



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

APLICACIÓN DE MODELOS DE TRANSPORTE PARA MINIMIZAR  
COSTOS DE DISTRIBUCIÓN DE GASOLINA DESDE LAS REFINERÍAS  
ESMERALDAS, SHUSHUFINDI Y LA LIBERTAD

AGUILAR GRANDA KERLY KATTUSCA  
INGENIERA QUÍMICA

MACHALA  
2020



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

APLICACIÓN DE MODELOS DE TRANSPORTE PARA  
MINIMIZAR COSTOS DE DISTRIBUCIÓN DE GASOLINA DESDE  
LAS REFINERÍAS ESMERALDAS, SHUSHUFINDI Y LA LIBERTAD

AGUILAR GRANDA KERLY KATIUSCA  
INGENIERA QUÍMICA

MACHALA  
2020



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

EXAMEN COMPLEXIVO

APLICACIÓN DE MODELOS DE TRANSPORTE PARA MINIMIZAR COSTOS DE  
DISTRIBUCIÓN DE GASOLINA DESDE LAS REFINERÍAS ESMERALDAS,  
SHUSHUFINDI Y LA LIBERTAD

AGUILAR GRANDA KERLY KATIUSCA  
INGENIERA QUÍMICA

YANEZ ROMERO MARIA ELENA

MACHALA, 07 DE DICIEMBRE DE 2020

MACHALA  
07 de diciembre de 2020

# APLICACIÓN DE MODELOS DE TRANSPORTE PARA MINIMIZAR COSTOS DE DISTRIBUCIÓN DE GASOLINA DESDE LAS REFINERÍAS ESMERALDAS, SHUSHUFINDI Y LA LIBERTAD

*por* Kerly Katiusca Aguilar Granda

---

**Fecha de entrega:** 20-nov-2020 07:36p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 1452831219

**Nombre del archivo:** Aguilar\_Kerly\_-\_Caso\_Pr\_ctico\_2.docx (550.24K)

**Total de palabras:** 4010

**Total de caracteres:** 19595

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

La que suscribe, AGUILAR GRANDA KERLY KATIUSCA, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado Aplicación de modelos de transporte para minimizar costos de distribución de gasolina desde las refinerías Esmeraldas, Shushufindi y la Libertad, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

La autora como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 07 de diciembre de 2020



AGUILAR GRANDA KERLY KATIUSCA  
0704985571

## DEDICATORIA

*Primeramente, agradezco a dios por permitirme llegar hasta donde estoy, a mi padre, tía y prima que siempre han estado ahí para darme motivación y su apoyo siempre que lo he necesitado gracias a ellos he podido llegar hasta donde estoy hoy. Pero en especial dedico mi tesis a mi querida madre que ha sido un pilar fundamental para mí, aunque no esté cerca mío ella siempre me ha apoyado incondicionalmente dándome fuerzas para cumplir con todas mis metas. Por eso quiero decirte gracias por estar conmigo madre.*

**Kerly Katusca Aguilar Granda**

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a mi madre por todo su apoyo incondicional que me ha brindado en mi formación profesional, a mi familia por estar siempre ahí, también a mis amigos con los cuales he compartido durante todo este proceso profesional y a mi compañero de tesis por la paciencia que me ha tenido en momentos difíciles.*

*A mi tutora de tesis María Elena Yáñez por su guía para realizar este trabajo*

**Kerly Katusca Aguilar Granda**

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo minimizar los costos de distribución de gasolina desde las refinerías Esmeraldas, Shushufindi y la Libertad con la finalidad de obtener la ruta óptima de distribución, por lo cual se empleó a los modelos de transporte como las metodologías a utilizar ya que estas nos permiten determinar de manera rápida una solución óptima, las mismas que pueden implementar las refinerías. Siendo el método de Costo Mínimo y el método de Vogel los empleados en la investigación ya que son procesos matemáticos que nos permiten obtener mejores resultados. También se analizó el costo de traslado de los galones de gasolina y la distancia para determinar la ruta distribución más económica hacia las diferentes áreas, lo cual nos dio como resultado que el Método de Vogel fue el mejor de los métodos empleados ya que se obtuvo un costo mínimo de \$ 243 000 en comparación al método de Costo Mínimo que nos dio como resultado un costo de \$ 298 000.

**Palabras claves:** Modelos de transporte, Método de Vogel, Método de Costo Mínimo, Refinerías.

## **ABSTRACT**

This work aims to minimize the costs of distributing gasoline from the Esmeraldas, Shushufindi and Libertad refineries in order to obtain the optimal distribution route, so transport models were used as the methodologies to be used since they allow us to quickly determine an optimal solution, the same ones that refineries can implement. Being the Minimum Cost method and Vogel method employees in research as these are mathematical processes allow us to obtain better results. We also analyzed the cost of moving gallons of gasoline and the distance to determine the most economical distribution route to the different areas, which resulted in the Vogel Method being the best of the methods used as a minimum cost of \$243,000 was obtained compared to the Minimum Cost method that resulted in a cost of \$298,000.

**Keywords:** Transport Models, Vogel Method, Minimum Cost Method, Refineries.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVOS .....	2
1. DESARROLLO.....	3
1.1. Modelos de transporte .....	3
1.2. Clasificación de los Modelos de Transporte .....	4
1.3. Método de Costo Mínimo .....	4
1.3.1. Proceso del Método de Costo Mínimo .....	4
1.4. Método de Vogel.....	5
1.4.1. Proceso del Método de Vogel.....	5
2. METODOLOGÍA.....	6
2.1. Análisis de los Datos .....	6
2.2. Aplicación del Modelo de Costo Mínimo .....	7
2.3. Aplicación del Modelo de Vogel .....	9
3. RESULTADOS .....	12
3.1. Ruta de distribución método Costo Mínimo .....	12
3.2. Ruta de distribución Método de Vogel .....	13
4. CONCLUSIÓN .....	15
BIBLIOGRAFÍA .....	16

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Modelo de transporte orígenes y destinos .....	3
Ilustración 2. Ruta optima del Método de Costo mínimo.....	13
Ilustración 3. Ruta óptima del Método de Vogel.....	14

## ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Distancia en kilómetros entre las refinerías y las áreas de distribución .....	6
Tabla 2. Disponibilidad de galones de gasolina de las Refinerías Esmeraldas, Shushufindi y Libertad.....	7
Tabla 3. Demanda diaria de gasolina de las diferentes Áreas .....	7
Tabla 4. Oferta y Demanda de cada una de las Áreas a las Refinerías.....	7
Tabla 5. Selección del número menor .....	8
Tabla 6. Selección del segundo número menor .....	8
Tabla 7. Selección del segundo número menor .....	9
Tabla 8. Primera penalización para cada fila y columna .....	10
Tabla 9. Segunda Penalización para cada fila o columna.....	10
Tabla 10. Tercera Penalización para cada fila o columna .....	11
Tabla 11. Distribución óptima de los galones de gasolina .....	12
Tabla 12. Distribución óptima de los galones de gasolina por el método de Vogel.....	13

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad EP- Petroecuador cuenta con tres instalaciones para la refinación del crudo de petróleo como son: Refinería Esmeraldas, Shushufindi y La Libertad las mismas que tiene una capacidad de procesamiento de 110.000, 20.000, 45.000 barriles de crudo por día respectivamente, de los cuales solo el 33,2% corresponde a la obtención de gasolina los mismos que son distribuidos por todo el territorio Ecuatoriano<sup>1</sup>.

La gasolina que se obtiene de las refinerías son transportadas a través de una red de oleoductos, en los cuales el producto es desplazado de manera poco eficiente, generando altos costos en su distribución. Por esta razón, se quiere implementar los modelos de transporte, ya que estos permiten reducir los costos de distribución, para obtener un mayor beneficio económico<sup>2</sup>.

Los modelos de transporte son ampliamente utilizados para mejorar la cadena logística de las empresas, estos modelos son de gran ayuda para minimizar los costos e incrementar la productividad, evitando que las empresas sufran pérdidas<sup>3</sup>.

Existen varios modelos de transporte como son: (a) Método No Tradicional, los cuales son utilizados para problemas de producción e inventario; (b) Método Húngaro, aplicado cuando no hay oferta ni demanda; y, (c) Método de Esquina Noroeste, Método Costo Mínimo y Método de Vogel, son modelos heurísticos que permiten obtener una mejor solución<sup>4</sup>. Todos estos métodos de transporte se emplean para minimizar costos.

El propósito de esta investigación es obtener una ruta de distribución óptima para reducir los costos de transporte de la gasolina hacia las diferentes áreas, utilizando los métodos de Costo Mínimo y Vogel, con el fin de obtener la mejor ruta distribución gasolina desde las Refinerías Esmeralda, Shushufindi y la Libertad.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Aplicar modelos de transporte mediante el desarrollo del algoritmo de Costo mínimo y Vogel para minimizar costos de distribución de gasolina desde las refinerías Esmeraldas, Shushufindi y la Libertad.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Aplicar el método de Costo mínimo para minimizar los costos de transporte en las refinerías Esmeraldas, Shushufindi y la Libertad
- Aplicar el método de Vogel para minimizar los costos de transporte en las refinerías Esmeraldas, Shushufindi y la Libertad
- Analizar los modelos de red obtenidos en los métodos de Costo mínimo y Vogel.

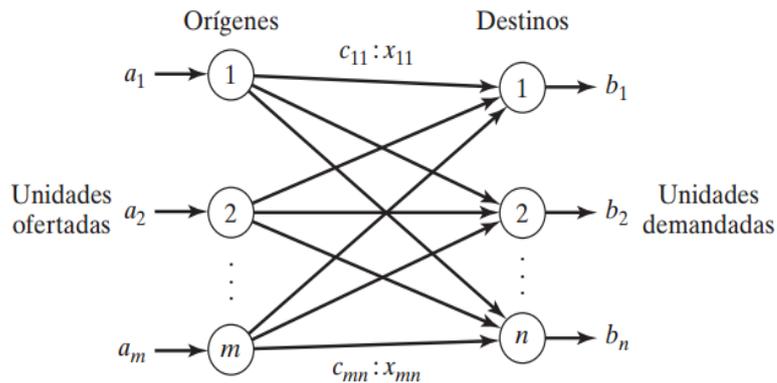
# 1. DESARROLLO

## 1.1. Modelos de transporte

Según Muñoz (2011) los modelos de transporte son métodos de programación lineal especiales que se utilizan para transportar un bien desde un origen hasta un destino. El objetivo de estos modelos es determinar las cantidades que se pueden enviar desde cada punto de origen hasta cada destino para minimizar el costo total de envío y al mismo tiempo cumplir con las restricciones de oferta y los requisitos de demanda <sup>5</sup>.

García, J., & Maheut, J. (2012) afirman que el propósito de los modelos de transporte es definir la red de suministro óptimo hacia cada destino, así mismo determina las cantidades a producir teniendo en cuenta las limitaciones en los recursos, los costos de almacenamiento y transporte <sup>6</sup>.

**Ilustración 1. Modelo de transporte orígenes y destinos**



**Fuente:** Taha, 2012 <sup>4</sup>

En la Ilustración 1, se observa el modelo general de transporte donde encontramos  $m$  orígenes y  $n$  destinos, donde cada punto está representado por un nodo. Los arcos representan la unión de los orígenes con los destinos. El arco  $(i, j)$  que conecta el origen  $i$  con cada destino  $j$ , los cuales conducen la información de los costos de envío y los costos de transporte <sup>4</sup>.

La cantidad de distribución está representada por la letra  $Z$ , los orígenes y destinos por las letras  $m$  y  $n$  respectivamente, por lo cual deberemos adecuar una celda para la función objetivo  $Z$  <sup>7</sup>.

$$Z_{\min} = X_{11} + C_{11} + X_{12} + C_{12} + \dots + X_{mn} + C_{mn}$$

## **1.2. Clasificación de los Modelos de Transporte**

Los modelos de transporte son métodos confiables para la obtención de una solución óptima<sup>8</sup>. Los modelos más utilizados para la resolución de problemas de transporte son los siguientes.

1. Método de Esquina Noroeste
2. Método de Costo Mínimo
3. Método de Vogel

El método de esquina Noroeste es principalmente “mecánico” y es el más fácil de realizar. El Método de Costo Mínimo y Vogel son modelos heurísticos los cuales generan una mejor solución básica inicial que el modelo anteriormente mencionado<sup>9</sup>.

### **1.3. Método de Costo Mínimo**

El modelo de Costo Mínimo trata de determinar la mejor solución inicial al utilizar las rutas de transporte con el menor costo posible<sup>10</sup>. Esta técnica es mejor que el método de esquina Noroeste ya que en esta asignamos la mayor cantidad posible a la casilla de menor costo. Por lo que este método no siempre alcanza la mejor solución posible<sup>11</sup>.

Tanto el modelo de Costo Mínimo como el de Esquina noroeste dan buenos resultados, pero al compararlos se puede determinar que el mejor es el de Costo mínimo. Esto es debido a que el método de Esquina Noroeste empieza por la esquina superior izquierda (noroeste), sin tener en cuenta el costo de transporte menor, es por eso que el costo mínimo es mejor porque tiene en cuenta estos tipos de costo.

#### **1.3.1. Proceso del Método de Costo Mínimo**

Para la aplicación del modelo debemos seguir por siguientes pasos:

1. Se asigna la mayor cantidad posible a la celda de menor costo, y ajustamos la oferta y la demanda y existe dos valores menores se rompe el empate arbitrariamente.

2. Tachamos la fila o columna satisfecha para indicar que no se puede asignar más oferta o demanda y se ajusta la oferta y la demanda para las filas o columnas que no estén tachadas<sup>12</sup>.
3. Se Repite el proceso del Paso 1 hasta que se complete la demanda.

#### **1.4. Método de Vogel**

El método de Vogel es un método heurístico (se basa en encontrar la mejor solución posible). Para la resolución de los modelos de transporte, se debe encontrar una solución básica factible desde el principio<sup>13</sup>. En comparación con otros métodos heurísticos existentes, este modelo necesita realizar más procesos, pero en comparación con otros métodos, este producirá mejores resultados de inicio<sup>2</sup>. El modelo de Vogel también tiene como objetivo minimizar los costes de transporte.

Este método es mejor que el de Esquina Noroeste porque este obtiene una mejor solución inicial. Pero al igual que otros métodos este también tiene desventaja ya que al ser un poco más complejo que el de Esquina Noroeste puede ser un poco más difícil de implementar y más propenso a errores de aplicación.

##### **1.4.1. Proceso del Método de Vogel**

Para la aplicación del modelo debemos seguir por siguientes pasos:

1. Se Identifica de cada fila o columna los valores menores y se restan para encontrar la penalización más alta.
2. Si escoge la penalización más alta de la fila o la columna si llega a existe dos penalizaciones con el número mayor se rompe la igualdad arbitrariamente.
3. Se asigna la mayor cantidad posible a la celda seleccionada del paso 2 y se ajusta la oferta o la demanda. Tachamos la fila o columna satisfecha al mismo tiempo.
4. Se continúa seleccionando las celdas con la mayor penalización como en el paso 1 hasta que toda la matriz quede satisfecha<sup>14</sup>.

## 2. METODOLOGÍA

La metodología empleada para analizar y resolver el problema para minimizar los costos de transporte se basó en los métodos de costo mínimo y Vogel el cual nos ayudó a determinar la ruta óptima de distribución de gasolina empleada por las refinerías Esmeraldas, Shushufindi y la Libertad.

### CASO DE INVESTIGACIÓN

Las refinerías Esmeraldas, Shushufindi y La Libertad con capacidades diarias de 6, 5 y 8 millones de galones, respectivamente, abastecen a su vez a tres áreas de distribución con demandas diarias de 4, 8 y 7 millones de galones, respectivamente. La gasolina se transporta a las tres áreas de distribución a través de una red de oleoductos. El costo de transporte es de 10 centavos por 1000 galones por milla de oleoducto. La tabla descrita abajo presenta la distancia en kilómetros entre las refinerías y las áreas de distribución. La refinería Esmeraldas no está conectada al área de distribución 3.

#### 2.1. Análisis de los Datos

Tabla 1. Distancia en kilómetros entre las refinerías y las áreas de distribución

<b>DISTANCIA EN KILOMETROS</b>			
	<b>ÁREA 1</b>	<b>ÁREA 2</b>	<b>ÁREA 3</b>
<b>REFINERÍA ESMERALDAS</b>	120	180	-
<b>REFINERÍA SHUSHUFINFI</b>	300	100	80
<b>REFINERÍA LA LIBERTAD</b>	200	250	120

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 1 se presenta la distancia en kilómetros que recorre la gasolina a través de los oleoductos hacia las distintas áreas de distribución.

**Tabla 2. Disponibilidad de galones de gasolina de las Refinerías Esmeraldas, Shushufindi y Libertad**

<b>REFINERÍA ESMERALDAS</b>	<b>REFINERÍA SHUSHUFINDI</b>	<b>REFINERÍA LA LIBERTAD</b>
6000000	5000000	8000000

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 2 se muestra la cantidad de millones de galones disponibles en las tres refinerías.

**Tabla 3. Demanda diaria de gasolina de las diferentes Áreas**

<b>ÁREA 1</b>	<b>ÁREA 2</b>	<b>ÁREA 3</b>
4000000	8000000	7000000

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 3 se muestra la Demanda diaria de gasolina para cada una de las Áreas

## **2.2. Aplicación del Modelo de Costo Mínimo**

1. Con los datos de las tablas 1, 2 y 3 formamos la matriz con la cual se llevará a cabo el método, en la tabla 4 se resume los datos obtenidos. Teniendo en cuenta que la oferta y la Demanda tiene que ser iguales.

**Tabla 4. Oferta y Demanda de cada una de las Áreas a las Refinerías**

<b>DISTANCIA EN KILOMETROS</b>				
	<b>ÁREA 1</b>	<b>ÁREA 2</b>	<b>ÁREA 3</b>	<b>OFERTA</b>
<b>REFINERÍA ESMERALDAS</b>	120	180	-	6 M
<b>REFINERÍA SHUSHUFINFI</b>	300	100	80	5 M
<b>REFINERÍA LA LIBERTAD</b>	200	250	120	8 M
<b>DEMANDA</b>	4 M	8 M	7 M	<b>19</b>

*Fuente: Elaboración propia*

2. Se selecciona la celda con el menor número de kilómetros y se le asigna la mayor cantidad de posible teniendo en cuenta la oferta y demanda. Se tacha la fila o la columna cuando ya no se pueda asignar más valores. Teniendo la menor cantidad

de kilómetros en el área 3 asignamos toda la oferta de la refinería Shushufindi por ese motivo tachamos la fila de la Área 1 y 2.

*Tabla 5. Selección del número menor*

<b>DISTANCIA EN KILÓMETRO</b>				
	<b>ÁREA 1</b>	<b>ÁREA 2</b>	<b>ÁREA 3</b>	<b>OFERTA</b>
<b>REFINERÍA ESMERALDAS</b>	120	180	-	6 M
<b>REFINERÍA SHUSHUFINFI</b>	300	100	80      5	5 M
<b>REFINERÍA LA LIBERTAD</b>	200	250	120	8 M
<b>DEMANDA</b>	4 M	8 M	7 M	19 19

*Fuente: Elaboración propia*

- Se repite el proceso de selección, tenemos que el área 1 y el área 3 tienen el menor número de kilómetros 120 cada uno, por lo que escoge arbitrariamente el área en la que se va a trabajar. Lo máximo que se puede enviar al área 1 es 4 millones de galones de gasolina desde la refinería Esmeralda, y 2 millones de galones al área 3 desde la refinería libertad cumpliendo así la demanda del Área 3.

*Tabla 6. Selección del segundo número menor*

<b>DISTANCIA EN KILÓMETRO</b>				
	<b>ÁREA 1</b>	<b>ÁREA 2</b>	<b>ÁREA 3</b>	<b>OFERTA</b>
<b>REFINERÍA ESMERALDAS</b>	120	180	-	6 M
<b>REFINERÍA SHUSHUFINFI</b>	300	100	80      5	5 M
<b>REFINERÍA LA LIBERTAD</b>	200	250	120      2	8 M
<b>DEMANDA</b>	4 M	8 M	7 M	19 19

*Fuente: Elaboración propia*

4.- Se completa la oferta y la demanda del área 2.

*Tabla 7. Selección del segundo número menor*

<b>DISTANCIA EN KILÓMETRO</b>				
	<b>ÁREA 1</b>	<b>ÁREA 2</b>	<b>ÁREA 3</b>	<b>OFERTA</b>
<b>REFINERÍA ESMERALDAS</b>	120 <sup>4</sup>	180 <sup>2</sup>	-	6 M
<b>REFINERÍA SHUSHUFINFI</b>	300	100	80 <sup>5</sup>	5 M
<b>REFINERÍA LA LIBERTAD</b>	200	250 <sup>6</sup>	120 <sup>2</sup>	8 M
<b>DEMANDA</b>	4 M	8 M	7 M	<b>19</b>

*Fuente: Elaboración propia*

### **2.3. Aplicación del Modelo de Vogel**

1. Se selecciona los 2 valores menores tanto de la fila como de la columna los cuales se restan, una vez que hemos obtenido las penalizaciones, procedemos a identificar el número con la mayor penalización, el cual le vamos a asignar la mayor cantidad de Demanda teniendo en cuenta la oferta. La mayor penalización la encontramos en el área 1 y 2, pero escogemos el área 2 porque tiene el menor número de kilómetros y se asigna la mayor cantidad posible y tachamos la fila satisfecha.

Tabla 8. Primera penalización para cada fila y columna

DISTANCIA EN KILÓMETROS					
	ÁREA 1	ÁREA 2	ÁREA 3	OFERTA	P1
<b>REFINERÍA ESMERALDAS</b>	120	180	-	6 M	180-120=60
<b>REFINERÍA SHUSHUFINFI</b>	300	100 <sup>5</sup>	80	5 M	100 -80= 20
<b>REFINERÍA LA LIBERTAD</b>	200	250	120	8 M	200 -120=80
<b>DEMANDA</b>	4 M	8 M	7 M	<b>19</b>	
<b>P1</b>	200 -120=80	180 -100= 80	120-80=60		

Fuente: Elaboración propia

- Se realiza una segunda penalización restando los 2 valores menores de cada fila y columna que no se encuentran tachados e identificamos donde se encuentra la mayor penalización. La celda seleccionada se le asigna la mayor cantidad posible teniendo en cuenta la oferta y demanda.

Tabla 9. Segunda Penalización para cada fila o columna

DISTANCIA EN KILÓMETROS					
	ÁREA 1	ÁREA 2	ÁREA 3	OFERTA	P2
<b>REFINERÍA ESMERALDAS</b>	120	180	-	6 M	180-120= 60
<b>REFINERÍA SHUSHUFINFI</b>	300	100 <sup>5</sup>	80	5 M	-
<b>REFINERÍA LA LIBERTAD</b>	200	250	120 <sup>7</sup>	8 M	200 -120=80
<b>DEMANDA</b>	4 M	8 M	7 M	<b>19</b>	
<b>P2</b>	200 -120=80	250 -180= 70	120=120		

Fuente: Elaboración propia

3. Se realiza una tercera penalización restando los 2 valores menores de cada fila y columna que no se encuentren tachados e identificamos donde se encuentra la mayor penalización, a la celda seleccionada se le asigna la mayor cantidad posible teniendo en cuenta la oferta y demanda y completamos la Demanda de las celdas que no están tachadas.

*Tabla 10. Tercera Penalización para cada fila o columna*

<b>DISTANCIA EN KILÓMETROS</b>					
	<b>ÁREA 1</b>	<b>ÁREA 2</b>	<b>ÁREA 3</b>	<b>OFERTA</b>	<b>P3</b>
<b>REFINERÍA ESMERALDAS</b>	120 <sup>4</sup>	180 <sup>2</sup>	-	6 M	180-120= 60
<b>REFINERÍA SHUSHUFINFI</b>	300	100 <sup>5</sup>	80	5 M	-
<b>REFINERÍA LA LIBERTAD</b>	200	250 <sup>1</sup>	120 <sup>7</sup>	8 M	250 -200= 50
<b>DEMANDA</b>	4 M	8 M	7 M	<b>19</b>	<b>19</b>
<b>P3</b>	$\frac{200 - 120 = 80}{80}$	250 -180= 70	-		

*Fuente: Elaboración propia*

### 3. RESULTADOS

Los resultados obtenidos de aplicar los métodos de Costo mínimo y Vogel para la obtención de la ruta de distribución óptima para minimizar los costos de distribución desde las Refinerías Esmeraldas, Shushufindi y la Libertad. Se detallan a continuación:

#### 3.1.Ruta de distribución método Costo Mínimo

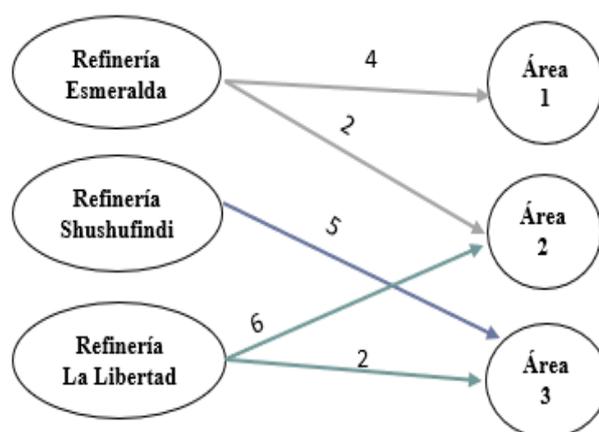
Tabla 11. Distribución óptima de los galones de gasolina

<b>DISTRIBUCIÓN ÓPTIMA DE LOS GALONES DE GASOLINA</b>					
<b>DE</b>	<b>A</b>	<b>DEMANDA (Galones)</b>	<b>DISTANCIA Km</b>	<b>COSTO UNITARIO \$ 0,10 cada 1000 galones</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
REFINERÍA ESMERALDAS	ÁREA 1	4 000 000	120	D (0,10/ 1000)	48 000
REFINERÍA ESMERALDAS	ÁREA 2	2 000 000	180	D (0,10/ 1000)	36 000
REFINERÍA SHUSHUFINFI	ÁREA 3	5 000 000	80	D (0,10/ 1000)	40 000
REFINERÍA LA LIBERTAD	ÁREA 2	6 000 000	250	D (0,10/ 1000)	15 000
REFINERÍA LA LIBERTAD	ÁREA 3	2 000 000	120	D (0,10/ 1000)	24 000
DEMANDA		19 000 000			298 000

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 11, se muestra la distribución óptima de gasolina desde las refinerías hacia cada área. La misma que tiene un costo total de 298 000 dólares.

**Ilustración 2. Ruta óptima del Método de Costo mínimo**



*Fuente: Elaboración propia*

En la ilustración 9, se observa la ruta de distribución de galones de gasolina utilizando el método de costo mínimo. Tenemos que la Refinería Esmeralda suministra 4 000 000 galones de gasolina al área 1 y 2 000 000 al área 2; Así mismo la Refinería Shushufindi suministra 5 000 000 de galones de gasolina al área 3 y la Refinería La Libertad 6 000 000 al área 2 y 2 000 000 al área 3, cumpliendo así la demanda.

### 3.2.Ruta de distribución Método de Vogel

**Tabla 12. Distribución óptima de los galones de gasolina por el método de Vogel**

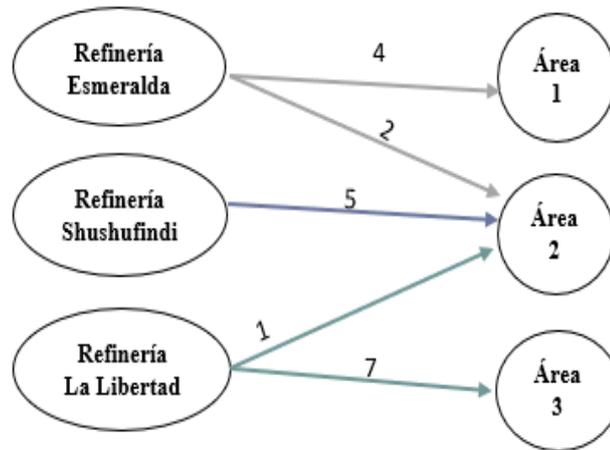
<b>DISTRIBUCIÓN ÓPTIMA DE LOS GALONES DE GASOLINA</b>					
<b>DE</b>	<b>A</b>	<b>DEMANDA (Galones))</b>	<b>DISTANCIA Km</b>	<b>COSTO UNITARIO \$ 0,10 cada 1000 galones</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
REFINERÍA ESMERALDAS	ÁREA 1	4 000 000	120	D (0,10/ 1000)	48 000
REFINERÍA ESMERALDAS	ÁREA 2	2 000 000	180	D (0,10/ 1000)	36 000
REFINERÍA SHUSHUFINFI	ÁREA 3	5 000 000	100	D (0,10/ 1000)	50 000
REFINERÍA LA LIBERTAD	ÁREA 2	1 000 000	250	D (0,10/ 1000)	25 000

REFINERÍA LA LIBERTAD	ÁREA 3	7 000 000	120	D (0,10/ 1000)	84 000
DEMANDA	19 000 000				243 000

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 12, se muestra la distribución óptima de gasolina desde las refinerías hacia cada área. La misma que tiene un costo total de 243000 dólares.

**Ilustración 3. Ruta óptima del Método de Vogel**



*Fuente: Elaboración propia*

En la ilustración 3, se observa la ruta de distribución de galones de gasolina utilizando el método de Vogel. Tenemos que la Refinería Esmeralda suministra 4 000 000 galones de gasolina al área 1 y 2 000 000 al área 2; Así mismo la Refinería Shushufindi suministra 5 000 000 de galones de gasolina al área 2 y la Refinería La Libertad 1 000 000 al área 2 y 7 000 000 al área 3, cumpliendo así la demanda.

#### 4. CONCLUSIÓN

- Mediante la Aplicación de Método de Costo Mínimo se obtuvo la ruta de distribución óptima de gasolina para cada área, la misma que genera un costo mínimo de transporte de \$ 298 000, siendo el resultado de la distribución de gasolina desde las refinerías hacia las áreas.
- El método de Vogel, también permite encontrar la distribución adecuada de gasolina para cada área, el cual generó un costo mínimo de \$ 243 000, siendo el resultado de la distribución de gasolina desde las refinerías hacia las áreas.
- Se puede evidenciar que el método de Vogel se adapta mejor a la resolución del problema planteado, a comparación del método de Costo Mínimo; ya que refleja una diferencia de \$ 55 000, siendo el método de Vogel el más óptimo.

## BIBLIOGRAFÍA

- (1) Mateo, J. P.; García, S. The Oil Sector in Ecuador. *Rev. Probl. del Desarro.* **2014**, 177 (45), 43.
- (2) Villamarín Padilla, J. M.; Aguilar Miranda, G. J.; Llamuca Llamuca, J. L.; Villacrés Suárez, W. H. Modelo Matemático de Transporte Para Una Empresa Comercializadora de Combustibles, Usando Programación Lineal. *Visionario Digit.* **2019**, 3 (2), 63–81. <https://doi.org/10.33262/visionariodigital.v3i2.394>.
- (3) Ullah, M. W.; Alhaz Uddin, M.; Kawser, R. A Modified Vogel's Approximation Method for Obtaining a Good Primal Solution of Transportation Problems. *Ann. Pure Appl. Math.* **2016**, 11 (1), 2279–0888.
- (4) TAHA, H. A. *Investigación de Operaciones*; 2012.
- (5) Muñoz Castortena, Rodolfo valentín; Ochoa Hernández, M. B.; García Morales, M. *Investigación de Operaciones*; 2011.
- (6) García Sabater, J.; Maheut, J. Modelado y Resolución de Problemas de Organización Industrial Mediante Programación Matemática Lineal. **2015**, 12–171.
- (7) Carlos, L.; Acevedo, S. Metodología Para Optimizar La Capacidad. **2015**.
- (8) Mehmood Shah, S. N.; Bin Mahmood, A. K.; Oxley, A. Modified Least Cost Method for Grid Resource Allocation. *Proc. - 2010 Int. Conf. Cyber-Enabled Distrib. Comput. Knowl. Discov. CyberC 2010* **2010**, No. October, 218–225. <https://doi.org/10.1109/CyberC.2010.47>.
- (9) Aliyu, M. L.; Usman, U.; Babayaro, Z.; Aminu, M. K. A Minimization of the Cost of Transportation. **2019**, 9 (1), 1–7. <https://doi.org/10.5923/j.ajor.20190901.01>.
- (10) Lakshmi, V. T. To Determine the Minimum Transportation Cost by Comparing the Initial Basic Feasible Solution of a Transportation Problem by Various Methods. **2018**, 3 (9), 186–188.
- (11) Mishra, S. Solving Transportation Problem by Various Methods and Their Comparison. *Int. J. Math. Trends Technol.* **2017**, 44 (4), 270–275. <https://doi.org/10.14445/22315373/ijmtt-v44p538>.
- (12) Palanivel, M.; Suganya, M. A New Method to Solve Transportation Problem - Harmonic Mean Approach. *Eng Technol Open Acc* **2018**, 2 (3), 1–3. <https://doi.org/10.19080/ETOAJ.2018.02.555586>.
- (13) Soomro, A. S. and J. M. and T. G. A. Modified Vogel's Approximation Method For Solving Transportation Problems. *Math. Theory Model.* **2015**, 5 (4), 32–42.
- (14) Das, U. K.; Ashraful Babu, R.; Khan, A.; Helal, U. Logical Development Of Vogel's Approximation Method (LD-VAM): An Approach To Find Basic

Feasible Solution Of Transportation Problem. *Int. J. Sci. Technol. Res.* **2014**, 3  
(2).