clasificaron los camiones y sus respectivas rutas dándose a mostrar que una de las rutas (ruta F) tenía muy pocos puntos de reparto con un tiempo mínimo de 3.2 horas, la cual era un gasto innecesario abarcar todo 1 día para esa única ruta, por otro lado realizando el diagnóstico del Análisis de Modo y Efecto de Fallas en las unidades de transporte se identificó que el motor de combustión interna, el sistema eléctrico general, los neumáticos y los frenos eran las fallas más comunes presentadas, ubicándolas como Riesgos de fallas altas.

Los costos generados por paradas anuales representan S/26400 soles, costos representados por cambio de aceite S/1500 soles anuales, revisión técnica 500 soles anuales, costo semanal por recorrido de rutas 417.60 soles.

Aplicando el software del WinqSB 2.0 en cada ruta se obtuvo que en la ruta A se redujo 1.3 km, en la ruta B se redujo 1.1 km, en la ruta C se redujo 2.3 km, en la ruta D se acopló la ruta F ya que se evaluó que tenían nodos cercanos y podían recorrer todas en 1 solo día, y pasó de 12.1 km a 17.10 km pero incluyendo ya a la ruta F, ya que la ruta F realizando solo su recorrido tenía una distancia de 18 km, en la ruta E se redujo 0.5 km, del mismo modo la aplicación del Análisis de Modo y Efecto de Fallas tuvo resultados favorables ya que al realizar las revisiones adecuadas cada 15 días como máximo y haciendo cambios necesarios, las unidades de transporte se encontraron en un Riesgo de falla bajo, lo cual es manejable.

Se logró optimizar el proceso de distribución concernientes a costos de transporte, ya que aplicando el modelo de red Árbol de Expansión Mínima y Análisis de Modo y efecto de fallas se minimizaron los costos, el costo total antes de la aplicación era de S/ 133644.80 soles, mientras que después de la aplicación fue de S/ 60100.80 soles, teniendo un ahorro total de S/ 73544.00 soles que representa el 55% del costo general.

### Referencias bibliográficas

- Ballou, R. (2004) *Lógica, Administración de la Cadena de Suministro*. México D.F.: PEARSON Educación.
- Beasley, J. O. (1983) EE.UU: Elsevier Ltd., 408pp.
- Belfiore, P.y Yoshizaki, H.(2012) *Computers & Industrial Engineering*. EE.UU: Elsevier Ltd., pág. 589-601. Vol. 64. 03608352.
- Bernal, C. (2000) *Metodología de la Investigación* . Bogotá: Pearson Ed., 2010.
- Bonna, J. (1999). *Gestión del mantenimiento: Guía para el responsable de la conservación de locales e instalaciones*. Fundación confemetal.
- Caballero, A. *Etodología de la Investigación Científica*. Lima: Udegraf S.A.
- Castellanos, A. (2009) *Manual de gestión logística y del transporte y distribución de mercancías*. [ed.] Universidad del Norte. Ediciones Uninorte. Barranquilla: s.n., 260 pp.
- Eppen, G. D. (2000). *Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa*. 5a. Ed. México: Prentice Hall Hispanoamericana S. A.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. 5ª ed México:McGRaw-Hill.
- Kong, Maynard (2010). *Investigación de Operaciones*. Lima: PUCP, Fondo Editorial.
- Krajewski, J. (2013). *Administración de operaciones*. 10ma. Ed. Pearson educación. México.
- Munguía, L. (2008). *Investigación de Operaciones*. Euned Editorial Estatal a distancia.
- Prawda, J. (2004). *Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones*. México.
- Sarabia, A. (1996). *La investigación Operativa*. Madrid: Universidad Pontificia Comillas, 1996.
- Taha, H. (2004). *Investigación de Operaciones*. 7ª ed. México.
- Vigil, P. (2013). *Gestión, el diario de Economía y Negocios del Perú*. Mercados y Retail. Perú.
- Vitale Dex. (2017). *Chimbote*. Perú,