



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS**

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE SOCIOECONOMÍA, ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA

ECONOMÍA

DISTRIBUCIÓN Y LOGÍSTICA DE CARNE DE RES, PROCESADA Y EMPACADA PARA TIENDAS DE AUTOSERVICIO EN EL D.F Y ZONA METROPOLITANA.

EDUARDO BENITEZ BLASIO

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE :**

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2016

La presente tesis titulada: Distribucion y logística de carne de res, procesada y empacada para tiendas de autoservicio en el D.F y Zona Metropolitana.

realizada por el alumno: Lic. Eduardo Benitez Blasio

bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
SOCIO ECONOMÍA ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA

ECONOMÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO


Dr. Oscar Antonio Arana Coronado

ASESOR


Dr. Jose Alberto Garcia Salazar

ASESOR


Dr. J. Guadalupe Benitez Ramirez

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Junio de 2016

DISTRIBUCIÓN Y LOGÍSTICA DE CARNE DE RES, PROCESADA Y EMPACADA PARA TIENDAS DE AUTOSERVICIO EN EL D.F Y ZONA METROPOLITANA.

EDUARDO BENITEZ BLASIO, M. en C.

Colegio de Postgraduados, 2016

RESUMEN

La Ciudad de México es el núcleo urbano más grande del país, el crecimiento de la ciudad es uno de los más veloces a nivel global, tiene una población aproximada de 20 millones de habitantes, lo que la convierte en la tercera aglomeración urbana mas grande del mundo y la mas grande del continente. Tiene con una superficie de 1,495 kilómetros cuadrados.

Siendo la entidad federativa mas pequeña a nivel nacional pero la mas poblada, los tiempos de recorrido cada vez se vuelven mas grandes, por eso es de vital importancia para las empresas en el sector agroalimentario contar con sistemas de distribución eficientes. La carne de res representa el 28% del consumo total por tipo de carne, siendo la segunda mas consumida después de la carne de ave con un 41%, solo por arriba de la carne de cerdo con un consumo del 26.5%. La distribución de carne de res empacada, tiene una amplia vida de anaquel, mientras no pierda la cadena de frio. Por lo que todos los vehículos utilizados en la distribución deben contar con sistema de refrigeración. La ineficiente distribución puede provocar perdidas económicas, de calidad en el producto y de insatisfacción de sus consumidores.

Esta investigación centra sus objetivos en optimizar los costos de logística y distribución de carne de res, procesada y empacada de un rastro y empacadora en el municipio de La Paz, en el Estado de México hacia Walmart, una de las tiendas de autoservicio mas grandes y representativas en Mexico. Mediante un modelo de programación lineal, para poder correr este modelo, se obtuvieron datos como la ubicación de cada una de las tiendas en la ciudad de México, cantidad ofertada de carne por la empresa, la cantidad consumida de carne por las tiendas de autoservicio y por ultimo, determinar el coeficiente de costo de transporte.

El problema de logística y distribución es un tema que ha sido estudiado y analizado por diversos autores y para diversos fines, el principal de ellos es el económico, ya que buscan poder contribuir con el sector productivo o empresas para maximizar ganancias y reducir costos así como tiempos que conlleva determinada actividad.

Dando como resultado cinco modelos de programación lineal que se utilizaron para medir el costo, cinco modelos, cinco rutas, cinco resultados, un objetivo; optimizar los costos de enviar carne de res empacada hacia las tiendas de autoservicio de la cadena Walmart de Mexico.

Palabras clave: Carne res, programación lineal, optimización, transporte, supermercado.

**DISTRIBUTION AND LOGISTICS OF BEEF, PROCESSED AND PACKAGED
TO SUPERMARKETS LOCATED IN MEXICO CITY**

EDUARDO BENITEZ BLASIO, M. en C.

Colegio de Postgraduados, 2016

ABSTRACT

Mexico City is the country's largest urban center, the growth of the city is one of the fastest globally, has a population of 20 million, making it the third largest urban agglomeration world and the largest in america. It has an area of 1,495 square kilometers.

Being the smallest city but the most populous national level, travel times become ever larger, so it is vital for companies in the food industry have efficient distribution systems.

Beef accounts for 28% of total consumption by type of meat, the second most consumed after poultry with 41%, just above the pork with a consumption of 26.5%. The distribution of beef packing, has extensive shelf life, while not miss the cold chain. So that all vehicles used in the distribution must have cooling system. Inefficient distribution can cause economic losses, product quality and dissatisfaction of consumers.

This research focuses its objectives to optimize logistics costs and distribution of beef packing, MAI SA de CV is a processor of beef meat in the municipality of La Paz, in the State of Mexico to Walmart, one of the stores larger self and representative in Mexico. Using a linear programming model, to run this model, data such as the location of each of the stores in Mexico City, quantity supplied meat by the company, the amount consumed meat by supermarkets and were obtained finally, determine the coefficient of transportation cost.

The problem of logistics and distribution is an issue that has been studied and analyzed by various authors and for various purposes, the main one is economic, as they seek to contribute to the productive sector or companies to maximize profits and reduce costs and times given activity involved.

Resulting in five models of linear programming were used to measure the cost, five models, five routes, one target; optimize the costs of sending packing beef into the Walmart Mexico supermarkets.

Keywords: Beef meat, linear programming, optimization, transport, supermarket.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este logro a toda mi familia, a dios y a todas las personas que puso en mi camino. Y a las que ya no están presentes, pero se que desde el cielo celebran conmigo.

A mi madre Pilar.

Por darme la vida, por ser una mujer incansable, llena de bondad y amor. Por su apoyo, por sus consejos y por tu eterno amor.

A mi padre Guadalupe.

Por enseñarme todo lo que se. Por su sabiduría, por ser mi mentor, mi ejemplo a seguir y al mismo tiempo a superar.

A mis hermanos Victor y Paulina que siempre me han apoyado en las decisiones que he tomado, por el amor, el cariño, el respeto y por ser mis personas favoritas.

A mis abuelos, que siempre me aconsejaron, apoyaron pero sobre todo me amaron.

A mis profesores que a lo largo de mis estudios cosecharon un granito de arena en mi, para seguir adelante.

A mis compañeros por el eterno apoyo, a mi gran amigo, ejemplo y sobre todo un increíble humano.

A una persona muy especial que durante muchos años me apoyo, me escucho, me guio, me motivo a seguir adelante, pero sobre todo por su amor incondicional.

Mil gracias.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi eterno agradecimiento al Colegio de Postgraduados, Postgrado en Economía, a CONACYT ya que sin su apoyo no hubiera sido posible concluir con mis estudios.

Al profesor Dr. Oscar Antonio Arana Coronado consejero y guía de mi formación integral.

Al profesor Dr. José Alberto García Salazar por su valiosa participación en esta investigación.

Al Profesor Dr. Roberto García Mata director del postgrado en Economía.

Y sobre todo a mi padre y profesor Dr. J Guadalupe Benítez Ramírez como asesor de esta investigación.

Al comité y jurado por sus valiosas sugerencias, análisis y aprobación de este trabajo de investigación.

A mis compañeros quienes siempre nos preocupamos uno por el otro para salir adelante y sobre todo por la convivencia.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2. OBJETIVOS	3
1.3. HIPÓTESIS	4
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	5
1.5 REVISIÓN DE LITERATURA	5
2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	8
2.1. PROGRAMACIÓN LINEAL.....	8
2.1.2.1 PROBLEMA DE TRANSPORTE	12
2.1.2.2 MODELO GENERAL DE PROGRAMACIÓN LINEAL PARA UN PROBLEMA DE TRANSPORTE.....	14
2.2 REDES DE OPTIMIZACIÓN.....	15
2.3 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	17
2.4 DISTRIBUCIÓN	19
3. RASTRO FRIGORÍFICO Y SALA DE CORTE MONTES AZULES INTERNACIONAL S.A. DE C.V.....	21
4. WALMART DE MÉXICO	21
4.1. RESPONSABILIDAD SOCIAL DE WALMART MÉXICO	23
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
5.1 ÁREA DE ESTUDIO	24
5.2. ENTORNO.....	25
5.3. ANÁLISIS MATEMÁTICO	30
5.3.1 COSTOS DE TRANSPORTE	30
5.3.2 MODELIZACIÓN DEL PROBLEMA DE TRANSPORTE.....	33
5.3.2.1. ZONA SUR.....	34
5.3.2.1.1 COSTO DE TRANSPORTE POR KILOGRAMO DE CARNE PARA LA ZONA SUR	35
5.3.2.2. ZONA PONIENTE	37
5.3.2.2.1 COSTO DE TRANSPORTE POR KILOGRAMO DE CARNE PARA LA ZONA PONIENTE	38
5.3.2.3. ZONA ORIENTE	40
5.3.2.3.1. COSTO DE TRANSPORTE POR KILOGRAMO DE CARNE PARA LA ZONA ORIENTE	42
5.3.2.4. ZONA NORTE	44

5.3.2.4.1. COSTO DE TRANSPORTE POR KILOGRAMO DE CARNE PARA LA ZONA D.F. NORTE	45
5.3.2.5. ZONA AM NORTE	47
5.3.2.5.1. COSTO DE TRANSPORTE POR KILOGRAMO DE CARNE PARA LA ZONA AM NORTE	49
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
6.1. ZONA SUR	51
6.2. ZONA PONIENTE.	53
6.3. ZONA ORIENTE.	54
6.4. ZONA D.F. NORTE.	56
6.5. ZONA A.M. NORTE.	57
DISCUSIÓN	59
7. CONCLUSIONES	59
8. RECOMENDACIONES	62
8.1. ZONA SUR	62
8.2. ZONA PONIENTE	63
8.3. ZONA ORIENTE	64
8.4. ZONA D.F NORTE.....	65
8.5. ZONA A.M. NORTE	66
9. ANEXOS	68
10. LITERATURA CITADA	77

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Presencia en México por Zona Geográfica.....	22
Cuadro 2. Zonas de la Ciudad de México	25
Cuadro 3. Tiendas de Autoservicio del Grupo Walmart México por Zona Norte.	26
Cuadro 4. Tiendas de Autoservicio del Grupo Walmart México por Zona Poniente.	27
Cuadro 5. Tiendas de Autoservicio del Grupo Walmart México por Zona Oriente.	27
Cuadro 6. Tiendas de Autoservicio del Grupo Walmart México por Zona Sur.....	27
Cuadro 7. Demanda Semanal por Tienda de Carne de res por corte.....	28
Cuadro 8. Oferta Semanal de Rastro Frigorífico y Sala de Corte Montes Azules S.A de C.V.....	28
Cuadro 9. Costos de Transporte para un Vehículo Chico tipo 1 con una capacidad máxima de carga de 2.5 toneladas.....	31
Cuadro 10. Costos de Transporte para un Vehículo Mediano tipo 2 con una capacidad máxima de carga de 7 toneladas.....	32
Cuadro 11. Costos de Transporte para un Vehículo Grande tipo 3 con una capacidad máxima de carga de 13 toneladas.....	33
Cuadro 12. Capacidad de Transporte Partiendo del Origen para la Zona Sur.....	34
Cuadro 13. Pronostico de Consumo de Carne por Delegación en la Zona Sur del D.F.....	34
Cuadro 14. Costo de Transporte por kilogramo de carne para la Zona Sur	36
Cuadro 15. Capacidad de Transporte Partiendo del Origen para la Zona Poniente.....	37
Cuadro 16. Pronostico de Consumo de Carne por Tienda en la Zona Poniente del D.F.	37
Cuadro 17. Costo de Transporte por kilogramo de carne para la Zona Poniente.....	39
Cuadro 18. Capacidad de Transporte Partiendo del Origen para la Zona Oriente.....	40
Cuadro 19. Pronostico de Consumo de Carne por Delegación en la Zona Oriente del D.F.	41
Cuadro 20. Costo de Transporte por kilogramo de carne para la Zona Oriente.....	42
Cuadro 21. Capacidad de Transporte Partiendo del Origen para la Zona Norte.....	44
Cuadro 22. Pronostico de Consumo de Carne por Delegación en la Zona Norte del D.F. .	44
Cuadro 23. Costo de Transporte por kilogramo de carne para la Zona Norte.....	45
Cuadro 24. Capacidad de Transporte Partiendo del Origen para la Zona AM Norte.	47
Cuadro 25. Pronostico de Consumo de Carne por Delegación en la Zona AM Norte.....	47
Cuadro 26. Costo de Transporte por Kilogramo de Carne para la Zona AM Norte.	49
Cuadro 27. Informe de Confidencialidad para la Zona Sur.....	71

Cuadro 28. Informe de Confidencialidad para la Zona Poniente	72
Cuadro 29. Informe de Confidencialidad para la Zona Oriente.	73
Cuadro 30. Informe de Confidencialidad para la Zona D.F. Norte.	74
Cuadro 31. Informe de Confidencialidad para la Zona A.M. Norte.....	75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de Redes	16
Figura 2. Zonas geográficas de la Republica Mexicana.....	22
Figura 3. Distribución de la Población Atendida por Nivel Socioeconómico.....	24
Figura 4. Representación de Red del problema de transporte de la Zona Sur.....	35
Figura 5. Representación de Red del problema de transporte de la Zona Poniente.	38
Figura 6. Representación de Red del problema de transporte de la Zona Oriente.	41
Figura 7. Representación de Red del problema de transporte de la Zona Norte de D.F.	45
Figura 8. Representación de Red del problema de transporte de la Zona AM Norte.....	48
Figura 9. Rutas del modelo de programación lineal, el costo y la cantidad a enviar a cada una de las tiendas de autoservicio zona sur.....	51
Figura 10. Rutas del modelo de programación lineal, el costo y la cantidad a enviar a cada una de las tiendas de autoservicio zona poniente.	53
Figura 11. Rutas del modelo de programación lineal, el costo y la cantidad a enviar a cada una de las tiendas de autoservicio zona oriente.....	54
Figura 12. Rutas del modelo de programación lineal, el costo y la cantidad a enviar a cada una de las tiendas de autoservicio D.F. Norte.	56
Figura 13. Rutas del modelo de programación lineal, el costo y la cantidad a enviar a cada una de las tiendas de autoservicio zona A.M. Norte.	57
Figura 14. Recomendaciones para la distribución de carne de res procesada y empacada zona sur.	62
Figura 15. Recomendaciones para la distribución de carne de res procesada y empacada zona poniente.	63
Figura 16. Recomendaciones para la distribución de carne de res procesada y empacada zona oriente.	64
Figura 17. Recomendaciones para la distribución de carne de res procesada y empacada zona D.F. Norte.....	65
Figura 18. Recomendaciones para la distribución de carne de res procesada y empacada zona A.M. Norte.....	66
Figura 19. Ruta mas corta para la zona sur de la Ciudad de México.	68
Figura 20. Ruta mas corta para la zona poniente de la Ciudad de México y área metropolitana. 68	
Figura 21. Ruta mas corta para la zona oriente de la Ciudad de México y área metropolitana. ..	69
Figura 22. Ruta mas corta para la zona norte de la Ciudad de México y área metropolitana.	69
Figura 23. Ruta mas corta para la zona norte del área metropolitana.	70

1. INTRODUCCIÓN

La Ciudad de México es el núcleo urbano más grande del país, así como el principal centro político, académico, económico, de moda, financiero, empresarial y cultural. Es uno de los centros financieros y culturales más importantes de América y del mundo. El crecimiento de la ciudad es uno de los más veloces a nivel global, y se espera que su economía se triplique para el año 2020. Tiene una población aproximada de 20 millones de habitantes, con la zona metropolitana. Lo que la convierte en la tercera aglomeración urbana mas grande del mundo y la más grande del continente. Tiene una superficie de 1,495 kilómetros cuadrados. (INEGI, 2013)

La actividad primaria en la producción de carne bovina, a diferencia de otras especies como las aves y cerdos, en la cual se observa una mayor concentración e integración, se realiza en todo el país en diferentes sistemas productivos y en su mayor parte en condiciones de explotación extensiva, también hay escasa integración de sus eslabones, propiciando un mayor número de participantes en la comercialización en cada fase de la cadena productiva, quienes, aprovechando los menores precios de los cárnicos norteamericanos han incrementado sus importaciones.

La producción de ganado bovino es una de las actividades fundamentales del sector pecuario nacional (FIRA, 2010). Representa la actividad de mayor importancia socioeconómica en el medio rural, al generar 250 mil empleos remunerados y contribuir con alrededor de 600 millones de dólares de divisas. Agrupa a 1.4 millones de ranchos, corrales de engorda, empresas integrales y otras unidades económicas (ASERCA, 2010; COVECA, 2010; FIRA, 2010). Además, la carne de bovino es la segunda más producida en México y participa con el 28% de la oferta nacional de carne en el país (ASERCA, 2010).

El sacrificio de ganado bovino en rastros municipales en el año 2011 fue de 2,918,100 de cabezas, en 2012 se sacrificaron 2,772,160 cabezas y para 2013 2,386,430 cabezas de ganado bovino. (AMEG 2014). Para establecimientos o rastros tipo inspección federal (TIF) el sacrificio de cabezas de ganado para 2011 fue de 2,549,460, en 2012 solo 2,787,260, para 2013 se sacrificaron 2,917,400 cabezas de ganado bovino (AMEG 2014).

La producción de carne de bovino anual en México en 2011 fue de 1.82 millones de toneladas, 2013 1.82 millones de toneladas y a septiembre de 2014 1.35 millones de toneladas (AMEG 2014).

Del volumen total por tipos de carne consumido por la población mexicana, la carne bovina ocupa 28 %, aves 41 %, cerdo 26.5 % y los otros tipos de carnes (ovino, caprino principalmente) 4.5 % (SAGARPA, 2010).

El mercado principal de la carne bovina en México es la Ciudad de México y la Zona Metropolitana del Valle de México donde, con 20 millones de habitantes, el consumo es 40 % y la comercialización 70 % del total nacional (FIRA, 2003). Esta región se abastece de carne del ganado engordado en algunos municipios aledaños del Estado de México (Chicoloapan, La Paz y Ecatepec de Morelos), los cuales abastecen casi 19 %. (Téllez-Delgado 2012).

Actualmente en México la asociación nacional de tiendas de autoservicio y departamentales A.C es el organismo encargado conjuntar a todas las tiendas que ofrecen al consumidor el beneficio de adquirir sus productos en el comercio legal, que se traduce en garantía, seguridad y buen precio. La componen 104 cadenas asociadas de las cuales 35 son de autoservicio, 17 departamentales y 52 especializadas que representan a 34,851 establecimientos a lo largo de todo el país con mas de 24 millones de metros cuadrados de piso de venta (ANTAD 2014).

Las tiendas de autoservicio son representadas por 35 cadenas, 5,183 tiendas y 13.74 millones de metros cuadrados. Las cadenas con mayor renombre en la Antad se encuentra Wal-Mart, comercial mexicana, Chedraui, Cotsco, Sam`s, Sumesa, Soriana. H.E.B, entre otras (ANTAD 2014).

En la zona metropolitana al cierre del año 2013 registran 1,076 tiendas de autoservicio, representan 2,583 metros cuadrados, con 170 mil millones de pesos en ventas, con un crecimiento nominal del 3.8%.

1.1. Planteamiento del problema

La Ciudad de México es el núcleo urbano más grande del país, el crecimiento de la ciudad es uno de los más veloces a nivel global, tiene una población aproximada de 20 millones de habitantes, lo que la convierte en la tercera aglomeración urbana mas grande del mundo y la mas grande del continente. Tiene con una superficie de 1,495 kilómetros cuadrados.

La carne de res representa el 28% del consumo total por tipo de carne, siendo la segunda mas consumida después de la carne de ave con un 41%, solo por arriba de la carne de cerdo con un consumo del 26.5%.

Siendo la entidad federativa mas pequeña a nivel nacional pero la mas poblada, los tiempos de recorrido cada vez se vuelven mas grandes, por eso es de vital importancia para las empresas en el sector agroalimentario contar con sistemas de distribución eficientes.

La distribución de carne de res empacada, tiene una amplia vida de anaquel, mientras no pierda la cadena de frio. Todos los vehículos utilizados en la distribución deben contar con sistema de refrigeración.

Por lo que se plantea reducir los costos por conceptos de transportación, si se planea que la empacadora este ubicada a unos cuantos kilómetros de la ciudad de México.

La ineficiente distribución puede provocar perdidas económicas, de calidad en el producto y de insatisfacción de sus consumidores.

Determinar las rutas que garanticen el mínimo costo y a su vez la máxima eficiencia, satisfaciendo la demanda de las tiendas de autoservicio.

1.2. Objetivos

Objetivo general

Determinar las rutas de mínimo costo para dar recomendaciones a la empacadora Montes Azules Internacional S.A de C.V que contribuyan a mejorar la distribución de carne de res empacada, hacia las tiendas de autoservicio.

Objetivos Específicos

Analizar la oferta disponible para el abasto de carne en los distintos puntos de entrega.

Conocer las capacidades de producción del rastro Montes Azules Internacional S.A de C.V

Identificar los volúmenes de consumo de carne para las tiendas de autoservicio Walmart.

Calcular los costos de transporte de carne empacada de la planta a cada uno de los destinos.

Establecer los criterios para determinar rutas de distribución.

Evaluar y diseñar las rutas de transporte optimas para la comercialización.

Definir rutas de la planta a las tiendas de autoservicio Walmart que existen actualmente en la ciudad de México y su área metropolitana.

1.3. Hipótesis

Con el Modelo de la Programación Lineal permitirá minimizar los costos de distribución y logística de carne de res procesada y empacada de la empresa Rastro Frigorífico y Sala de Corte Montes Azules Internacional S.A de C.V hacia las tiendas de autoservicio de la empresa Walmart México en la Ciudad de México y su área metropolitana.

Hipótesis específica

La oferta de carne de res de Rastro Frigorífico y Sala de Corte Montes Azules Internacional S.A de C.V permite el modelo de minimización de costo del transporte.

El consumo de carne de res por tienda de autoservicio ayuda a programar el modelo de minimización de costo del transporte.

Los coeficientes por concepto de costos de transporte mejoran el modelo de programación lineal.

Si los criterios de distribución están definidos, se lograra determinar que rutas dadas por el modelo se utilizaran.

Al tener definidas las rutas que minimizan el costo, maximizara la eficiencia la empresa de cárnicos.

1.4 Justificación

El propósito de investigar la distribución de la empresa Rastro Frigorífico y Sala de Corte Montes Azules Internacional S.A de C.V se debe a que es una de las empresas en el Estado de México que cuenta con instalaciones para comercializar carne Tipo Inspección Federal (TIF, certificación en proceso) que iniciará sus operaciones en enero de 2016; por lo cual, es importante definir algunas de sus rutas de distribución. El análisis de distribución es hacia la empresa Walmart de México, ya que, es una de las empresas más grande de autoservicio en todo el país, lo que la convierte en un potencial socio comercial para Montes Azules Internacional S.A de C.V. Además, es relevante debido al impacto social, seguridad agroalimentaria y fuentes de trabajo que generará esta empresa.

1.5 Revisión de Literatura

El problema de logística y distribución es un tema que ha sido estudiado y analizado por diversos autores y para diversos fines, el principal de ellos es el económico, ya que buscan poder contribuir con el sector productivo o empresas para maximizar ganancias y reducir costos así como tiempos que conlleva determinada actividad. El origen de los Modelos de Transporte se cree que surgen con Hitchcock (1941) ya que en su investigación “La distribución de un producto desde diversos orígenes a numerosas localidades”, el problema que plantea es un caso especial entre los problemas de programación lineal, el cual busca minimizar los costos de enviar determinado producto a determinado cliente con el fin de satisfacer la demanda con determinados suministros. Desde este sentido la investigación de Hitchcock es el punto de partida para estudiar el problema de mínimo costo de transporte.

Para el planteamiento y desarrollo de la presente investigación se pueden citar diversas aplicaciones de problemas los cuales son resueltos a través de la optimización lineal.

(Quintero, 2014) realiza su investigación en el análisis de la logística para exportación de guayaba (*Psidium guajava* L.) en fresco a Estados Unidos de América. Indica los principios para una buena programación y diseño de rutas. Principios como estos pueden enseñarse fácilmente al personal de operaciones con el fin de obtener soluciones satisfactorias, aunque no necesariamente óptimas, para resolver problemas reales de programación y de diseño de ruta. Ellos suministran las líneas directrices para un buen diseño de rutas, aunque el personal de operaciones todavía tiene la libertad para tratar con las limitaciones no consideradas directamente en la metodología o las excepciones

(pedidos urgentes, desviación en carreteras) que pueden ocurrir en cualquier operación por carretera. Los diseños de rutas desarrollados de esta manera pueden ofrecer mejoras sustanciales sobre otros métodos de programación y diseño de rutas no habituales.

También menciona el método “de ahorros” el objetivo es minimizar la distancia total viajada por todos los vehículos y minimizar indirectamente el número de vehículos necesarios para atender todas las paradas. La lógica del método es empezar con un vehículo simulado que cubre cada parada y que regresa al depósito. Esto da la distancia máxima para ser experimentada en el problema del diseño de ruta. Después, se combinan dos paradas en la misma ruta para que un vehículo pueda eliminarse y la distancia del viaje se reduzca. Para determinar las paradas que se van a combinar en una ruta, se calcula la distancia ahorrada, antes y después de la combinación. La distancia ahorrada al combinar dos puntos (A y B) que no estén de otra manera en una ruta con cualquier otra parada, se halla restando algebraicamente la distancia de la ruta. El par de paradas con el valor de ahorro más grande se selecciona para la combinación.

(Quintero, 2014) en su investigación supone que existen m orígenes y n destinos. Sea a_i el número de unidades disponibles para ofrecerse en cada origen $i = (i=1, i=2, \dots, m)$ y sea b_j el número de unidades requeridas en el destino $j = (j=1, j=2, \dots, n)$. Sea c_{ij} el costo del transporte por unidad en la ruta (i,j) que une el origen i al destino j de tal manera que se minimicen los costos totales de transporte.

Al elaborar la función objetivo se consideran los costos de transporte C_{ij} de los orígenes (n) a cada uno de los destinos (m) , multiplicado por la cantidad (X) que debería de enviarse a cada uno de ellos y se representa con X_{nm} . La función objetivo está formada por 87 términos, que son los 3 estados oferentes y los 29 estados demandantes, como se muestra en el siguiente modelo:

$$MIN Z_0 = C_{11}X_{11} + C_{12}X_{12} + \dots + C_{mn}X_{mn}$$

Donde: Z_0 = Valor de la función objetivo i = Índice de estado origen (oferente), donde

$i=1,2, \dots, m$ $j=$ Índice de estado destino (demandante), donde $j=1,2, \dots, n$ X_{ij} = Variable de decisión que se determina con la solución del modelo, es la cantidad de guayaba asignada del origen i al destino j .

C_{ij} = Coeficiente de la variable X_{ij} , representa la cantidad con la cual contribuye cada unidad de la variable X_{ij} , al valor total deseado en el objetivo. En el modelo representa el costo de transporte por tonelada de origen i al destino j .

Por otra parte, González (2011) en su investigación, “Modelo de Equilibrio Espacial para Determinar Costos de Transporte en la Distribución de Durazno en México” ,plantea reducir el costo de transporte a los lugares de consumo del durazno; para el cálculo de kilometrajes de los centros de producción a centros de consumidores, así como de los puertos de entrada, se utilizó la información de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes, subsecretaria de Infraestructura, Dirección General de Desarrollo carretero.

Con esta información generó un modelo de programación lineal de distribución en el cual incluye variables de mercado, además de manejar dos escenarios, los cuales consistían en dejar un escenario real o base por así llamarlo y uno con el incremento del 20% de la producción. Los principales resultados a los que llega es que con el escenario real es factible trazar las rutas optimas de distribución, sin embargo, al suponer un incremento del 20% en la producción es posible reducir los costos y mejorar la distribución.

Cabe destacar que las regiones productoras de durazno que fueron estudiadas en esta investigación están conectadas a las regiones de consumo nacionales así como a las fronteras de exportaciones en los diferentes meses del año mediante los costos de transporte, dichos costos son independientes del volumen, lo cual explica que no existan economías de escala, además de que los costos de almacenamiento no son considerados en dicho modelo de optimización.

Ayllon (2015) , en su investigación plantea un modelo de transporte en México para la minimización de costos de distribución de tuna; el cual a través de la programación lineal busca asigna la mayor cantidad posible de oferta a menor costo unitario. Al igual que Gonzales (2011) plantea dos escenarios, el primero con la dinámica del mercado cerrado y el segundo plantea la solución para un mercado abierto permitiéndose las exportaciones. Para el diseño del modelo de optimización hizo los cálculos correspondientes de la

demanda de los centros consumidores, la capacidad de producción de las unidades productoras y el costo de traslado del producto a las zonas deficitarias.

Los principales resultados a los que llega es que solo existen cinco estados capaces de exportar su excedente, mientras que los costos de distribución son proporcionales a las distancias recorridas, por lo que, a partir del modelo de optimización permitió minimizarlos.

Un punto importante de esta investigación es planteamiento del modelo cuando se supone una economía abierta, ya que se supone que toda la oferta excedente es enviada a un punto de consumo, el cual es tratado como aquel que se encuentra en la frontera del país y por el cual será exportado el producto.

2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1. Programación Lineal

La programación lineal (PL) es una técnica de modelado matemático ampliamente utilizada, que está diseñada para ayudar a los gerentes en la planeación y toma de decisiones respecto a la asignación de recursos.

La PL comúnmente en economía es utilizada para minimizar el costo, o para maximizar ganancias, rendimientos o aquello que sea de interés para el investigador o empresario.

La expresión matemática de la PL para un problema sencillo de minimización de costos es:

$$\text{Min } F(X) = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

$$x_i \geq 0$$

Donde $F(X)$ se refiere a la función objetivo que es la descripción en términos matemáticos del objetivo final a conseguir.

x_i hace referencia a las variables del problema que reciben el nombre de variables instrumentales y dichas variables han de tomar necesariamente valores mayores o iguales que cero ; ya que se trata de una condición de no negatividad.

A esto se le conoce como función objetivo de un problema de PL. Generalmente, una función objetivo estará sujeta a ciertas restricciones o limitaciones de recursos que acotan el grado en que se puede alcanzar el objetivo. Dichas restricciones o condiciones del

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} \dots & a_{mn} \end{bmatrix} = (P_1, P_2, P_3, \dots, P_n)$$

Siendo P_j el vector columna asociado a la variable x_j , B es el vector de términos independientes de m componentes.

Arana (2015) marca como ventajas de la programación lineal, la linealidad: relación entre recursos y producto es constante (a medida que aumentemos recursos, se incrementa el producto). Aditivita, indica que la cantidad (Q) total de recursos usados es igual a la suma de los recursos usados en cada proceso. Divisibilidad, indica que los recursos pueden utilizarse y los productos pueden obtenerse en cualquier nivel fraccionario. Finitud, numero de procesos (actividades) de entre los cuales se puede obtener la solución optima el cual es numero finito. Certidumbre, los precios de insumos y productos que se obtienen del modelo se conocen con certeza.

Analiza una gran cantidad de actividades y se puede seleccionar la combinación óptima. Permite incluir una amplia variedad de restricciones, permite realizar una amplia gama de escenarios. Permite contestar rápidamente que pasaría si tuviéramos una mayor disponibilidad de recurso o si cambiara el valor de la divisa.

Indica como desventajas que no es posible obtener soluciones enteras (10.2 vs 10) pero se pueden interpretar, tampoco es posible captar curva.

Coefficientes técnicos:

(a_{ij}) representan las cantidades de insumo i que requiere la actividad j para llevarse acabo.
 (b_m) también conocido como RHS (Right Hand Side, lo que hay a la derecha), restricciones del modelo señalando las cantidades de recursos.

En la programación matemática o también conocida como lineal, a menudo se habla de la dualidad, la cual significa que asociado a un problema primal existe uno dual y poseen varias características que lo relacionan. Esto quiere decir que un problema tiene solución si el otro también la tiene.

Pasos para formular un DUAL a partir de un PRIMAL.

- 1.- Se invierte la dirección de la optimización. La maximización en el problema primal se convierte en minimización en el problema dual.
- 2.- Los signos de las desigualdades de las restricciones técnicas se invierten, excepto los signos de las restricciones de no negatividad.
- 3.- Las hileras o los renglones de la matriz de coeficientes del problema primal se transponen en columnas para la matriz de coeficientes de restricciones en el dual.
- 4.- El vector de hileras de coeficientes en la función objetivo del primal se transpone a un vector columna sobre el valor de las restricciones del dual.
- 5.- El vector columna de las restricciones del primal se transpone en un vector hilera de coeficientes para la función objetivo del dual.
- 6.- Las variables de decisión del primal se reemplazan por las variables de decisión del dual.

PRIMAL

$$\text{Maximizar: } Z = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3$$

Sujeto a las restricciones:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 \leq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 \leq b_2$$

$$a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 \leq b_3$$

Condiciones: de no negatividad

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

DUAL

$$\text{Minimizar: } Z^* = b_1y_1 + b_2y_2 + b_3y_3$$

Sujeto a las restricciones:

$$a_{11}y_1 + a_{21}y_2 + a_{31}y_3 \leq c_1$$

$$a_{12}y_1 + a_{22}y_2 + a_{32}y_3 \leq c_2$$

$$a_{13}y_1 + a_{23}y_2 + a_{33}y_3 \leq c_3$$

Condiciones: de no negatividad

$$y_1, y_2, y_3 \geq 0$$

Valoración y Dualidad

Valor óptimo de la función objetivo del dual es siempre igual al valor óptimo de la función objetivo.

Los coeficientes están medidos en unidades físicas

En la formulación de problemas de programación en las que la función objetivo (del primal) esta medida en valor, la variable de elección del dual servirá para imputar un valor a las restricciones del primal.

Las restricciones del primal de producción consideran la disponibilidad de recurso, por lo tanto el problema dual puede ser utilizado para imputar un valor a dichos recursos (precio sombra \neq dual valué).

Las restricciones al problema primal de la dieta se refieren a los nutrientes que deben satisfacerse, por lo tanto el problema dual permite determinar el precio sombra de cada uno de los nutrientes.

Las restricciones del problema de transporte son los volúmenes de producto existentes en los centros de origen y destino, los valores imputados en le dual corresponden al precio de equilibrio que prevalecerá en cada uno de los centros de origen y destino.

2.1.2.1 Problema de Transporte

Arana (2015) indica que las rutas optimas a través de las cuales se puede trasladar un producto desde los centros de origen a los centros de destino, deben cumplir las siguientes condiciones:

- a) El costo total de transporte debe ser el mínimo posible
- b) El volumen total del producto existente en los centros de origen debe transportarse a los centros de destino.

Información Requerida

- a) Costo de envío por unidad de todas las posibles rutas entre los centros de origen y los de destino.
- b) La cantidad de producto existente en cada uno de los centros de origen.
- c) La cantidad de producto que se requiere en cada uno de los centros de destino.

$$\begin{aligned} \text{Minimizar: } C^* = & C_{11}X_{11} + C_{12}X_{12} + \cdots C_{1m}X_{1m} \\ & C_{21}X_{21} + C_{22}X_{22} + \cdots C_{2m}X_{2m} \\ & C_{n1}X_{n1} + C_{n2}X_{n2} + \cdots C_{nm}X_{nm} \end{aligned}$$

Sujeto a las restricciones:

$$\begin{aligned}
 X_{11} + X_{21} + \dots + X_{n1} &\leq k_1 \\
 X_{12} + X_{22} + \dots + X_{32} &\leq k_2 \\
 &\cdot \\
 &\cdot \\
 X_{1m} + X_{2m} + \dots + X_{nm} &\leq k_n \\
 X_{11} + X_{12} + \dots + X_{1m} &\leq q_1 \\
 X_{21} + X_{22} + \dots + X_{2m} &\leq q_2 \\
 &\cdot \\
 &\cdot \\
 X_{m1} + X_{m2} + \dots + X_{mn} &\leq q_n
 \end{aligned}$$

Donde:

C_{ij} = costo de transporte por el envío de una unidad del producto i -ésimo centro de origen al j -ésimo centro de destino.

X_{ij} = cantidad del producto a enviar desde cada centro de origen (i -ésimo) al (j -ésimo) centro de destino.

q_i = cantidad de producto existente en el i -ésimo centro origen

k_j = cantidad de producto que se demanda en el j -ésimo centro de destino .

Condiciones de no negatividad

$$X_1, X_2 \dots X_n \geq 0$$

Condiciones: de no negatividad

$$y_1, y_2, y_3 \geq 0$$

Concepto	Primal	Dual
Objetivo	Minimizar el costo total de enviar la producción desde cada uno de los centros de origen hasta cada uno de los centros de destino.	Maximizar el valor agregado por el transporte del volumen de envíos de centros de origen a centros de destino.
Variable de elección	Rutas de transporte del producto. ¿Cuánto debe de enviarse desde cada centro de origen hasta cada centro de destino?	Valor imputado de la producción localizada en cada centro de origen y cada centro de destino, es decir el Precio Sombra que prevalecería en los centro de origen y de destino.
Coefficientes	Costo unitario de transporte asociado a cada ruta.	Volumen de existencias y necesidades en centros de

		origen y destino respectivamente.
Nivel de requerimiento de las restricciones	Volumen de existencias y necesidades en centros de origen y de destino respectivamente	Costo unitario de transporte asociado a cada ruta.
Coefficientes técnicos de las restricciones.	Matriz de unos y ceros	Matriz de unos y ceros (traspuesta)

Anderson (2011) sugiere que el problema de transporte surge con frecuencia en la planeación de la distribución de productos y servicios desde varios sitios de suministro hacia varios sitios de demanda. La cantidad de productos disponibles en cada locación de suministros (origen), por lo general, es limitada, y la cantidad de productos necesarios en cada una de varios sitios de demanda (destinos) es un dato conocido. El objetivo usual en un problema de transporte es minimizar el costo de enviar mercancía desde el origen a sus destinos. Generalmente se utiliza la PL para hacer el planteamiento del problema, además de utilizar la representación gráfica a través de una red de optimización.

2.1.2.2 Modelo general de programación lineal para un problema de transporte

A continuación se muestra el modelo general de programación lineal para un problema de transporte con m orígenes y n destinos, para ello se utiliza la notación:

x_{ij} = cantidad de unidades enviadas desde el origen i al destino j

c_{ij} = costo unitario de envío desde el origen i al destino j

s_i = suministro o capacidad en unidades en el origen i

d_j = demanda de unidades en el destino j

El modelo de programación lineal general es el siguiente:

$$Z = \text{Min} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

s.

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq s_i \quad i = 1, 2, \dots, m \text{ Oferta}$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \leq d_j \quad j = 1, 2, \dots, n \text{ Demanda}$$

$$x_{ij} \geq 0 \text{ para toda } i \text{ y } j$$

Se pueden añadir restricciones de la forma $x_{ij} \leq L_{ij}$ si la ruta desde el origen i al destino j tiene la capacidad L_{ij} . Un problema de transporte que contiene este tipo de restricciones se llama *problema de transporte con capacidades*. También se pueden añadir restricciones de los mínimos de la ruta de la forma $x_{ij} \geq M_{ij}$, si la ruta desde el origen i al destino j debe manejar por lo menos M_{ij} unidades.

Es importante mencionar, que los problemas de transporte encontrados en la practica por lo general conducen a problemas lineales de gran tamaño; se pueden llegar a encontrar problemas de transporte con 100 orígenes y 100 destinos. Un problema de este tipo involucraría $(100)(100)=10,000$ variables.

La solución óptima de un problema de transporte consistirá en valores enteros para las variables, siempre y cuando todos los valores de suministro y oferta sean enteros. La razón es la estructura matemática particular del modelo de programación lineal. Cada variable aparece exactamente en una restricción de suministro y en una restricción de demanda, y los coeficientes en las ecuaciones de restricción son de 1 o 0.

2.2 Redes de Optimización

Los modelos de redes son casos particulares de la programación lineal, generalmente para su análisis se utilizan ciertos algoritmos específicos que resultan eficientes y de calculo rápido y simple (Arbones 1989) .

Los problemas de redes pueden ser :

- Problema de transporte.
- Problema de asignación.
- Problema de transbordo.
- Problema de ruta más corta.
- Problema de flujo máximo.

Es importante, poder hacer la definición de los conceptos básicos de una red de optimización (Prawda 2004).

Nodos: Son vértices o puntos. Los nodos se enumeran $1,2,\dots,n$ y su notación común es N_i .

Nodo fuente: Por donde entra el flujo a la red (N_s).

Nodo destino: Por donde sale el flujo de la red (N_t).

Arcos: Son líneas, ramas o bordes. Existen arcos dirigidos de nodo a nodo y existen arcos que no tienen dirección. Los cuales son nombrados como a direccionales. Los arcos se denotan con A_{ij} indicando que se une el nodo i con el nodo j .

Red: Es un conjunto de nodos conectados por un conjunto de arcos. Por lo tanto, los elementos de una red de optimización son (N_i, A_{ij}) .

Cadena: Es una serie de nodos y arcos que unen los nodos de N_i a N_k .

Ciclo: Es una cadena que empieza y termina en el mismo nodo, por ejemplo de N_i a N_i .

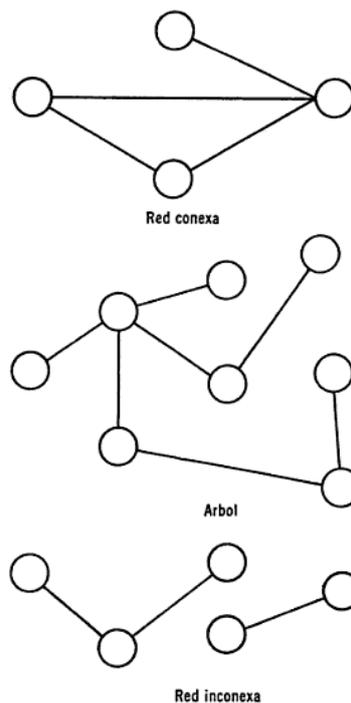
Cadenas simples: Son aquellas cadenas que no contienen ciclos.

Red conexas: Es aquella en donde existe por lo menos una cadena que conecta a cada nodo con el resto de los nodos de la red.

Red inconexas: Es aquella que no esta conectada.

Árbol: es una red conectada que no contiene ciclos.

A continuación la Figura 1. muestra algunos tipos de redes.



Fuente: Prawda, J. *Métodos y Modelos de investigación de Operaciones*. 2004

Figura 1. Tipos de Redes

Existe un problema especial, el cual es llamado del *Árbol de Comunicación de Valor Mínimo*; Rabones en 1989 plantea que ; en este problema se conocen las distancias que existen entre los diferentes nodos de la red, pero no se indican los arcos; debemos encontrar un árbol que comunique todos los nodos de modo que su longitud (costo) total sea mínima.

Estos problemas de optimización se presentan en redes: eléctricas, telefónicas, telegráficas, ferroviarias, de comunicación área, terrestre y marítima, de servicios de abastecimiento de fluido a varias localidades o a distintos puestos de trabajo.

Para encontrar la solución podemos aplicar entre otros, los métodos del algoritmo de Kruskal.

El algoritmo de Kruskal se puede resumir en los siguientes pasos.

- Inicialmente se supone que todos los nodos están incomunicados (no hay arcos).
- Paso 1: Elegir un nodo arbitrario.
- Paso 2: Elegir el arco de menor distancia que une el nodo seleccionado con los nodos vecinos. El nodo y el arco entran a formar parte del árbol.
- Paso 3: Si el árbol tiene $n - 1$ arcos parar: si no ir al paso 2.
- n : numero de nodos.

2.3 Análisis de Sensibilidad

El análisis de sensibilidad es el estudio de cómo los cambios en los coeficientes de un problema de programación lineal afectan a la solución óptima. Mediante el análisis de sensibilidad, podemos responder preguntas como las siguientes:

1. ¿Cómo afectará el cambio de un coeficiente de la función objetivo a la solución óptima?
2. ¿Cómo afectará el cambio de un valor del lado derecho de una restricción a la solución óptima?

Debido a que el análisis de sensibilidad se ocupa de cómo estos cambios afectan a la solución óptima, este análisis comienza hasta que se obtiene la solución óptima para el problema de programación lineal. Por esta razón, el análisis de sensibilidad con frecuencia se conoce como análisis de postoptimalidad.

Los problemas reales ocurren en un entorno en constante cambio. Los precios de las materias primas, la demanda de productos, las capacidades de producción, los precios de

las acciones, todo ello cambia. Si un modelo de programación lineal se utiliza en un entorno como éste, podemos esperar que algunos de los coeficientes del modelo cambien con el tiempo y tal vez queramos determinar cómo afectan estos cambios a la solución óptima. El análisis de sensibilidad proporciona la información necesaria para responder a estos cambios sin requerir una solución radical de un programa lineal modificado.

La información del análisis de sensibilidad proporcionada por los coeficientes de la función objetivo se basa en el supuesto de que sólo cambia un coeficiente de la función objetivo a la vez y que todos los demás aspectos del problema original permanecen sin cambios. De ahí que el rango del coeficiente objetivo sea aplicable a cambios en un solo coeficiente objetivo.

Las columnas Allowable Decrease (Disminución permisible) y Allowable Increase (Aumento permisible) indican cuánto puede disminuir o aumentar el valor actual del coeficiente de la función objetivo sin que cambie la solución óptima. Los valores de disminución y aumento permisibles se calculan como sigue:

Disminución permisible = Valor actual - Límite inferior

Aumento permisible = Límite superior - Valor actual

Regla del 100 por ciento. Regla que indica cuándo los cambios simultáneos en dos o más coeficientes de la función objetivo no provocarán una alteración en los valores óptimos para las variables de decisión. También se aplica para indicar cuándo dos o más cambios en el lado derecho no provocarán una modificación en cualquiera de los precios duales. Por último, observe que la regla del 100 por ciento no afirma que la solución óptima cambiará si la suma de los porcentajes de los aumentos y las disminuciones permisibles es mayor que 100%. Todo lo que podemos asegurar es que si la suma de los porcentajes es mayor que 100%, puede existir una solución óptima diferente. Por tanto, siempre que la suma de los cambios porcentuales sea mayor que 100%, el problema modificado debe resolverse para determinar la solución óptima.

El precio dual es la mejora en el valor de la solución óptima por incremento unitario en el lado derecho de una restricción. En general, el precio dual indica lo que ocurrirá al valor de la solución óptima si se hace un cambio de una unidad en el lado derecho de una

restricción. El valor de un precio dual sólo se aplica a incrementos pequeños en el lado derecho. A medida que se obtienen más recursos y conforme el lado derecho continúa aumentando, otras restricciones se volverán confinantes y limitarán el cambio en el valor de la solución óptima. En algún punto, el precio dual no se puede utilizar ya para determinar la mejora en el valor de la solución óptima.

El precio sombra es el cambio en el valor de la solución por incremento unitario en el lado derecho de la restricción. Para los problemas de maximización, el precio sombra y el precio dual son lo mismo; para los problemas de minimización, ambos precios tienen signos opuestos.

El costo reducido indica cuánto tendría que mejorar el coeficiente de la función objetivo para una variable en particular antes de que la variable de decisión asuma un valor positivo en la solución óptima.

2.4 Distribución

Distribución física: “Es el conjunto de actividades que permiten el traslado de productos y servicios desde su estado final de producción al de adquisición y consumo.” Díez de Castro (2004)

La distribución física “son todas las actividades de negocios relativas al almacenamiento y transportación de materias primas o productos terminados.” Lam et al. (2011)

El Costo de la distribución física, son los costos de llevar el producto final a los clientes, y también el costo de trasladar la materia prima a la empresa.

Cabe mencionar que el costo de distribución representa para la mayoría de las empresas, el costo más elevado del valor del producto. Casi todas las empresas tratan de fijar su nivel de servicio al costo mínimo, es decir, diseñan estrategias tales como el almacenamiento, el procesamiento de pedidos, el transporte, manejo de inventarios y administración de materiales, de la manera más eficiente, para lograr que el producto llegue a los consumidores a un precio óptimo. Velázquez (2012)

Definición de logística:

“Tareas necesarias para planificar, implementar y controlar el flujo físico de materiales, productos terminados e información relacionada desde los puntos de origen hasta los puntos de consumo para satisfacer las necesidades del cliente de manera rentable.” Kotler y Armstrong (2008).

“Uno de los objetivos primordiales de la logística es proporcionar el máximo servicio al cliente al menor costo” Kotler y Armstrong (2008).

En la actualidad, las empresas están haciendo mayor énfasis en la logística por varias razones, a saber:

Se puede lograr una ventaja competitiva si se lleva a cabo una buena logística, se dan mejores servicios a precios más bajos.

Hay ahorros en los costos, tanto para las empresas como para los clientes, pues cerca de 15% del precio del producto corresponde al transporte.

Las mejoras en las tecnologías de la información han creado oportunidades que ayudan a la logística mediante programas de computación para el proceso de administración de la cadena de abasto, los códigos de barra, el rastreo por satélite de los transportes, la transferencia electrónica de pedidos y los pagos, entre otros. Velázquez (2012)

Canales de Distribución: “Los canales de comercialización pueden ser considerados como conjuntos de organizaciones interdependientes que intervienen en el proceso por el cual un producto o servicio está disponible para el consumo.” Stern (1998)

Cabe mencionar que existen varios niveles de distribución, o número de intermediarios mayores, lo que provoca elevar el precio en el producto final, es de suma importancia determinar la capacidad de distribución del producto y la elección de los canales, para así hacer llegar el producto terminado al consumidor final a un precio justo.

Fabricante-consumidor

También llamado canal directo, no cuenta con niveles de intermediarios, y los fabricantes venden directamente a los consumidores, siendo una meta a mediano plazo de la empresa.

Productores–minoristas o detallista-consumidores

Denominado como canal dos. Este tipo de canal tiene un nivel de intermediarios: los minoristas o detallistas. Kotler y Armstrong (2008)

3. RASTRO FRIGORÍFICO Y SALA DE CORTE MONTES AZULES INTERNACIONAL S.A. DE C.V.

El Rastro Frigorífico y Sala de Corte Montes Azules Internacional S.A. de C.V., se ubica en Carretera Federal México - Puebla km 19.8 en Los Reyes Acaquilpan, La Paz, Estado de México. CP. 56400, decidió su construcción ante la necesidad de procesar y comercializar la carne de bovino con características TIF. La Planta de Sacrificio tiene un avance del 90 % en la construcción e instalación de equipo para sacrificio de 480 bovinos por turno y cámaras de refrigeración para 630 canales por día. La Sala de Corte y Empaque tiene una capacidad de 40 bovinos por hora. Y de acuerdo con la capacidad de operación es de 300 bovinos por turno.

La finalidad es proveer carne de bovino con las normas de calidad e higiene y libre de sustancias prohibidas, que demandan las empresas empacadoras, detallistas y la población consumidora, a la vez que se mitiga el impacto ecológico negativo en el medio ambiente ocasionado por la descarga de aguas residuales y desechos de los rastros municipales y privados que no cumplen con la normatividad vigente.

4. WALMART DE MÉXICO

Sam Walton abrió su primer tienda Walmart en Rogers, Arkansas en 1962; e introdujo una fórmula exitosa para el comercio minorista que impactaría la vida de millones de personas en el mundo. La clave de su éxito fue la innovación. Reemplazó las cajas en el mostrador por una línea de cajas a la salida de la tienda, ofreció promociones especiales, tiendas limpias y trato justo a los asociados al hacerlos partícipes de las utilidades. Sam fue conocido por reconocer que el éxito del negocio dependía de los asociados y por compartir información con ellos para alcanzar los objetivos de la compañía. Siempre actuó de forma íntegra y fundó Walmart con una sólida base de valores que siguen vigentes.

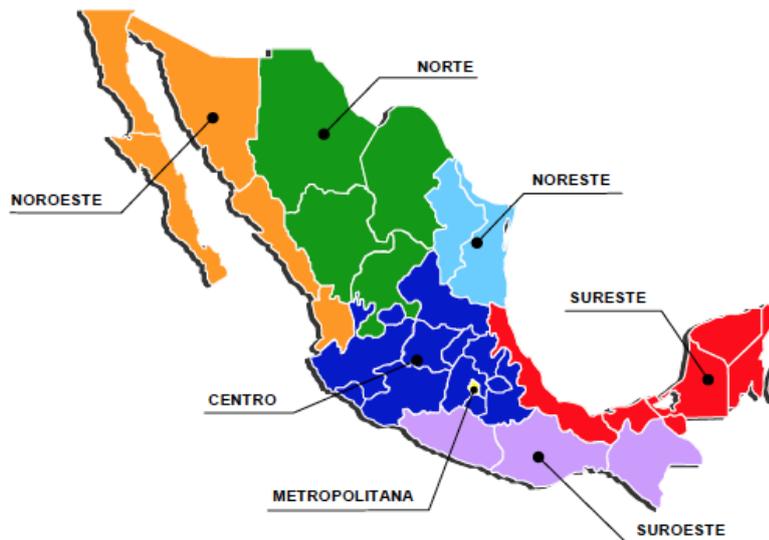
Walmart de México y Centroamérica es una de las empresas líderes del sector detallista en la región con actividad en seis países: Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México y Nicaragua con presencia en 467 ciudades. Al 31 de diciembre de 2011, operaba

2,709 unidades comerciales, (incluyendo tiendas de autoservicio, clubes de precios con membresía, tiendas de ropa, restaurantes) y 263 sucursales bancarias. La Figura 1 muestra las regiones en las que se divide la republica mexicana según el grupo Walmart de México para ubicar sus tiendas. Por otra parte, el Cuadro 1 muestra la presencia de los supermercados del grupo Walmart de México en toda la republica mexicana, se muestra el número de tiendas por zona. (Walmex 2009)

Cuadro 1. Presencia en México por Zona Geográfica.

Tienda	Total	Zona Geográfica						
		Metropolitana	Centro	Sureste	Noreste	Norte	Noroeste	Suroeste
Bodega Aurrera	1,204	370	412	94	143	67	49	69
Walmart	213	52	58	25	23	20	27	8
Sam's Club	124	23	38	19	12	9	14	9
Superama	88	51	27	7	2	-	-	1
Total	1,629	496	535	145	180	96	90	87
Autoservicio								

Fuente: Informe Anual Formato BMV 2009, 2011. Walmex.



Fuente: Informe Anual Formato BMV 2009, 2011. Walmex.

Figura 2. Zonas geográficas de la Republica Mexicana

Walmart México es el principal emperador privado en el país, con mas de 190 mil asociados (empleados), mas de 22 mil asociados promovidos y el 52% de sus asociados son mujeres. Desarrollan a pequeños productores con mas de 100 comunidades de pequeños productores apoyados por la empresa, 74% de los proveedores en México son Pyme y 25% mas en ventas de los proveedores que participan en el programa Adopta una

PyME. Trabajando juntos por la comunidad mas de 750 mil personas son beneficiadas con donaciones diarias de alimento, mas de 26 mil asociados voluntarios participaron en mas de 2 mil jornadas comunitarias y apoyaron a mas de 20 mil pequeños productores.

Por ultimo comprometidos con el medio ambiente el 74% de los residuos que generan la empresa se reciclan, el 51% de las tiendas y clubes operan con energía del viento; 20 millones de garrafones podrían ser llenados con al agua que ahorra Walmart México. (Iconografía datos y cifras Wal-Mart 2014).

Por ser una emisora con los más altos estándares de gobierno corporativo, compromiso ambiental y responsabilidad social, el 9 de diciembre de 2011 se dio a conocer que Walmart de México y Centroamérica es una de las empresas que integran el IPC Sustentable de la Bolsa Mexicana de Valores. Pertenecer a este índice es una gran distinción que ratifica los esfuerzos por trasladar el liderazgo comercial al terreno de la responsabilidad social.

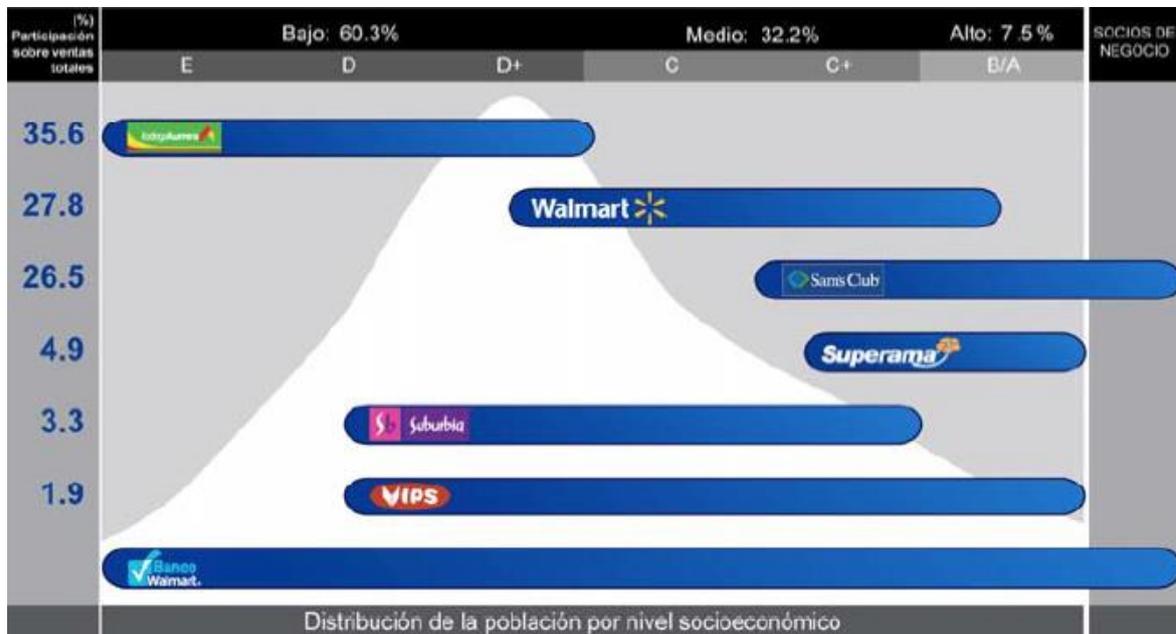
4.1. Responsabilidad Social de Walmart México

En México y Centroamérica, trabajan con agricultores en un sistema integral de producción para satisfacer sus necesidades alimentarias, mejorar la calidad del medio ambiente y su calidad de vida. Simultáneamente, mejoraron la eficiencia de la cadena de abasto al eliminar intermediarios.

Fundación Wal-Mart de México, en conjunto con Fundación Ayú y TechnoServe, impulsó la productividad de las familias rurales a través de un programa de capacitación técnica y financiera y la incorporación de tecnologías para conservación del suelo. El programa ayudó a incrementar 21% el ingreso promedio de más de 190 productores mexicanos de bajos ingresos. Actualmente, el jitomate de estos productores se vende en 226 tiendas.

El principal cliente es el público en general. Durante el año 2011, atendieron a 1,840 millones de clientes en México y en Centroamérica. México y Centroamérica es una región diversa, con diferentes características demográficas, preferencias y niveles socioeconómicos. Su estrategia multiformato les brinda la flexibilidad suficiente para atender de manera eficiente las necesidades de los distintos sectores de la población. La diversidad que hay en cada uno de los países en cuanto a sus características demográficas y de niveles socioeconómicos permite la operación multiformato, para atender

eficientemente las necesidades de todos sus clientes, la figura 2 muestra los estratos socioeconómicos de la población que son atendidos por los diferentes formatos de tiendas del grupo Walmart de México.



Fuente: Informe Anual Formato BMV 2009, 2011. Walmex.

Figura 3. Distribución de la Población Atendida por Nivel Socioeconómico

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Área de estudio

El área de estudio pertinente a la presente investigación es la Economía y el Análisis Matemático, centrada en la Microeconomía y en la Optimización de los Recursos.

Esta investigación tiene como base metodológica la Modelación Matemática; específicamente, la Programación Lineal (PL), ya que, para fines del planteamiento del problema, esta permite minimizar los costos de transporte para la empresa Frigorífico y Sala de Corte Montes Azulez Internacional S.A de C.V. Por lo tanto esta investigación es prospectiva, longitudinal y descriptiva.

La PL ayuda a que las empresas sean mas eficientes, ya que mediante un modelo matemático pueden medir los procesos productivos, para que de esta manera las mermas o perdidas en otros departamentos sea la menor posible.

El punto en el que se centra esta investigación, es el análisis de la logística de distribución, debido a que es una de las áreas que mas perdidas puede llegar a presentar a la empresa, es importante porque si no se cuenta con una programación de esta área, las perdidas pueden ser mas grandes que las utilidades; por esta razón se tiene que modelar de manera matemática cuales son las rutas que a esta empresa le generaran el menor costo, satisfaciendo la demanda de sus clientes.

5.2. Entorno

Como ya se mencionó anteriormente, la aplicación de esta investigación va dirigida a la empresa Montes Azulez Internacional S.A de CV; y consiste en minimizar los costos de enviar carne de res de esta empacadora hacia tiendas de autoservicio ubicadas en el ciudad de México y área metropolitana.

Específicamente, se determinan las rutas de distribución partiendo de la empresa Rastro Frigorífico y Sala de Corte Montes Azules S.A de C.V. hacia las tiendas de autoservicio del grupo Walmart de México S. De R.L de C.V. Para ello, se procedió hacer un levantamiento geográfico para saber donde están ubicadas las tiendas de autoservicio y los cedis de grupo Wal-Mart de México S de R.L de CV. Se dividió la ciudad de México para determinar las zonas donde esta ubicada cada una de estas tiendas, como criterio que se utilizara para trazar rutas dependiendo la zona a la que se tiene que entregar. El Cuadro 2 muestra las diferentes zonas de la Ciudad de México. Esto con el fin de determinar cual es la distancia en kilómetros de estas tiendas a la empresa.

Cuadro 2. Zonas de la Ciudad de México

Zonas de la Ciudad de México	Delegaciones que la conforman
Sur (S)	Coyoacán, Milpa Alta, Tláhuac, Tlalpan y Xochimilco.
Centro Norte (N)	Azcapotzalco, Benito Juárez, Cuauhtémoc y Gustavo A. Madero
Oriente (O)	Iztacalco, Iztapalapa y la Venustiano Carranza
Poniente (P)	Álvaro Obregón, Cuajimalpa de Morelos, La Magdalena Contreras y Miguel Hidalgo.

Fuente: Elaboración Propia con información de INEGI.

De acuerdo a las zonas de la Ciudad de México y su área metropolitana se procedió a realizar la localización de las tiendas de autoservicio de Walmart México por Zona y Delegación como lo muestran las tablas siguientes:

Como se puede observar, cada tienda contiene un ID diferente que permite identificar la zona donde esta ubicada(N,P,O,S), de igual modo si pertenece a la Ciudad de México(d) o al área metropolitana (m) y el número consecutivo para el número total de tiendas por zona, además, se incluye la población total. (Cuadro 3, 4, 5 y 6).

Cuadro 3. Tiendas de Autoservicio del Grupo Walmart México por Zona Norte.

ID	Nodo	Nombre Tienda	Delegacion/Municipio	Zona	Población
Nd1	9	Tepeyac	Gustavo A Madero	Norte D.F	296,443
Nd7	7	Torres lindavista	Gustavo A Madero	Norte D.F	296,443
Nd8	10	Eduardo molina	Gustavo A Madero	Norte D.F	296,443
Nd4	8	Acueducto de guadalupe	Gustavo A Madero	Norte D.F	296,443
					(1,185,772)
Nd2	5	Cuitlahuac	Azcapozalco	Norte D.F	207,356
Nd6	6	Azcapotzalco	Azcapozalco	Norte D.F	207,356
					(414,711)
Nd3	2	Felix cuevas	Benito Juarez	Norte D.F	128,480
Nd9	3	Tlalpan	Benito Juarez	Norte D.F	128,480
Nd10	1	Universidad	Benito Juarez	Norte D.F	128,480
					(385,439)
Nd5	4	Buenavista	Cuautemoc	Norte D.F	531,831
Nm15	15	Las Alamedas	Atizapan de Zaragoza	Norte Area Metrop.	244,969
Nm1	16	Espacio Esmeralda	Atizapan de Zaragoza	Norte Area Metrop.	244,969
					(489,937)
Nm2	12	Toltecas	Tlalnepantla de Baz	Norte Area Metrop.	166,056
Nm4	13	Multiplaza arboledas	Tlalnepantla de Baz	Norte Area Metrop.	166,056
Nm12	11	Lago de Guadalupe	Tlalnepantla de Baz	Norte Area Metrop.	166,056
Nm16	14	Pirules	Tlalnepantla de Baz	Norte Area Metrop.	166,056
					(664,225)
Nm3	8	San marcos izcalli	Cuautitlan Izcalli	Norte Area Metrop.	170,558
Nm10	10	Perinorte	Cuautitlan Izcalli	Norte Area Metrop.	170,558
Nm11	9	Cuautitlan	Cuautitlan Izcalli	Norte Area Metrop.	170,558
					(511,675)
Nm5	5	San José tecamac	Tecamac	Norte Area Metrop.	182,290
Nm8	4	Macro plaza heroes tecamac	Tecamac	Norte Area Metrop.	182,290
					(364,579)
Nm6	7	Santa elena	Cuautitlan	Norte Area Metrop.	140,059
Nm7	1	Plaza aragon	Ecatepec de Morelos	Norte Area Metrop.	552,036
Nm13	2	Las Americas	Ecatepec de Morelos	Norte Area Metrop.	552,036
Nm14	3	Ecatepec centro	Ecatepec de Morelos	Norte Area Metrop.	552,036
					(1,656,107)
Nm9	6	Santa María Coacalco	Coacalco	Norte Area Metrop.	278,064

Fuente: Elaboración propia con información de INEGI

Cuadro 4. Tiendas de Autoservicio del Grupo Walmart México por Zona Poniente.

ID	Nodo	Nombre Tienda	Delegacion/Municipio	Zona	Población
Pd1	6	Lomas	Miguel Hidalgo	Poniente D.F	372,889
Pd2	1	Plateros	Alvaro Obregon	Poniente D.F	363,517
Pd4	2	Las águilas	Alvaro Obregon	Poniente D.F	363,517
					(727,034)
Pd3	3	Cuajimalpa	Cuajimalpa	Poniente D.F	186,391
Pm2	5	Interlomas	Huixquilucan	Poniente Area Metrop.	121,084
Pm3	4	Jesus del monte	Huixquilucan	Poniente Area Metrop.	121,084
					(242,167)
Pm1	8	Lomas verdes	Naucalpan	Poniente Area Metrop.	277,926
Pm4	9	Satelite	Naucalpan	Poniente Area Metrop.	277,926
Pm5	7	Echegaray	Naucalpan	Poniente Area Metrop.	277,926
					(833,779)

Fuente: Elaboración propia con información de INEGI

Cuadro 5. Tiendas de Autoservicio del Grupo Walmart México por Zona Oriente.

ID	Nodo	Nombre Tienda	Delegacion/Municipio	Zona	Población
Od1	3	Plaza oriente	Iztapalapa	Oriente D.F	907,893
Od2	2	Tlahuac	Iztapalapa	Oriente D.F	907,893
					(1,815,786)
Od3	5	Aeropuerto	Venustiano Carranza	Oriente D.F	215,489
Od4	4	Balbuena	Venustiano Carranza	Oriente D.F	215,489
					(430,978)
Om1	8	Hiperplaza texcoco	Texcoco de Mora	Oriente Area Metrop.	117,576
Om3	7	Puerta texcoco	Texcoco de Mora	Oriente Area Metrop.	117,576
					(235,151)
Om2	6	Cd. jardin	Nezahualcoyotl	Oriente Area Metrop.	1,110,565
Om4	1	Horizonte	Valle de Chalco	Oriente Area Metrop.	357,645

Fuente: Elaboración propia con información de INEGI

Cuadro 6. Tiendas de Autoservicio del Grupo Walmart México por Zona Sur.

ID	Nodo	Nombre Tienda	Delegacion/Municipio	Zona	Población
Sd1	5	Copilco	Coyoacan	Sur D.F	155,104
Sd2	3	Miramontes	Coyoacan	Sur D.F	155,104
Sd3	6	Taxqueña	Coyoacan	Sur D.F	155,104
Sd5	4	Periferico sur	Coyoacan	Sur D.F	155,104
					(620,416)
Sd4	2	Villa coapa	Tlalpan	Sur D.F	325,284
Sd6	1	Cuemanco	Tlalpan	Sur D.F	325,284
					(650,567)

Fuente: Elaboración propia con información de INEGI

Fue necesario como restricción en el planteamiento del modelo de minimización conocer la demanda de carne de cada una de las tiendas, aproximada por cada pieza de carne de res, semanalmente.

Cuadro 7. Demanda Semanal por Tienda de Carne de res por corte.

Corte Sub-Primario	Kg/pieza
Aguayon	523
Aguja S/hueso	23
Cara/Bola	408
Costilla	189
Diezmillo	120
Entrecot	156
Espaldilla	115
Falda	106
Filete	18
Goosneck	53
Pecho	102
Pulpa	8
Retazo	650
Roastbeff	38
Total	2,509

Fuente: Elaboración propia mediante observación directa.

Es necesario conocer la oferta de la empresa Montes Azulez Internacional S.A de CV. Por lo cual se procedió a realizar un cuestionario y de esta forma se obtuvo la información que se muestra en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Oferta Semanal de Rastro Frigorífico y Sala de Corte Montes Azules S.A de C.V

Cortes Sub primarios	Kg/semana
Cara	40,281.68
Bola	24,427.81
Aguayon sin tapa	23,053.27
Tapa de aguayon	1,579.69
Goosneck	46,354.25
Empuje	6,604.07
Cuarto trasero	142,300.77
Pecho	28,623.97
Conchita	2,926.87
Diezmillo	52,783.18
Espaldilla	47,376.60
Pescuezo s/hueso	38,575.86
Molida	2,798.46
Cuarto delantero	173,084.95
Arrachera	12,259.87
Filete	12,237.84
Roast beef	21,313.64
Entrecot	25,922.39
Aguja s/hueso	60,048.30
Cortes especiales	131,782.05
Falda	1,865.01
Chambarete s/hueso	19,115.83
Retazo s/hueso	20,980.83
Creadillas	653.74
Gallos	1,604.64
Riñon	1,901.79
Subtotal	468,148.60
Hueso	103,137.56
Cebo y grasa	19,124.95
Total	590,411.11
Merma	4,275.19
Peso canales	594,686.30

Fuente: Elaboración propia con información de Rastro Frigorífico y Sala de Corte Montes Azules S.A de C.V

Para elaborar el cuadro 8, se realizo con información proporcionada por Rastro Frigorífico y Sala de Corte Montes Azules S.A de C.V, indicando que el rastro tiene capacidad de matanza de 315 bovinos por turno laboral de 8 horas. Para conocer las cantidades en kilogramos por pieza primaria y suprimiría se consideran los siguientes rendimientos por cabeza de ganado bovino. El cuadro 8.1 se muestran los cálculos realizados para obtener el coeficiente de oferta de carne, o la capacidad de producción de carne empacada que tiene la planta.

Cuadro 8.1. Parámetros para el calculo de oferta de carne.

En el cuadro siguiente se expresan los valores promedio de una res, con esto se estiman los volúmenes producidos en Kilogramos de carne por la empresa.

Concepto	Kg	Parámetro
Rendimiento en canal, %		62.00%
Peso bruto del bovino en corral	542	
Merma por traslado,%	27.1	5.00%
Peso del bovino en pie- rastro	514.90	
Peso de la canal caliente	319.24	
Peso de la canal fría	314.45	
Peso de las vísceras	514.9	
Peso de la piel	43.25	

Fuente: Elaboración propia con información de Rastro Frigorífico y Sala de Corte Montes Azules S.A de C.V

Cuadro 8.2. Calculo de rendimientos por pieza primaria y suprimiría de ganado bovino.

Concepto	Rend.(%)	1 bovino Kg/pieza	315 bovinos Kgs total por día
Cara	6.78%	21.31	6,714
Bolas	4.11%	12.92	4,071
Aguayo sin tapa	3.88%	12.20	3,842
Tapa de aguayon	0.27%	0.84	263
Goosneck	7.80%	24.53	7,726
Empuje	1.11%	3.49	1,101
Cuarto trasero	23.94%	75.29	23,717
Pecho	4.82%	15.14	4,771
Conchita	0.49%	1.55	488
Diezmillo	8.88%	27.93	8,797
Espaldilla	7.97%	25.07	7,896
Pescuezo s/hueso	6.49%	20.41	6,429
Molida	0.47%	1.48	466
Cuarto delantero	29.12%	91.58	28,847
Arrachera	2.06%	6.49	2,043
Filete	2.06%	6.48	2,040
Roast beef	3.59%	11.28	3,552
Entrecot	4.36%	13.72	4,320
Aguja s/hueso	10.10%	31.77	10,008
Cortes especiales	22.17%	69.73	21,964
Falda	0.31%	0.99	311
Chambarete s/hueso	3.22%	10.11	3,186
Retazo s/hueso	3.53%	11.10	3,497
Creadillas	0.11%	0.35	109
Gallos	0.27%	0.85	267
Riñon	0.32%	1.01	317
Subtotal	78.77%	247.70	78,025
Hueso	17.35%	54.57	17,190
Cebo y grasa	3.22%	10.12	3,187

Subtotal	20.57%	64.69	20,377
Total	99.34%	312.39	98,402
Merma	0.72%	2.26	713
Peso canales	100.00%	314.45	99,052

Fuente: Elaboración propia con información de Rastro Frigorífico y Sala de Corte Montes Azules S.A de C.V

El cuadro anterior indica los valores en porcentaje que representa cada corte primario y subprimario por res, la cantidad en kilogramos que tiene cada uno de estos. Para calcular el el volumen por día solo se multiplico los valores que representa de una sola res, y se multiplico por la capacidad de matanza del rastro que en este caso son 315 bovinos por día.

Con toda esta información se puede correr el modelo matemático de programación para determinar cuales son las rutas de mínimo costo para la empacadora, satisfaciendo la demanda de cada una de las tiendas.

5.3. Análisis Matemático

5.3.1 Costos de transporte

Para ejecutar un modelo de estas características, se realizo trabajo de campo. Para lo cual fue necesario contar con enlaces de empresas dedicadas a la distribución de productos por vías terrestres para poder obtener información respecto a los costos de transporte. Posteriormente, se determino el coeficiente de costo por unidad de producto, para lo cual se viajo con los operadores de esta empresa para medir el consumo de combustible, la depreciación del vehículo considerando el costo de la unidad de acuerdo a su capacidad de carga, precio de caja especial de refrigeración y el equipo para refrigerar, así como el sueldo del operario y distancia a recorrer. Se determino el coeficiente técnico referente al costo. Las siguientes cuadros muestran los conceptos para el calculo del coeficiente técnico de costo de transporte por los tres tipos de vehículos con los que contará la empresa.

Cuadro 9. Costos de Transporte para un Vehículo Chico tipo 1 con una capacidad máxima de carga de 2.5 toneladas.



Hino Serie 300
Modelo 514 Semi Largo
Carga 2.5 ton

Precio Vehículo en Pesos		\$517,202.40
Precio Refrigeración en Pesos		\$54,854.80
Precio Caja en Pesos		\$90,000.00
Costo Total		\$662,057.20
Dimensiones	Unidad	Medida
Altura Vehicular	2.1	mts
Ancho Vehicular	1.695	mts
Largo Vehicular	4.67	mts
Peso Vehicular	4.5	tons
Combustible	Unidad	Medida
Km/L Cargado	6	KM/L
Km/L Vacío	8	KM/L
Costo por Litro	\$14.20	\$
Capacidad Tanque	70	litros
Km por Año	300,000	km
km por día	821.92	km
Lts por día	136.99	lts
Costo por día GAS	\$1,945.21	\$
Costo por KM	\$2.37	\$
Tipo de carga	Unidad	Medida
Unidad Carga	2.5	toneladas
Peso Unidad	2,500	kgs
Vida Útil en kms	Unidad	Medida
Valor Vehículo	\$662,057.20	\$
Vida Útil	1,500,000	kms
Costo km	\$0.44	\$
Costos Fijos Mensuales	Unidad	Medida
Seguro	400	\$
Impuestos	50	\$
Reparaciones	500	\$
Administración	100	\$
Otros Costos	100	\$
Total	\$1,150.00	25,000 km * mes
Costo por KM	\$0.05	\$
Pago al Chofer	Unidad	Medida
Fijo mensual	10000	\$
Costo por KM	\$0.40	\$
Mantenimientos	Unidad	Medida
Cada	15,000	kms
Costo Mant.	4000	\$
Costo por KM	\$0.27	\$
Coficiente Costo X Km	\$3.5	\$

Fuente: Elaboración Propia con datos de empresa dedicada al transporte.

Cuadro 10. Costos de Transporte para un Vehículo Mediano tipo 2 con una capacidad máxima de carga de 7 toneladas.



Precio Vehículo en Pesos		\$879,244.08
Precio Refrigeración en Pesos		\$59,556.64
Precio Caja en Pesos		\$126,000.00
Costo Total		\$1,064,800.72
Dimensiones	Unidad	Medida
Altura Vehicular	2.31	mts
Ancho Vehicular	2.114	mts
Largo Vehicular	6.79	mts
Peso Vehicular	8.865	tons
Combustible	Unidad	Medida
Km/L Cargado	5	KM/L
Km/L Vacío	7	KM/L
Costo por Litro	\$14.20	\$
Capacidad Tanque	140	litros
Km por Año	300,000	km
km por día	821.92	km
Lts por día	164.38	lts
Costo por día GAS	\$2,334.25	\$
Costo por KM	\$2.84	\$
Tipo de carga	Unidad	Medida
Unidad Carga	7	toneladas
Peso Unidad	7,000	kgs
Vida Útil en kms	Unidad	Medida
Valor Vehículo	\$1,064,800.72	\$
Vida Útil	1,500,000.00	kms
Costo km	\$0.71	\$
Costos Fijos Mensuales	Unidad	Medida
Seguro	600	\$
Impuestos	50	\$
Reparaciones	500	\$
Administración	100	\$
Otros Costos	0	\$
Total	\$1,250.00	25,000 km * mes
Costo por KM	\$0.05	\$
Pago al Chofer	Unidad	Medida
Fijo mensual	10000	\$
Costo por KM	\$0.40	\$
Mantenimientos	Unidad	Medida
Cada	10500	kms
Costo Mant.	4520	\$
Costo por KM	\$0.43	\$
Coficiente Costo X Km	\$4.4	\$

Fuente: Elaboración Propia con datos de empresa dedicada al transporte.

Cuadro 11. Costos de Transporte para un Vehículo Grande tipo 3 con una capacidad máxima de carga de 13 toneladas.



Kenworth KW55-18ton
Carga: hasta 13 ton

Precio Vehículo en Pesos		\$750,000.00
Precio Refrigeración en Pesos		\$274,274.00
Precio Caja en Pesos		\$168,000.00
Costo Total		\$1,192,274.00
Dimensiones	Unidad	Medida
Altura Vehicular	2.5	mts
Ancho Vehicular	2.46	mts
Largo Vehicular	8.81	mts
Peso Vehicular	18	tons
Combustible	Unidad	Medida
Km/L Cargado	4	KM/L
Km/L Vacío	6	KM/L
Costo por Litro	\$14.20	\$
Capacidad Tanque	200	litros
Km por Año	300,000	km
km por día	821.92	km
Lts por día	205.48	lts
Costo por día GAS	\$2,917.81	\$
Costo por KM	\$3.55	\$
Tipo de carga	Unidad	Medida
Unidad Carga	13	toneladas
Peso Unidad	13,000	kgs
Vida Útil en kms	Unidad	Medida
Valor Vehículo	\$1,192,274.00	\$
Vida Útil	1,500,000.00	kms
Costo km	\$0.79	\$
Costos Fijos Mensuales	Unidad	Medida
Seguro	800	\$
Impuestos	50	\$
Reparaciones	500	\$
Administración	100	\$
Otros Costos	0	\$
Total	\$1,450.00	25,000 km * mes
Costo por KM	\$0.06	\$
Pago al Chofer	Unidad	Medida
Fijo mensual	10000	\$
Costo por KM	\$0.40	\$
Mantenimientos	Unidad	Medida
Cada	10,000	kms
Costo Mant.	5000	\$
Costo por KM	\$0.50	\$
Coficiente Costo X Km	\$5.3	\$

Fuente: Elaboración Propia con datos de empresa dedicada al transporte.

En la presente investigación, mediante la información recabada se debe de obtener el conocimiento perfecto de la red de distribución de carne en la Ciudad de México, medido en costos. Por lo cual habrá un beneficio a la sociedad por consumir productos inocuos, con la mejor logística, y al tiempo que necesitan ser consumidos.

5.3.2 Modelización del problema de Transporte

Los problemas de transporte surgen con frecuencia en la planeación de la distribución de productos y servicios, desde varios suministros hacia varios sitios de demanda.

Para esta investigación en específico se consideraron tres diferentes tipos de vehículo que salen del mismo origen. (rastros) solo que cada destino tiene diferente capacidad de transporte. Los destinos son considerados como cada tienda Walmart. La modelización del problema se hace para cada zona del Distrito Federal, por cuestiones de logística.

5.3.2.1. Zona Sur

El siguiente cuadro hace referencia a la capacidad de transporte de los tres tipos de vehículos, que parten del mismo origen; sin embargo, se consideran como tres orígenes para la simplificación del problema de transporte.

Cuadro 12. Capacidad de Transporte Partiendo del Origen para la Zona Sur.

Origen	Tipo Vehículo	Cap. Transporte
1	Chico	2,500 kg
2	Mediano	7,000 kg
3	Grande	13,000 kg
	Total	22,500 kg

Fuente: Elaboración Propia.

La empresa distribuye carne procesada y empacada al vacío en cortes sub-primarios a tiendas de autoservicio Walmart (destinos), solo en la ciudad de México y zona metropolitana.

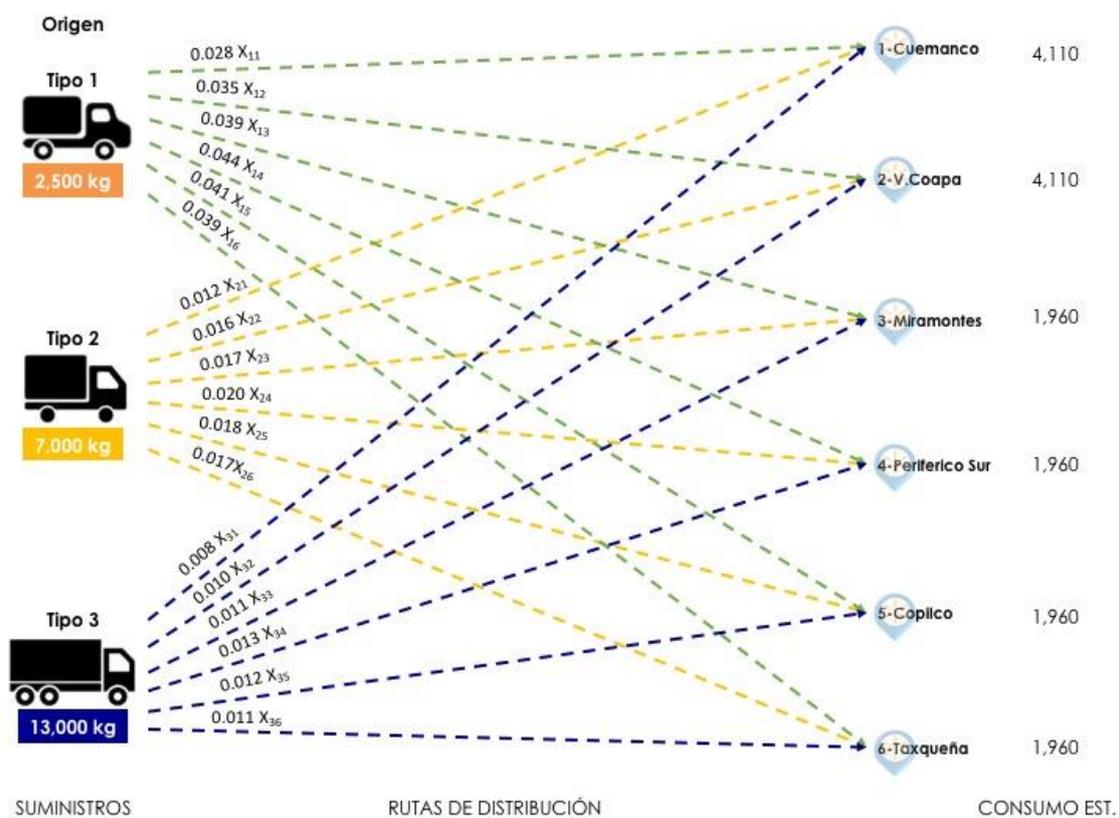
El cuadro 13 muestra el pronóstico de consumo de carne que demanda las tiendas Walmart por semana, en la zona sur del D.F con base a encuesta directa.

Cuadro 13. Pronóstico de Consumo de Carne por Delegación en la Zona Sur del D.F.

Destino	Tienda	Pronóstico de consumo de carne (Kg)
1	Cuemanco	4,110
2	Villa coapa	4,110
3	Miramontes	1,960
4	Periferico sur	1,960
5	Copilco	1,960
6	Taxqueña	1,960
	Total	16,060

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se muestra la representación gráfica del problema de transporte para la zona sur del D.F. Figura 3



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 4. Representación de Red del problema de transporte de la Zona Sur

La figura muestra que los tipos de vehículos 1, 2, 3 salen del mismo origen, la diferencia entre ellos es la capacidad máxima de carga, el destino son las tiendas Walmart ubicadas en la zona sur del Distrito Federal con el consumo estimado para cada una de estas. También se muestra el coeficiente técnico de costo de transporte, en cada tipo de vehículo hacia cada tienda.

5.3.2.1.1 Costo de Transporte por kilogramo de carne para la Zona Sur

Se utilizó un modelo de programación lineal, se incluyeron variables de doble subíndice, las cuales indica el tipo de transporte 1, 2, 3 desde el origen i al destino j .

Donde X_{ij} = Costo unitario de unidad enviada desde el origen i al destino j .

$i = 1, 2, 3 \dots m$ y $j = 1, 2, 3 \dots n$

El cuadro 13 muestra los coeficiente técnico de costo de transporte de enviar un Kg de carne del origen i al destino j , representada en Pesos.

Cuadro 14. Costo de Transporte por kilogramo de carne para la Zona Sur

Vehículo Tipo	Cuemanco	Villa coapa	Miramontes	Taxqueña	Copilco	Periferico Sur
1	0.028	0.035	0.039	0.039	0.041	0.044
2	0.012	0.016	0.017	0.017	0.018	0.020
3	0.008	0.010	0.011	0.011	0.012	0.044

Fuente: Elaboración Propia.

Este cuadro indica el costo de enviar un kilogramo de carne, en cada uno de los diferentes tipos de transporte. Ya incluye la distancia que existe del origen a cada uno de los destinos.

El planteamiento del problema es el siguiente:

Costos de envío por kg en transporte chico tipo 1 = $0.028 X_{11} + 0.035 X_{12} + 0.039 X_{13} + 0.044 X_{14} + 0.041 X_{15} + 0.039 X_{16}$

Costos de envío por kg en transporte mediano tipo 2 = $0.012 X_{21} + 0.016 X_{22} + 0.017 X_{23} + 0.020 X_{24} + 0.018 X_{25} + 0.017 X_{26}$

Costos de envío por kg en transporte grande tipo 3 = $0.008 X_{31} + 0.010 X_{32} + 0.011 X_{33} + 0.013 X_{34} + 0.012 X_{35} + 0.011 X_{36}$

La suma de estas expresiones proporciona la función objetivo que muestra el costo de transporte total del problema.

Min Z = $0.028 X_{11} + 0.035 X_{12} + 0.039 X_{13} + 0.044 X_{14} + 0.041 X_{15} + 0.039 X_{16} + 0.012 X_{21} + 0.016 X_{22} + 0.017 X_{23} + 0.020 X_{24} + 0.018 X_{25} + 0.017 X_{26} + 0.008 X_{31} + 0.010 X_{32} + 0.011 X_{33} + 0.013 X_{34} + 0.012 X_{35} + 0.011 X_{36}$

Los problemas de transporte necesitan restricciones debido a que cada origen tiene un suministro limitado y cada destino tiene un requerimiento de consumo.

Restricciones de oferta o disponibilidad, las cuales son de signo \leq , se utilizo este signo para que se cumpla la restricción que no se puede enviar mas de la capacidad máxima de carga de cada uno de los vehículos, pudiendo abastecer cada vehículo a todas las tiendas.

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} \leq 2,500$$

$$X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} + X_{26} \leq 7,000$$

$$X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} + X_{35} + X_{36} \leq 13,000$$

Oferta total para las tiendas Wal-Mart de la zona sur es de **22,500 kg**.

Restricciones de demanda, las cuales son de signo \geq , se utilizo este signo para que se cumpla la restricción de consumo de carne, se tiene que enviar la cantidad que requiere cada una de las tiendas y puede ser abastecida por los 3 vehículos.

$$X_{11} + X_{21} + X_{31} \geq 4,110$$

$$X_{12} + X_{22} + X_{32} \geq 4,110$$

$$X_{13} + X_{23} + X_{33} \geq 1,960$$

$$X_{14} + X_{24} + X_{34} \geq 1,960$$

$$X_{15} + X_{25} + X_{35} \geq 1,960$$

$$X_{16} + X_{26} + X_{36} \geq 1,960$$

Demanda total de carne para la zona sur es de **16,060 kg**.

5.3.2.2. Zona Poniente

Para la zona poniente del D.F. la capacidad de transporte partiendo del origen se muestran en la Cuadro 15.

Cuadro 15. Capacidad de Transporte Partiendo del Origen para la Zona Poniente.

Vehiculo Tipo	Tipo Vehiculo	Cap. Transporte
1	Chico	5,000 kg
2	Mediano	14,000 kg
3	Grande	26,000 kg
	Total	45,000 kg

Fuente: Elaboración Propia.

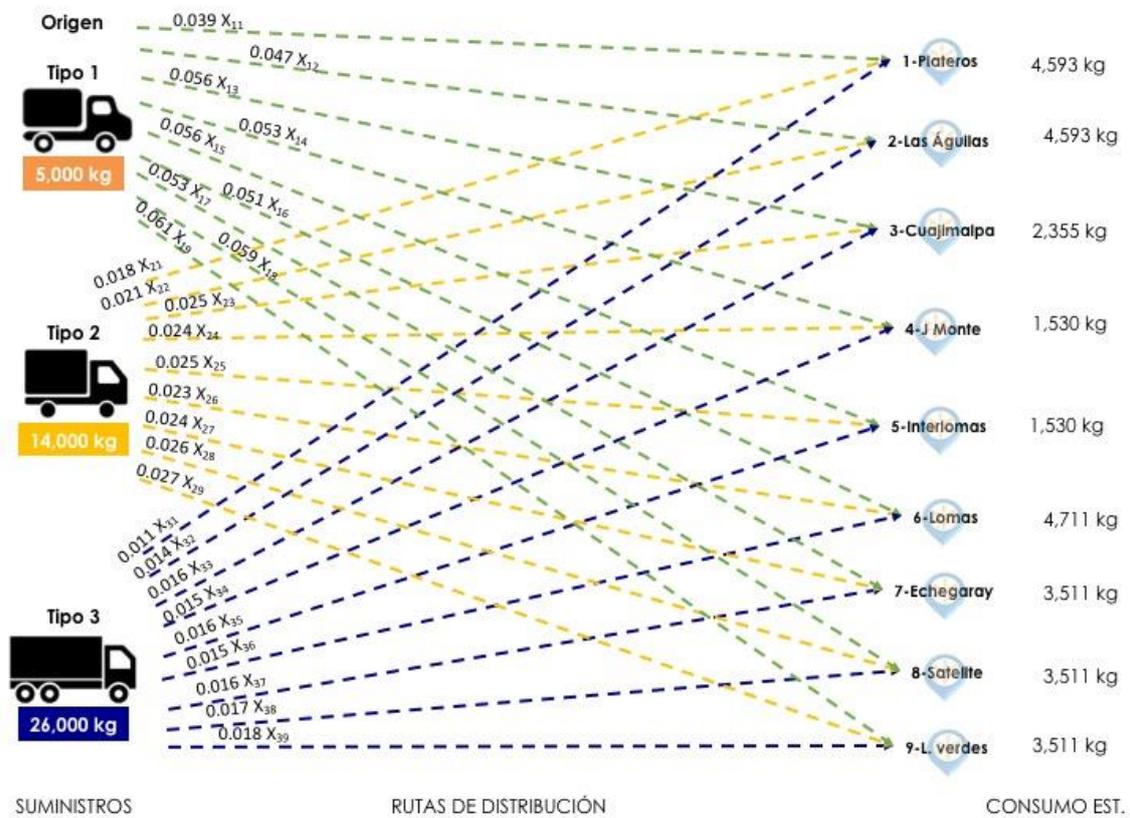
El Cuadro 16 muestra el pronostico de consumo de carne que demanda las tiendas Walmart por semana, para la zona poniente del D.F con base a encuesta directa.

Cuadro 16. Pronostico de Consumo de Carne por Tienda en la Zona Poniente del D.F.

Destino	Tienda	Pronostico de consumo de carne (Kg)
1	Plateros	4,593
2	Las águilas	4,593
3	Cuajimalpa	2,355
4	Jesus del monte	1,530
5	Interlomas	1,530
6	Lomas	4,711
7	Echegaray	3,511
8	Satelite	3,511
9	Lomas verdes	3,511
	Total	29,845

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se muestra la representación grafica del problema de transporte para la zona poniente del D.F. Figura 4



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 5. Representación de Red del problema de transporte de la Zona Poniente.

La figura 5 muestra que los tipos de vehículos 1, 2, 3 salen del mismo origen, la diferencia entre ellos es la capacidad máxima de carga, el destino son las tiendas Walmart ubicadas en la zona poniente del Distrito Federal con el consumo estimado para cada una de estas. También se muestra el coeficiente técnico de costo de transporte, en cada tipo de vehículo hacia cada tienda.

5.3.2.2.1 Costo de Transporte por kilogramo de carne para la zona poniente

Al igual que la zona anterior se utilizó un modelo de programación lineal, se incluyeron variables de doble subíndice, las cuales indica el tipo de transporte 1, 2, 3 desde el origen i al destino j .

Donde X_{ij} = Costo unitario de unidad enviada desde el origen i al destino j .

$$i = 1, 2, 3 \dots m \text{ y } j = 1, 2, 3 \dots n$$

El cuadro 17 muestra los coeficiente técnico de costo de transporte de enviar un Kg de carne del origen i al destino j , representada en Pesos.

Cuadro 17. Costo de Transporte por kilogramo de carne para la Zona Poniente.

Vehículo Tipo	Plateros	Las águilas	Cuajimalpa	Jesus del monte	Interlomas	Lomas	Echegaray	Satelite	Lomas Verdes
1	0.039	0.047	0.056	0.053	0.056	0.051	0.053	0.059	0.061
2	0.018	0.021	0.025	0.024	0.025	0.023	0.024	0.026	0.027
3	0.011	0.014	0.016	0.015	0.016	0.015	0.016	0.017	0.018

Fuente: Elaboración Propia.

Este cuadro indica el costo de enviar un kilogramo de carne, en cada uno de los diferentes tipos de transporte. Ya incluye la distancia que existe del origen a cada uno de los destinos.

El planteamiento del problema es el siguiente:

Costo de envió por kg en transporte chico tipo 1 = $0.039 X_{11} + 0.047 X_{12} + 0.056 X_{13} + 0.053 X_{14} + 0.056 X_{15} + 0.051 X_{16} + 0.053 X_{17} + 0.059 X_{18} + 0.061 X_{19}$

Costos de envió por kg en transporte mediano tipo 2 = $0.018 X_{21} + 0.021 X_{22} + 0.025 X_{23} + 0.024 X_{24} + 0.025 X_{25} + 0.023 X_{26} + 0.024 X_{27} + 0.026 X_{28} + 0.027 X_{29}$

Costos de envió por kg en transporte grande tipo 3 = $0.011 X_{31} + 0.014 X_{32} + 0.016 X_{33} + 0.015 X_{34} + 0.016 X_{35} + 0.015 X_{36} + 0.016 X_{37} + 0.017 X_{38} + 0.018 X_{39}$

La suma de estas expresiones proporciona la función objetivo que muestra el costo de transporte total del problema.

Min Z = $0.039 X_{11} + 0.047 X_{12} + 0.056 X_{13} + 0.053 X_{14} + 0.056 X_{15} + 0.051 X_{16} + 0.053 X_{17} + 0.059 X_{18} + 0.061 X_{19} + 0.018 X_{21} + 0.021 X_{22} + 0.025 X_{23} + 0.024 X_{24} + 0.025 X_{25} + 0.023 X_{26} + 0.024 X_{27} + 0.026 X_{28} + 0.027 X_{29} + 0.011 X_{31} + 0.014 X_{32} + 0.016 X_{33} + 0.015 X_{34} + 0.016 X_{35} + 0.015 X_{36} + 0.016 X_{37} + 0.017 X_{38} + 0.018 X_{39}$

Los problemas de transporte necesitan restricciones debido a que cada origen tiene un suministro limitado y cada destino tiene un requerimiento de consumo.

Restricciones de oferta o disponibilidad, las cuales son de signo \leq , se utilizo este signo para que se cumpla la restricción que no se puede enviar mas de la capacidad máxima de carga de cada uno de los vehículos, pudiendo abastecer cada vehículo a todas las tiendas.

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{17} + X_{18} + X_{19} \leq 5,000$$

$$X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} + X_{26} + X_{27} + X_{28} + X_{29} \leq 14,000$$

$$X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} + X_{35} + X_{36} + X_{37} + X_{38} + X_{39} \leq 26,000$$

Oferta total para las tiendas Walmart de la zona poniente es de **45,000 kg.**

Restricciones de demanda, las cuales son de signo \geq , se utilizo este signo para que se cumpla la restricción de consumo de carne, se tiene que enviar la cantidad que requiere cada una de las tiendas y puede ser abastecida por los 3 vehículos.

$$X_{11} + X_{21} + X_{31} \geq 4,593$$

$$X_{12} + X_{22} + X_{32} \geq 4,593$$

$$X_{13} + X_{23} + X_{33} \geq 2,355$$

$$X_{14} + X_{24} + X_{34} \geq 1,530$$

$$X_{15} + X_{25} + X_{35} \geq 1,530$$

$$X_{16} + X_{26} + X_{36} \geq 4,711$$

$$X_{17} + X_{27} + X_{37} \geq 3,511$$

$$X_{18} + X_{28} + X_{38} \geq 3,511$$

$$X_{19} + X_{29} + X_{39} \geq 3,511$$

Demanda total de carne para la zona poniente es de **29,845 kg.**

5.3.2.3. Zona Oriente

Para la zona oriente del D.F. la capacidad de transporte partiendo del origen se muestran en el Cuadro 18.

Cuadro 18. Capacidad de Transporte Partiendo del Origen para la Zona Oriente.

Vehiculo Tipo	Tipo Vehiculo	Cap. Transporte
1	Chico	5,000 kg
2	Mediano	14,000 kg
3	Grande	26,000 kg
	TOTAL	45,000 kg

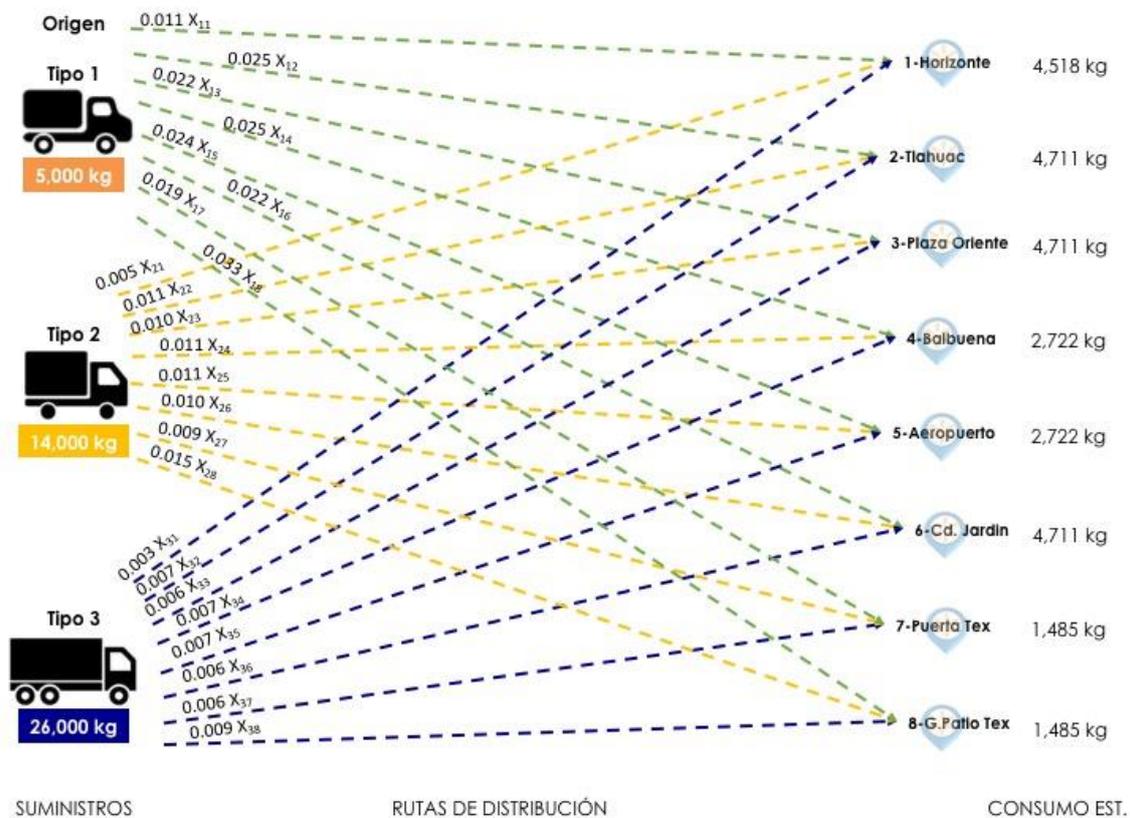
Fuente: Elaboración Propia.

El cuadro 19 muestra el pronostico de consumo de carne que demanda las tiendas Walmart por semana, para la zona oriente con base a encuesta directa.

Cuadro 19. Pronostico de Consumo de Carne por Delegación en la Zona Oriente del D.F.

Destino	Tienda	Pronostico de consumo de carne (Kg)
1	Horizonte	4,518 kg
2	Tlahuac	4,711 kg
3	Plaza oriente	4,711 kg
4	Balbuena	2,722 kg
5	Aeropuerto	2,722 kg
6	Cd. jardin	4,711 kg
7	Puerta texcoco	1,485 kg
8	Hiperplaza texcoco	1,485 kg
TOTAL		27,065 kg

Fuente: Elaboración Propia.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 6. Representación de Red del problema de transporte de la Zona Oriente.

La figura 6 muestra que los tipos de vehículos 1, 2, 3 salen del mismo origen, la diferencia entre ellos es la capacidad máxima de carga, el destino son las tiendas Walmart ubicadas en la zona oriente del Distrito Federal con el consumo estimado para cada una de estas. También se muestra el coeficiente técnico de costo de transporte, en cada tipo de vehículo hacia cada tienda.

5.3.2.3.1. Costo de Transporte por kilogramo de carne para la Zona Oriente

Al igual que la zona anterior se utilizó un modelo de programación lineal, se incluyeron variables de doble subíndice, las cuales indica el tipo de transporte 1, 2, 3 desde el origen i al destino j .

Donde X_{ij} = Costo unitario de unidad enviada desde el origen i al destino j .

$i = 1, 2, 3 \dots m$ y $j = 1, 2, 3 \dots n$

Cuadro 20. Costo de Transporte por kilogramo de carne para la Zona Oriente

OrigenDestino	Horizonte	Tlahuac	Plaza oriente	Balbuena	Aeropuerto	Cd. jardín	Puerta texcoco	Hiperplaza texcoco
1	0.011	0.025	0.022	0.025	0.024	0.022	0.019	0.033
2	0.005	0.011	0.010	0.011	0.011	0.010	0.009	0.015
3	0.003	0.007	0.006	0.007	0.007	0.006	0.006	0.009

Fuente: Elaboración Propia.

Este cuadro indica el costo de enviar un kilogramo de carne, en cada uno de los diferentes tipos de transporte. Ya incluye la distancia que existe del origen a cada uno de los destinos.

El planteamiento del problema es el siguiente:

Costo de envió por kg en transporte chico tipo 1 = $0.011 X_{11} + 0.025 X_{12} + 0.022 X_{13} + 0.025 X_{14} + 0.024 X_{15} + 0.022 X_{16} + 0.019 X_{17} + 0.033 X_{18}$

Costos de envió por kg en transporte mediano tipo 2 = $0.005 X_{21} + 0.011 X_{22} + 0.010 X_{23} + 0.011 X_{24} + 0.011 X_{25} + 0.010 X_{26} + 0.009 X_{27} + 0.015 X_{28}$

Costos de envió por kg en transporte grande tipo 3 = $0.003 X_{31} + 0.007 X_{32} + 0.006 X_{33} + 0.007 X_{34} + 0.007 X_{35} + 0.006 X_{36} + 0.006 X_{37} + 0.009 X_{38}$

La suma de estas expresiones proporciona la función objetivo que muestra el costo de transporte total del problema.

$$\begin{aligned} \text{Min } Z = & 0.011 X_{11} + 0.025 X_{12} + 0.022 X_{13} + 0.025 X_{14} + 0.024 X_{15} + 0.022 X_{16} + 0.019 \\ & X_{17} + 0.033 X_{18} + 0.005 X_{21} + 0.011 X_{22} + 0.010 X_{23} + 0.011 X_{24} + 0.011 X_{25} + 0.010 X_{26} \\ & + 0.009 X_{27} + 0.015 X_{28} + 0.003 X_{31} + 0.007 X_{32} + 0.006 X_{33} + 0.007 X_{34} + 0.007 X_{35} + \\ & 0.006 X_{36} + 0.006 X_{37} + 0.009 X_{38} \end{aligned}$$

Los problemas de transporte necesitan restricciones debido a que cada origen tiene un suministro limitado y cada destino tiene un requerimiento de consumo.

Restricciones de oferta o disponibilidad, las cuales son de signo \leq , se utilizo este signo para que se cumpla la restricción que no se puede enviar mas de la capacidad máxima de carga de cada uno de los vehículos, pudiendo abastecer cada vehículo a todas las tiendas.

$$\begin{aligned} X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{17} + X_{18} &\leq \mathbf{5,000} \\ X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} + X_{26} + X_{27} + X_{28} &\leq \mathbf{14,000} \\ X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} + X_{35} + X_{36} + X_{37} + X_{38} &\leq \mathbf{26,000} \end{aligned}$$

Oferta total para las tiendas Walmart de la zona oriente es de **45,000 kg.**

Restricciones de demanda, las cuales son de signo \geq , se utilizo este signo para que se cumpla la restricción de consumo de carne, se tiene que enviar la cantidad que requiere cada una de las tiendas y puede ser abastecida por los 3 vehículos.

$$\begin{aligned} X_{11} + X_{21} + X_{31} &\geq \mathbf{4,518} \\ X_{12} + X_{22} + X_{32} &\geq \mathbf{4,711} \\ X_{13} + X_{23} + X_{33} &\geq \mathbf{4,711} \\ X_{14} + X_{24} + X_{34} &\geq \mathbf{2,722} \\ X_{15} + X_{25} + X_{35} &\geq \mathbf{2,722} \\ X_{16} + X_{26} + X_{36} &\geq \mathbf{4,711} \\ X_{17} + X_{27} + X_{37} &\geq \mathbf{1,485} \\ X_{18} + X_{28} + X_{38} &\geq \mathbf{1,485} \end{aligned}$$

Demanda total de carne para la zona oriente es de **27,065 kg.**

5.3.2.4. Zona Norte

Para la zona norte del D.F. la capacidad de transporte partiendo del origen se muestran en el Cuadro 21.

Cuadro 21. Capacidad de Transporte Partiendo del Origen para la Zona Norte.

Vehículo tipo	Tipo Vehículo	Cap. Transporte
1	Chico	5,000 kg
2	Mediano	14,000 kg
3	Grande	26,000 kg
	TOTAL	45,000 kg

Fuente: Elaboración Propia.

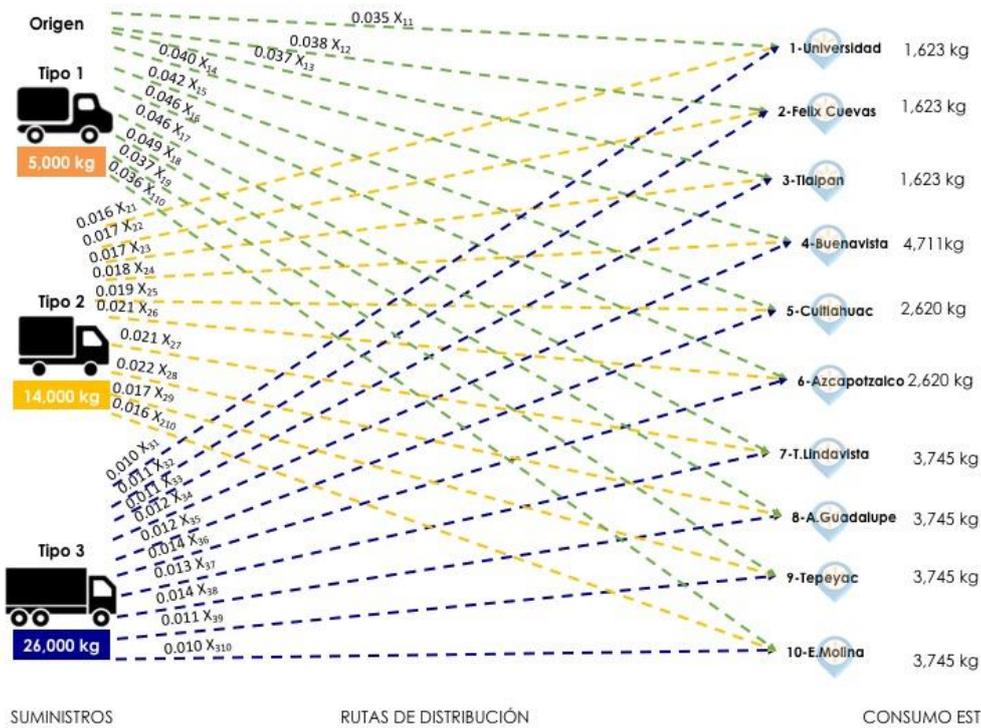
El Cuadro 22 muestra el pronostico de consumo de carne que demanda las tiendas Walmart por semana para la zona norte, con base a encuesta directa.

Cuadro 22. Pronostico de Consumo de Carne por Delegación en la Zona Norte del D.F.

Destino	Tienda	Pronostico de consumo de carne (Kg)
1	Universidad	1,623 kg
2	Felix cuevas	1,623 kg
3	Tlalpan	1,623 kg
4	Buнавista	4,711 kg
5	Cuitlahuac	2,620 kg
6	Azcapotzalco	2,620 kg
7	Torres lindavista	3,745 kg
8	Acueducto de guadalupe	3,745 kg
9	Tepeyac	3,745 kg
10	Eduardo molina	3,745 kg
	TOTAL	29,800 kg

Fuente: Elaboración Propia.

La figura 7 muestra que los tipos de vehículos 1, 2, 3 salen del mismo origen, la diferencia entre ellos es la capacidad máxima de carga, el destino son las tiendas Walmart ubicadas en la zona norte del Distrito Federal con el consumo estimado para cada una de estas. También se muestra el coeficiente técnico de costo de transporte, en cada tipo de vehículo hacia cada tienda.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 7. Representación de Red del problema de transporte de la Zona Norte de D.F.

5.3.2.4.1. Costo de Transporte por Kilogramo de Carne para la Zona D.F. Norte

Al igual que la zona anterior se utilizó un modelo de programación lineal, se incluyeron variables de doble subíndice, las cuales indica el tipo de transporte 1, 2, 3 desde el origen i al destino j .

Donde X_{ij} = Costo unitario de unidad enviada desde el origen i al destino j .

$i = 1, 2, 3 \dots m$ y $j = 1, 2, 3 \dots n$

Cuadro 23. Costo de Transporte por kilogramo de carne para la Zona Norte.

OrigenDestino	Universidad	Felix cuevas	Tlalpan	Buenavista	Cuitlahuac	Azcapotzalco	Torres Lindavista	Acueducto de guadalupe	Tepeyac	Eduardo Molina
1	0.035	0.038	0.037	0.040	0.042	0.046	0.046	0.049	0.037	0.036
2	0.016	0.017	0.017	0.018	0.019	0.021	0.021	0.022	0.017	0.016
3	0.010	0.011	0.011	0.012	0.012	0.014	0.013	0.014	0.011	0.010

Fuente: Elaboración Propia.

Este cuadro indica el costo de enviar un kilogramo de carne, en cada uno de los diferentes tipos de transporte. Ya incluye la distancia que existe del origen a cada uno de los destinos.

El planteamiento del problema es el siguiente:

$$\text{Costo de envió por kg en transporte chico tipo 1} = 0.035 X_{11} + 0.038 X_{12} + 0.037 X_{13} + 0.040 X_{14} + 0.042 X_{15} + 0.046 X_{16} + 0.046 X_{17} + 0.049 X_{18} + 0.037 X_{19} + 0.036 X_{110}$$

$$\text{Costos de envió por kg en transporte mediano tipo 2} = 0.016 X_{21} + 0.017 X_{22} + 0.017 X_{23} + 0.018 X_{24} + 0.019 X_{25} + 0.021 X_{26} + 0.021 X_{27} + 0.022 X_{28} + 0.017 X_{29} + 0.016 X_{210}$$

$$\text{Costos de envió por kg en transporte grande tipo 3} = 0.010 X_{31} + 0.011 X_{32} + 0.011 X_{33} + 0.012 X_{34} + 0.012 X_{35} + 0.014 X_{36} + 0.013 X_{37} + 0.014 X_{38} + 0.011 X_{39} + 0.010 X_{310}$$

La suma de estas expresiones proporciona la función objetivo que muestra el costo de transporte total del problema.

$$\text{Min } Z = 0.035 X_{11} + 0.038 X_{12} + 0.037 X_{13} + 0.040 X_{14} + 0.042 X_{15} + 0.046 X_{16} + 0.046 X_{17} + 0.049 X_{18} + 0.037 X_{19} + 0.036 X_{110} + 0.016 X_{21} + 0.017 X_{22} + 0.017 X_{23} + 0.018 X_{24} + 0.019 X_{25} + 0.021 X_{26} + 0.021 X_{27} + 0.022 X_{28} + 0.017 X_{29} + 0.016 X_{210} + 0.010 X_{31} + 0.011 X_{32} + 0.011 X_{33} + 0.012 X_{34} + 0.012 X_{35} + 0.014 X_{36} + 0.013 X_{37} + 0.014 X_{38} + 0.011 X_{39} + 0.010 X_{310}$$

Los problemas de transporte necesitan restricciones debido a que cada origen tiene un suministro limitado y cada destino tiene un requerimiento de consumo.

Restricciones de oferta o disponibilidad, las cuales son de signo \leq , se utilizo este signo para que se cumpla la restricción que no se puede enviar mas de la capacidad máxima de carga de cada uno de los vehículos, pudiendo abastecer cada vehículo a todas las tiendas.

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{17} + X_{18} + X_{19} + X_{110} \leq 5,000$$

$$X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} + X_{26} + X_{27} + X_{28} + X_{29} + X_{210} \leq 14,000$$

$$X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} + X_{35} + X_{36} + X_{37} + X_{38} + X_{39} + X_{310} \leq 26,000$$

Oferta total para las tiendas Walmart de la zona DF norte es de **45,000 kg**.

Restricciones de demanda, las cuales son de signo \geq , se utilizo este signo para que se cumpla la restricción de consumo de carne, se tiene que enviar la cantidad que requiere cada una de las tiendas y puede ser abastecida por los 3 vehículos.

$$X_{11} + X_{21} + X_{31} \geq 1,623$$

$$X_{12} + X_{22} + X_{32} \geq 1,623$$

$$X_{13} + X_{23} + X_{33} \geq 1,623$$

$$X_{14} + X_{24} + X_{34} \geq 4,711$$

$$X_{15} + X_{25} + X_{35} \geq 2,620$$

$$X_{16} + X_{26} + X_{36} \geq 2,620$$

$$X_{17} + X_{27} + X_{37} \geq 3,745$$

$$X_{18} + X_{28} + X_{38} \geq 3,745$$

$$X_{19} + X_{29} + X_{39} \geq 3,745$$

$$X_{110} + X_{210} + X_{310} \geq 3,745$$

Demanda total de carne para la zona de norte es de **29,800 kg.**

5.3.2.5. Zona AM Norte

Para la zona AM Norte del D.F. la capacidad de transporte partiendo del origen se muestran en el Cuadro 24.

Cuadro 24. Capacidad de Transporte Partiendo del Origen para la Zona AM Norte.

Vehiculo Tipo	Tipo Vehiculo	Cap. Transporte
1	Chico	7,500 kg
2	Mediano	21,000 kg
3	Grande	39,000 kg
TOTAL		67,500 kg

Fuente: Elaboración Propia.

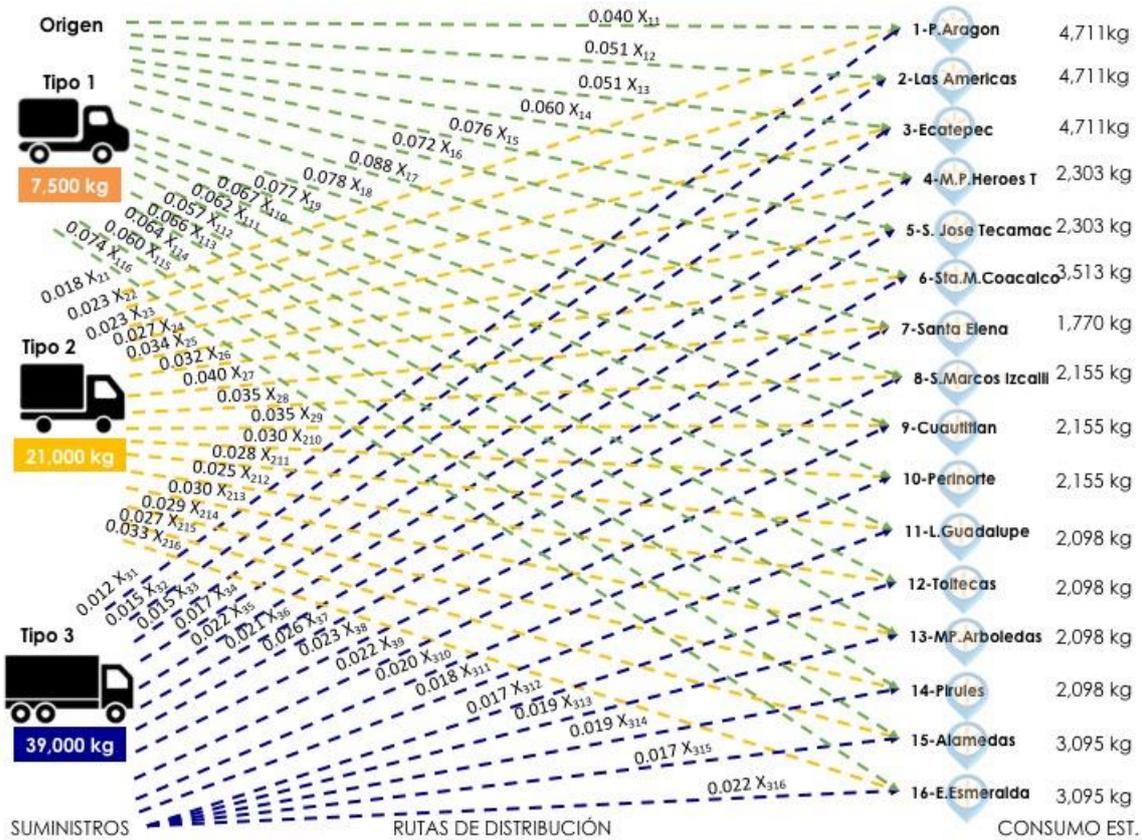
El cuadro 25 muestra el pronostico de consumo de carne que demanda la tienda Walmart por semana, para la zona am norte, con base a encuesta directa.

Cuadro 25. Pronostico de Consumo de Carne por Delegación en la Zona AM Norte.

Destino	Tienda	Pronostico de consumo de carne (Kg)
1	Plaza Aragon	4,711
2	Las Americas	4,711
3	Ecatepec Centro	4,711
4	Macro Plaza Heroes Tecamac	2,303
5	San José Tecamac	2,303
6	Santa María Coacalco	3,513
7	Santa Elena	1,770
8	San Marcos Izcalli	2,155
9	Cuautitlan	2,155

10	Perinorte	2,155
11	Lago de Guadalupe	2,098
12	Toltecas	2,098
13	Multiplaza Arboledas	2,098
14	Pirules	2,098
15	Las Alamedas	3,095
16	Espacio Esmeralda	3,095
TOTAL		45,069

Fuente: Elaboración Propia.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 8. Representación de Red del problema de transporte de la Zona AM Norte.

La figura 8 muestra que los tipos de vehículos 1, 2, 3 salen del mismo origen, la diferencia entre ellos es la capacidad máxima de carga, el destino son las tiendas Walmart ubicadas en la zona norte del área metropolitana con el consumo estimado para cada una de estas. También se muestra el coeficiente técnico de costo de transporte, en cada tipo de vehículo hacia cada tienda.

5.3.2.5.1. Costo de Transporte por Kilogramo de Carne para la Zona AM Norte

Al igual que la zona anterior se utilizó un modelo de programación lineal, se incluyeron variables de doble subíndice, las cuales indica el tipo de transporte 1, 2, 3 desde el origen i al destino j .

Donde X_{ij} = Costo unitario de unidad enviada desde el origen i al destino j .

$i = 1, 2, 3 \dots m$ y $j = 1, 2, 3 \dots n$

Cuadro 26. Costo de Transporte por Kilogramo de Carne para la Zona AM Norte.

Origen/ Destino	Plaza Aragón	Las Americas	Ecatepec Centro	Macro Plaza Héroes Tecamac	San José Tecamac	Santa María Coacalco	Santa Elena	San Marcos Izcalli	Cuautitlan	Perinorte	Lago de Guadalupe	Totecas	Multiplaza Árboledas	Pirules	Las Alamedas	Espacio Esmeralda
1	0.040	0.051	0.051	0.060	0.076	0.072	0.088	0.078	0.077	0.067	0.062	0.057	0.066	0.064	0.060	0.074
2	0.018	0.023	0.023	0.027	0.034	0.032	0.040	0.035	0.035	0.030	0.028	0.025	0.030	0.029	0.027	0.033
3	0.012	0.015	0.015	0.017	0.022	0.021	0.026	0.023	0.022	0.020	0.018	0.017	0.019	0.019	0.017	0.022

Fuente: Elaboración Propia.

Este cuadro indica el costo de enviar un kilogramo de carne, en cada uno de los diferentes tipos de transporte. Ya incluye la distancia que existe del origen a cada uno de los destinos.

El planteamiento del problema es el siguiente:

Costo de envío por kg en transporte chico tipo 1 = $0.040 X_{11} + 0.051 X_{12} + 0.051 X_{13} + 0.060 X_{14} + 0.076 X_{15} + 0.072 X_{16} + 0.088 X_{17} + 0.078 X_{18} + 0.077 X_{19} + 0.067 X_{110} + 0.062 X_{111} + 0.057 X_{112} + 0.066 X_{113} + 0.064 X_{114} + 0.060 X_{115} + 0.074 X_{116}$

Costos de envío por kg en transporte mediano tipo 2 = $0.018 X_{21} + 0.023 X_{22} + 0.023 X_{23} + 0.027 X_{24} + 0.034 X_{25} + 0.032 X_{26} + 0.040 X_{27} + 0.035 X_{28} + 0.035 X_{29} + 0.030 X_{210} + 0.028 X_{211} + 0.025 X_{212} + 0.030 X_{213} + 0.029 X_{214} + 0.027 X_{215} + 0.033 X_{216}$

Costos de envío por kg en transporte grande tipo 3 = $0.012 X_{31} + 0.015 X_{32} + 0.015 X_{33} + 0.017 X_{34} + 0.022 X_{35} + 0.021 X_{36} + 0.026 X_{37} + 0.023 X_{38} + 0.022 X_{39} + 0.020 X_{310} + 0.018 X_{311} + 0.017 X_{312} + 0.019 X_{313} + 0.019 X_{314} + 0.017 X_{315} + 0.022 X_{316}$

La suma de estas expresiones proporciona la función objetivo que muestra el costo de transporte total del problema.

$$\begin{aligned} \text{Min } Z = & 0.040 X_{11} + 0.051 X_{12} + 0.051 X_{13} + 0.060 X_{14} + 0.076 X_{15} + 0.072 X_{16} + 0.088 \\ & X_{17} + 0.078 X_{18} + 0.077 X_{19} + 0.067 X_{110} + 0.062 X_{111} + 0.057 X_{112} + 0.066 X_{113} + 0.064 \\ & X_{114} + 0.060 X_{115} + 0.074 X_{116} + 0.018 X_{21} + 0.023 X_{22} + 0.023 X_{23} + 0.027 X_{24} + 0.034 \\ & X_{25} + 0.032 X_{26} + 0.040 X_{27} + 0.035 X_{28} + 0.035 X_{29} + 0.030 X_{210} + 0.028 X_{211} + 0.025 \\ & X_{212} + 0.030 X_{213} + 0.029 X_{214} + 0.027 X_{215} + 0.033 X_{216} + 0.012 X_{31} + 0.015 X_{32} + 0.015 \\ & X_{33} + 0.017 X_{34} + 0.022 X_{35} + 0.021 X_{36} + 0.026 X_{37} + 0.023 X_{38} + 0.022 X_{39} + 0.020 X_{310} \\ & + 0.018 X_{311} + 0.017 X_{312} + 0.019 X_{313} + 0.019 X_{314} + 0.017 X_{315} + 0.022 X_{316} \end{aligned}$$

Los problemas de transporte necesitan restricciones debido a que cada origen tiene un suministro limitado y cada destino tiene un requerimiento de consumo.

Restricciones de oferta o disponibilidad, las cuales son de signo \leq , se utilizo este signo para que se cumpla la restricción que no se puede enviar mas de la capacidad máxima de carga de cada uno de los vehículos, pudiendo abastecer cada vehículo a todas las tiendas.

$$\begin{aligned} X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{17} + X_{18} + X_{19} + X_{110} + X_{111} + X_{112} + X_{113} + X_{114} + \\ X_{115} + X_{116} \leq \mathbf{7,500} \\ X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} + X_{26} + X_{27} + X_{28} + X_{29} + X_{210} + X_{211} + X_{212} + X_{213} + X_{214} + \\ X_{215} + X_{216} \leq \mathbf{21,000} \\ X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} + X_{35} + X_{36} + X_{37} + X_{38} + X_{39} + X_{310} + X_{311} + X_{312} + X_{313} + X_{314} + \\ X_{315} + X_{316} \leq \mathbf{39,000} \end{aligned}$$

Oferta total para las tiendas Walmart de la zona am norte es de **67,500 kg.**

Restricciones de demanda, las cuales son de signo \geq , se utilizo este signo para que se cumpla la restricción de consumo de carne, se tiene que enviar la cantidad que requiere cada una de las tiendas y puede ser abastecida por los 3 vehículos.

$$\begin{aligned} X_{11} + X_{21} + X_{31} &\geq \mathbf{4,711} \\ X_{12} + X_{22} + X_{32} &\geq \mathbf{4,711} \\ X_{13} + X_{23} + X_{33} &\geq \mathbf{4,711} \\ X_{14} + X_{24} + X_{34} &\geq \mathbf{2,303} \\ X_{15} + X_{25} + X_{35} &\geq \mathbf{2,303} \\ X_{16} + X_{26} + X_{36} &\geq \mathbf{3,513} \\ X_{17} + X_{27} + X_{37} &\geq \mathbf{1,770} \\ X_{18} + X_{28} + X_{38} &\geq \mathbf{2,155} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
X_{19} + X_{29} + X_{39} &\geq 2,155 \\
X_{110} + X_{210} + X_{310} &\geq 2,155 \\
X_{111} + X_{211} + X_{311} &\geq 2,098 \\
X_{112} + X_{212} + X_{312} &\geq 2,098 \\
X_{113} + X_{213} + X_{313} &\geq 2,098 \\
X_{114} + X_{214} + X_{314} &\geq 2,098 \\
X_{115} + X_{215} + X_{315} &\geq 3,095 \\
X_{116} + X_{216} + X_{316} &\geq 3,095
\end{aligned}$$

Demanda total de carne para la zona am norte es de 45,069 kg.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Zona Sur.

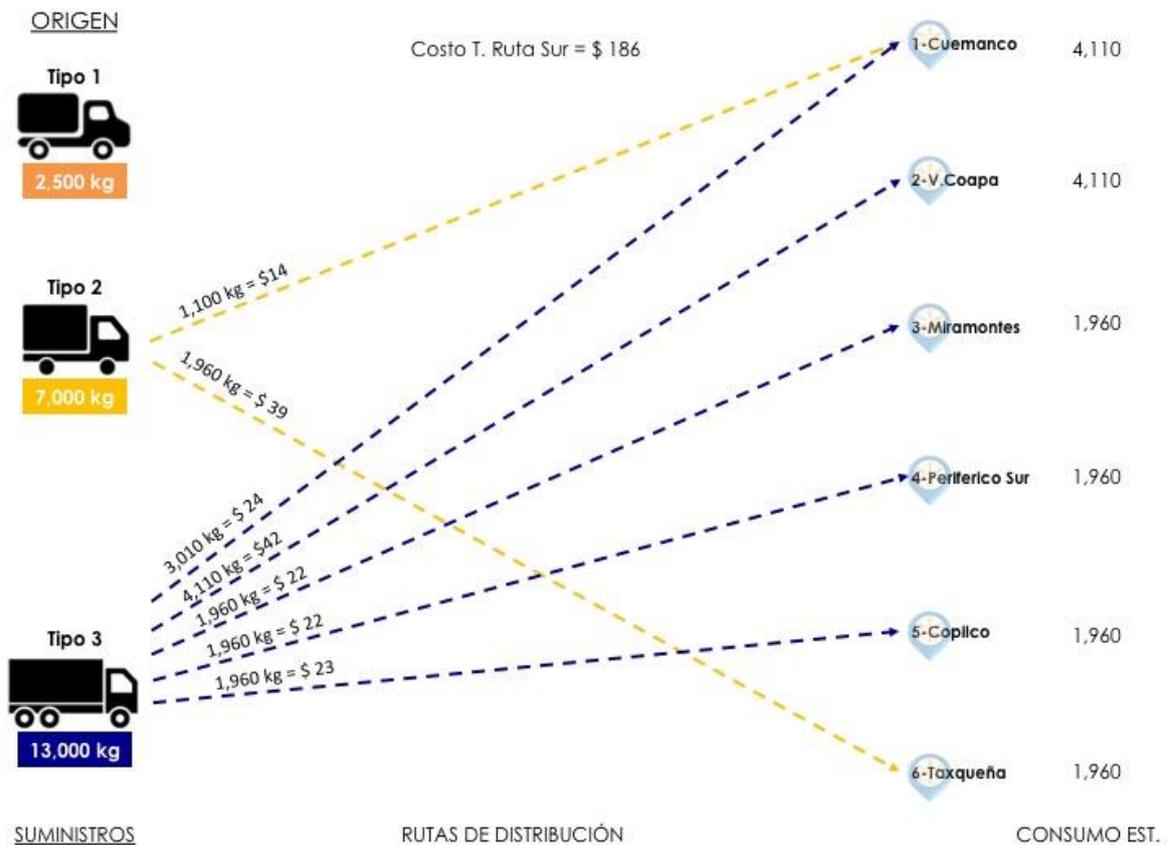


Figura 9. Rutas del modelo de programación lineal, el costo y la cantidad a enviar a cada una de las tiendas de autoservicio zona sur.

Se corrió el modelo de programación lineal con el método simplex en el programa Solver de Microsoft Excel dando como resultado el informe de confiabilidad para la zona sur.

La tabla 26 muestra en la columna de Valor Final es la cantidad en kilogramos que se deben enviar al destino j proveniente del origen i . El transporte 1 con capacidad de 2,500 Kg es descartado como opción para distribuir carne por el costo tan alto que tiene enviar un Kg de carne.

Con el transporte numero 2 con capacidad de 7,000 Kg se puede enviar carne a dos destinos, el programa indica cual es la combinación que nos representa el mínimo costo. Se deben enviar 1,100 Kg y 1,960 Kg con el transporte 2 a la tienda 1 Cumano y a la 6 Periférico Sur respectivamente.

Esto nos indica que este vehículo viajara con una carga de 3,060 Kg. Para esta ruta se utiliza completo el vehículo numero 3 con capacidad de carga de 13,000 Kg. Empezando con la tienda 1 Cumano llevando 3,010 Kg y los 1,100 Kg con el transporte 2, satisfacemos la demanda de la tienda 1 Cuemanco. Con este mismo transporte se distribuye carne a la tienda 2 Villa Coapa con una demanda de 4,110 Kg de carne.

La tienda 3 Miramontes con demanda de 1,960 Kg, la tienda 4 Taxqueña con demanda de 1,960 Kg de carne y la tienda 5 Copilco con 1,960 Kg demandados y con ello es utilizado al 100% la capacidad de carga de este vehículo.

El costo total en pesos para esta ruta con esta combinación de vehículos a sus respectivos destinos es de 186 pesos para distribuir 16,060 Kg de carne empacada en dos vehículos. El precio sombra muestra valores positivos para las tiendas de Cuemanco, Villa Coapa, Miramontes, Taxqueña, Copilco y Periférico Sur, que significan que si cualquier tienda demandara un kilo más de carne, nuestro valor final aumentara en 12 centavos, 15, 16, 16, 16 y 20 centavos respectivamente.

Y el precio sombra negativo referente al transporte 3 indica que si pudiéramos aumentar un kilo la capacidad de carga nuestro valor final va a disminuir en 4 centavos por kilo.

6.2. Zona Poniente.

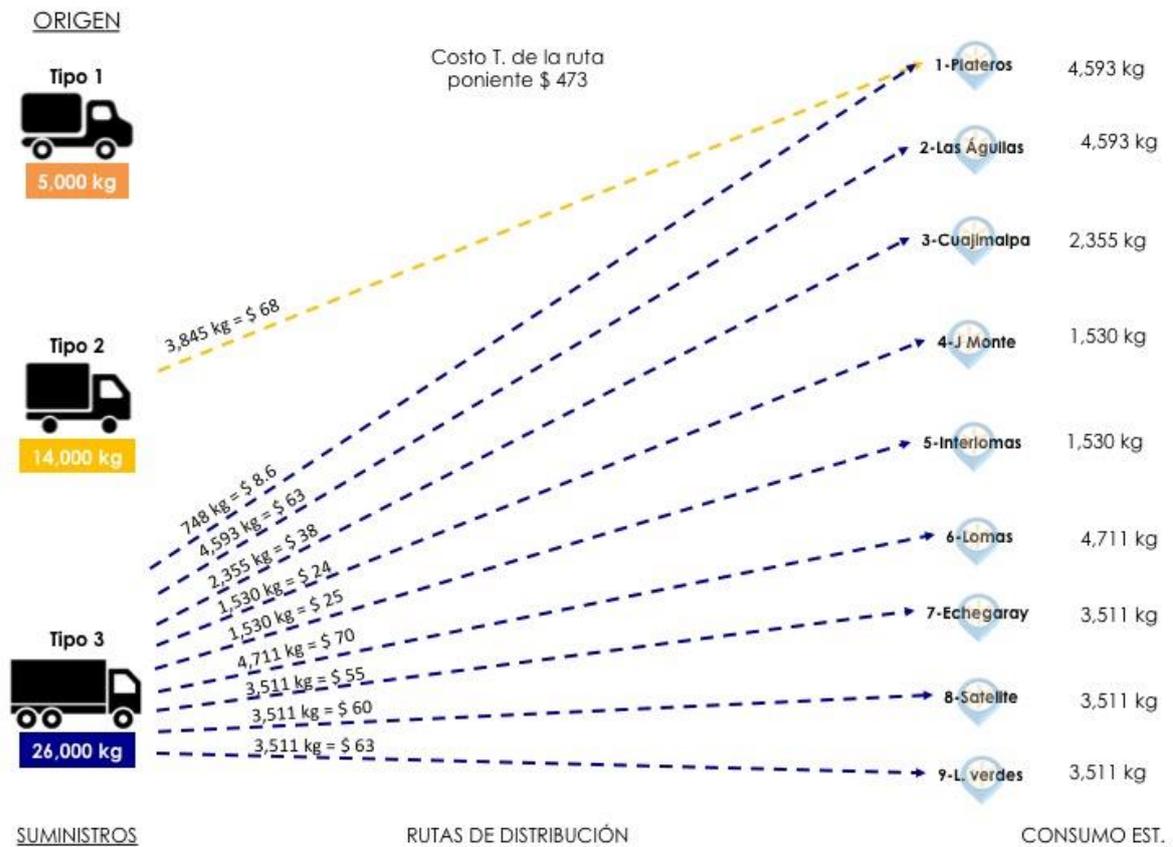


Figura 10. Rutas del modelo de programación lineal, el costo y la cantidad a enviar a cada una de las tiendas de autoservicio zona poniente.

En el resultado para la Zona Poniente del D.F y Zona Metropolitana se consideran dos vehículos de cada una de las capacidades, por eso se tienen 5,000 Kg, 14,000 Kg y 26,000 Kg de oferta para abastecer la ruta en esta zona.

Se cumple la restricción que se tiene que abastecer toda la demanda que exige cada una de las tiendas con 3,845 KG; a la tienda 1 Plateros, que se abastecerá con un vehículo de 7,000 Kg, también indica que con un vehículo de 13,000 Kg se pueden surtir 748 kilos.

Si estos 748 Kg se envían con el vehículo 2 el valor objetivo aumentara 18 centavos por kilos equivalente a \$ 14.46 pesos (748 Kg * 0.018).

El modelo indica que se deben enviar con el vehículo 3 con un precio de 11 centavos lo que da como resultado \$ 8.60 pesos. El resultado garantiza que se esta minimizando el costo de enviar carne a todos los destinos.

La tienda 2 Las Águilas demanda 4,593 Kg de carne, si demandara un kilo mas el valor aumentara en 20 centavos por kilo extra. Para la tienda 3 Cuajimalpa la demanda de carne es de 2,355 Kg con un precio sombra de 22 centavos para el incremento por kilo extra demandado.

Para la tienda 4 Jesús del Monte con un consumo aproximado de 1,530 Kg de carne, si consume un kilo más, aumentara en 22 centavos, para la Tienda 5 Interlomas se demanda 1,530 Kg de carne, si aumenta el consumo un kilo el coeficiente del valor objetivo aumentara en 23 centavos, para la tienda 6 Lomas con 4,711 kilos demandados de carne incrementara el valor en 21 centavos por kilo extra, para la tienda 7 Echegaray, 8 Satélite y 9 Lomas Verdes demandan 3,511 Kg de carne.

Si aumenta la demanda en un kilo el valor objetivo aumentara 22, 23 y 24 centavos respectivamente por kilo extra requerido. En esta ruta se utilizan los 26,000 kilos disponibles para enviar en dos vehículos de tipo 3 con capacidad de 13,000 Kg cada uno. Siendo el vehículo mas económico ya que se pueden distribuir 26,001Kg el coeficiente del valor objetivo va a disminuir en 6 centavos por ese kilo extra que estamos enviando en ese vehículo.

Con la combinación de vehículos, distribuyendo el total de carne demandada por la zona poniente el costo de transportar 29,845 kilogramos de carne es de \$ 473.2 pesos.

6.3. Zona Oriente.

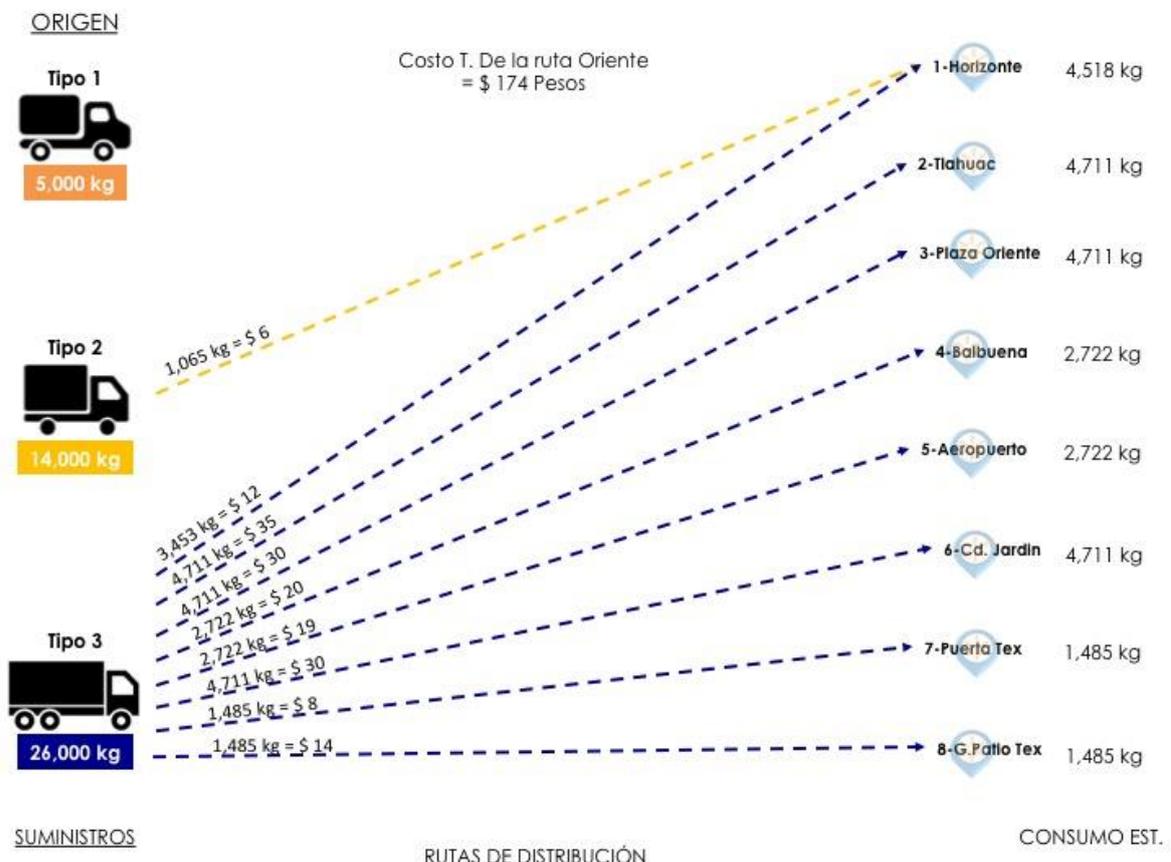


Figura 11. Rutas del modelo de programación lineal, el costo y la cantidad a enviar a cada una de las tiendas de autoservicio zona oriente.

El resultado arrojado por el modelo de programación lineal Solver de Microsoft Excel para la zona oriente del D.F y zona metropolitana se muestra en la tabla anterior.

Con la restricción de satisfacer por completo la demanda de las ocho tiendas ubicadas en esta zona. Para poder satisfacer esta demanda se necesitan dos vehículos de cada capacidad, teniendo una capacidad de ofertar de 45 toneladas de carne de res , procesada y empacada.

El modelo descarta por completo el vehículo 1 con capacidad de 2,500 Kg, se distribuye 1,065 Kg con el vehículo 2 de 7,000 Kg a la tienda 1 Horizonte, con el vehículo 3 se distribuye 3,453 Kg a la misma tienda para satisfacer la demanda en su totalidad de esta. El primer vehículo 3 con capacidad de 13,000 Kg va a distribuir los 3,453 Kg de la tienda 1 Horizonte, la tienda 2 Tláhuac con demanda de carne de 4,711 Kg, la tienda 3 Plaza Oriente con 4,711 Kg.

Con el segundo vehículo 3 se dirige del rastro a la tienda 4 Balbuena a descargar 2,722 Kg, y la tienda 5 Aeropuerto con 2,722 Kg, seguido de la tienda 6 Cd. Jardín repartiendo 4,711 Kg, para terminar el recorrido en el municipio de Texcoco que tiene dos tiendas, la 7 Plaza Gran Patio Texcoco que en promedio consume 1,485 Kg, y por ultimo la tienda 8 Plaza Puerta Texcoco demandando la misma cantidad que la tienda anterior.

Si se tuviera disponible mas capacidad en el vehículo numero 3 nuestro coeficiente objetivo disminuirá en 0.002 centavos por Kg extra de carga.

El costo reducido que esta en cero indica que esta en niveles óptimos y los positivos indican en cuanto aumentaría nuestro coeficiente por incremento de un Kg enviar a cada una de las tiendas. De esta manera estamos optimizando la ruta de la zona oriente de D.F y zona metropolitana.

Con la combinación de vehículos, distribuyendo el total de carne demandada por la zona oriente el costo de transportar 27,065 kilogramos de carne es de \$ 173.98 pesos.

6.4. Zona D.F. Norte.

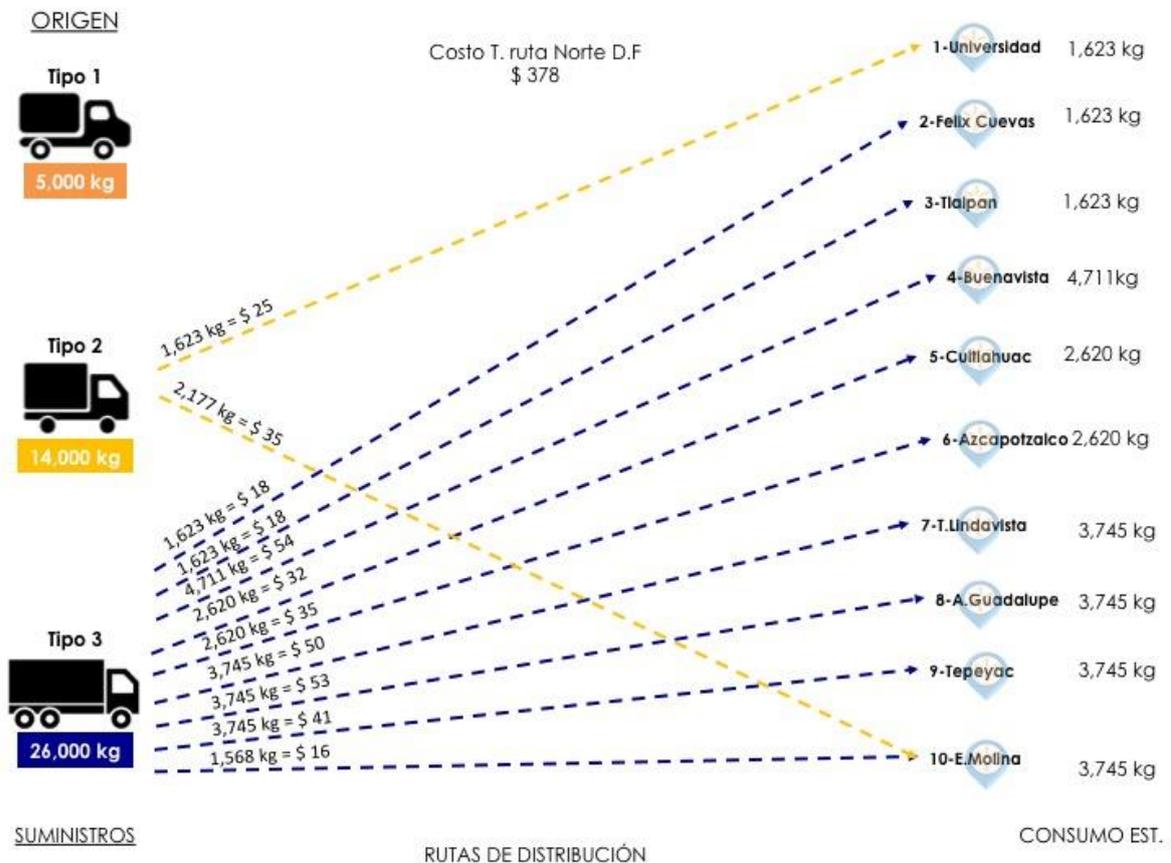


Figura 12. Rutas del modelo de programación lineal, el costo y la cantidad a enviar a cada una de las tiendas de autoservicio D.F. Norte.

Para poder satisfacer el consumo promedio calculado de carne procesada y empacada de res para esta zona se consideran dos vehículos tipo 1, dos tipo 2 y dos tipo 3.

Pudiendo repartir 35,500 Kg en esta zona. La cantidad de carne a repartir en esta zona es de 29,800 Kg y se hace con siguiente combinación de vehículos.

Con el vehículo tipo 2 se distribuyen 3,800 de los 7,000 Kg que tiene de capacidad, 1,623 Kg a la tienda 1 Universidad y 2,177 Kg a la tienda 10 Eduardo Molina. Y se utilizan por completo los dos vehículos tipo 3, empezando la distribución en la tienda 2 Félix Cuevas dejando 1,623 Kg. Tienda 3 Tlalpan 1,623 Kg. Tienda 4 Buenavista 4,711 Kg, tiendas 5 Cuitláhuac y 6 Azcapotzalco repartiendo 2,620 Kg en cada una; hasta aquí llega el primer vehículo tipo 3.

El segundo empieza su ruta desde la tienda 7 Torres Lindavista, tienda 8 Acueducto de Guadalupe y tienda 9 Tepeyac descargando 3,745 Kg en cada una de las tiendas, tienda 10 Eduardo Molina solo distribuye 1,568 Kg, con esto el segundo vehículo tipo 3 cumple con la ruta asignada por el modelo de distribución.

Con la combinación de vehículos, distribuyendo el total de carne demandada por la zona D.F Norte el costo de transportar 29,800 kilogramos de carne es de \$ 388 pesos.

El precio sombra del vehículo tipo 3 representa cuando puede disminuir el coeficiente si tuviéramos disponible un Kg mas en este transporte. Y el precio sombra de las tiendas 16, 17, 16, 17, 18, 19, 19, 20, 16 y 16 centavos, indican en cuanto incrementaría nuestro coeficiente objetivo si cada tiene incrementa su demanda de carne en un Kg.

6.5. Zona A.M. Norte.

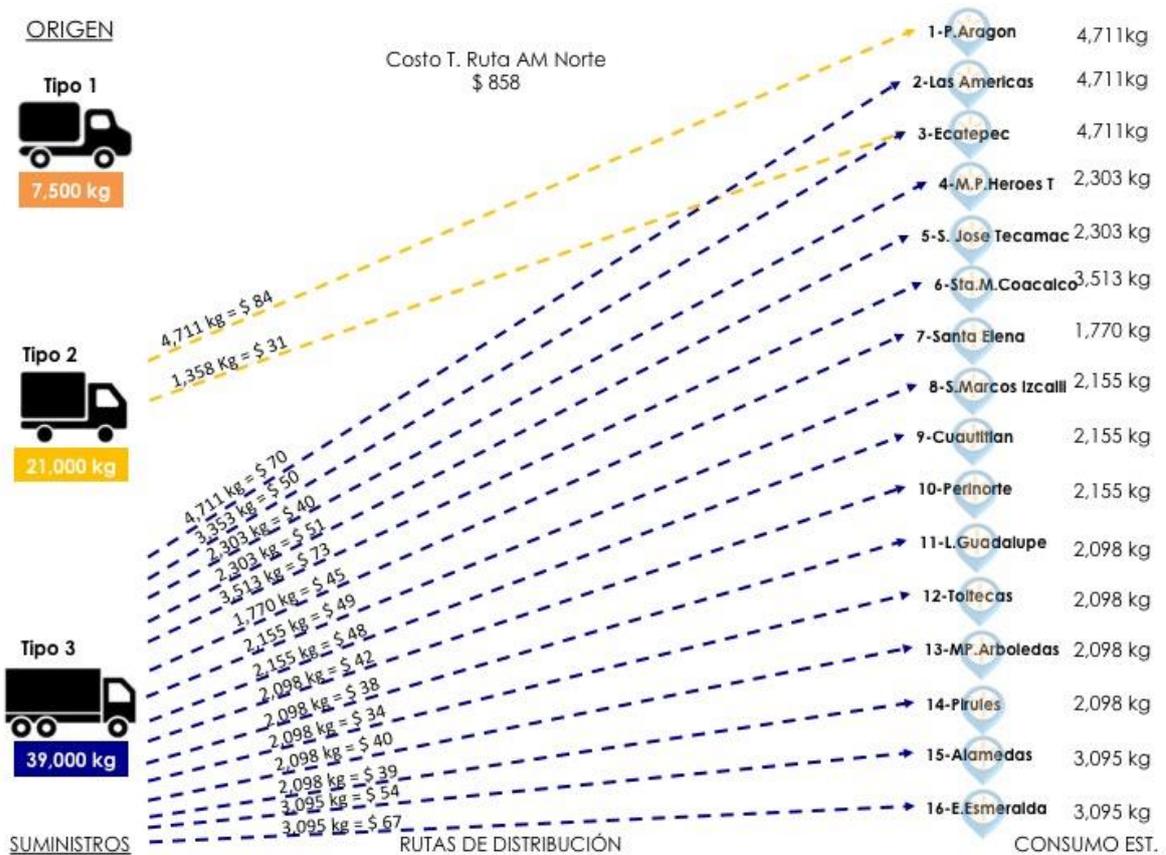


Figura 13. Rutas del modelo de programación lineal, el costo y la cantidad a enviar a cada una de las tiendas de autoservicio zona A.M. Norte.

Se utiliza el software Solver de Microsoft Excel para resolver este problema de programación lineal, se le indica que se utilizaran 3 vehículos de cada tipo, para tener la capacidad de distribución de 67,500 Kg de carne procesada y empacada de res.

La cantidad consumida promedio calculada de todas las tiendas de esta zona es de 45,069 Kg. Se utilizan 3 vehículos de cada tipo para que compitan de la misma manera, y no exista discriminación por algún tipo de vehículo y así el programa utilice cualquiera que convenga estando los tres vehículos en la misma disposición.

Los resultados indican que se utilizara solo 1 vehículo tipo 2 con capacidad de 7,000 Kg, El vehículo sale del rastro con dirección a la tienda 1 Plaza Aragón a distribuirle 4,711 Kg de carne, y a la tienda 3 Ecatepec a descargar 1,358 Kg, esta tienda demanda 4,711 Kg de carne. El faltante; 3,353 Kg se distribuye en el vehículo tipo 3.

Empezando su ruta en la tienda 2 Las Américas que demanda 4,711 Kg, siguiendo a la tienda 3 Ecatepec a descargar 3,353 Kg.

La tienda 4 Multiplaza los Héroe Tecámec se le reparten 2,303 Kg, terminando su ruta en la tienda 5 San José Tecámec descargando 2,303 Kg.

El segundo vehículo tipo 3 abastece directo de la empacadora hacia la tienda 6 Santa María Coacalco con un consumo promedio de 3,513 Kg, seguido a la tienda 7 Santa Elena con un consumo de 1,770 Kg, tienda 8 San Marcos con 2,155 Kg, tienda 9 Cuitláhuac con 2,155 Kg, tienda 10 Peri norte con 2,155 Kg y a la tienda 11 Lago de Guadalupe este vehículo solo puede surtir 1,252 Kg.

Los 846 Kg restantes se surten con el tercer vehículo tipo 3, siguiendo a la tienda 12 Toltecas demandando 2,098 Kg, tienda 13 Multiplaza Aragón con 2,098 Kg, la tienda 14 Pirulos demanda 2,098 Kg, la tienda 15 Las Alamedas con un consumo promedio de 3,095 Kg y terminando la ruta en la tienda 16 Espacio Esmeralda con un consumo de 3,095 Kg.

Se utiliza al 100% los 3 vehículos tipo 3 distribuyendo con estos 39,000 Kg de carne. Y 6,069 Kg de carne en el vehículo tipo 2.

Con la combinación de vehículos, distribuyendo el total de carne demandada por el área metropolitana norte el costo de transportar 45,069 kilogramos de carne es de \$ 858 pesos. El costo reducido en el problema de minimización indica el costo que representa el desviarse de la ruta que establece el modelo.

El precio sombra indica en el vehículo tipo 3, que si se tuviera capacidad para enviar un Kg mas de carne en este transporte nuestro coeficiente objetivo va a disminuir en 8 centavos por Kg enviado, a cualquier tienda.

DISCUSIÓN

Con los resultados obtenidos de esta investigación se concluye que el transporte mas económico para la distribución de carne de res procesada y empacada es el tipo 3 con capacidad de carga máxima de 13,000 Kg. Porque resulta ser el transporte mas económico al mover un kilogramo. Sin embargo tiene ciertas implicaciones, ya que se necesita una mayor inversión para adquirir este vehículo, resulta ser el mas barato siempre y cuando siempre haga su recorrido con el cien porciento de su capacidad de carga. Esto quiere decir que aun cuando el modelo siempre utilizo este vehículo por ser el mas económico, de igual modo puede ser el mas costoso.

En términos de costo por kilometro este tipo de transporte resulta ser el mas costo, con \$ 5.3 pesos por kilometro recorrido.

Otros factores también puede alterar el resultado de esta investigación, como lo es el tiempo, ya que no esta considerado en el modelo de programación lineal.

El segundo vehículo mas utilizado por el modelo de programación lineal es el transporte tipo 2 con capacidad de carga máxima de 7,000 Kg. El costo por kilometro de distribución es de \$ 4.4 pesos por Km recorrido con este vehículo. El resultado arrojado por el programa Solver de Microsoft Excel demuestra que es segundo vehículo mas económico, siempre y cuando este, viaje a un cien por ciento de su capacidad de carga.

7. CONCLUSIONES

Lo mas importante para abastecer de productos cárnicos a las tiendas de autoservicio Walmart de México, es que la carne siempre este disponible para su consumo, con buen color, en perfecto estado de calidad, inocuidad, empaque y embalaje. Para lograr todo lo anterior, se tiene que integrar toda la cadena productiva de este sector.

Se pudo disminuir al máximo el costo por concepto de distribución y logística, para que este disponible este producto en el menor tiempo posible, al costo mínimo; para así, tener un precio competitivo en el mercado.

La forma ideal para transportar carne a sus distintos centros de consumo, es por carretera, evitando peajes, en camiones de carga con sistema de refrigeración, para no perder la

cadena de frío, la certificación TIF (Tipo Inspección Federal). Y mantener su conservación y vida de anaquel recomendada para este tipo de mercado. Para esto se han desarrollado las rutas logísticas óptimas de mínimo costo.

Se definen 5 rutas óptimas para la distribución de carne de res en la Ciudad de México y su área metropolitana correspondiente a cada zona.

El costo de enviar carne con las características que demanda el consumidor; del punto de origen, a cada una de las tiendas de autoservicio de la zona sur de la Ciudad de México es de 186 pesos, distribuyendo 16,060 Kg de carne de res en cortes subprimarios empacados debidamente al vacío y lista para transportar en cajas de cartón. Con un recorrido total de 64.4 kilómetros. El transporte tipo 2 con una capacidad de carga de 7,000 kg realiza un recorrido total de 73.3 kilómetros con 3,060 kg de carne. Con el transporte tipo 3 con una capacidad de carga de 13,000 kg realiza un recorrido de 67.1 kilómetros con un total de 13,000 kg de carne de res.

Para la zona poniente de la Ciudad de México y área metropolitana se tiene un recorrido total de 123.6 kilómetros. Se distribuyen 29,845 kg de carne, con un costo de distribución es de 473 pesos. Con el vehículo tipo 2 se realiza una distribución de carne de 3,085 kg con un recorrido de 58.4 kilómetros. Para esta ruta se necesitan dos vehículos tipo 3 con capacidad de carga de 13,000 kg cada uno, estos dos vehículos viajan al 100% de su capacidad con un recorrido de 101.5 y 94.5 kilómetros respectivamente.

La zona oriente de la Ciudad de México y área metropolitana tiene un recorrido total de 108.5 kilómetros. Se entregan 27,065 kilogramos de carne de res, con un costo de distribución de 174 pesos. Se utiliza un transporte tipo 2, y se distribuyen tan solo 1,065 kg de carne procesada con un recorrido total de 16.4 kilómetros. De igual modo que la ruta poniente se utilizan dos vehículos tipo 3 distribuyendo 26,000 kilogramos de carne, con un recorrido del primer vehículo de 60.3 kilómetros y el segundo con 84.4 kilómetros.

Para la zona norte de la Ciudad de México se hace un recorrido total de 103.3 kilómetros. Se distribuyen 29,800 kilogramos de carne de res. El costo total de distribución es de 378 pesos. El transporte tipo 2 distribuye 3,800 kilogramos de carne con un recorrido de 71.5 kilómetros. Se utilizan dos vehículos tipo 3 para distribuir 26,000 kilogramos de carne de

res empacada. El vehículo uno reparte 13,000 kilogramos con un recorrido de 83.1 kilómetros y el segundo vehículo con la misma capacidad hace un recorrido de 74.9 kilómetros.

La zona norte del área metropolitana tiene un recorrido de 183 kilómetros. Se distribuyen 45,069 kilogramos de carne, con un costo de 858 pesos. Se utiliza un vehículo tipo 2 repartiendo 6,069 kilogramos de carne con un recorrido de 124.4 kilómetros. Para esta ruta se necesitan tres vehículos tipo 3 utilizando el 100% de la carga de cada uno de estos, pero con diferente recorrido, el primero hace un recorrido de 124.4 kilómetros, el segundo 126.2 kilómetros y el último hace un recorrido de 113.8 kilómetros

Debido a que la Ciudad de México es una de las ciudades más pobladas del mundo, con una movilidad terrestre deficiente no se calcula el tiempo de recorrido de la ruta, pero se hace el supuesto que pueda recorrer esta ruta en un turno de 8 horas.

El costo más elevado en las rutas diseñadas para la distribución de carne es el referente al costo de adquirir un camión de carga y la depreciación de este tipo de vehículos utilizados en el modelo. El costo del combustible es el segundo factor más importante respecto a costos de transporte. Los costos de transporte demuestran que son proporcionales a la distancia recorrida dependiendo de cada vehículo utilizado en la investigación.

8. RECOMENDACIONES

8.1. Zona Sur

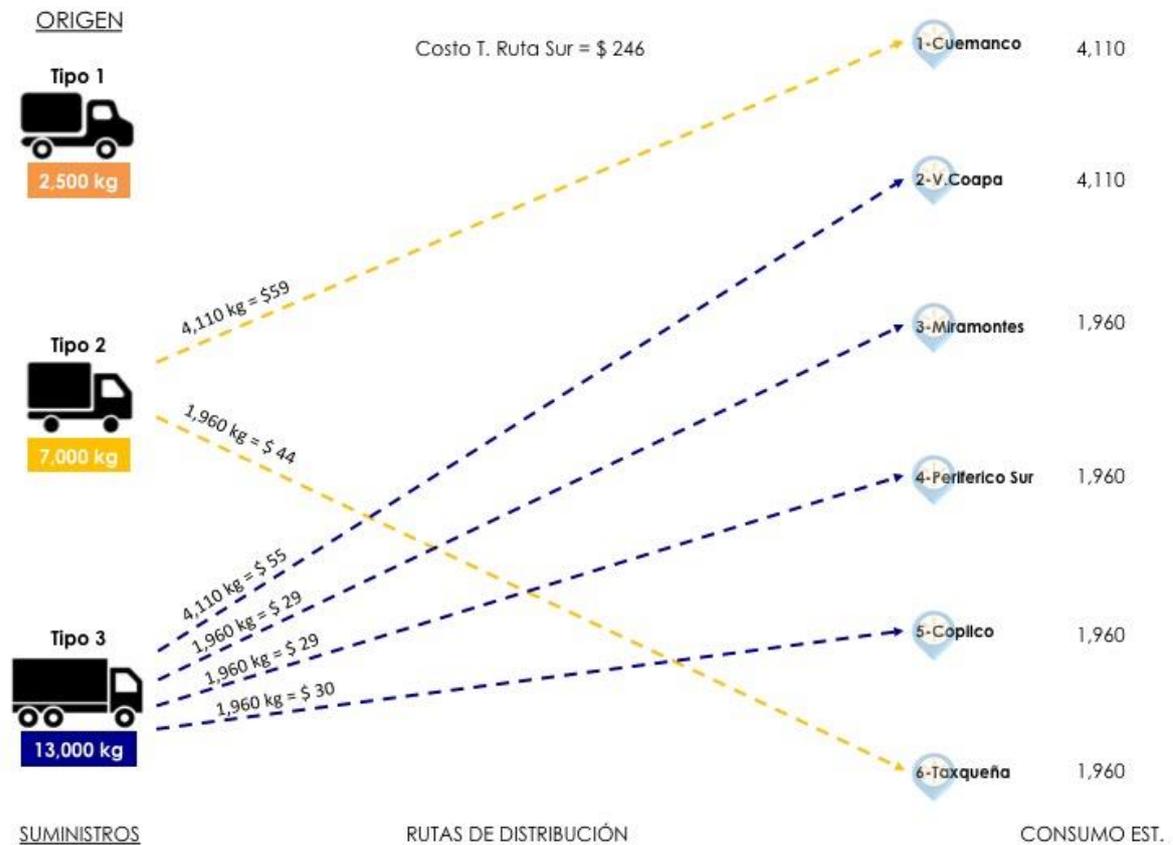


Figura 14. Recomendaciones para la distribución de carne de res procesada y empacada zona sur.

Esta recomendación implica un incremento en el costo de la ruta de \$ 60 pesos, con el vehículo tipo 2 se envían 6,070 kg de carne, con el objetivo de que se entregue en una sola exhibición la cantidad demanda de la tienda Cuemanco. El segundo factor que incrementa el precio de esta ruta es que el vehículo tipo 3 viaja con 9,990 kg de carne y el costo por enviar un kg a cada destino incrementa en dos centavos por kg.

8.2. Zona Poniente

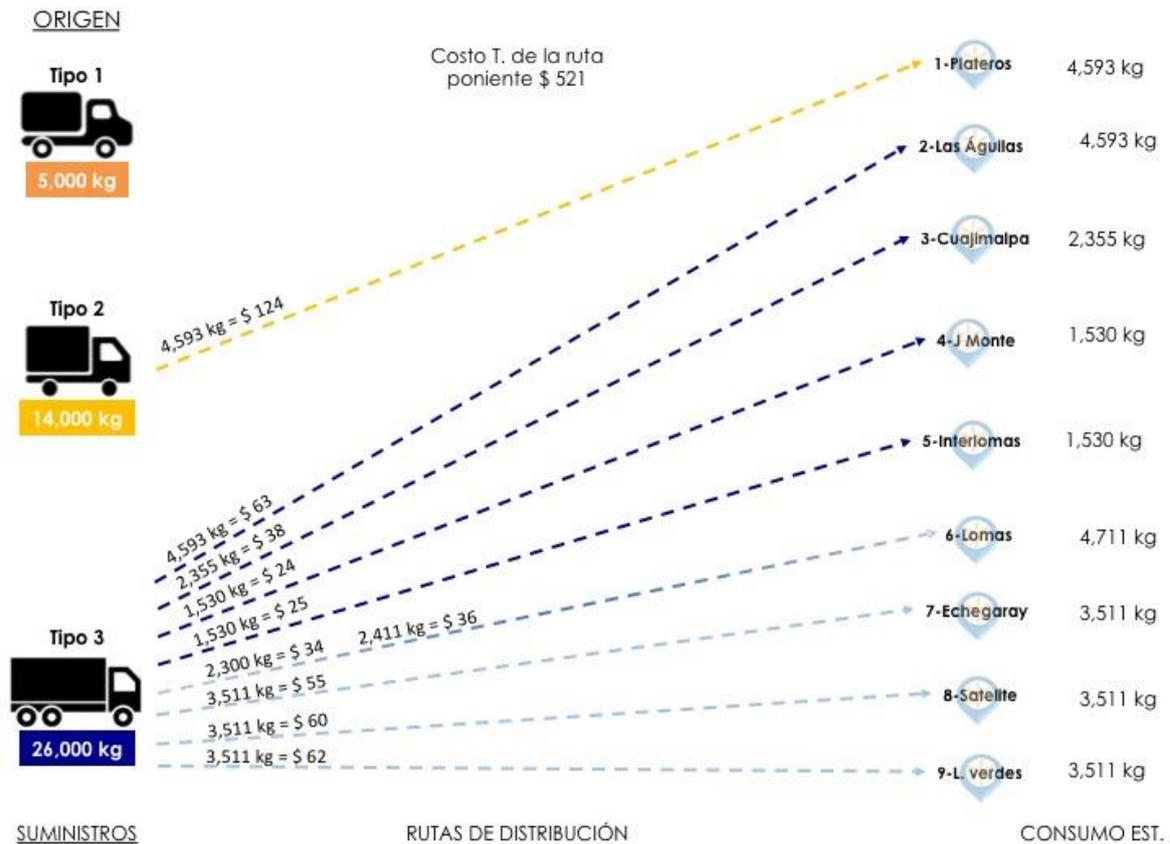


Figura 15. Recomendaciones para la distribución de carne de res procesada y empacada zona poniente.

La figura anterior muestra gráficamente la recomendación que se hace para la zona poniente, con un incremento del costo de la ruta de \$ 48 pesos, debido a que se enviara la totalidad demandada por la tienda plateros con 4,593 kg de carne con el vehículo tipo 2. Y se distribuyen con el tipo 3 25,252 kg de carne, este decremento no tiene un impacto significativo en el costo de transporte.

8.4. Zona D.F Norte

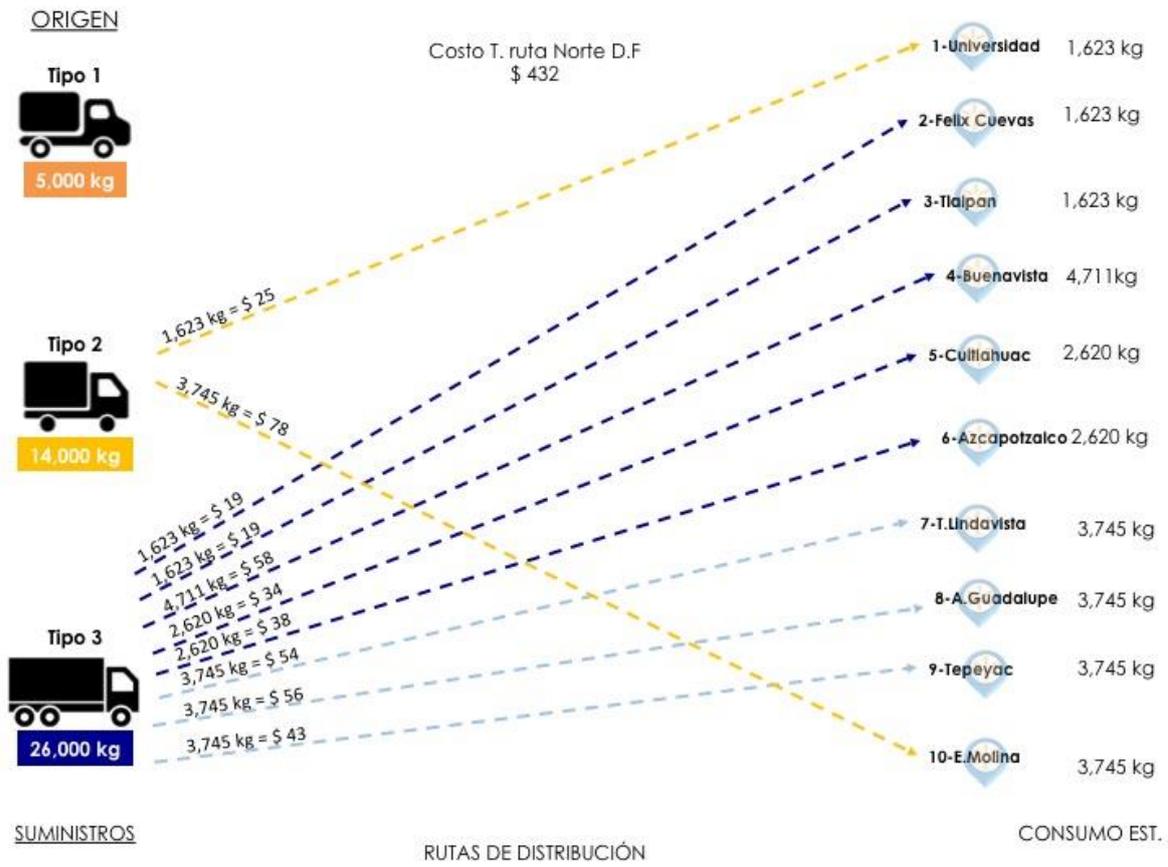


Figura 17. Recomendaciones para la distribución de carne de res procesada y empacada zona D.F. Norte.

Esta recomendación implica para la empresa un aumento en el costo de la ruta de \$ 54 pesos, para que el vehículo tipo 2 pueda abastecer en una sola exhibición a la tienda E. Molina la diferencia es de 1,568 kg, aumentan el costo de tipo 2 y del tipo 3 ya que se descuenta de su capacidad de carga enviada.

8.5. Zona A.M. Norte

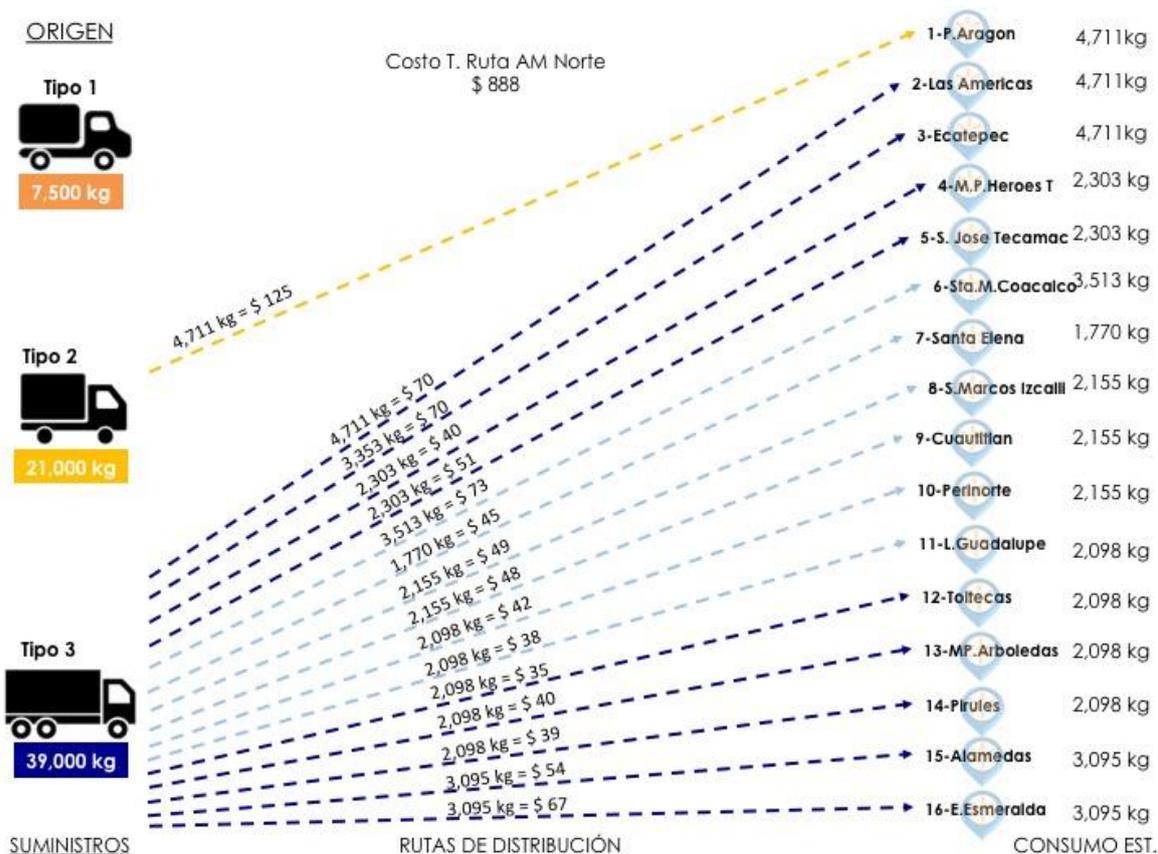


Figura 18. Recomendaciones para la distribución de carne de res procesada y empacada zona A.M. Norte.

La ultima recomendación practica para la empresa indica un incremento en el costo de la ruta de \$ 30 pesos. Realmente algo no tan significativo, el cambio se hace dejar de enviar 1,358 kg con el vehículo tipo 2 a la tienda Ecatepec. Y todo lo demás lo distribuye la flotilla con vehículos tipo 3. Por eso el incremento en el precio no es tan significativo como en las demás rutas.

Se recomienda que el modelo de minimización de costos de transporte puede ser utilizados para la distribución de diferentes productos. Este modelo esta enfocado solo en minimizar el costo de enviar productos refrigerados por vía terrestre en vehículos específicos.

Sin embargo se puede replicar para otro tipo de productos que necesiten refrigeración ya que el calculo que se realizo se considera un mayor gasto por cuestiones de refrigeración.

La carne empacada y sellada al vacío provenientes de la cadena productiva con manuales de buenas practicas, rastros y empacadoras Tipo Inspección Federal, en muchas ocasiones

es desconocido para los consumidores finales, que solo les interesa comprar un producto fresco, de buen color, con poca grasa. De aquí resulta importante dar a conocer este tipo de procesos a los consumidores, ya que la importación de carne ha ganado terreno en nuestro país, y tenemos que consumir carne, producida en México.

Se debe trabajar arduamente en cada uno de los agentes de la cadena productiva desde el repoblamiento del hato ganadero, los pastos en excelentes condiciones nutricionales, el transporte de ganado vivo hacia la engorda en confinamiento, dietas balanceadas, manejo del ganado, transporte del becerro gordo a los rastros TIF, darle valor agregado a la carne, y una vida mucho mayor en anaquel de producto, pero sobre todo cuidar la inocuidad del producto; para así llevar a los consumidores finales productos cárnicos de excelente calidad.

Se recomienda introducir mas variables al modelo de programación lineal, como tiempo de entrega, tiempo de espera, tiempos de descarga del producto, considerar contratiempos (bloqueo de carreteras, manifestaciones, accidentes, etc.) el consumo de combustible con estos tiempos, y rutas alternas.

De igual modo se recomienda comparar los resultados de esta investigación con algún otro tipo de modelo referente al transporte de productos refrigerados.

Con los datos de esta investigación, y el aumento de variables como el tiempo, se pueden realizar modelos de equilibrio espacial, se recomienda continuar la investigación para estudios de doctorado, para tener mas herramientas cognitivas; ya que la investigación da un campo muy amplio para seguir y poder perfeccionar este tipo de modelos.

9. ANEXOS

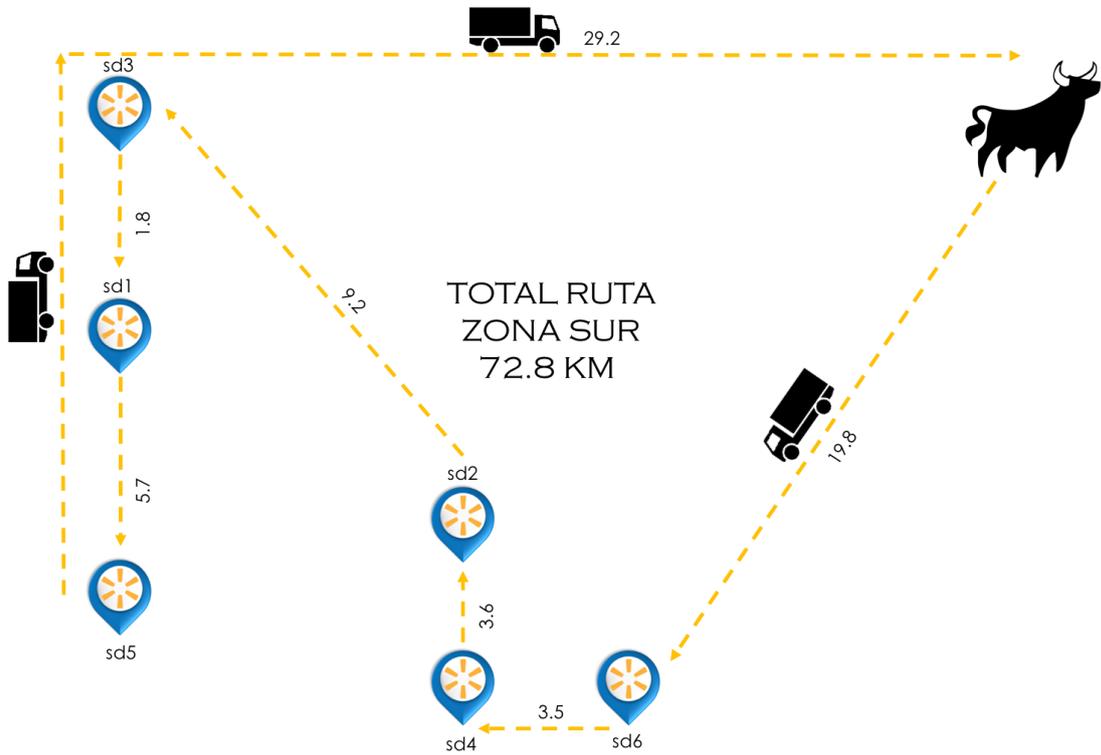


Figura 19. Ruta mas corta para la zona sur de la Ciudad de México.

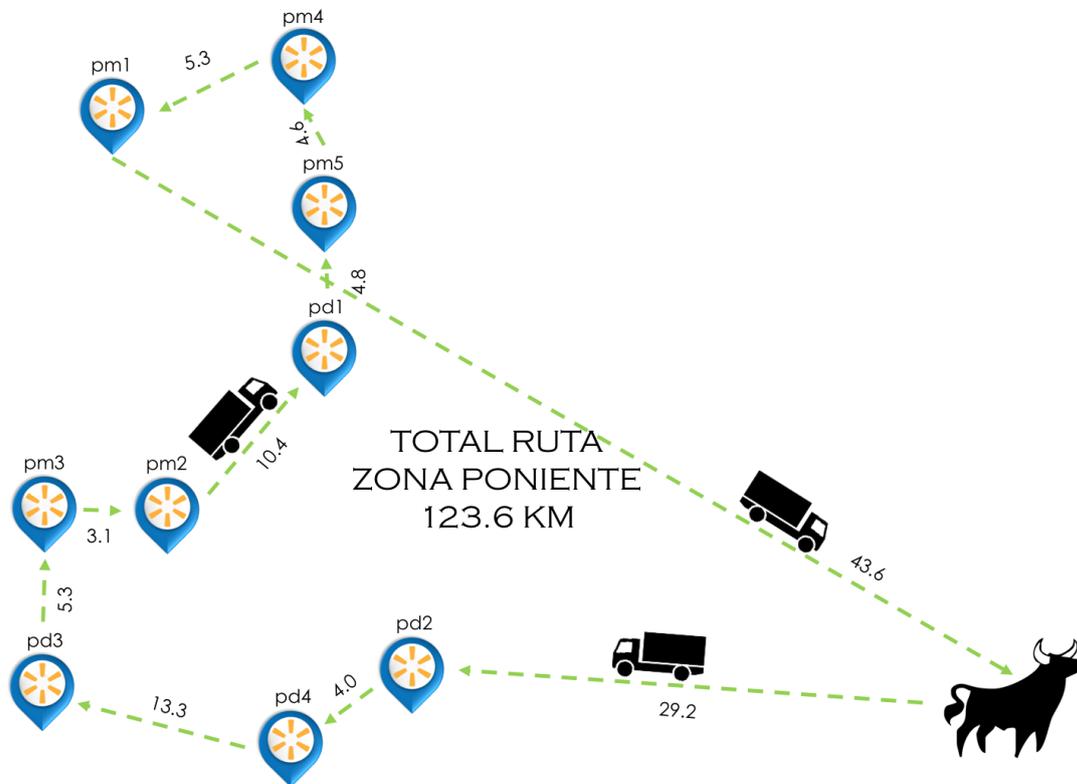


Figura 20. Ruta mas corta para la zona poniente de la Ciudad de México y área metropolitana.

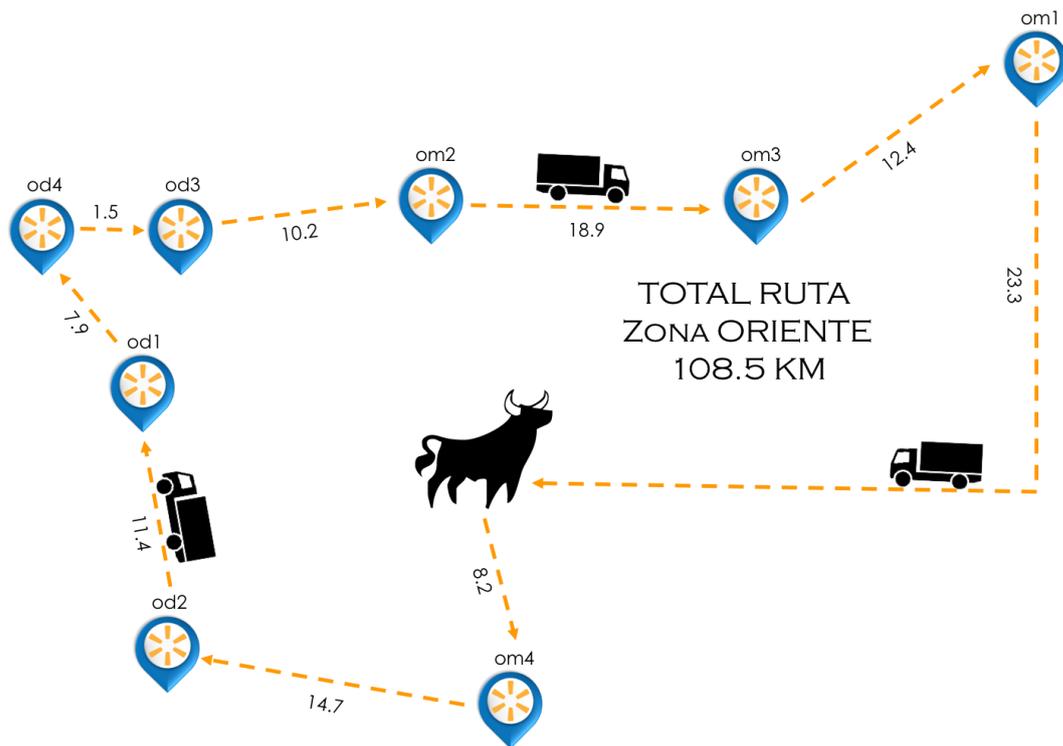


Figura 21. Ruta mas corta para la zona oriente de la Ciudad de México y área metropolitana.

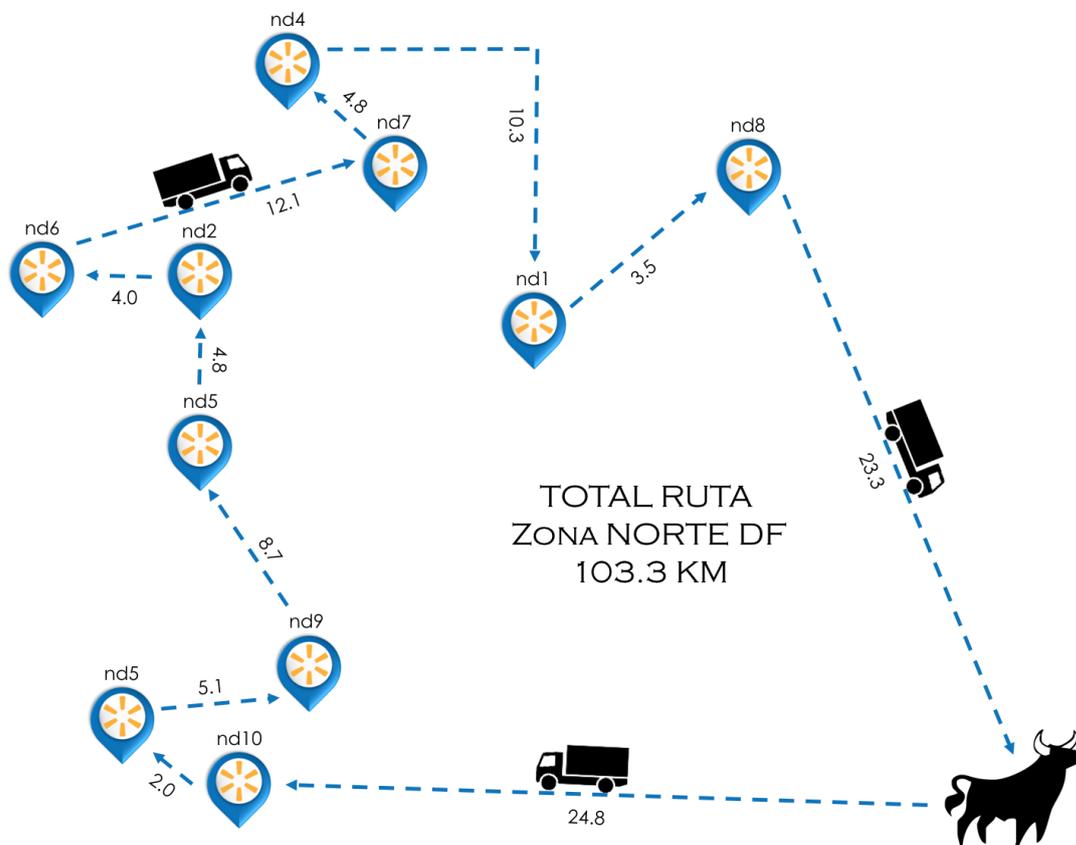


Figura 22. Ruta mas corta para la zona norte de la Ciudad de México y área metropolitana.

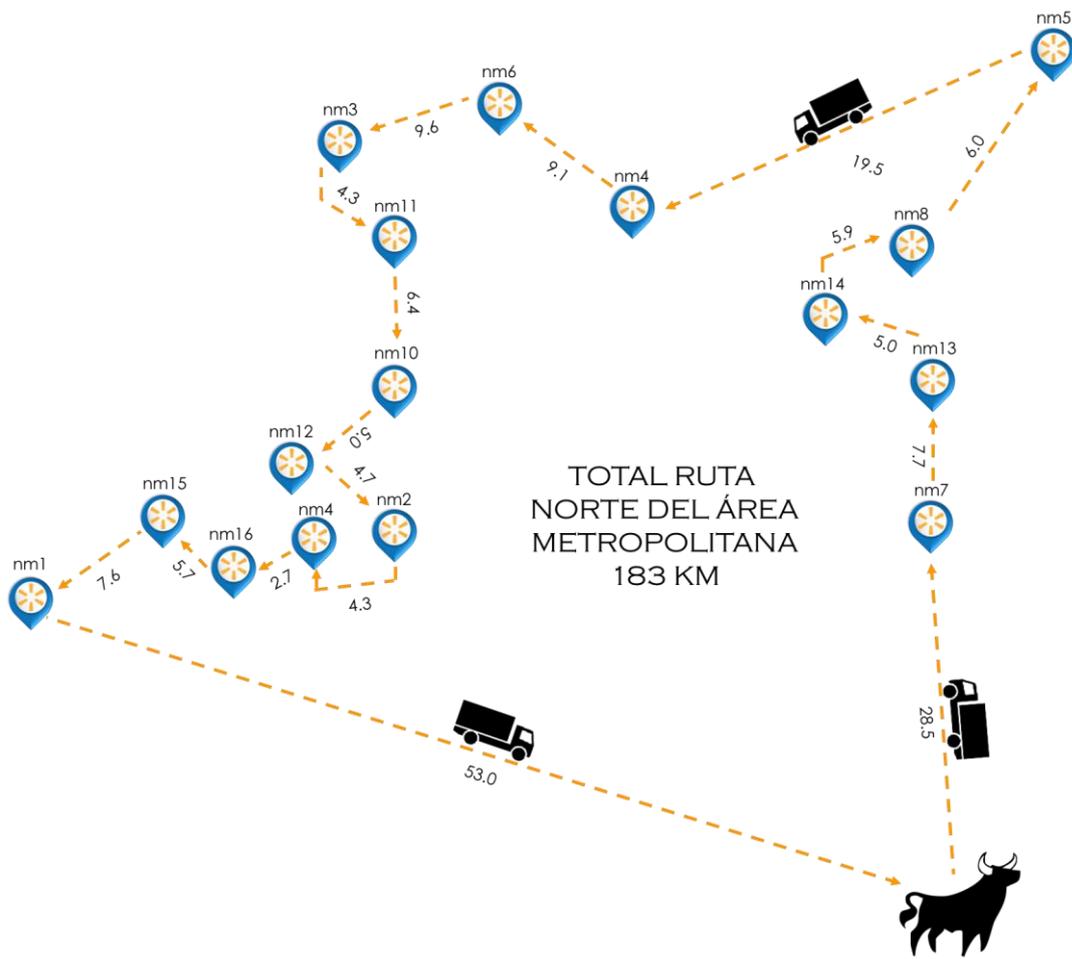


Figura 23. Ruta mas corta para la zona norte del área metropolitana.

Cuadro 27. Informe de Confidencialidad para la Zona Sur.

	Valor	Reducido	Objetivo
Nombre	Final	Coste	Coefficiente
Values X1,1	0	0.015	0.028
Values X1,2	0	0.020	0.035
Values X1,3	0	0.023	0.039
Values X1,4	0	0.023	0.039
Values X1,5	0	0.025	0.041
Values X1,6	0	0.024	0.044
Values X2,1	1100	0.000	0.012
Values X2,2	0	0.001	0.016
Values X2,3	0	0.002	0.017
Values X2,4	0	0.002	0.017
Values X2,5	0	0.002	0.018
Values X2,6	1960	0.000	0.020
Values X3,1	3010	0.000	0.008
Values X3,2	4110	0.000	0.010
Values X3,3	1960	0.000	0.011
Values X3,4	1960	0.000	0.011
Values X3,5	1960	0.000	0.012
Values X3,6	0	0.029	0.044
Restricciones			
Nombre	Valor Final	Precio Sombra	RestricciónLa do derecho
Cuemanco demanda	4110	0.012	4110
Villa Coapa demanda	4110	0.015	4110
Miramontes demanda	1960	0.016	1960
Taxqueña demanda	1960	0.016	1960
Copilco demanda	1960	0.016	1960
Periferico Sur demanda	1960	0.020	1960
2.5 Oferta	0	0.000	2500
7.0 Oferta	3060	0.000	7000
13.0 Oferta	13000	-0.004	13000

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 28. Informe de Confidencialidad para la Zona Poniente

	Valor	Reducido	Objetivo
Nombre	Final	Coste	Coefficiente
Values X1,1	0	0.022	0.039
Values X1,2	0	0.027	0.047
Values X1,3	0	0.033	0.056
Values X1,4	0	0.031	0.053
Values X1,5	0	0.034	0.056
Values X1,6	0	0.030	0.051
Values X1,7	0	0.032	0.053
Values X1,8	0	0.035	0.059
Values X1,9	0	0.037	0.061
Values X2,1	3845	0.000	0.018
Values X2,2	0	0.001	0.021
Values X2,3	0	0.003	0.025
Values X2,4	0	0.002	0.024
Values X2,5	0	0.003	0.025
Values X2,6	0	0.002	0.023
Values X2,7	0	0.002	0.024
Values X2,8	0	0.003	0.026
Values X2,9	0	0.003	0.027
Values X3,1	748	0.000	0.011
Values X3,2	4593	0.000	0.014
Values X3,3	2355	0.000	0.016
Values X3,4	1530	0.000	0.015
Values X3,5	1530	0.000	0.016
Values X3,6	4711	0.000	0.015
Values X3,7	3511	0.000	0.016
Values X3,8	3511	0.000	0.017
Values X3,9	3511	0.000	0.018
Restricciones			
Nombre	Valor Final	Precio Sombra	Restricción Lado derecho
Plateros Demanda	4593	0.018	4593
L.Aguilas Demanda	4593	0.020	4593
Cuajimalpa Demanda	2355	0.022	2355
J.del Monte Demanda	1530	0.022	1530
Interlomas Demanda	1530	0.023	1530
Lomas Demanda	4711	0.021	4711
Echegaray Demanda	3511	0.022	3511
Satelite Demanda	3511	0.023	3511
Lomas Verdes Demanda	3511	0.024	3511
2.5 Oferta	0	0.000	5000
7.0 Oferta	3845	0.000	14000
13.0 Oferta	26000	-0.006	26000

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 29. Informe de Confidencialidad para la Zona Oriente.

	Valor	Reducido	Objetivo
Nombre	Final	Coste	Coefficiente
Values X1,1	0	0.006	0.011
Values X1,2	0	0.016	0.025
Values X1,3	0	0.014	0.022
Values X1,4	0	0.016	0.025
Values X1,5	0	0.015	0.024
Values X1,6	0	0.014	0.022
Values X1,7	0	0.012	0.019
Values X1,8	0	0.021	0.033
Values X2,1	1065	0.000	0.005
Values X2,2	0	0.002	0.011
Values X2,3	0	0.002	0.010
Values X2,4	0	0.002	0.011
Values X2,5	0	0.002	0.011
Values X2,6	0	0.002	0.010
Values X2,7	0	0.001	0.009
Values X2,8	0	0.003	0.015
Values X3,1	3453	0.000	0.003
Values X3,2	4711	0.000	0.007
Values X3,3	4711	0.000	0.006
Values X3,4	2722	0.000	0.007
Values X3,5	2722	0.000	0.007
Values X3,6	4711	0.000	0.006
Values X3,7	1485	0.000	0.006
Values X3,8	1485	0.000	0.009
Restricciones			
Nombre	Valor Final	Precio Sombra	Restricción Lado derecho
Horizonte Demanda	4518	0.005	4518
Tlahuac Demanda	4711	0.009	4711
P.Oriente Demanda	4711	0.008	4711
Balbuena Demanda	2722	0.009	2722
Aeropuerto Demanda	2722	0.009	2722
Cd. Jardin Demanda	4711	0.008	4711
P.Textcoco Demanda	1485	0.007	1485
Patio Textcoco Demanda	1485	0.011	1485
2.5 Oferta	0	0.000	5000
7.0 Oferta	1065	0.000	14000
13.0 Oferta	26000	-0.002	26000

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 30. Informe de Confidencialidad para la Zona D.F. Norte.

Nombre	Final Valor	Reducido Coste	Objetivo Coeficiente
Values X1,1	0	0.019	0.035
Values X1,2	0	0.021	0.038
Values X1,3	0	0.021	0.037
Values X1,4	0	0.022	0.040
Values X1,5	0	0.024	0.042
Values X1,6	0	0.027	0.046
Values X1,7	0	0.027	0.046
Values X1,8	0	0.029	0.049
Values X1,9	0	0.021	0.037
Values X1,10	0	0.020	0.036
Values X2,1	1623	0.000	0.016
Values X2,2	0	0.000	0.017
Values X2,3	0	0.000	0.017
Values X2,4	0	0.001	0.018
Values X2,5	0	0.001	0.019
Values X2,6	0	0.002	0.021
Values X2,7	0	0.002	0.021
Values X2,8	0	0.002	0.022
Values X2,9	0	0.000	0.017
Values X2,10	2177	0.000	0.016
Values X3,1	0	0.000	0.010
Values X3,2	1623	0.000	0.011
Values X3,3	1623	0.000	0.011
Values X3,4	4711	0.000	0.012
Values X3,5	2620	0.000	0.012
Values X3,6	2620	0.000	0.014
Values X3,7	3745	0.000	0.013
Values X3,8	3745	0.000	0.014
Values X3,9	3745	0.000	0.011
Values X3,10	1568	0.000	0.010
Restricciones			
Nombre	Valor Final	Precio Sombra	Restricción Lado derecho
Universidad Demanda	1623	0.016	1623
F. Cuevas Demanda	1623	0.017	1623
Tlalpan Demanda	1623	0.016	1623
Buenavista Demanda	4711	0.017	4711
Cuiclahuac Demanda	2620	0.018	2620
Azacapozalco Demanda	2620	0.019	2620
T. Lindavista Demanda	3745	0.019	3745
A Guadalupe Demanda	3745	0.020	3745
Tepeyac Demanda	3745	0.016	3745
E.Molina Demanda	3745	0.016	3745
2.5 Oferta	0	0.000	5000
7.0 Oferta	3800	0.000	14000
13.0 Oferta	26000	-0.006	26000

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 31. Informe de Confidencialidad para la Zona A.M. Norte.

Nombre	Final Valor	Reducido Coste	Objetivo Coeficiente
Valúes X1,1	0	0.022	0.040
Valúes X1,2	0	0.028	0.051
Valúes X1,3	0	0.028	0.051
Valúes X1,4	0	0.035	0.060
Valúes X1,5	0	0.046	0.076
Valúes X1,6	0	0.043	0.072
Valúes X1,7	0	0.054	0.088
Valúes X1,8	0	0.047	0.078
Valúes X1,9	0	0.047	0.077
Valúes X1,10	0	0.040	0.067
Valúes X1,11	0	0.036	0.062
Valúes X1,12	0	0.032	0.057
Valúes X1,13	0	0.039	0.066
Valúes X1,14	0	0.037	0.064
Valúes X1,15	0	0.034	0.060
Valúes X1,16	0	0.044	0.074
Valúes X2,1	4711	0.000	0.018
Valúes X2,2	0	0.000	0.023
Valúes X2,3	1358	0.000	0.023
Valúes X2,4	0	0.001	0.027
Valúes X2,5	0	0.004	0.034
Valúes X2,6	0	0.003	0.032
Valúes X2,7	0	0.006	0.040
Valúes X2,8	0	0.004	0.035
Valúes X2,9	0	0.004	0.035
Valúes X2,10	0	0.003	0.030
Valúes X2,11	0	0.002	0.028
Valúes X2,12	0	0.001	0.025
Valúes X2,13	0	0.002	0.030
Valúes X2,14	0	0.002	0.029
Valúes X2,15	0	0.001	0.027
Valúes X2,16	0	0.004	0.033
Valúes X3,1	0	0.002	0.012
Valúes X3,2	4711	0.000	0.015
Valúes X3,3	3353	0.000	0.015
Valúes X3,4	2303	0.000	0.017
Valúes X3,5	2303	0.000	0.022
Valúes X3,6	3513	0.000	0.021

Valúes X3,7	1770	0.000	0.026
Valúes X3,8	2155	0.000	0.023
Valúes X3,9	2155	0.000	0.022
Valúes X3,10	2155	0.000	0.020
Valúes X3,11	2098	0.000	0.018
Valúes X3,12	2098	0.000	0.017
Valúes X3,13	2098	0.000	0.019
Valúes X3,14	2098	0.000	0.019
Valúes X3,15	3095	0.000	0.017
Valúes X3,16	3095	0.000	0.022
Restricciones			
Nombre	Valor Final	Precio Sombra	Restricción Lado derecho
P. Aragón Demanda	4711	0.018	4711.000
Las Américas Demanda	4711	0.023	4711.000
Ecatepec Demanda	4711	0.023	4711.000
M. ^a . Héroes Tecámac Demanda	2303	0.026	2303.000
S. José Tecámac Demanda	2303	0.030	2303.000
Santa M. Coacalco Demanda	3513	0.029	3513.000
Santa Elena Demanda	1770	0.034	1770.000
San Marcos Izcalli Demanda	2155	0.031	2155.000
Cuautitlán Demanda	2155	0.030	2155.000
Peri norte Demanda	2155	0.028	2155.000
L. Guadalupe Demanda	2098	0.026	2098.000
Toltecas Demanda	2098	0.025	2098.000
Múltiplaza Arboledas Demanda	2098	0.027	2098.000
Pirulos Demanda	2098	0.027	2098.000
Las Alamedas Demanda	3095	0.026	3095.000
Espacio Esmeralda Demanda	3095	0.030	3095.000
2.5 Oferta	0	0.000	7500.000
7.0 Oferta	6069	0.000	21000.000
13.0 Oferta	39000	-0.008	39000.000

Fuente: Elaboración Propia.

10. LITERATURA CITADA

- AMEG. Produccion de Carne de Bovino Anual. 2014.
- Anderson R. Métodos Cuantitativos para los Negocios, 11ª ed. Editorial Cenage Learning.
- Arana O. Apuntes en Programacion Lineal Aplicada a la Agricultura. Mexico. 2015.
- Arbones, Eduardo. Optimizacion Industrial (II): Programacion de recursos. Barcelona, Barcelona: Marcombo Boixareu Editores, 1989.
- Ayllon Benítez J., Omaña Silvestre J., Sangerman Jarquín D., Garza Bueno L., Quintero Ramírez J., González Razo F. Modelo de Transporte en México para la minimización de costos de distribución de tuna (*Opuntia spp.*) en fresco. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, vol. 6, núm. 7. 2015
- Benitez Ramirez, J. Guadalupe, Modelo Econometrico para el Mercado de Carne Bovina en Canal y Cortes al Consumidor en México. 1995-2003
- Diez de Castro, Enrique. 2004. Distribución comercial, McGraw-Hill/ Interamericana de España, p 3.
- El Informador. Bajo el Consumo de Carne en México. 2014.
- Genesis Consultoria, Estudio de mercado y sistema de comercializacion para la exportacion de carne a EUA, Europa y Asia para la planta TIF de la UGR-BC 2009.
- González, Jacob Antonio. Modelo de equilibrio espacial para determinar costos de transporte en la distribución de durazno en México. 2011
- INEGI. Censo General de Poblacion y Vivienda. 2010
- INEGI. Panorama Sociodemográfico del Distrito Federal. México, 2011.
- INEGI. Panorama Sociodemografico del Estado de México. Mexico, 2011.
- INEGI. Se eleva el precio de la carne en un 8.1 %. 2014.

Kotler, Philip, Armstrong, Gary. 2008. Fundamentos de marketing, Pearson Education, p. 318. p. 319.

Mocholi M., Sala R.1993. Programación Lineal, Metodología y Problemas, Editorial Tebar, p. 8. p.9.

Prawda, Juan. Metodos y Modelos de Investigacion de Operaciones, Vol. 1. D.F., México: Limuso Noriega Editores, 2004.

Quintero Ramírez, Juan Manuel. Análisis de la logística de exportación de guayaba (pidius guajava L.) en fresco a Estados Unidos de América. 2014.

Render B. Métodos Cuantitativos para los Negocios, Undecima Edicion. Pearson Educacion. México, 2012.

SIAP. Capacidad Instalada para Sacrificio de Especies Pecuarias.2014.

SIAP.Poblacion Ganadera Bovinos Carne.2013

SNIIM. Cortes de bovino en empacadoras y distribuidoras. 2014.

Stern, Louis. 1998. Canales de comercialización, Prentice-Hall, p. 4.

Suarez Dominguez, H y Lopez Tirado.La Ganaderia Bovina Productora de Carne en Mèxico. 2010.

Velázquez, Elizabeth. 2012. Canales de distribución y logística, Red Tercer Milenio, p. 16 y 17.

Wal-Mart Stores, Inc. Manual de Normas para Proveedores. 2014

Walmex. Informe Anual Walmex. Mexico, 2019.

Walmex. Informe Anual Walmex. Mexico, 2011.