

## Portada Externa de Tesis

2016 "Localización eficiente de plantas, almacenes y/o centros de distribución,  
por medio de modelos de optimización, para la zona golfo".  
Susana Hernández Pérez



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ingeniería

"Localización eficiente de plantas, almacenes y/o centros de distribución, por medio de modelos de optimización, para la zona golfo".

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Maestro en

INGENIERÍA DE CALIDAD

Presenta

Susana Hernández Pérez



Universidad Autónoma de Querétaro  
 Facultad de Ingeniería  
 Maestría en Ingeniería de Calidad

"Localización eficiente de plantas, almacenes y/o centros de distribución, por medio de modelos de optimización, para la zona golfo".

**TESIS**

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de  
 Maestro en Ingeniería de Calidad

**Presenta:**

Lic. Susana Hernández Pérez

**Dirigido por:**

M.I. David Arellano Domínguez

**SINODALES**

M. I David Arellano Domínguez  
 Presidente

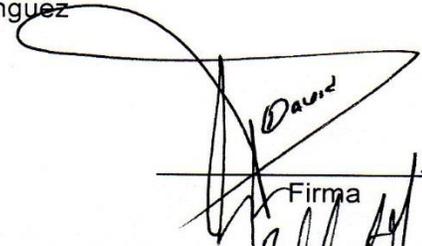
Dr. Roberto De la Llata  
 Secretario

M.I. Guillermo Hiyane Nashiro  
 Vocal

Dr. Juan Bosco Hernández Zaragoza  
 Suplente

M.I Luis Lucia Mendoza  
 Suplente

Nombre y Firma  
 Director de la Facultad

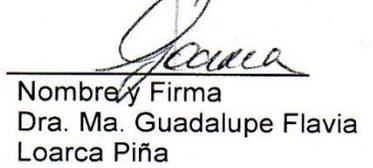
  
 Firma

  
 Firma

  
 Firma

  
 Firma

  
 Firma

  
 Nombre y Firma  
 Dra. Ma. Guadalupe Flavia  
 Loarca Piña

Centro Universitario  
 Querétaro, Qro.  
 Fecha Mayo 2016  
 México

## RESUMEN

“Adaptarse o Morir”, frase que se convierte así en el lema a seguir por cualquier organización para poder permanecer en el mercado.

En la búsqueda de dicha mejora es como se llega al control estadístico, que se ha demostrado su utilidad tanto en las empresas de manufactura como de servicio, ya que con las exigencias de mejora a la que se ven expuestas las organizaciones, debido a la alta competitividad de los mercados globalizados, se ha hecho más evidente la necesidad de ampliar la comprensión y utilización del pensamiento estadístico, y aplicar conceptos y técnicas estadísticas para una diversidad de tareas y propósitos.

Un ejemplo de lo anterior, es que en la medida que aumentan la complejidad y la especialización, es más difícil asignar los recursos disponibles a las diferentes actividades de la manera más eficaz para la organización como un todo. Este tipo de problemas y la necesidad de encontrar la mejor forma de resolverlos crearon el ambiente propicio para el surgimiento de la investigación de operaciones.

La investigación de operaciones en el ámbito logístico se puede enfocar a la correcta red de distribución en una gran empresa, que puede generar un impacto positivo en los gastos y costos de operación, el realizar análisis tanto para aumentar como para re diseñar la red de distribución es trascendental para generar una ventaja competitiva, pues como ya se habló anteriormente, estamos en una etapa en la que las ventajas competitivas logísticas pueden ser la respuesta a muchos problemas de costos.

## PALABRAS CLAVE

**Logística:** Una parte del *SupplyChain Management* que planifica, controla e implementa de manera eficiente y eficaz el flujo y almacenamiento de materia prima, productos en proceso y productos terminados, con la información relacionada desde el punto de origen hasta el punto de consumo, a fin de satisfacer las necesidades de los clientes.

**Cadena de suministros:** La cadena de valor descompone una empresa en sus actividades estratégicas relevantes con el fin de comprender el comportamiento de los costos y las fuentes de diferenciación existente y potencial.

**Almacén:** Establecimiento de grandes dimensiones y dividido en secciones en el que se resguarda por tiempos determinados cualquier tipo de productos de consumo.

**Distribución:** Colocar los productos a disposición de los consumidores en cualquier lugar en el que exista una demanda, en la cantidad necesaria y en el momento en que se necesite.

**Gastos de Distribución:** Son todos los gastos o inversión, que se generan para poner un producto en el mercado y obtener su recuperación por medio de la venta.

**Investigación de Operaciones:** Grupo de métodos y técnicas aplicables a la solución de problemas operativos de los sistemas

**Modelo de Transporte:** Es una clase especial de programación lineal que tiene que ver con transportar un artículo desde sus fuentes (es decir, fábricas) hasta sus destinos (es decir, bodegas o clientes).

## SUMMARY

“Adapt or Die”, a phrase which thus becomes the motto to be followed by any organization to stay on the market.

In the search of this improvement is how organizations arrive to the statistical control, which its usefulness has been proven both in manufacturing and service companies. Since demands for improvement to which organizations are exposed, due to the high competitiveness of globalized markets, it has become more evident the need to broaden the understanding and use of the statistical thinking, and apply concepts and statistical techniques for a diversity of tasks and purposes.

An example of the foregoing, is that as organizations increase in complexity and specialization, it is more difficult to allocate the available resources to the different activities in the most efficient manner for the organization as a whole. This type of problems, and the need to find the best way to resolve them, created an environment to the emergence of the operations research.

Operations research in the logistic area can be focused to the correct distribution network in a large company, which can generate a positive impact on the expenses and operation costs. The analysis for both increasing and redesign the distribution network is important to generate a competitive advantage since, as already discussed above, we are in the stage in which the logistics competitive advantages may be the answer to many of the problems of costs.

## KEYWORDS

**Logistics:** A part of the SupplyChain management that plans, controls and implements in an efficient and effective manner the flow and storage of raw materials, products in process and finished products, with the related information from the point of origin to the point of consumption, in order to meet the needs of the customers.

**Supply Chain:** The chain of value breaks down a company in its relevant strategic activities with the purpose of understanding the behavior of the costs and the sources of existing differentiation and potential.

**Warehouse:** Establishment of large dimensions and divided into sections in which is safeguarded by certain times any type of consumer products.

**Distribution:** to place products available to consumers in any place in which there is a demand, in the required quantity and at the time of need.

**Distribution costs:** These are all the expenses or investment, which are generated to put a product on the market and obtain their recovery through the sale.

**Operations research:** a group of methods and techniques applicable to the solution of operational problems of the systems.

**Transport Model:** It is a special class of linear programming that has to do with transporting an item from its sources (i.e., factories) to their destinations (i.e., warehouse or customers).

## **DEDICATORIAS**

**A los alumnos de los posgrados de la  
Universidad Autónoma de Querétaro**

## **AGRADECIMIENTOS**

Un especial agradecimiento a mis padres Alicia Pérez y Francisco Hernández, por su apoyo comprensión y paciencia, este proyecto no hubiera sido posible sin ellos. Gracias por sus consejos, educación y motivación constante, estos elementos fueron cruciales para finalizar satisfactoriamente mi grado, mantener una actitud positiva y de constante desarrollo.

También les agradezco por la seguridad y confianza para realizar mis sueños, siempre empujándome a finalizarlos de la mejor manera y sin temor al fracaso.

De la misma forma un agradecimiento a mi Jefe David Arellano, por sus consejos, su apoyo, su experiencia y por sobre todas las cosas permitirme trabajar y comprobar la utilidad de todos los métodos de mejoramiento que aprendí durante este periodo de estudio. Sin su apoyo y conocimientos no hubiera sido posible la realización y finalización del presente proyecto.

Otra persona crucial e importante a la que le ofrezco por tantos conocimientos adquiridos y apoyo, es a mi Asesor y Profesor Roberto de la Llata, gracias por su paciencia y horas dedicadas para ayudarme a finalizar y dominar los sistemas de optimización.

# Índice

<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>II. ANTECEDENTES.....</b>	<b>14</b>
<b>II.1. HISTORIA DE LA LOGÍSTICA.....</b>	<b>14</b>
II.1.1. La Logística Militar.....	17
II.1.2. Fases Evolutivas.....	18
II.1.3. Definición de la logística y sus alcances.....	20
II.1.4. Logística Actual y Futura.....	23
II.1.5. La Red de Distribución y su Importancia.....	24
<b>II.2. INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES.....</b>	<b>25</b>
II.2.1. Definición de Investigación de Operaciones.....	27
II.2.2. Programación Lineal.....	27
II.2.3. Modelo de Transporte.....	28
II.2.4. Definición del Modelo de Transporte.....	28
<b>II.3. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>30</b>
<b>II.4. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>33</b>
<b>II.5. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....</b>	<b>35</b>
II.5.1. Hipótesis.....	35
II.5.2. Objetivos.....	35
<b>III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>36</b>
<b>III.1. SELECCIÓN DE UNA METODOLOGÍA.....</b>	<b>36</b>
<b>III.2. MODELO DE TRANSPORTE.....</b>	<b>37</b>
III.2.1. Definir: esclarecer el problema, el objetivo y el proceso.....	38
III.2.1.1. Definición del proyecto.....	38
III.2.2. Medición.....	40
III.2.2.1. Recolección de Información.....	41
III.2.3. Análisis.....	42
III.2.3.1. Análisis General:.....	42
III.2.3.2. Análisis de Distribución:.....	51
III.2.4. Desarrollo del Modelo de Optimización.....	56
III.2.4.1. Definición de parámetros y variables.....	56
III.2.4.1.1. Oferta.....	56
III.2.4.1.2. Demanda.....	58
III.2.4.1.3. Costos de Distribución.....	60
III.2.4.2. Modelación.....	63
III.2.4.3. Implementación del Modelo en Lingo.....	76
<b>IV. Resultados.....</b>	<b>77</b>
<b>V. Conclusión.....</b>	<b>93</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>94</b>

## Índice de Figuras

<i>Figura 1 Representación del Modelo de Transporte (Taha, 2004).</i> .....	29
<i>Figura 2 ARIN Durman Esquivel.</i> .....	40
<i>Figura 3 Base de Datos Master Durman Esquivel S.A. de C.V.</i> .....	41
<i>Figura 4 Gráfico con Estados de Mayor Influencia, Elaboración Propia.</i> .....	51

<i>Figura 5 Reparto de Pedidos entre Bodegas, Elaboración Propia.</i>	53
<i>Figura 6 ARIN Durman Esquivel.</i>	54
<i>Figura 7 Distribución Real Durman Esquivel, Elaboración Propia.</i>	54
<i>Figura 8 Ejemplo Distribución Directa, Elaboración Propia.</i>	55
<i>Figura 9 Ejemplo Distribución Indirecta, Elaboración Propia.</i>	55
<i>Figura 11 Nueva Red de Distribución, Elaboración Propia.</i>	89
<i>Figura 12 Nueva Red de Distribución con Clientes, Elaboración Propia.</i>	91

## **Índice de Tablas**

<i>Tabla 1 Evolución de la Logística. Fuente: Elaboración propia</i>	20
<i>Tabla 2 Análisis por Punto de Venta, Elaboración Propia.</i>	50
<i>Tabla 3 Análisis por Estados, Elaboración Propia.</i>	51
<i>Tabla 4 Participación por Bodegas, Elaboración Propia.</i>	52
<i>Tabla 5 Oferta por Bodega Mensual y su Promedio, Elaboración Propia.</i>	57
<i>Tabla 6 Oferta de Traslados, Elaboración Propia.</i>	57
<i>Tabla 7 Oferta Total, Elaboración Propia.</i>	58
<i>Tabla 8 Demanda de Traslados, Elaboración Propia.</i>	59
<i>Tabla 9 Demanda de Clientes por Estado, Elaboración Propia.</i>	60
<i>Tabla 10 Costos Fijos Durman Esquivel.</i>	61
<i>Tabla 11 Fracción de la Tabla Fletes Interbodegas, Elaboración Propia.</i>	61
<i>Tabla 12 Fracción de la Tabla Fletes Directos, Elaboración Propia.</i>	62
<i>Tabla 13 Costos de Operación, Elaboración Propia.</i>	63
<i>Tabla 14 Oferta Total, Elaboración Propia.</i>	64
<i>Tabla 15 Capacidad de Almacenamiento, Elaboración Propia.</i>	65
<i>Tabla 16 Demanda Total, Elaboración Propia.</i>	66
<i>Tabla 17 Relación Costo Distribución Interbodegas, Elaboración Propia.</i>	67
<i>Tabla 18 Relación Costo Distribución Directa, Elaboración Propia</i>	75
<i>Tabla 19 Resultados Fase 1 Plantas y Almacenes, Elaboración Propia.</i>	78
<i>Tabla 20 Resultados Fase 2 Almacenes y Clientes, Elaboración Propia.</i>	88
<i>Tabla 21 Comparación de Resultados 1, Elaboración Propia.</i>	88
<i>Tabla 22 Resultados Finales Fase 1, Elaboración Propia.</i>	89
<i>Tabla 23 Resultados Finales Fase 2, Elaboración Propia.</i>	91
<i>Tabla 24 Nuevos Costos Fijos, Elaboración Propia.</i>	92
<i>Tabla 25 Ahorro en los Costos de Operación Final, Elaboración Propia.</i>	92

## I. INTRODUCCIÓN

### **Los sistemas logísticos son relevantes para el desarrollo y la mejora empresarial.**

La parte primordial de la logística es permitir que el producto adquiera su valor cuando el cliente lo recibe en el tiempo y en la forma adecuada al menor costo posible, resolviendo así como lo menciona Soret, el clásico desajuste en el ciclo productivo entre la producción y el consumo, como consecuencia de la separación espacial y temporal de ambas fases, tema especialmente relevante en estos tiempos en que la separación es cada vez mayor debido a la globalización de los consumidores y a los procesos de deslocalización. (Soret, 2010).

La cita de Heráclito (600 a.C.) “Nada perdura sino el cambio”, conserva plena vigencia en el entorno empresarial actual. En el que un cúmulo de factores como la variabilidad de las necesidades de los clientes, entre otras, exige una gran flexibilidad y rapidez de adaptación a las empresas (S. Pande, P. Neuman, & R. Cavanagh, 2002).

La logística parece entonces evolucionar hacia el concepto de operaciones fluidas de distribución y producción, avanzando en la integración funcional y en la eficiencia operacional, llegando a la consecución de ventajas competitivas sostenibles.

Por lo tanto es importante enmarcar las actividades logísticas y de distribución comercial en un entorno económico cambiante y de globalización, teniendo siempre en el punto de mira al cliente para conocer sus valores, necesidades y expectativas. En cualquier caso, el gerente logístico debe ser capaz de demostrar el impacto de la gestión y mejora de las operaciones en la organización como generador de valor (Soret, 2010).

“Adaptarse o Morir”, frase que se convierte así en el lema a seguir por cualquier organización para poder permanecer en el mercado. En este sentido cobra especial relevancia la capacidad para innovar y, como parte de ella, su principal abanderada: la mejora (S. Pande, P. Neuman, & R. Cavanagh, 2002).

Se define mejora “como medra, adelantamiento y aumento de una cosa”<sup>1</sup>. Es decir, que mejorar no sólo es perfeccionar (aumentar), sino también innovar (adelantamiento), lo que conlleva una alta dosis de creatividad y planificación a todos los niveles.

En la búsqueda de dicha mejora es como se llega al control estadístico, que se ha demostrado su utilidad tanto en las empresas de manufactura como de servicio, ya que con las exigencias de mejora a la que se ven expuestas las organizaciones, debido a la alta competitividad de los mercados globalizados, se ha hecho más evidente la necesidad de ampliar la comprensión y utilización del pensamiento estadístico, y aplicar conceptos y técnicas estadísticas para una diversidad de tareas y propósitos (Gutierrez Pulido, 2013).

Un ejemplo de lo anterior, es que en la medida que aumentan la complejidad y la especialización, es más difícil asignar los recursos disponibles a las diferentes actividades de la manera más eficaz para la organización como un todo. Este tipo de problemas y la necesidad de encontrar la mejor forma de resolverlos crearon el ambiente propicio para el surgimiento de la investigación de operaciones (S. Hillier & J. Lieberman, 2010).

Entonces se concluye que en la búsqueda de una metodología útil y eficiente, que no solamente permita garantizar un desarrollo real empresarial, y de respuestas lógicas y aplicables para solucionar las dificultades con las que se

---

<sup>1</sup> Diccionario de la Lengua Española (R.A.E.).

enfrentan día a día, sino también enfocada 100% al cliente sin descuidar los costos organizacionales, sobresale la investigación de operaciones.

Durman Esquivel de origen Costarricense (Esquivel S.A. de C.V., s.f.), una empresa dedicada a la venta de productos de pvc y cpvc desde 1962, será la protagonista del presente proyecto. Su misión es llegar a “Ser un líder global en la solución en termoplásticos para fluidos, universalmente respetado por su innovación, calidad, excelencia y valor”. Y su visión “Proveer al mercado soluciones para fluidos, utilizando nuestra experiencia global en beneficio de nuestros clientes, colaboradores, socios, la comunidad y el ambiente”.

Debido a la persecución de dichos aspectos, esta organización ha incrementado su presencia y es así que llega a Querétaro, México en 1997, su desarrollo tan acelerado da como resultado un canal de distribución afectado fuertemente en cuestión de costos, la falta de control y análisis los ha llevado a gastar importantes sumas de dinero, al intentar seguir ganando clientes y al mismo tiempo no descuidar los ya obtenidos.

Por la necesidad de llegar rápidamente al cliente siendo así su primera y única opción, Durman ha generado elevar sus costos de distribución y almacenaje a un nivel extraordinario.

Tomando en cuenta lo anterior se buscará con este proyecto, diseñar la red de distribución óptima por medio de la investigación de operaciones, obteniendo una disminución importante en los costos operativos sin descuidar la pronta respuesta al cliente.

## II. ANTECEDENTES

### II.1. HISTORIA DE LA LOGÍSTICA.

El nacimiento de la logística se remonta al origen del ser humano, desarrollándose paralelamente. Prácticamente desde el principio de los tiempos, los *productos* que la gente desea, o no se producían en el lugar donde se requieren consumir o no están disponibles cuando se desea consumirlos.

Su concepto no fue considerado en aquella época, pero ya los individuos o familias empleaban la logística en su vida cotidiana. De esta manera almacenaban la comida en las cuevas (ya que sólo había abundancia de alimentos en ciertas épocas del año) con el propósito de tener comida durante el frío y largo invierno, gestionando desde el desconocimiento el proceso de aprovisionamiento<sup>2</sup> y el control de inventarios<sup>3</sup>.

Como no existía un sistema desarrollado de transporte y almacenamiento, el movimiento de los productos se limitaba a lo que una persona podía acarrear, y el almacenamiento de los productos perecederos era posible solamente un período corto. Este sistema de transporte y almacenamiento obligaba a las personas a vivir cerca de los lugares de producción y a consumir una gama bastante pequeña de productos o servicios.

A medida que el ser humano y la sociedad evolucionaban, comenzaron a presentarse problemas de coordinación en la línea de producción, de

---

<sup>2</sup> El aprovisionamiento es una operación logística que consiste en asegurar el abastecimiento de mercancías (stock) en una tienda para evitar así vacíos. Deberá ser constante y habrá de hacerse en las mejores condiciones de conservación, a fin de cumplir con los objetivos del negocio (Paz, 2008).

<sup>3</sup> Control de Inventarios: consiste en el control de la acumulación de materiales que posteriormente serán usados para satisfacer una demanda futura. (Soret, 2010).

abastecimiento de materias primas, almacenamiento del producto y su distribución.

Por tales hechos se comenzaba a hacerse más compleja la cadena logística.

Cuando los sistemas *logísticos* empezaron a mejorar, el consumo y la producción fueron separándose geográficamente. Las distintas zonas se especializaron en lo que podían producir más eficientemente. Así, el exceso de producción se pudo enviar de forma rentable a otras regiones y los productos que no se fabricaban en la zona pudieron importarse.

Con ello, el concepto de “*cadena de suministro*”<sup>4</sup> o Supply Chain Management (SCM), forma parte singular de este desarrollo. Muchas de las partes que componen la misma tienen un desarrollo relativamente novedoso, ya que su análisis en profundidad ha quedado un poco retrasado con respecto a otras áreas a las que tradicionalmente se ha dado mayor énfasis (calidad, procesos, administración, etc.).

En los setenta se considera que la logística es una función aislada de transporte, almacén, recibo y procesamiento. El objetivo era una reducción del costo de la operación en sí misma, sin considerar que produjera valor añadido y limitados sólo al ámbito de la empresa (Sabriá, Junio 2012).

Además, la competencia y el desarrollo de los mercados estaban basados principalmente en el mercado interno de cada país y en el crecimiento de

---

<sup>4</sup> Stock y Lambert (2001) definen a la cadena de suministro como la integración de las funciones principales del negocio desde el usuario final a través de proveedores originales que ofrecen productos, servicios e información que agregan valor para los clientes y otros interesados.

empresas oligopólicas<sup>5</sup> nacionales, y éste a su vez en las economías de escala generadas en relación con su tamaño.

Contaban con un fuerte mercado local y mantenían una tendencia a la integración vertical. A partir de esos años se empezó a dar un notable crecimiento de los mercados de exportación.

La incorporación de la logística al mundo empresarial era aún moderada, ya que se demostraba más interés por obtener ingresos que por controlar los costos, sucediendo además fenómenos como la llamada “crisis del petróleo”. Empresarialmente, este fenómeno impulsó la búsqueda de una optimización en la gestión de recursos.

Aparecen entonces el concepto de *logística integrada* (Casanovas & Cuatrecasas, 2011), que alcanza la propia gestión de las mercancías y su distribución, permitiendo mejores niveles de competitividad gracias a una mejor eficiencia en el flujo de los productos y de la información.

En estos movimientos empresariales, se empiezan a dar las economías de elementos de producción “no tradicionales”, es decir, se hace hincapié en la obtención de ventajas competitivas de mercados, en donde los recursos pueden conseguirse de manera más económica, tanto de materia prima como de mano de obra o de tecnología (Sabriá, Junio 2012).

Por este motivo se vislumbran importantes flujos de inversión económica, hasta el punto que aproximadamente un tercio del comercio de mercancías se realiza entre filiales de la misma empresa matriz.

---

<sup>5</sup> Oligopolio. (De oligo- y el gr. πωλεῖν, vender).1. m. Econ. Concentración de la oferta de un sector industrial o comercial en un reducido número de empresas. (Diccionario de la Real Academia Española).

La decisión vinculada con la expansión de las empresas en otros países viene de la mano de dos razones principales: por ventajas de costo de la mano de obra y para cubrir las necesidades de mercados locales.

En los ochenta, la mayor competencia y la creciente globalización de la economía en general, hace que las empresas comiencen a considerar segmentaciones del mercado a pequeña escala. Se empieza a trabajar más en sistemas de fabricación tipo *pulfré*, organizados para cubrir requerimientos diferenciados. Para ello se tiene a que los sistemas logísticos se anticipen a la demanda para de esta forma reducir los tiempos de entrega (Sabriá, Junio 2012).

Debido a estos cambios, la función logística dentro de la empresa va tomando una mayor importancia. Así la función logística actual comprende las funciones de reaprovisionamiento de materias primas, de control del nivel de inventario, de la velocidad de entrega y del servicio al cliente, y ha pasado de controlar el flujo de materiales dentro de la cadena de suministro a integrar el flujo de información que ello conlleva.

### **II.1.1. La Logística Militar.**

Gran parte de la filosofía logística estaba incluida en las actividades logísticas militares<sup>7</sup> durante la Segunda Guerra Mundial, transcurriendo algunos años antes de que se aplicara como concepto en el mundo empresarial.

En el área militar, los expertos en logística determinan cómo y cuándo movilizar determinados recursos a los puntos donde son necesarios. En

---

<sup>6</sup> Se reabastece solamente lo que el cliente ha consumido. Se unen funciones a través del uso de métodos visuales para controlar el flujo de recursos (ej. Kanban) (Toledano de Diego, Mañes Sierra, & García, 2009).

<sup>7</sup> Ciencia de la guerra, estrategia. Parte del arte militar que atiende al movimiento y avituallamiento de las tropas de campaña. (Diccionario de la Real Academia Española).

situaciones de guerra, la eficiencia para transportar y almacenar los materiales y víveres resulta vital.

Durante las dos décadas posteriores a la Segunda Guerra Mundial se dieron cambios en las condiciones económicas y tecnológicas, que favorecieron en gran parte el desarrollo de los temas logísticos (Casanovas & Cuatrecasas, 2011).

La situación económica, debilitada a consecuencia de la guerra, se puede considerar como el inicio de la función logística empresarial, así como de las técnicas orientales asociadas a una mejora organizacional (Just in Time<sup>8</sup>, T.P.S) (Toledano de Diego, Mañes Sierra, & García, 2009).

La falta de capital hizo que las compañías se enfocaran hacia la optimización de una rentabilidad económica; de aquí la importancia de minimizar las inversiones totales de capital y de reducir costes directos de aprovisionamiento, producción y distribución.

A partir de estas experiencias, la logística empresarial se encargó de estudiar cómo colocar los bienes y servicios en el lugar apropiado, en el momento preciso y bajo las condiciones adecuadas. Esto permite que las empresas cumplan con los requerimientos de sus clientes y obtengan la mayor rentabilidad posible.

### **II.1.2. Fases Evolutivas.**

---

<sup>8</sup> El concepto de producción JIT fue implementado en Japón para eliminar el desperdicio de materiales, máquinas, capital, mano de obra e inventario en todo el sistema de manufactura. (Kalpakjian & Schmid, 2002).

Como ya lo comentamos en sus principios la logística no era más que tener el producto justo, en el tiempo justo, en el tiempo oportuno y al menos costo posible, en la actualidad este conjunto de actividades ha sido redefinidas y hoy en día son todo un proceso.

Su evolución como ya se vio en los antecedentes de este protocolo, fue dada desde el principio de la vida humana, a continuación en la *Tabla 1* se presenta un resumen de las características más relevantes desde sus inicios.

Época.	Características Relevantes.
1870 “Sus orígenes”.	En Estados Unidos y Europa Occidental la infraestructura de transporte por ferrocarril y de comunicaciones forman una red básica de comunicaciones y transporte: telégrafos y ferrocarriles. Llevando mercancías de un lugar a otro favoreciendo la producción y el consumo. En ese momento sucede la transición hacia una economía caracterizada por la especialización, antes con carácter de autosuficiencia.
1930 “La logística militar”.	Origen de la logística en los campos militares, destacan los acontecimientos relativos a la Segunda Guerra Mundial. Se empieza a relacionar la logística militar con la producción industrial.
1950 “Conceptualización de la logística”.	La logística toma mayor importancia debido a la transición de los países más desarrollados, de una economía caracterizada por el exceso de demanda a una economía con exceso de oferta, sus características fueron: preocupación por satisfacer al cliente, importancia hacia los canales de distribución (se buscaba llegar a todos los mercados), se originan las líneas de producto (ya que se comienzan a desarrollar nuevos productos).
1970 “Prueba del concepto de logística”.	La crisis energética impulsó el movimiento hacia la mejora del transporte y almacenamiento. El servicio al cliente se convierte en requisito imprescindible para continuar compitiendo con los líderes del mercado, se continúa avanzando en el concepto de distribución física, se originan periodos de recesión y crecimiento en la economía a nivel mundial y se desarrolla la estrategia de gestión de inventarios.
1980 “Impacto tecnológico”.	La liberación del transporte fomentó la coordinación de la distribución, manufactura y abastecimientos. La tecnología fomento la descentralización e intercambio de información,

acercando los clientes a la empresa, al mismo tiempo la revolución de la comunicación y código de barras, impulsa la coordinación e integración de los elementos del sistema logísticos.

Las preferencias fueron cambiando, se prestó especial atención a los proveedores, distribuidores y servicio al cliente, definiendo la demanda del usuario final. Se reducen los inventarios, los costes logísticos totales, y se acortan los tiempos de entrega.

1990 “Fuerzas integradoras de la logística”.

La tecnología sigue posicionándose en los procesos convencionales de logística y en los canales de distribución. Los ciclos de productos cada vez son más cortos, se incrementan los segmentos de mercado y la variedad, se incrementan las expectativas de los clientes en cuanto al nivel de servicio. Se ve un incremento importante en la competitividad en todas las dimensiones y de presión sobre los márgenes de utilidad.

*Tabla 1 Evolución de la Logística. Fuente: Elaboración propia*

### **II.1.3. Definición de la logística y sus alcances.**

Según los historiadores, la palabra logística proviene de la raíz griega Logis, que significa cálculo y del latín logística, término con el que se identificaba en épocas de la Antigua Roma al administrador o Intendente de los ejércitos del Imperio. También se cree que procede del vocablo loger, de origen francés, cuyo significado es habitar o alojar. (Peris, Parra Guerre, Lhermie, & Miquel Romero, 2008)

Council of Logistics Management<sup>9</sup> en 1998 definió a la logística como: “Una parte del *SupplyChain Management* que planifica, controla e implementa de manera eficiente y eficaz el flujo y almacenamiento de materia prima, productos en

---

<sup>9</sup> CLM (council of LogisticManagment, y actualmente denominado CSCMP- Council of SupplyChain Management Professionals) Asociación profesional líder que junto a APICS (AdvancedProductivity, Innovation, and CompetitiveSuccess – TheAssociationforOperations Management) se encuentra en la vanguardia en el desarrollo de temas logísticos y de gestión en Estados Unidos y el resto del mundo.

proceso y productos terminados, con la información relacionada desde el punto de origen hasta el punto de consumo, a fin de satisfacer las necesidades de los clientes”.

Michael Porter: “La cadena de valor descompone una empresa en sus actividades estratégicas relevantes con el fin de comprender el comportamiento de los costos y las fuentes de diferenciación existentes y potenciales” (Porter, 1985).

Anaya: “El flujo de materiales a lo largo del eje del producto, desde su punto de origen hasta el destino, da lugar a una serie de operaciones de las que unas añaden valor al producto desde el punto de vista del cliente, mientras que otras operaciones simplemente implican costes” (Anaya Tejero).

Logística: “Dado un nivel de servicio predeterminado, la logística se encargará del diseño de los flujos de información y de materiales entre los clientes y los proveedores, con el objetivo de tener el material adecuado, en la cantidad adecuada, en el lugar y momento oportunos al mínimo coste posible con el servicio y calidad esperada por el cliente”<sup>10</sup>.

Por lo tanto podemos decir que la logística empresarial implica un cierto orden en los procesos que involucran a la producción y la comercialización de mercancías.

Se dice, por lo tanto, que la logística es el puente o el nexo entre la producción y el mercado. La distancia física y el tiempo separan a la actividad productiva del punto de venta: la logística se encarga de unir producción y mercado a través de sus técnicas.

---

<sup>10</sup> CLM (hoy CSCMP).

En las empresas, la logística implica tareas de planificación y gestión de recursos. Su función es implementar y controlar con eficiencia los materiales y los productos, desde el punto de origen hasta el consumo, con la intención de satisfacer las necesidades del consumidor al menor coste posible.

La “diferenciación” se convierte en la mejor o muchas veces la única oportunidad que surge en el mercado. En ese sentido, la logística se ha convertido en una de las actividades estratégicamente relevantes de las organizaciones más importantes del mundo, donde una buena gestión conseguirá ventajas clave como calidad, servicio, costes y un nivel de diferenciación (Casanovas & Cuatrecasas, 2011).

Con lo cual buscamos que DURMAN alcance su diferenciación al tener una red de distribución eficiente, que disminuya los costos y reduzca el tiempo de entrega.

Lo anterior, utilizando la ventaja competitiva del costo dada por Casanovas, que se entiende que la misma (la ventaja) vendrá de la mano de un alto grado de utilización de la capacidad, mayor rotación de activos, mayor productividad en las operaciones de aprovisionamiento, fabricación, distribución y una interrelación mayor con los proveedores y clientes. Y por el otro lado el beneficio (eficacia) vendrá dado por un margen y una rentabilidad económicos más elevados (Casanovas & Cuatrecasas, 2011).

Por otro lado para lograr el segundo objetivo de este proyecto enfocado a la reducción del tiempo de entrega, se toma en cuenta un objetivo primordial que menciona Paz, donde el tiempo de entrega está directamente ligado al Nivel de Servicio o Calidad de Servicio<sup>11</sup>.

---

<sup>11</sup> Se define a la calidad de servicio como la brecha (gap) entre las expectativas esperadas por el consumidor y su percepción del servicio que recibe. Así, un servicio será definido como alto por el cliente si excede sus expectativas y será pobre si es percibido por debajo de esas expectativas (Paz, 2008).

“Si se optara por una política de alto nivel de servicio, un objetivo básico de la logística sería brindar una rápida respuesta al cliente. Esto podría implicar niveles de stock de seguridad más elevados, así como entregas más rápidas y fiables” (Paz, 2008)

#### **II.1.4. Logística Actual y Futura.**

La logística es un sistema con actividades interdependientes que pueden variar de una organización a otra, pero normalmente incluirán las siguientes funciones: Transporte, almacenamientos, compras, inventarios, planeación de producción, embalaje, servicio al cliente.

Tradicionalmente la logística estuvo relacionada sólo con el movimiento físico y almacenaje de la organización como comercial, producción y compras. Es decir, un concepto básico de movimiento y almacenaje de productos. Es factible que las actividades logísticas quedaran poco atendidas o hasta ignoradas, resultando una coordinación de la cadena defectuosa, que puede traducirse en bajos niveles de servicio al cliente y costos logísticos altos.

Hoy en día, no sólo consiste en administrar la cadena de abastecimiento, sino que también significa eliminar intermediarios que le agregan costo al producto. La mayoría de las organizaciones han coincidido en la clave estratégica para la competitividad reside en la optimización de su cadena de suministro (Cabeza, 2012).

Además cabe mencionar que las empresas que han soportado los cambios en la logística de su cadena de producción se posicionaron como líderes durante esta época, adquiriendo grandes ventajas competitivas<sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup> Una ventaja competitiva constituye una destreza o habilidad especial que logra desarrollar una empresa y que la coloca en una posición de preferencia a los ojos del mercado. (Casanovas & Cuatrecasas, 2011).

Además de la expansión de este tema alrededor del mundo en esta era, también se comienza a hablar de la logística inversa<sup>13</sup>. Que trata de completar el ciclo de la logística para convertirla en un sistema integral.

La logística inversa abarca el conjunto de actividades logísticas de recogida, desmontaje y desmembramiento de productos ya usados o sus componentes, así como de materiales de distinto tipo y naturaleza con el objeto de maximizar el aprovechamiento de su valor, el sentido amplio de su uso sostenible y, en último caso, su destrucción. (Cabeza, 2012).

Lo anterior nos deja ver el crecimiento de la logística y los objetivos a futuro que no son solamente llegar al cliente a tiempo y con bajos costos, si no buscar el retorno del producto para su reutilización, minimizando costos de materia prima y buscando el desarrollo sustentable.

### **II.1.5. La Red de Distribución y su Importancia.**

Cuando mencionamos un entorno logístico empresarial, uno de los primeros temas en mente abarca sobre todo la distribución física (DF).

La DF es un tema relacionado directamente con el mercadeo y definida como “el conjunto de actividades que permitirán el traslado físico de diversos productos y servicios, desde el punto final de producción hasta el punto de adquisición o consumo por parte de los clientes” (Casanovas & Cuatrecasas, 2011).

---

<sup>13</sup> El proceso de planificar, implementar y controlar eficientemente el flujo efectivo de materias primas, inventario semiprocesado, bienes terminados e información referida a estos, desde el punto de consumo al punto de origen, con la finalidad de obtener valor a su correcta descomposición (Rogers & Tibben-Lembke, 1998).

Para poder realizar una distribución eficiente la organización pone en funcionamiento una maquinaria compleja llamada “canal de distribución”, esto es el conjunto de organizaciones y establecimientos que siguen los productos o servicios desde un punto de origen o producción hasta el punto de consumo (Casanovas & Cuatrecasas, 2011).

El objetivo primordial que persigue el sistema de gestión integrado de distribución física será “colocar los productos a disposición de los consumidores en cualquier lugar en el que exista una demanda, en la cantidad necesaria y en el momento en que se necesite” (Casanovas & Cuatrecasas, 2011). Otro de los objetivos perseguidos por el sistema de distribución es reducir costes visibles como transporte, almacenamiento y gestión de inventarios.

Debe considerarse también que dependiendo del tipo de producto, la distribución física será más o menos compleja así como los costos. No será lo mismo distribuir físicamente productos perecibles o no perecibles, líquidos o sólidos, gaseosos o no gaseosos, de tamaño pequeño o muy grande. La organización debe considerar que en muchos casos los costes de distribución pueden representar porcentajes menores o mayores del treinta por ciento del valor del producto.

También se debe considerar la evolución de las tecnologías de la información y medios telemáticos que han permitido la mejora en la eficiencia de la distribución física, desarrollando sistemas de rastreo de productos en stock, tránsito, inventarios, embarques por satélite, lectores de barras, hasta el seguimiento de paquetería por internet que se encuentran actualmente en uso.

De aquí la importancia de enfocarnos en un diseño óptimo de distribución, que controle eficientemente los canales y los costos relacionados con el mismo.

## **II.2. INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES.**

El hombre desde que apareció en la tierra ha buscado mejorar su forma de vida, esto lo ha hecho preguntándose sobre cómo lograr más satisfacción con menores esfuerzos. Este espíritu fue el que movió a Frederick W. Taylor “el padre de la administración científica” a observar cómo desarrollaban los obreros sus diversas tareas y lo llevó a plantearse varias opciones para mejorar la eficiencia de los mismos (Izar Landeta, 1996).

De igual forma al inicio de la segunda guerra mundial, los ingleses se vieron obligados a agrupar gente que dominaban diversas disciplinas para estudiar los problemas militares, tácticas de abastecimiento y demás inherentes a la guerra para el aprovechamiento óptimo de los recursos escasos, tanto materiales como humanos. Aquí es donde se considera que nació La Investigación de Operaciones. De igual forma y casi al mismo tiempo en Estados Unidos de Norteamérica, se integraron exitosos grupos de trabajo cuyo objetivo era el desarrollo de estrategias para las operaciones militares, tales como problemas logísticos, planeación de maniobras navales y establecimiento de patrones de vuelo para aviones (Izar Landeta, 1996).

Al finalizar la guerra, ese personal que había aplicado los métodos de investigación de operaciones a acciones militares, pronto se dio cuenta que las técnicas empleadas podían utilizarse para problemas industriales. Fue entonces que en la década de los 50 la IO comenzó a tener auge a nivel industrial, lo cual impulsó su avance y evolución.

En 1947, en EUA, George B. Dantzing desarrolló el Método Simplex de Programación Lineal, el cual ha tenido amplias aplicaciones y ha servido de base para otros modelos de programación, como la entera y la programación por metas (Izar Landeta, 1996).

### **II.2.1. Definición de Investigación de Operaciones.**

La Investigación de Operaciones puede definirse como un grupo de métodos y técnicas aplicables a la solución de problemas operativos de los sistemas (Izar Landeta, 1996).

Taha en cambio lo describe como una técnica efectiva, con una tendencia a aplicarla como una herramienta adecuada para modelar “cualquier” situación. Ese proceder suele conducir hacia un modelo matemático muy apartado de la situación real. En consecuencia, es necesario analizar primero los datos disponibles, con las técnicas más sencillas posibles (por ejemplo: promedios, tablas e histogramas), con objeto de determinar la fuente del problema. Una vez definido el problema, se puede tomar una decisión acerca de la herramienta más adecuada para llegar a la solución (o una selección adecuada del modelo a emplear) (Taha, 2004).

Como herramienta de toma de decisiones, la investigación de operaciones es una ciencia y un arte. Es una ciencia por las técnicas matemáticas que presenta, y es un arte porque el éxito de todas las fases que anteceden y siguen a la resolución del modelo matemático depende mucho de la creatividad y la experiencia del equipo de investigación de operaciones.

### **II.2.2. Programación Lineal.**

La programación lineal se aplica a modelos de optimización en los que las funciones objetivo y restricción son estrictamente lineales. La técnica se aplica en una amplia variedad de casos, en los campos de agricultura, industria, economía, salud, ciencias sociales y de la conducta, militar y transporte (área de estudio de esta tesis).

También produce algoritmos eficientes de cómputo para problemas con miles de restricciones y variables. En realidad, debido a su tremenda eficiencia de cálculo, la programación lineal forma la columna vertebral de los algoritmos de solución para otros modelos de investigación de operaciones, como las programaciones entera, estocástica, de transportes y no lineal (Taha, 2004).

### **II.2.3. Modelo de Transporte.**

El modelo de transporte es una clase especial de programación lineal que tiene que ver con transportar un artículo desde sus fuentes (es decir, fábricas) hasta sus destinos (es decir, bodegas o clientes). El objetivo es determinar el programa de transporte que minimice el costo total del transporte y que al mismo tiempo satisfaga los límites de la oferta y la demanda. En el modelo se supone que el costo de transporte es proporcional a la cantidad de unidades transportadas en determinada ruta (Taha, 2004).

En general, se puede ampliar el modelo de transporte a otras áreas de operación, entre otras el control de inventarios, programación de empleos y asignación de personal.

Aunque el modelo de transporte se puede resolver como una programación lineal normal, su estructura especial permite desarrollar un algoritmo de cómputo, basado en el símplex, que usa las relaciones premal-dual para simplificar los cálculos (Taha, 2004).

### **II.2.4. Definición del Modelo de Transporte.**

Un problema de distribución de productos, se conoce como “problema de transporte”, esto debido a que efectivamente existe el transporte de algún

producto entre ofertantes y consumidores situados en distintas zonas geográficas (Moya Navarro, 1995).

El problema general se representa como una red, donde se tienen  $m$  fuentes y  $n$  destinos, cada fuente y cada destino representados por un nodo. Los arcos representan las rutas que enlazan las fuentes y los destinos.

El arco  $(i,j)$  que une a la fuente  $i$  con el destino  $j$  conduce dos clases de información: el costo de transporte  $c_{ij}$  por unidad, y la cantidad transportada  $x_{ij}$  (observe la figura 1). La cantidad de oferta en la fuente  $i$  es  $a_i$  y la cantidad de demanda en el destino  $j$  es  $b_j$ . El objetivo del modelo es determinar las incógnitas  $x_{ij}$  que minimicen el costo total de transporte, y que al mismo tiempo satisfagan las restricciones de oferta y demanda (Taha, 2004).

166 Capítulo 5 Modelo de transporte y sus variantes

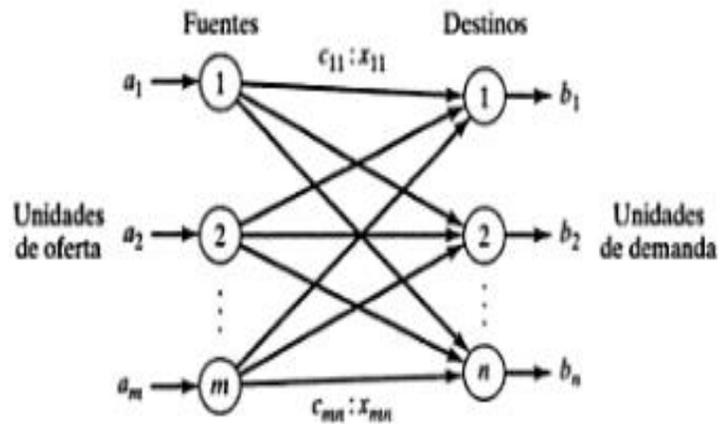


FIGURA 5.1  
Representación del modelo de transporte con nodos y arcos

Figura 1 Representación del Modelo de Transporte (Taha, 2004).

La importancia que ha obtenido el modelo de transporte es derivado de su amplia resolución de problemas que se refieren a distribución urbana de productos e importación y exportación de productos terminados, principalmente.

### II.3. JUSTIFICACIÓN.

La Association for Operations Management define la **logística** como “el arte y la ciencia de obtener, producir y distribuir el material y el producto en el lugar y las cantidades apropiados”.

Los centros de almacenamiento y distribución actuales, modernos y eficientes, son el corazón de la logística. Estos centros son cuidadosamente administrados y operados para garantizar el almacenamiento seguro y el flujo rápido de los bienes, los servicios y la información relacionada desde el punto de origen hasta el punto de consumo.

El problema de decidir cómo transportar mejor los bienes de las plantas a los clientes es complejo y afecta el costo de un producto. Comprende esfuerzos importantes relacionados con el costo de transporte del producto, la velocidad de la entrega y la flexibilidad para reaccionar ante los cambios. Los sistemas de información desempeñan un papel importante en la coordinación de actividades e incluyen tareas como distribución de los recursos, manejo de los niveles de inventario, programación y rastreo de pedidos.

Se deben de buscar cadenas de suministro que emplean estrategias dirigidas a crear la eficiencia de costos más alta. Para lograr estas eficiencias, es necesario eliminar las actividades que no agregan valor, buscar economías de escala, manejar técnicas de optimización para aprovechar al máximo la producción y la distribución, y establecer vínculos de información para garantizar la transmisión de información más eficiente, precisa y efectiva en costos en toda la cadena de suministro.

Lo más importante en esta y todas las épocas es reducir los costos, no solamente logísticos sino de toda la organización, Durman debido a su actual

desarrollo y expansión, vislumbra la necesidad de recurrir a métodos diferentes de control a los que se llevaban a cabo cuando eran aún una empresa pequeña.

Debido a su rápido crecimiento, no se han permitido rediseñar los modelos con los que cuentan y eso los ha llevado a gastar altas sumas de dinero sin antes analizar mejores opciones.

Este proyecto consiste en presentar una solución a largo plazo, ya que se buscará rediseñar y mejorar su modelo de distribución, por uno que logre la reducción de los costos totales de distribución en al menos un 6%, por medio de la metodología de optimización de sistemas.

La empresa en ese rápido crecimiento se diseñó inicialmente con gerencias regionales de administración del mercado (venta/producción/logística), la cual dio como resultado tener por más de 10 años a 7 zonas regionales:

1. Sureste
2. Golfo
3. Centro
4. Centro Pacífico
5. Pacífico Norte
6. Norte

Para el último cuarto del 2013, la empresa buscando incrementar sus procesos, capacidades y resultados, ahora plantea tener un enfoque de unidades de negocio, las cuales son:

1. Infraestructura y Urbanización
2. Edificación
3. Riego

4. Distribución Norte
5. Distribución Sur

Esto nos requiere el desarrollar un modelo de logística acorde a esta nueva organización, la cual debe preservar o inclusive mejorar el servicio además de reducir gastos de almacenaje y distribución que son parte de la estructura regional anterior. La optimización de la red logística se basará en el principio de que la centralización ofrece un costo más bajo, optimización de procesos y eficiencia acorde a los tiempos que el mercado necesita (Paz, 2008).

## II.4. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los problemas logísticos, en este caso de distribución, se presentan continuamente en todas las empresas en desarrollo, este es el caso de Durman Esquivel, que a pesar de su amplia red de distribución, no ha logrado tener un control adecuado o efectivo, tanto para mantener un nivel de servicio adecuado, como para mantener bajos costos de operación (fletes, almacén, renta de bodegas, sueldos y salarios, etc.), y de esta forma atacar todos los pedidos en el tiempo adecuado y distribuyendo desde el punto más óptimo.

La dificultad es que a diferencia del costo industrial, que es fijo, el costo logístico es variable. Es decir, cuando una empresa produce cierto número de parte, el costo industrial de todas las piezas es idéntico, pero no su costo de distribución. Depende de cómo se efectúen los pedidos, dónde se hallen los clientes, el tiempo de permanencia en el almacén, etc. (Paz, 2008)

El reto es atacar los altos costos en distribución que esta empresa ha venido manteniendo, y demostrar que de esta forma se obtendrán ahorros importantes sin descuidar el nivel de servicio, para lo anterior se estudiará la posibilidad de cambiar el modelo de distribución y de esta forma encontrar los caminos más adecuados para llegar a los clientes, con el menor costo y mejor tiempo de entrega.

Todo lo anterior debido a que Durman ha comprobado que no conformes con pagar costos altos de distribución, sus bodegas son incapaces de realizar las tareas u objetivos por los cuales están siendo mantenidas.

Se sabe que las bodegas no pueden surtir los pedidos de los clientes en su totalidad (esto probablemente se deba a su poca capacidad, inadecuado control de inventarios, etc), también se sabe que debido a lo anterior se surte alrededor del 60% de los pedidos totales nacionales desde la planta central (en

este caso planta Querétaro). Lo que nos lleva a creer que el bajo nivel de servicio se deriva de que las bodegas no están cumpliendo con su tarea de distribución, y por lo tanto debemos cuestionar su existencia, o la redistribución de las mismas, todo siempre con el fin de mejorar los tiempos de entrega y reducir los costos de operación

Lo anterior afecta desde varias perspectivas ya que no solamente seguimos manteniendo bodegas poco rentables, si no que pagamos dos tipos de fletes para todos los destinos. El flete directo a clientes (este cuando embarcamos con dirección directa al cliente, sin pasar por las bodegas), y el otro modelo que sería flete primario (desde la planta a las bodegas) y el secundario (desde las bodegas al cliente). Lo que repercute directamente en nuestra rentabilidad, costos de distribución y nivel de servicio.

Además se ha visto como otras bodegas interfieren en las zonas que no deberían, lo que conlleva a un irrespeto total del ARIN y desorden en la organización, pues esto provoca que los clientes se confundan y no tengan una bodega a la cual dirigirse para obtener su material.

Debido a lo anterior con este proyecto por medio del modelo de transporte, se buscará analizar y reestructurar el modelo de distribución, por medio del cual se espera ahorrar al menos el 6% de los costos totales de distribución y lograr definir puntualmente las zonas de cada bodega (que no se permita que otra bodega entre en zonas ya asignadas a una bodega), y tratando al mismo tiempo no descuidar el nivel de servicio si no al contrario, afectarlo positivamente con el mejoramiento de tiempos de entrega.

## **II.5. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

### **II.5.1. Hipótesis**

La aplicación del modelo de transporte, ayudara a la empresa Durman a mejorar de manera significativa la cadena de distribución, disminuyendo los costos de operación.

### **II.5.2. Objetivos**

- ✓ Analizar las ventas históricas (Pareto), para enfocar los puntos de mayor participación, y seleccionar las bodegas más cercanas para su respectivo análisis.
- ✓ Analizar los estados principales de la república, seleccionando a los mejores y enfocando esos puntos como demanda del modelo.
- ✓ Con dichos datos y utilizando el modelo de transporte demostrar cuantitativamente, qué bodegas son capaces de atender los pedidos al menor costo, tomando en cuenta el costo de flete directo e indirecto, renta mensual de la bodega, sueldos y salarios, etc.
- ✓ Definir la nueva red de distribución, que genere ahorros de al menos un 6% de los costos logísticos totales, comparando con los costos actuales de operación.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **III.1. SELECCIÓN DE UNA METODOLOGÍA.**

El abanico de tecnologías para realizar cualquier mejora es enormemente amplio. Sin embargo, algo que en principio debería ser conceptualmente simple, como resolver un problema, llevado a la práctica puede complicarse hasta el extremo de, incluso, empeorar las cosas (Simchi-Levi, Kaminsky, & Simchi-Levi, 2004).

Las metodologías que ofrecen peores resultados, y paradójicamente las más utilizadas históricamente, son las que podríamos denominar ingenuas. Su principal característica es que, una vez identificada la solución del problema, no movilizan todos los medios para garantizar su implantación y seguimiento, por lo que muchas veces se quedan en una simple declaración de intenciones, caso que sucede habitualmente en las empresas nacionales (Stair & Reynolds, 2001).

Un ejemplo de este tipo de metodologías podrían ser los clásicos grupos de mejora, en los cuales es frecuente que su trabajo se diluya al disolverse el grupo sin que nadie asuma las nuevas responsabilidades, otro de los riesgos que sufren es el que podríamos llamar de la “solución más fácil”. En el cual siempre sucede que alguien, por haberse enfrentado con anterioridad a problemas que parecen similares al actual o por llevar mucho tiempo trabajando con él, sabe la solución de antemano y pretende utilizar el grupo para implantarla sin buscar otras alternativas (Stair & Reynolds, 2001).

Evidentemente, la participación de personas con experiencia en problemas similares, muy cercanas al proceso en estudio y con ideas, es más que deseable en la mejora, pero es igual de importante dotarlas de una herramienta que aproveche sus conocimientos y confirme (o no) sus teorías, sin lugar a dudas,

antes de introducir alguna modificación en los procesos en marcha (Kroenke & Auer, 2009).

Con lo anterior se llegó a la conclusión de que el método para la resolución de este problema sería la investigación de operaciones, enfocada al modelo de transporte.

Como su nombre lo indica, el objetivo de esta disciplina implica “investigar sobre las operaciones”. En consecuencia, esta disciplina se aplica a la problemática relacionada con la conducción y la coordinación de actividades en una organización. En esencia, la naturaleza de la organización es irrelevante, por lo cual la IO ha sido aplicada de manera extensa en áreas tan diversas como manufactura, transporte, construcción, telecomunicaciones, planeación financiera, cuidado de la salud, fuerzas armadas y servicios públicos, por nombrar sólo unas cuantas. Así, la gama de aplicaciones es inusualmente amplia (S. Hillier & J. Lieberman, 2010).

La IO se ocupa de proporcionar conclusiones claras que el tomador de decisiones pueda usar cuando sea necesario (S. Hillier & J. Lieberman, 2010).

### **III.2. MODELO DE TRANSPORTE**

El sistema de modelos de transporte constituye una herramienta de análisis y simulación que sirve para analizar la situación actual del sector transporte y para realizar proyecciones a mediano plazo y verificar el impacto de cambios en la infraestructura vial, sobre el sistema de transporte nacional.

En el ámbito de la planificación de transportes, el modelo es una serie de relaciones, ecuaciones o algoritmos utilizados para describir la incidencia de una serie de características socioeconómicas de la población o la región en un servicio, como podría ser el tipo de viajes o la movilidad.

Para el presente proyecto se llevaran a cabo los siguientes pasos, que ayudaran a dar forma al modelo y alcanzar los objetivos deseados:

1. Definición
2. Medición
3. Análisis
4. Modelación
5. Resultados

### **III.2.1. Definir: esclarecer el problema, el objetivo y el proceso.**

Se trata de una descripción concisa y centrada en lo que está mal, ya sean las consecuencias de un problema o la oportunidad que va a estudiar. En ocasiones, la definición del problema puede ser una versión depurada de la misión del proyecto (S. Pande, P. Neuman, & R. Cavanagh, 2002).

La definición del problema y declaración de objetivos han de ir parejas. Mientras que la definición del problema describe el mal o los síntomas, la declaración de objetivos define el remedio en cuanto a resultados concretos.

#### **III.2.1.1. Definición del proyecto**

Con el objetivo de definir el proyecto se realizó una encuesta interna de las necesidades u oportunidades de mejor que se tienen para que el área de logística lograra una reducción en su operación.

El resultado de esta encuesta se resume en el siguiente diagrama de Ishikawa *Figura 2*, en el que se detono con mayor intensidad la necesidad de mejorar el área de tráfico (distribución).

### ***Hoja de Trabajo***

- Problema: Costos altos de operación en el área de distribución.

### ***Declaración del Problema:***

- Los costos en el área de tráfico siguen incrementando, aunque las ventas se han sostenido comparadas a los dos años anteriores.
- Descontrol en la cadena de distribución actual, no se respetan las zonas lógicas.
- La dirección está cambiando su enfoque a unidades de negocio y requiere un rediseño en sus canales de distribución, sin disparar los costos.

### ***Alcance***

- Atacar los altos costos, estudiando la posibilidad de cambiar el modelo de distribución y de esta forma encontrar los caminos más adecuados para llegar a los clientes, y demostrando un ahorro importante para la empresa.

### ***Situación Actual***

La situación actual de la empresa en cuanto a su distribución se resumen en el siguiente ARIN (diagrama interno de Durman *Figura 2*), donde se especifica en color azul la distribución de materia prima a las diferentes plantas, y de color gris la distribución en cuanto al abastecimiento de producto terminado a las bodegas.

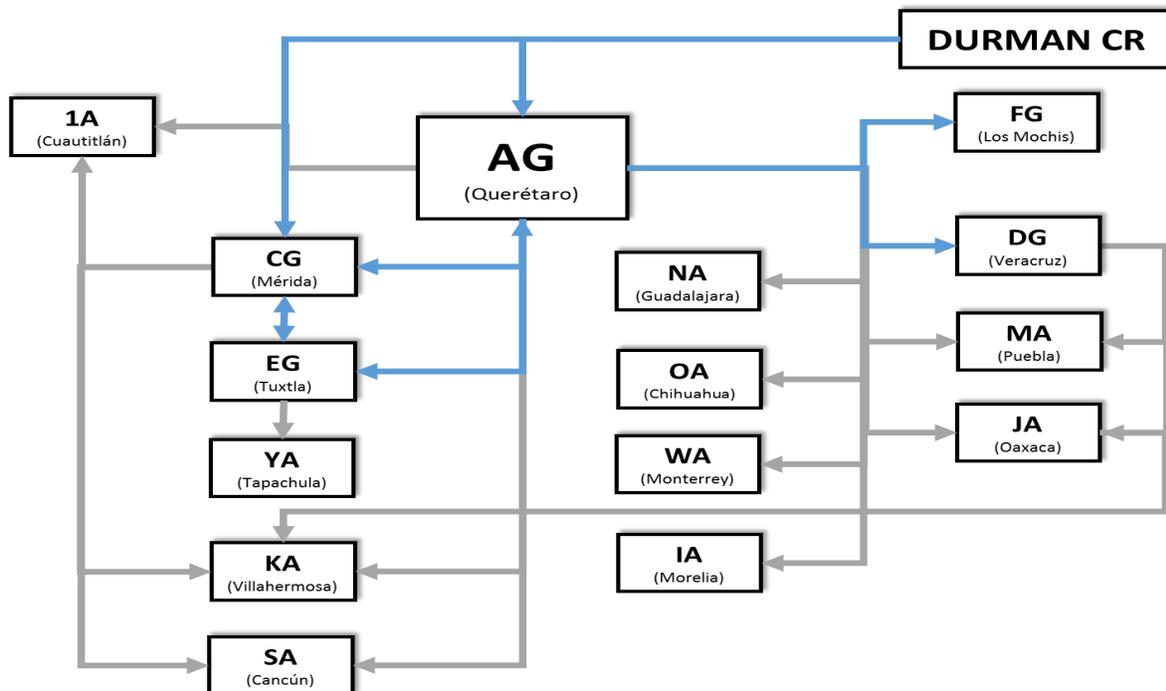


Figura 2 ARIN Durman Esquivel.

El costo actual de distribución con el modelo presentado (ARIN) es de un poco más de 5 millones de pesos al mes, más adelante se desglosa dicho costo de operación.

### III.2.2. Medición

El propósito de la Fase de Medición es establecer técnicas para la recolección de información acerca del desempeño actual que destaque las oportunidades del proyecto y proporcione una estructura para monitorear las mejoras subsecuentes (Gómez Fraile, Vilar Barrio, & Tejero Monzón, 2003).

Se recolecta la información para determinar el tiempo de ciclo, tipo y frecuencia de carga, etc (Escalante, 2006). Se debe usar un sistema de medición validado que asegure la precisión y consistencia de la información recolectada. La información obtenida tendrá que ser suficiente para el análisis del problema.

### III.2.2.1. Recolección de Información

Se recolecto la información de la base de datos master de la empresa Durman Esquivel, la cual no solamente nos arrojó los datos de embarques si no muchos otros como por ejemplo: costo factura, estado, municipio, cliente, chofer, etc.

La siguiente *Figura 3* se muestra la base de datos que fue utilizada para el análisis y medición de este proyecto.

TALON	NO. DOCU	BODEGA	FECHA	CAP	DESTINO	TIPO	DESCRIPCION	ESTADO	TIP	NO.	NOMBRE	KILOS	FLETE	MONTO FAC	MONTO FA	% FLETE
49	25956	129427	AA	19/04/2013 12:48	646	CA	ABASOLO	GUANAJUATO	FC	8450	VAZQUEZ CEBALLOS	703	2000	16206	16,206.00	12.34110822
53	23621	127556	AA	11/01/2013 11:21	645	TO	ACAMBARO	GUANAJUATO	FC	173240	DISTRIBUIDORA TAM	27	3334.2	2239.44	47,085.36	7.081181922
56	23621	127581	AA	11/01/2013 11:21	645	TO	ACAMBARO	GUANAJUATO	FC	9089	AQUATECH DEL BAJIC	151	3334.2	3315.4	47,085.36	7.081181922
59	23621	127593	AA	11/01/2013 11:21	645	TO	ACAMBARO	GUANAJUATO	FC	9089	AQUATECH DEL BAJIC	578	3334.2	13287.6	47,085.36	7.081181922
62	23621	127595	AA	11/01/2013 11:21	645	TO	ACAMBARO	GUANAJUATO	FC	8655	JIMENEZ ANDRES JUA	100	3334.2	3602.19	47,085.36	7.081181922
65	23621	127615	AA	11/01/2013 11:21	645	TO	ACAMBARO	GUANAJUATO	FC	173240	DISTRIBUIDORA TAM	311	3334.2	14103.98	47,085.36	7.081181922
68	23621	127617	AA	11/01/2013 11:21	645	TO	ACAMBARO	GUANAJUATO	FC	8971	PARTES Y COMPONEI	516	3334.2	10536.75	47,085.36	7.081181922
1472	8868	37973	1A	20/03/2013 14:50	741	TO	ACAPULCO	GUERRERO	FC	4735	MV SA DE CV	57	11250	3219	185,055.60	6.079254015
1476	8868	37974	1A	20/03/2013 14:50	741	TO	ACAPULCO	GUERRERO	FC	4735	MV SA DE CV	57	11250	3219	185,055.60	6.079254015
1480	8868	38074	1A	20/03/2013 14:50	741	TO	ACAPULCO	GUERRERO	FC	4735	MV SA DE CV	41	11250	1208.4	185,055.60	6.079254015
1484	8868	38081	1A	20/03/2013 14:50	741	TO	ACAPULCO	GUERRERO	FC	4735	MV SA DE CV	25	11250	787.7	185,055.60	6.079254015
1488	8868	38098	1A	20/03/2013 14:50	741	TO	ACAPULCO	GUERRERO	FC	171406	GRUPO ALCIONE, S.A	82	11250	1723.56	185,055.60	6.079254015
1492	8868	38121	1A	20/03/2013 14:50	741	TO	ACAPULCO	GUERRERO	FC	171406	GRUPO ALCIONE, S.A	476	11250	10044.72	185,055.60	6.079254015
1496	8868	38124	1A	20/03/2013 14:50	741	TO	ACAPULCO	GUERRERO	FC	171406	GRUPO ALCIONE, S.A	329	11250	6971.04	185,055.60	6.079254015
1500	8868	38126	1A	20/03/2013 14:50	741	TO	ACAPULCO	GUERRERO	FC	171406	GRUPO ALCIONE, S.A	12	11250	249.48	185,055.60	6.079254015
1504	8868	38132	1A	20/03/2013 14:50	741	TO	ACAPULCO	GUERRERO	FC	171406	GRUPO ALCIONE, S.A	5	11250	417.6	185,055.60	6.079254015
1508	8868	38143	1A	20/03/2013 14:50	741	TO	ACAPULCO	GUERRERO	FC	2345	TUBOS Y VALVULAS S	22	11250	5880	185,055.60	6.079254015
1512	8868	38175	1A	20/03/2013 14:50	741	TO	ACAPULCO	GUERRERO	FC	321	TUBFLEX CORPORATI	473	11250	8754.4	185,055.60	6.079254015
1516	8868	38200	1A	20/03/2013 14:50	741	TO	ACAPULCO	GUERRERO	FC	4338	GRUPO ZHERCAT, SA	2	11250	465.09	185,055.60	6.079254015
1520	8868	38202	1A	20/03/2013 14:50	741	TO	ACAPULCO	GUERRERO	FC	4735	MV SA DE CV	343	11250	19309.5	185,055.60	6.079254015
1524	8868	38203	1A	20/03/2013 14:50	741	TO	ACAPULCO	GUERRERO	FC	4735	MV SA DE CV	102	11250	5749.94	185,055.60	6.079254015

Figura 3 Base de Datos Master Durman Esquivel S.A. de C.V.

Como efecto de este análisis y para hacer confiable la muestra se tomaron los datos de dos periodos en este caso el año 2013 con sus doce periodos y el año 2014 con solo seis periodos, esto debido a que a partir de la mitad del año 2014 la empresa sufrió una migración a una nueva plataforma (SAP).

### III.2.3. Análisis

La fase de Análisis permite enfocarse en las oportunidades de mejora al observar más de cerca los datos recolectados en la fase de Medición (Escalante, 2006).

Podemos representar la etapa analizar, aplicada a la mejora de un proceso, como un ciclo. El ciclo se dirige a la generación y evaluación de “hipótesis” (o “suposiciones con base”) acerca de la causa del problema (S. Pande, P. Neuman, & R. Cavanagh, 2002).

La fase de Análisis termina una vez que puede enfocarse en la modelación del problema (Escalante, 2006).

#### III.2.3.1. Análisis General:

Una vez obtenida la base de datos, se comienza el proceso de análisis en este caso se inició con un análisis hacia la mayor facturación, esto con el fin de focalizar los esfuerzos a las zonas que tienen mayor importancia para la empresa, pues son las que más aportan.

En la *Tabla 2* se resume la facturación del año 2013 por municipio y de manera ascendente; con dichos datos se realizó un Pareto para seleccionar las zonas más influyentes y resulto que de un total de 291 destinos, el 80% de la facturación equivale a solo 84, los cuales representan solo el 29% de dichos destinos.

ANÁLISIS POR MUNICIPIO			
DESCRIPCION	Suma de MONTO_FAC	% Participación	% Acumulado
MERIDA	\$ 39,650,862.38	5%	5%

TEHUACAN	\$ 31,589,556.20	4%	8%
TECAMACHALCO	\$ 25,636,013.07	3%	11%
MONTERREY	\$ 22,888,632.48	3%	14%
TAPACHULA	\$ 22,250,888.94	3%	16%
HERMOSILLO	\$ 18,394,665.41	2%	18%
CUAUTITLAN IZCALLI	\$ 17,561,782.56	2%	20%
QUERETARO	\$ 16,484,892.14	2%	22%
VILLA HERMOSA	\$ 15,723,048.79	2%	24%
VILLA ARISTA	\$ 14,762,184.84	2%	26%
PUEBLA	\$ 14,332,773.05	2%	27%
CHEMUMAL	\$ 13,899,416.85	2%	29%
TUXTLA	\$ 12,513,511.83	1%	30%
COATZACOALCOS	\$ 12,370,760.43	1%	32%
LEON	\$ 11,837,340.62	1%	33%
LOS MOCHIS	\$ 11,728,223.12	1%	34%
BENEMERITO	\$ 11,336,978.15	1%	36%
BUENAVENTURA	\$ 11,220,593.71	1%	37%
CANCUN	\$ 10,690,366.86	1%	38%
MAZATLAN	\$ 10,530,097.81	1%	39%
OAXACA	\$ 10,465,293.80	1%	41%
ATLIXCO	\$ 10,350,886.20	1%	42%
CHIHUAHUA	\$ 9,758,876.87	1%	43%
RIVAPALACIOS	\$ 9,508,717.44	1%	44%
ECATEPEC	\$ 9,218,291.30	1%	45%
BUENAVISTA TOMATLAN	\$ 9,001,984.44	1%	46%
IXTAPA ZIHUATANEJO	\$ 8,771,015.33	1%	47%
TLALPAN	\$ 8,625,360.62	1%	48%
CUAUHTEMOC	\$ 8,624,424.41	1%	49%
XALAPA	\$ 8,572,736.37	1%	50%
CD JUAREZ	\$ 8,329,354.14	1%	51%
ACAPULCO	\$ 8,264,906.57	1%	52%
CD HIDALGO	\$ 8,073,127.68	1%	53%
CULIACAN	\$ 8,037,531.58	1%	54%
TUTLA	\$ 7,599,065.58	1%	55%
LAZARO CARDENAS	\$ 7,507,636.03	1%	56%
BARRA DE NAVIDAD	\$ 7,394,633.31	1%	56%
VERACRUZ	\$ 7,274,127.19	1%	57%
CIUDAD DEL CARMEN	\$ 6,643,745.61	1%	58%
APIZACO	\$ 6,450,574.95	1%	59%
GUADALAJARA	\$ 6,436,482.51	1%	59%
AMECA	\$ 6,265,135.34	1%	60%

LAS CHOAPAS	\$ 6,158,595.74	1%	61%
CUATROCIENEGAS	\$ 6,101,318.71	1%	62%
MEXCALHUACAN	\$ 5,707,360.20	1%	62%
ATLACOMULCO	\$ 5,599,334.79	1%	63%
TUXTEPEC	\$ 5,593,859.53	1%	64%
CARDENAS	\$ 5,393,225.52	1%	64%
HUEJUTLA	\$ 4,992,869.58	1%	65%
MATAMOROS	\$ 4,789,024.78	1%	65%
TUXPAN	\$ 4,774,992.15	1%	66%
CORDOBA	\$ 4,683,883.21	1%	66%
TORREON	\$ 4,521,256.49	1%	67%
ZACATECAS	\$ 4,444,165.81	1%	67%
PUERTO VALLARTA	\$ 4,439,788.70	1%	68%
TOLUCA	\$ 4,416,979.62	1%	68%
PLAYA DEL CARMEN	\$ 4,392,036.51	1%	69%
COMITAN	\$ 4,356,418.57	0%	69%
DELICIAS	\$ 4,351,036.70	0%	70%
SAN CRISTOBAL	\$ 4,298,771.95	0%	70%
TLALNEPANTLA	\$ 4,279,580.47	0%	71%
OCOZOCOAUTLA	\$ 4,235,585.39	0%	71%
ACAYUCA	\$ 4,095,212.99	0%	72%
CAMARGO	\$ 4,049,143.73	0%	72%
NUEVA ROSITA	\$ 3,923,382.10	0%	73%
COZUMEL	\$ 3,914,264.29	0%	73%
MINATITLAN	\$ 3,894,677.10	0%	74%
CIUDAD GUZMAN	\$ 3,866,664.63	0%	74%
IZTAPALAPA	\$ 3,683,423.78	0%	74%
TOMATLAN	\$ 3,653,607.46	0%	75%
OCOSINGO	\$ 3,646,341.28	0%	75%
IRAPUATO	\$ 3,535,820.70	0%	76%
SOMBRETE	\$ 3,524,491.63	0%	76%
CD OBREGON	\$ 3,518,844.86	0%	77%
MIAHUATLAN	\$ 3,513,721.70	0%	77%
MIGUEL HIDALGO	\$ 3,436,255.69	0%	77%
ALTAMIRA	\$ 3,304,657.33	0%	78%
PACHUCA	\$ 3,251,985.96	0%	78%
CAMPECHE	\$ 3,198,353.14	0%	78%
PALENQUE	\$ 3,146,381.92	0%	79%
AGUA PRIETA	\$ 3,078,083.05	0%	79%
AMECUACA	\$ 3,070,644.45	0%	80%
CANDELARIA	\$ 3,047,468.07	0%	80%

<b>EL GRULLO</b>	\$	3,044,923.70	0%	80%
<b>ANGOSTURA</b>	\$	3,009,003.67	0%	81%
<b>CD. DEL MAIZ</b>	\$	2,961,528.17	0%	81%
<b>CUNDUACAN</b>	\$	2,867,308.03	0%	81%
<b>CHURUMUCO</b>	\$	2,854,389.76	0%	82%
<b>TULANCINGO</b>	\$	2,764,397.29	0%	82%
<b>COLONIA YUCATAN</b>	\$	2,737,505.25	0%	82%
<b>HUATULCO</b>	\$	2,564,971.66	0%	82%
<b>ESCUENTLA</b>	\$	2,551,717.89	0%	83%
<b>BUENAVISTA</b>	\$	2,522,318.95	0%	83%
<b>CUERNAVACA</b>	\$	2,511,289.93	0%	83%
<b>TEPIC</b>	\$	2,508,966.37	0%	84%
<b>CELAYA</b>	\$	2,395,426.89	0%	84%
<b>ESCARCEGA</b>	\$	2,371,117.20	0%	84%
<b>EL PORVENIR.</b>	\$	2,302,946.69	0%	84%
<b>MUNA</b>	\$	2,234,688.61	0%	85%
<b>ORIZABA</b>	\$	2,199,374.20	0%	85%
<b>JUCHITLAN</b>	\$	2,170,187.63	0%	85%
<b>CERRO DE ORTEGA</b>	\$	2,164,013.21	0%	85%
<b>CD. ALTAMIRANO</b>	\$	2,127,907.95	0%	86%
<b>TEPATEPEC FCO. I</b>	\$	2,118,226.73	0%	86%
<b>MANUEL DOBLADO</b>	\$	2,105,868.27	0%	86%
<b>FRONTERA ECHEVERRIA</b>	\$	2,054,970.09	0%	86%
<b>CD MENDOZA</b>	\$	2,005,289.63	0%	87%
<b>DURANGO</b>	\$	1,935,645.90	0%	87%
<b>MARTINEZ DE LA TORRE</b>	\$	1,934,450.58	0%	87%
<b>GUASAVE</b>	\$	1,863,374.62	0%	87%
<b>NOGALES</b>	\$	1,784,615.91	0%	87%
<b>BOLSA DE TOSALIBAMPO</b>	\$	1,738,896.46	0%	88%
<b>Huixtlan - Tlacolula</b>	\$	1,736,809.47	0%	88%
<b>ALVARO OBREGON</b>	\$	1,675,684.90	0%	88%
<b>POZARICA</b>	\$	1,660,429.10	0%	88%
<b>EL FUERTE</b>	\$	1,656,451.94	0%	88%
<b>IZTACALCO</b>	\$	1,649,449.26	0%	89%
<b>SAN FRANCISCO</b>	\$	1,576,785.14	0%	89%
<b>ZACANGO</b>	\$	1,541,179.70	0%	89%
<b>LA PIEDAD</b>	\$	1,503,964.89	0%	89%
<b>PUERTO PE?ASCO</b>	\$	1,477,288.59	0%	89%
<b>TULUM</b>	\$	1,465,066.98	0%	89%
<b>CUAUTLA</b>	\$	1,462,933.69	0%	90%
<b>ARENAL</b>	\$	1,458,611.92	0%	90%

<b>DOLORES HIDALGO</b>	\$	1,450,969.49	0%	90%
<b>VILLA DE REYES</b>	\$	1,442,497.24	0%	90%
<b>CHAMPO TON</b>	\$	1,410,151.47	0%	90%
<b>PIEDRAS NEGRAS</b>	\$	1,397,070.00	0%	90%
<b>GUSTAVO A MADERO</b>	\$	1,348,535.54	0%	91%
<b>NUEVO PADILLA</b>	\$	1,300,452.30	0%	91%
<b>TECOMAN</b>	\$	1,299,060.86	0%	91%
<b>EL ROSARIO</b>	\$	1,267,123.58	0%	91%
<b>HUETAMO</b>	\$	1,260,649.12	0%	91%
<b>LAS RUANAS</b>	\$	1,257,887.72	0%	91%
<b>IXMIQUILPAN</b>	\$	1,252,442.53	0%	92%
<b>SAN QUINTIN</b>	\$	1,223,080.59	0%	92%
<b>ARRIAGA</b>	\$	1,201,704.23	0%	92%
<b>FRONTERA TABASCO</b>	\$	1,198,848.75	0%	92%
<b>CHILPANCINGO</b>	\$	1,187,364.56	0%	92%
<b>ZIRANDARO</b>	\$	1,178,435.90	0%	92%
<b>PUERTO LIBERTAD</b>	\$	1,174,593.67	0%	92%
<b>URUAPAN</b>	\$	1,172,908.92	0%	92%
<b>SAN FELIPE TORRES MOCHAS</b>	\$	1,148,915.91	0%	93%
<b>PINAL DE AMOLES</b>	\$	1,144,812.25	0%	93%
<b>BOCA DEL RIO</b>	\$	1,134,179.77	0%	93%
<b>FRONTERA COMALAPA</b>	\$	1,123,570.46	0%	93%
<b>OJINAGA</b>	\$	1,105,792.62	0%	93%
<b>PANUCO</b>	\$	1,088,349.60	0%	93%
<b>NUEVO LAREDO</b>	\$	1,085,250.09	0%	93%
<b>SAN MIGUEL DE ALLENDE</b>	\$	1,080,943.96	0%	93%
<b>CHINA</b>	\$	1,068,282.52	0%	94%
<b>TONALA</b>	\$	1,051,610.01	0%	94%
<b>VILLA AHUMADA</b>	\$	1,003,628.43	0%	94%
<b>GUAYMAS</b>	\$	993,479.16	0%	94%
<b>CHIGNAHUAPAN</b>	\$	990,652.97	0%	94%
<b>PANABA</b>	\$	986,011.05	0%	94%
<b>YAHOALICA</b>	\$	980,888.50	0%	94%
<b>ACATLAN</b>	\$	975,913.86	0%	94%
<b>LAGOS DE MORENO</b>	\$	968,297.43	0%	95%
<b>ZACAPOAXTLA</b>	\$	955,195.60	0%	95%
<b>TECAMAC</b>	\$	948,434.29	0%	95%
<b>COLIMA</b>	\$	940,273.00	0%	95%
<b>MORELIA</b>	\$	923,194.05	0%	95%
<b>CHALCO</b>	\$	916,804.01	0%	95%
<b>PARRAL</b>	\$	894,378.07	0%	95%

CIUDAD VALLES	\$	891,022.76	0%	95%
CATEMACO	\$	882,185.48	0%	95%
CD VICTORIA	\$	873,289.64	0%	95%
MEXICALI	\$	849,100.64	0%	96%
TICUL	\$	846,520.34	0%	96%
SAN JUAN DEL RIO	\$	804,636.16	0%	96%
NEZAHUALCOYOTL	\$	803,929.74	0%	96%
SALVATIERRA	\$	773,631.91	0%	96%
TAPILULA	\$	762,070.64	0%	96%
COSOLEANCAQUE	\$	742,830.56	0%	96%
IXTLAHUACA	\$	734,576.89	0%	96%
XOCHEL	\$	718,019.46	0%	96%
TIZIMIN	\$	686,385.75	0%	96%
TIERRA BLANCA	\$	679,614.33	0%	96%
OXKUTZCAB	\$	638,752.04	0%	96%
PENJAMO	\$	622,106.50	0%	97%
TLAHUAC	\$	621,027.45	0%	97%
ZACATLAN	\$	582,887.07	0%	97%
NAVOJOA	\$	580,405.62	0%	97%
CABO SAN LUCAS	\$	579,338.50	0%	97%
PUERTO ESCONDIDO	\$	574,082.50	0%	97%
HUAUCHINANGO	\$	571,965.18	0%	97%
RIO GRANDE	\$	568,560.71	0%	97%
AMEALCO	\$	567,605.65	0%	97%
XICOTEPEC JUAREZ	\$	562,048.20	0%	97%
REYNOSA	\$	550,135.78	0%	97%
CABORCA	\$	532,576.85	0%	97%
VILLA GUERRERO	\$	526,122.72	0%	97%
TAMUIN	\$	515,975.38	0%	97%
CIUDAD CONSTITUCION, BCS	\$	507,045.03	0%	97%
VILLAFLORES	\$	501,891.07	0%	98%
APATZINGAN	\$	499,155.06	0%	98%
TEZIUTLAN	\$	496,903.23	0%	98%
SAN LUIS POTOSI	\$	484,168.41	0%	98%
URES	\$	483,189.68	0%	98%
TIJUANA	\$	470,695.03	0%	98%
LA PAZ ( FERRY )	\$	454,617.18	0%	98%
SALINA CRUZ	\$	447,090.37	0%	98%
TOLIMAN	\$	443,734.57	0%	98%
PARAISO	\$	437,304.46	0%	98%
SUCHIATE	\$	436,613.34	0%	98%

ESCUINAPA	\$	425,449.25	0%	98%
RUTA HIDALGO	\$	408,736.19	0%	98%
COSTA DE HERMOSILLO	\$	403,493.42	0%	98%
TENOSIQUE	\$	401,931.75	0%	98%
COMALCALCO	\$	400,139.54	0%	98%
SAN RAFAEL	\$	396,025.14	0%	98%
HUITUIPAN MPIO. SABANILLA	\$	387,105.40	0%	98%
ENSENADA	\$	386,443.63	0%	98%
AZCAPOTZALCO	\$	380,515.76	0%	98%
ALAMO	\$	376,765.44	0%	98%
TEQUISQUIAPAN	\$	357,922.96	0%	99%
SAN FERNANDO	\$	357,297.60	0%	99%
CHINAUTLA	\$	349,040.90	0%	99%
NAONLICO	\$	344,916.91	0%	99%
GUADALUPE	\$	334,696.86	0%	99%
CHAHUITES	\$	326,766.06	0%	99%
MEXICO	\$	320,745.06	0%	99%
AGUASCALIENTES	\$	317,517.06	0%	99%
PUENTE DE IXTLA	\$	315,925.04	0%	99%
YAJALON	\$	310,493.43	0%	99%
GUANAJUATO	\$	309,311.96	0%	99%
ABASOLO	\$	300,486.79	0%	99%
SALTILLO	\$	282,785.50	0%	99%
SANTIAGO PINOTEPA	\$	276,160.31	0%	99%
COSAMALOAPAN	\$	258,269.37	0%	99%
MAPASTEPEC	\$	255,874.78	0%	99%
ACAMBARO	\$	245,508.00	0%	99%
NICOLAS DE LOS GARZA	\$	244,550.79	0%	99%
COTAXTLA	\$	241,884.79	0%	99%
OCOTLAN	\$	229,714.69	0%	99%
JIUTEPEC	\$	207,387.82	0%	99%
ZAMORA	\$	207,302.89	0%	99%
CHALCHIHUITE	\$	203,400.00	0%	99%
ACTOPAN	\$	203,263.34	0%	99%
SALAMANCA	\$	199,490.56	0%	99%
SILAO	\$	199,337.47	0%	99%
ACOLMAN	\$	198,450.34	0%	99%
JIMENEZ	\$	196,029.65	0%	99%
Papantla-Cd Victoria	\$	194,810.98	0%	99%
ESTACION BAMOA	\$	191,361.20	0%	99%
FRESNILLO	\$	189,472.12	0%	99%

<b>OCOSINGO Y COMITAN</b>	\$	189,243.75	0%	99%
<b>LAS MARGARITAS</b>	\$	180,660.20	0%	99%
<b>LOS REYES DE SALGADO</b>	\$	176,796.04	0%	99%
<b>TAMAZUNCHALE</b>	\$	175,667.59	0%	100%
<b>HUIMANGUILLO</b>	\$	166,068.46	0%	100%
<b>CONCORDIA</b>	\$	165,179.88	0%	100%
<b>ACONCHI</b>	\$	164,700.00	0%	100%
<b>LA CONCORDIA</b>	\$	163,494.66	0%	100%
<b>HUIXTLA</b>	\$	162,617.51	0%	100%
<b>TEAPA</b>	\$	161,075.85	0%	100%
<b>VENUSTIANO CARRANZA</b>	\$	155,834.00	0%	100%
<b>PICHUCALCO</b>	\$	155,010.94	0%	100%
<b>CHOLULA</b>	\$	151,610.52	0%	100%
<b>EL TRIUNFO (POR COMITAN)</b>	\$	148,035.78	0%	100%
<b>TECOZAUTLA</b>	\$	147,584.80	0%	100%
<b>ISLA MUJERES</b>	\$	138,102.88	0%	100%
<b>GUAMUCHIL</b>	\$	132,000.00	0%	100%
<b>TEXCOCO</b>	\$	130,513.47	0%	100%
<b>ACATZINGO</b>	\$	128,349.20	0%	100%
<b>MOTOZINTLA</b>	\$	126,519.88	0%	100%
<b>PUNTA COLONET</b>	\$	117,009.57	0%	100%
<b>SAN ANDRES TUXTLA</b>	\$	112,358.49	0%	100%
<b>PRESUMIDA</b>	\$	110,554.99	0%	100%
<b>JUAN ALDAMA</b>	\$	106,070.16	0%	100%
<b>LOMA BONITA</b>	\$	105,156.00	0%	100%
<b>SAN JUAN CHUMULA</b>	\$	104,400.70	0%	100%
<b>PEROTE</b>	\$	104,348.09	0%	100%
<b>NAUCALPAN</b>	\$	100,979.21	0%	100%
<b>PLAYA VICENTE</b>	\$	100,680.31	0%	100%
<b>CIUDAD CONSTITUCION</b>	\$	100,159.20	0%	100%
<b>CIHUATLAN</b>	\$	91,699.80	0%	100%
<b>MOTUL</b>	\$	88,117.50	0%	100%
<b>GOMEZ PALACIO</b>	\$	82,500.00	0%	100%
<b>ISLA HOLBOX</b>	\$	81,098.91	0%	100%
<b>SAN BLAS</b>	\$	72,689.76	0%	100%
<b>SOTUTA</b>	\$	62,531.50	0%	100%
<b>YAHUALICA</b>	\$	62,316.00	0%	100%
<b>SOLISTAHUACAN</b>	\$	59,742.98	0%	100%
<b>HUEHUETOCA</b>	\$	47,158.59	0%	100%
<b>COMONFOR</b>	\$	44,422.31	0%	100%
<b>MULEGE</b>	\$	40,962.30	0%	100%

<b>TLAXCALA</b>	\$	28,607.15	0%	100%
<b>ZUMPANGO</b>	\$	20,925.60	0%	100%
<b>VIZCAINO</b>	\$	1,484.82	0%	100%
<b>Total general</b>	\$	874,668,249.67	100%	

Tabla 2 Análisis por Punto de Venta, Elaboración Propia.

Retomando la *Tabla 2*, los 84 puntos de mayor aportación se traducen a un total anual de \$ 701, 504, 930.49; para agilizar el análisis y el control, se tomaron los 84 puntos y se acomodaron por estados, lo que dio como resultado la siguiente *Tabla 3*:

<b>ANÁLISIS POR ESTADO</b>			
<b>ESTADO</b>	<b>Suma de MONTO_FAC</b>	<b>% Participación</b>	<b>% Acumulado</b>
PUEBLA	\$ 81,909,228.52	9%	9%
CHIAPAS	\$ 79,251,231.23	9%	18%
VERACRUZ	\$ 51,824,985.18	6%	24%
ESTADO DE MEXICO	\$ 41,075,968.74	5%	29%
YUCATAN	\$ 39,650,862.38	5%	34%
JALISCO	\$ 38,171,880.10	4%	38%
CHIHUAHUA	\$ 37,709,005.15	4%	42%
QUINTANA ROO	\$ 32,896,084.51	4%	46%
MICHOACAN	\$ 31,725,698.11	4%	50%
SINALOA	\$ 30,295,852.51	3%	53%
OAXACA	\$ 27,171,940.61	3%	56%
SONORA	\$ 24,991,593.32	3%	59%
DISTRITO FEDERAL	\$ 24,369,464.50	3%	62%
NUEVO LEON	\$ 22,888,632.48	3%	64%
GUERRERO	\$ 17,035,921.90	2%	66%
QUERETARO	\$ 16,484,892.14	2%	68%
TABASCO	\$ 15,723,048.79	2%	70%
GUANAJUATO	\$ 15,373,161.32	2%	72%
SAN LUIS POTOSI	\$ 14,762,184.84	2%	74%
COAHUILA	\$ 14,545,957.30	2%	75%
CAMPECHE	\$ 12,889,566.82	1%	77%
HIDALGO	\$ 8,244,855.54	1%	78%
TAMAULIPAS	\$ 8,093,682.11	1%	79%
ZACATECAS	\$ 7,968,657.44	1%	79%
TLAXCALA	\$ 6,450,574.95	1%	80%
<b>Total general</b>	<b>\$ 701,504,930.49</b>	<b>80%</b>	

Tabla 3 Análisis por Estados, Elaboración Propia.

La *Tabla 3* resume los 84 puntos de mayor influencia a solo 24 estados de la república y un Distrito Federal, con lo que se trabajará durante todo el proyecto de manera más ágil.

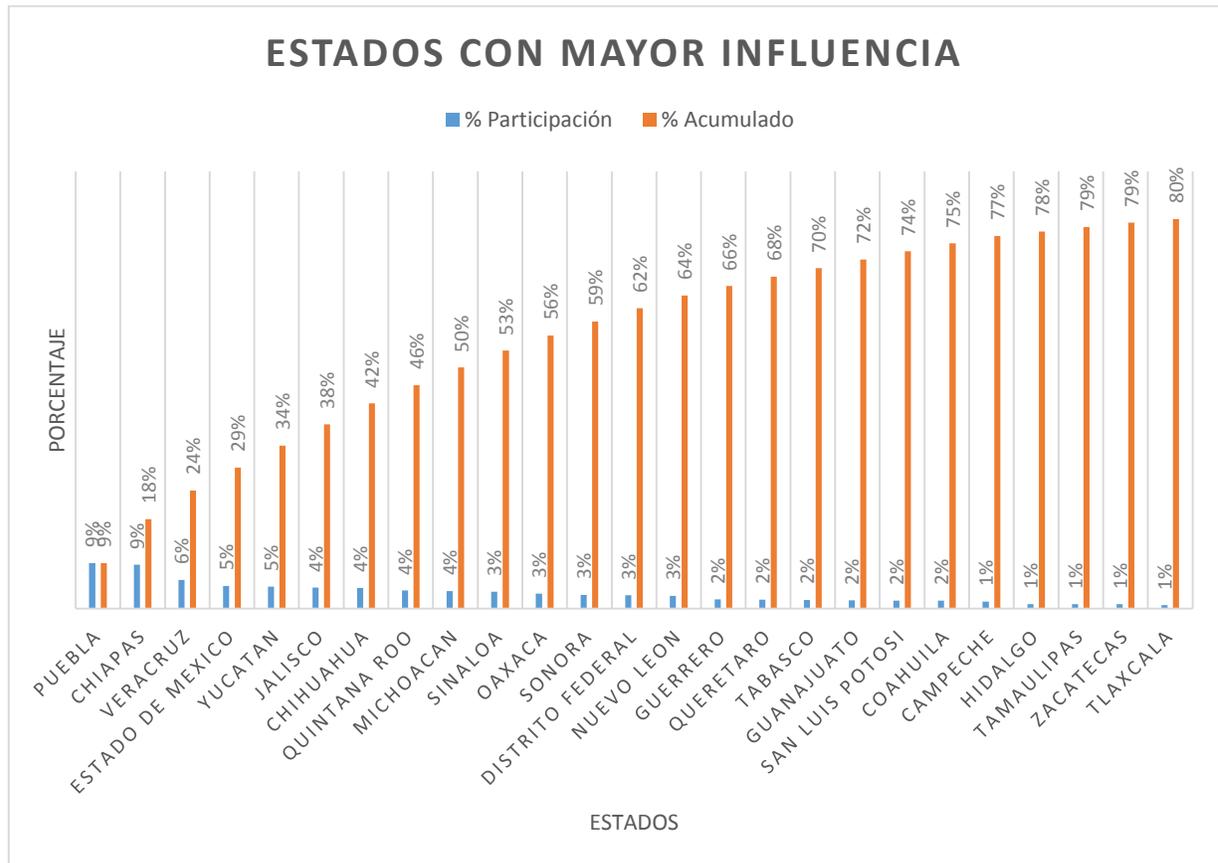


Figura 4 Gráfico con Estados de Mayor Influencia, Elaboración Propia.

En la *Figura 4* se presentan los resultados de manera gráfica, con el fin de visualizar de mejor forma la aportación de cada uno de los estados participantes en el análisis.

### III.2.3.2. Análisis de Distribución:

Después de revisar la facturación y sus puntos más influyentes, ahora toca el turno de revisar el área a mejorar por este proyecto, ni más ni menos que

la distribución. En la *Figura 3* se observó la distribución con la que actualmente se maneja la empresa Durman Esquivel.

Al analizar la participación de cada una de las 13 bodegas (contando las fábricas que de igual forma trabajan como bodegas), se obtuvo los siguientes resultados resumidos en la *Tabla 4*; en la que se observa que la distribución del 85% de la demanda recae en solamente 5 bodegas (se presentan los resultados de manera gráfica en la *Figura 5*).

Lo que nos lleva a pensar que la existencia del resto de las 8 bodegas es altamente cuestionable, lo que se revisará más adelante con la modelación del problema.

SIGLAS	Bodega	Suma de MONTO_FAC	% Participación	% Acumulado
AG	Querétaro	\$ 331,555,959.27	47%	47%
CA	Mérida	\$ 87,220,984.07	12%	60%
1A	Cuautitlán	\$ 63,843,439.82	9%	69%
DA	Veracruz	\$ 59,879,222.99	9%	77%
EA	Tuxtla	\$ 56,141,516.72	8%	85%
FA	Los Mochis	\$ 43,643,307.55	6%	92%
RA	Guadalajara	\$ 18,033,232.07	3%	94%
MA	Puebla	\$ 17,524,851.65	2%	97%
YA	Tapachula	\$ 9,730,876.25	1%	98%
KA	Villahermosa	\$ 6,743,728.03	1%	99%
SA	Cancún	\$ 4,287,338.08	1%	100%
JA	Oaxaca	\$ 1,696,282.59	0%	100%
OA	Chihuahua	\$ 1,204,191.40	0%	100%
<b>Total</b>		<b>\$ 701,504,930.49</b>	<b>100%</b>	

*Tabla 4 Participación por Bodegas, Elaboración Propia.*

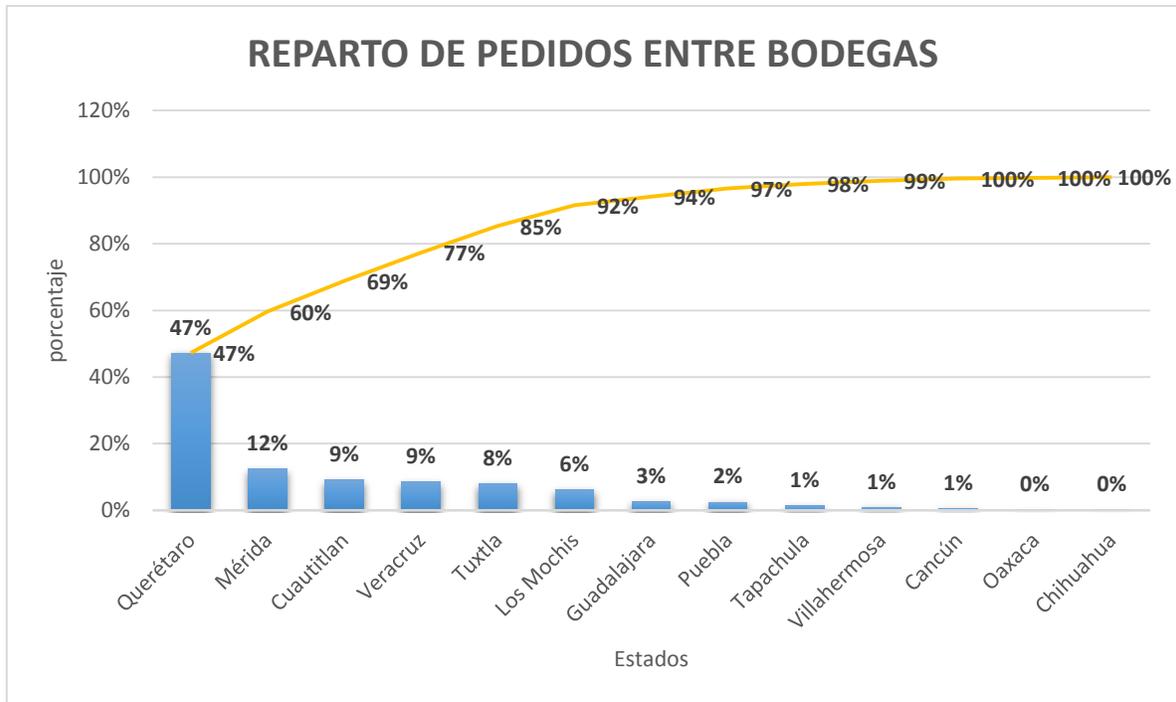


Figura 5 Reparto de Pedidos entre Bodegas, Elaboración Propia.

Para el proceso de modelación, se tomarán en cuenta los resultados del proceso de análisis, los cuales nos permiten segmentar el modelo a 25 puntos como destino y 13 bodegas como origen.

Continuando con el análisis de la red de distribución y retomando lo visto con anterioridad en la *Figura 3 ARIN*, se encontró y se confirmó que lo planeado por la dirección en la realidad no se respeta.

Lo que quiere decir que la distribución no sigue las restricciones lógicas por zona establecidas, sino en cambio siguen una distribución desordenada y no lógica como lo muestra la *Figura 6*.

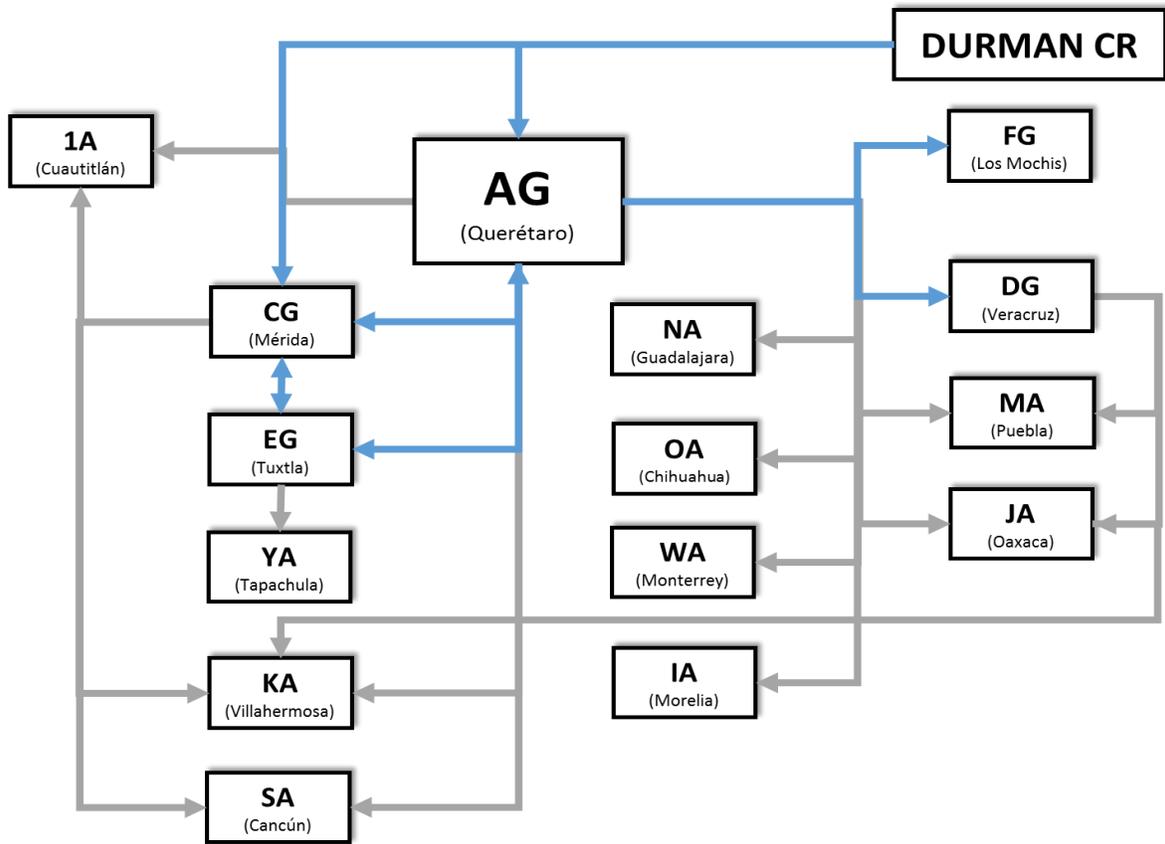


Figura 6 ARIN Durman Esquivel.

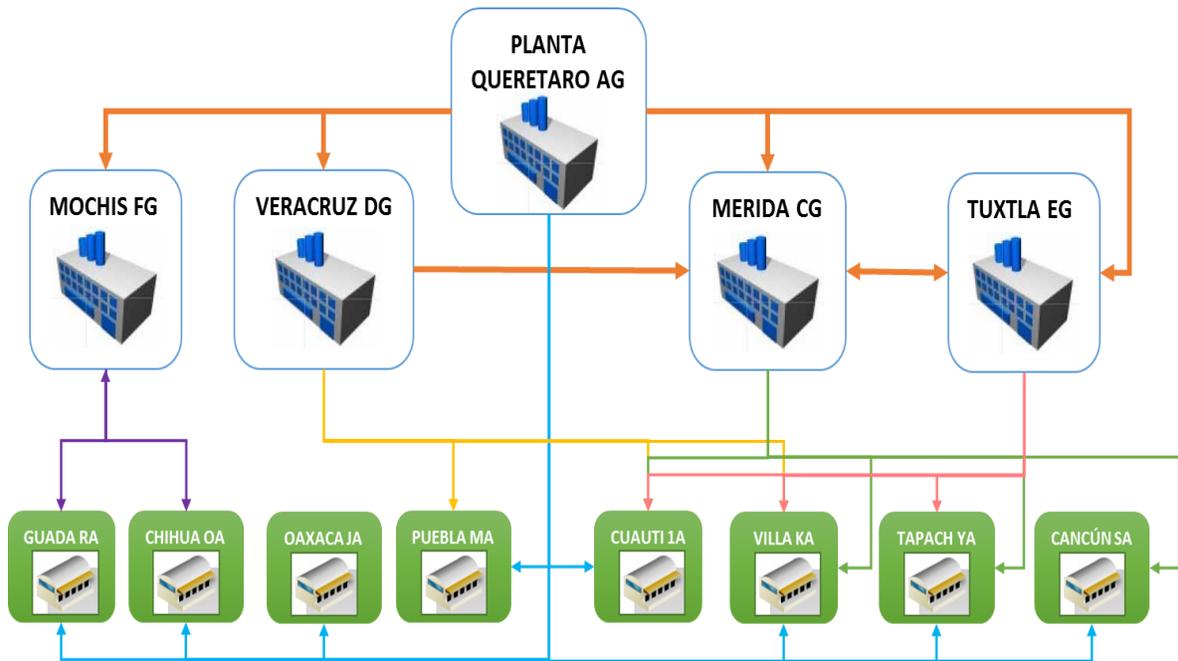
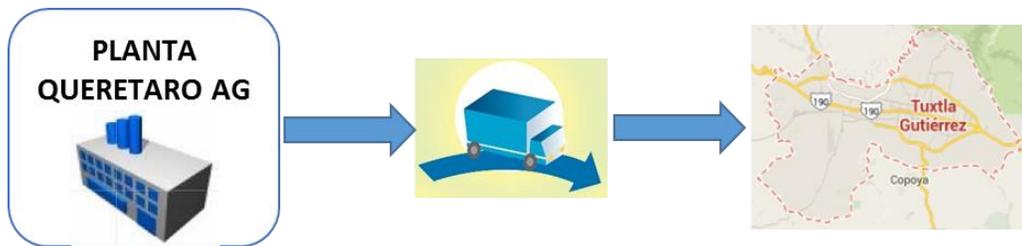


Figura 7 Distribución Real Durman Esquivel, Elaboración Propia.

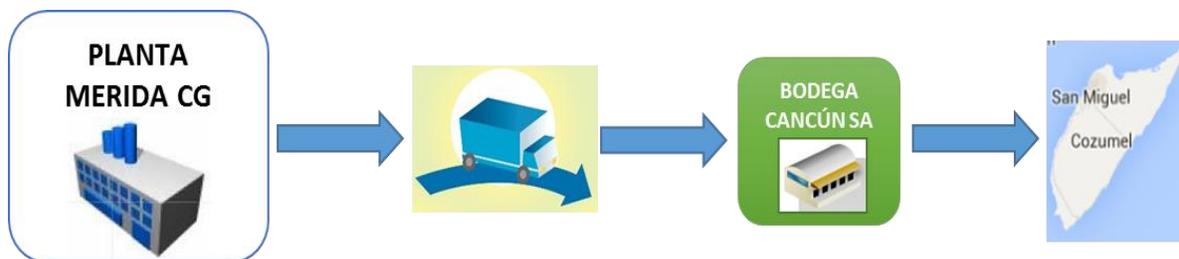
Con esto se confirma la importancia de realizar este proyecto y establecer restricciones lógicas y puntuales para la distribución.

La *Figura 7* nos permite entender de mejor forma la distribución actual de la empresa, la cual se lleva a cabo de dos formas: la primera que de ahora en adelante llamaremos distribución directa (flete directo) no tiene intermediarios va desde las plantas productoras a los puntos de venta (ejemplo *Figura 8*: Planta Querétaro AG – Cliente Final Tuxtla, Chiapas).



*Figura 8 Ejemplo Distribución Directa, Elaboración Propia.*

Y la segunda que sería la distribución más larga (flete indirecto), la cual cuenta primeramente con traslados interbodega (de planta a bodega) y después se traslada al punto de venta (ejemplo *Figura 9*: Planta Mérida CG – Bodega Cancún SA y Bodega Cancún SA – Cliente Final Cozumel, Quintana Roo).



*Figura 9 Ejemplo Distribución Indirecta, Elaboración Propia.*

### **III.2.4. Desarrollo del Modelo de Optimización**

El desarrollo de un modelo de transporte contempla los siguientes objetivos:

1. Definir parámetros y variables del modelo.
2. Correr el modelo con un software (en este caso LINGO).
3. Evaluar los resultados obtenidos.

Derivado del proceso de análisis, podemos comenzar a definir las variables del modelo, en este caso serían la oferta, la demanda y los costos de distribución.

#### **III.2.4.1. Definición de parámetros y variables.**

##### **III.2.4.1.1. Oferta**

La oferta se entiende por la cantidad de unidades (tráileres en este caso) disponibles a mover desde las plantas o bodegas. Para obtener estos datos se realizó el siguiente análisis.

La *Tabla 5* muestra mes a mes la cantidad de unidades facturadas desde las 13 bodegas a los 25 puntos de venta antes seleccionados. Las unidades que se toman en cuenta son tráileres de 53 pies con capacidad de 40 toneladas. Al final se toma el promedio de los doce periodos analizados para formar la primera parte de nuestra oferta.

OFERTA FACTURADO														
SIGLAS	DESCRIPCION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
AG	Querétaro	209	184	149	127	156	178	117	116	113	169	145	119	149
DA	Veracruz	47	38	36	41	36	34	26	35	39	42	34	27	36
CA	Mérida	43	47	40	39	63	53	47	38	60	71	60	57	52
EA	Tuxtla	35	35	33	29	36	34	48	53	41	49	41	25	38
FA	Los Mochis	16	16	5	4	20	24	28	33	33	46	10	19	21
1A	Cuautitlan	26	33	25	27	32	33	38	34	23	33	26	18	29
KA	Villahermosa	4	3	-	4	9	13	2	2	5	2	-	-	4
MA	Puebla	5	1	4	3	4	6	5	10	13	10	16	11	7
RA	Guadalajara	11	12	8	4	9	14	7	24	7	8	1	15	10
JA	Oaxaca	1	2	5	-	-	-	-	3	2	2	-	-	1
OA	Chihuahua	-	-	-	-	-	-	-	-	7	5	8	8	2
YA	Tapachula	7	5	4	3	7	6	3	4	1	1	6	3	4
SA	Cancún	3	8	3	3	4	1	1	2	3	4	-	1	3
	<b>TOTAL</b>	<b>407</b>	<b>384</b>	<b>312</b>	<b>284</b>	<b>376</b>	<b>396</b>	<b>322</b>	<b>354</b>	<b>347</b>	<b>442</b>	<b>347</b>	<b>303</b>	<b>356</b>

Tabla 5 Oferta por Bodega Mensual y su Promedio, Elaboración Propia.

Por otro lado para completar la oferta del modelo no podemos olvidarnos de las unidades movidas interbodegas la *Tabla 6* resume lo obtenido de dicho análisis y el promedio mensual.

OFERTA TRASLADADO														
SIGLAS	DESCRIPCION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
AG	Querétaro	110	93	107	142	114	156	129	132	85	138	153	167	127
DA	Veracruz	4	7	4	7	6	5	6	6	6	5	2	4	5
CA	Mérida	8	2	3	1	6	7	1	4	3	8	10	6	5
EA	Tuxtla	8	6	10	7	7	9	11	10	11	12	11	7	9
FA	Los Mochis	1	2	-	-	4	-	2	3	4	-	-	-	1
1A	Cuautitlan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KA	Villahermosa	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
MA	Puebla	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
RA	Guadalajara	1	1	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	0
OA	Chihuahua	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	0
YA	Tapachula	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SA	Cancún	2	-	1	3	1	1	-	-	-	-	-	-	1
	<b>TOTAL</b>	<b>136</b>	<b>111</b>	<b>125</b>	<b>160</b>	<b>138</b>	<b>178</b>	<b>150</b>	<b>155</b>	<b>110</b>	<b>163</b>	<b>177</b>	<b>184</b>	<b>149</b>

Tabla 6 Oferta de Traslados, Elaboración Propia.

En esta figura podemos ver el total de unidades enviadas mes con mes desde cada una de las fábricas a las bodegas o en algunos casos los traslados

que también se efectuaban de bodega a bodega. Después de capturar la cantidad de unidades movidas mensualmente se sacó un promedio para añadirlo a la oferta total mensual.

OFERTA TOTAL														
SIGLAS	DESCRIPCION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
AG	Querétaro	319	277	256	269	270	334	246	248	198	307	298	286	276
DA	Veracruz	51	45	40	48	42	39	32	41	45	47	36	31	41
CA	Mérida	51	49	43	40	69	60	48	42	63	79	70	63	56
EA	Tuxtla	43	41	43	36	43	43	59	63	52	61	52	32	47
FA	Los Mochis	17	18	5	4	24	24	30	36	37	46	10	19	23
1A	Cuautitlan	26	33	25	27	32	33	38	34	23	33	26	18	29
KA	Villahermosa	5	3	-	4	9	13	2	2	5	2	-	-	4
MA	Puebla	6	1	4	3	4	6	5	10	13	10	16	11	7
RA	Guadalajara	12	13	8	4	9	14	8	24	8	8	1	15	10
JA	Oaxaca	1	2	5	-	-	-	-	3	2	2	-	-	1
OA	Chihuahua	-	-	-	-	-	-	-	-	7	5	9	8	2
YA	Tapachula	7	5	4	3	7	6	3	4	1	1	6	3	4
SA	Cancún	5	8	4	6	5	2	1	2	3	4	-	1	3
	<b>TOTAL</b>	<b>543</b>	<b>495</b>	<b>437</b>	<b>444</b>	<b>514</b>	<b>574</b>	<b>472</b>	<b>509</b>	<b>457</b>	<b>605</b>	<b>524</b>	<b>487</b>	<b>505</b>

Tabla 7 Oferta Total, Elaboración Propia.

Por último la *Tabla 7* resume la parte de la oferta del modelo, que contempla tanto las unidades movidas directas como las indirectas, dando como resultado un monto total mensual de unidades movidas por bodegas o plantas según sea el caso.

### III.2.4.1.2. Demanda

La demanda se dividió en dos tipos, por una parte la demanda que cada bodega solicita a las fábricas y por otro lado la demanda de los clientes.

Ambas demandas se obtuvieron de la misma forma que las ofertas, se tomaron los datos de las unidades pedidas durante los doce periodos y después se sacó un promedio de las mismas. Lo anterior da como resultado en el caso de

la *Tabla 8* lo solicitado interbodegas o traslados, y en la *Tabla 9* lo solicitado por los clientes.

<b>DEMANDA DE TRASLADOS</b>		
<b>SIGLAS</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>PROMEDIO</b>
AG	Querétaro	2
DA	Veracruz	26
CA	Mérida	15
EA	Tuxtla	14
FA	Los Mochis	18
1A	Cuautitlán	29
KA	Villahermosa	6
MA	Puebla	9
RA	Guadalajara	13
JA	Oaxaca	2
OA	Chihuahua	4
YA	Tapachula	6
SA	Cancún	4
	<b>TOTAL</b>	<b>149</b>

*Tabla 8 Demanda de Traslados, Elaboración Propia.*

<b>DEMANDA</b>													
<b>ESTADO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>PROMEDIO</b>
CAMPECHE	10	11	9	6	17	9	6	2	5	9	6	10	8
CHIAPAS	43	52	37	35	33	42	43	42	49	58	48	30	43
CHIHUAHUA	16	15	6	7	19	19	12	15	36	21	25	18	17
COAHUILA	15	8	4	4	4	8	-	14	5	12	9	2	7
DISTRITO FEDERAL	9	11	8	10	10	7	8	10	9	13	7	6	9
ESTADO DE MEXICO	37	35	23	19	29	35	19	17	10	17	16	17	23
GUANAJUATO	16	11	13	7	9	16	14	8	2	5	5	5	9
GUERRERO	3	7	9	5	11	6	9	7	10	10	7	7	8
HIDALGO	13	7	4	5	2	2	-	1	5	4	2	5	4
JALISCO	20	27	17	11	10	8	9	9	4	19	13	14	13
MICHOACAN	23	21	30	19	20	24	8	9	11	10	13	11	17
NUEVO LEON	6	5	3	8	5	3	13	10	13	12	7	12	8
OAXACA	31	32	16	11	12	10	13	17	10	17	13	16	17
PUEBLA	49	25	22	27	25	36	34	41	38	44	36	23	33
QUERETARO	8	2	4	6	20	16	12	26	19	15	2	8	12
QUINTANA ROO	21	26	7	15	28	24	25	26	22	26	18	11	21
SAN LUIS POTOSI	1	1	4	1	2	19	17	8	-	4	16	14	7
SINALOA	14	9	10	8	16	29	14	19	14	26	15	13	16
SONORA	6	7	2	-	17	8	12	8	13	36	10	14	11
TABASCO	13	4	11	9	13	9	11	8	10	11	11	13	10
TAMAULIPAS	4	2	2	4	2	3	5	4	6	6	5	2	4
TLAXCALA	-	-	1	1	1	5	2	3	3	3	7	6	3
VERACRUZ	24	37	30	29	42	40	21	34	28	33	28	14	30
YUCATAN	15	21	26	15	12	9	12	12	23	25	20	29	18
ZACATECAS	3	3	10	19	11	4	-	-	-	1	2	-	4
<b>TOTAL</b>	<b>400</b>	<b>379</b>	<b>308</b>	<b>281</b>	<b>370</b>	<b>391</b>	<b>319</b>	<b>350</b>	<b>345</b>	<b>437</b>	<b>341</b>	<b>300</b>	<b>352</b>

En sentido estricto del modelo las restricciones se conforman por la oferta y la demanda, tomando los promedios obtenidos de ambas partes, podemos proceder a la estructura de las mismas.

### III.2.4.1.3. Costos de Distribución.

Para el apropiado funcionamiento de un modelo de optimización, se tiene que identificar de manera adecuada los costos a mejorar, en este caso los costos de distribución fijos y variables.

Entendiendo que para este proyecto se tienen dos tipos de costos en cuanto a distribución (flete directo y flete indirecto) y los costos fijos de operación (recurso humano y renta), se comenzará obteniendo cada uno de ellos, dando así forma a la función objetivo.

Los costos fijos se resumen en la siguiente *Tabla 10*, donde se especifica las bodegas que son propias de la empresa y las que están en renta, así como el total de dinero invertido en recursos humanos por cada una de las bodegas, con esto podemos determinar el primera paso del costo total de distribución mensual.

<b>COSTOS FIJOS</b>					
<b>Siglas</b>	<b>Descripción</b>	<b>RRHH</b>	<b>% Logística</b>	<b>RENTA</b>	<b>Total</b>
<b>AG</b>	Querétaro	\$ 623,000.00	\$ 186,900.00	PROPIA	<b>\$ 186,900.00</b>
<b>DA</b>	Veracruz	\$ 117,200.00	\$ 35,160.00	PROPIA	<b>\$ 35,160.00</b>
<b>CA</b>	Mérida	\$ 139,200.00	\$ 41,760.00	PROPIA	<b>\$ 41,760.00</b>
<b>EA</b>	Tuxtla	\$ 90,600.00	\$ 27,180.00	PROPIA	<b>\$ 27,180.00</b>
<b>FA</b>	Los Mochis	\$ 90,600.00	\$ 27,180.00	PROPIA	<b>\$ 27,180.00</b>
<b>1A</b>	Cuautitlán	\$ 69,000.00	\$ 69,000.00	\$ 89,686.00	<b>\$ 158,686.00</b>
<b>KA</b>	Villahermosa	\$ 58,000.00	\$ 58,000.00	\$ 23,000.00	<b>\$ 81,000.00</b>
<b>MA</b>	Puebla	\$ 56,543.00	\$ 56,543.00	\$ 50,323.00	<b>\$ 106,866.00</b>
<b>RA</b>	Torreón	\$ 46,450.00	\$ 46,450.00	\$ 38,000.00	<b>\$ 84,450.00</b>

JA	Oaxaca	\$ 45,650.00	\$ 45,650.00	\$ 20,000.00	\$ 65,650.00
OA	Chihuahua	\$ 42,300.00	\$ 42,300.00	\$ 44,000.00	\$ 86,300.00
YA	Tapachula	\$ 41,500.00	\$ 41,500.00	\$ 46,000.00	\$ 87,500.00
SA	Cancún	\$ 56,000.00	\$ 56,000.00	\$ 54,000.00	\$ 110,000.00
<b>Total</b>					<b>\$ 1,098,632.00</b>

Tabla 10 Costos Fijos Durman Esquivel.

Cabe aclarar que solo se toman en cuenta los costos logísticos, pues son los que afectan o están directamente relacionados con los costos de distribución.

Por otro lado los costos de distribución indirectos se resumen en la *Tabla 11*, donde se especifica el costo (flete), y conexiones existentes de distribución entre las plantas y los almacenes con los que cuenta la empresa.

FLETES INTERBODEGAS										
SIGLAS	SIGLAS DESCRIPCION	AG			DG			CG		
		Min	Querétaro	Max	Min	Veracruz	Max	Min	Mérida	Max
AG	Querétaro		\$ -		\$ 7,605.68	\$ 9,400.71	\$12,971.93	\$13,000.00	\$14,910.71	\$16,500.00
DA	Veracruz	\$ 8,000.00	\$11,701.33	\$17,911.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 7,000.00	\$10,734.69	\$12,500.00
CA	Mérida	\$15,274.40	\$21,088.18	\$23,895.00	\$16,750.00	\$17,410.57	\$18,684.00	\$ -	\$ -	\$ -
EA	Tuxtla	\$14,979.60	\$18,340.89	\$23,501.20	\$ 7,844.00	\$ 9,940.41	\$10,515.00	\$ 9,000.00	\$12,723.08	\$17,000.00
FA	Los Mochis	\$13,774.40	\$17,351.71	\$22,164.00	\$26,077.85	\$27,303.88	\$37,676.29	\$32,441.22	\$38,280.64	\$42,822.41
1A	Cuautitlan	\$ 4,032.00	\$ 5,823.12	\$ 8,164.00	\$ 7,200.00	\$ 8,376.80	\$11,000.00	\$ 8,000.00	\$11,877.09	\$15,000.00
KA	Villahermos	\$12,439.00	\$15,525.48	\$17,274.40	\$ 8,498.00	\$ 9,631.78	\$10,400.00	\$ 6,000.00	\$ 8,977.90	\$11,100.00
MA	Puebla	\$ 5,293.00	\$ 8,722.27	\$17,069.00	\$ 5,633.07	\$ 7,198.82	\$ 9,430.00	\$14,844.92	\$16,824.24	\$19,595.30
RA	Guadalajara	\$ 6,137.20	\$10,219.34	\$14,229.60	\$12,342.00	\$15,968.84	\$21,050.00	\$23,236.62	\$27,419.21	\$30,672.34
JA	Oaxaca	\$ 7,800.00	\$15,888.54	\$28,750.00	\$ 6,065.07	\$13,191.67	\$16,274.00	\$14,887.40	\$18,472.29	\$19,753.30
OA	Chihuahua	\$13,980.00	\$17,999.86	\$24,322.00	\$28,548.69	\$29,812.80	\$41,138.32	\$25,000.00	\$29,500.00	\$33,000.00
YA	Tapachula	\$14,979.60	\$18,340.89	\$23,501.20	\$ 7,844.00	\$ 9,940.41	\$10,515.00	\$ 9,000.00	\$12,723.08	\$17,000.00
SA	Cancún	\$20,500.00	\$25,603.73	\$47,000.00	\$17,100.00	\$19,121.60	\$20,232.00	\$ 4,800.00	\$ 7,759.09	\$ 9,300.00

Tabla 11 Fracción de la Tabla Fletes Interbodegas, Elaboración Propia.

Los costos de distribución o fletes indirectos que se muestran en la *Tabla 11* son derivados de las combinaciones que se dieron durante el año y se obtuvieron sacando su promedio, además de su costo máximo y mínimo.

A continuación y para finalizar la parte de los costos, la *Tabla 12 Fletes Directos*, representa el costo de distribución desde los almacenes a los clientes (destino final) de manera directa.

FLETES DIRECTOS										
ESTADO	SIGLAS	AG			DA			CA		
		Min	Querétaro	Max	Min	Veracruz	Max	Min	Mérida	Max
PUEBLA	PUE	\$ 5,293.00	\$ 8,722.27	\$17,069.00	\$ 5,633.07	\$ 7,198.82	\$ 9,430.00	\$14,844.92	\$16,824.24	\$19,595.30
CHIAPAS	CHI	\$14,979.60	\$18,340.89	\$23,501.20	\$ 7,844.00	\$ 9,940.41	\$10,515.00	\$ 9,000.00	\$12,723.08	\$17,000.00
VERACRUZ	VER	\$ 8,000.00	\$11,701.33	\$17,911.00	\$ 2,900.00	\$ 5,823.28	\$ 8,641.60	\$ 7,000.00	\$10,734.69	\$12,500.00
ESTADO DE N	EST	\$ 4,032.00	\$ 5,823.12	\$ 8,164.00	\$ 7,200.00	\$ 8,376.80	\$11,000.00	\$ 8,000.00	\$11,877.09	\$15,000.00
YUCATAN	YUC	\$15,274.40	\$21,088.18	\$23,895.00	\$16,750.00	\$17,410.57	\$18,684.00	\$ 1,000.00	\$ 2,551.52	\$ 4,000.00
JALISCO	JAL	\$ 6,137.20	\$10,219.34	\$14,229.60	\$12,342.00	\$15,968.84	\$21,050.00	\$23,236.62	\$27,419.21	\$30,672.34
CHIHUAHUA	CHU	\$13,980.00	\$17,999.86	\$24,322.00	\$28,548.69	\$29,812.80	\$41,138.32	\$25,000.00	\$29,500.00	\$33,000.00
QUINTANA ROO	QUI	\$20,500.00	\$25,603.73	\$47,000.00	\$17,100.00	\$19,121.60	\$20,232.00	\$ 4,800.00	\$ 7,759.09	\$ 9,300.00
MICHOACAN	MIC	\$ 5,276.20	\$ 9,845.24	\$14,116.80	\$11,750.00	\$14,020.17	\$16,734.00	\$20,897.95	\$23,684.34	\$27,585.29
SINALOA	SIN	\$13,774.40	\$17,351.71	\$22,164.00	\$26,077.85	\$27,303.88	\$37,676.29	\$32,441.22	\$38,280.64	\$42,822.41
OAXACA	OAX	\$ 7,800.00	\$15,888.54	\$28,750.00	\$ 6,065.07	\$13,191.67	\$16,274.00	\$14,887.40	\$18,472.29	\$19,753.30
SONORA	SON	\$14,580.00	\$22,868.63	\$27,796.00	\$37,211.54	\$40,855.15	\$56,375.53	\$44,059.53	\$51,990.25	\$58,158.58
DF	DIS	\$ 7,600.00	\$ 7,795.67	\$ 8,250.00	\$ 8,659.60	\$ 9,100.00	\$10,215.60	\$16,383.19	\$18,567.61	\$21,625.81
NUEVO LEON	NUE	\$ 9,500.00	\$11,719.48	\$14,526.00	\$15,480.00	\$15,490.00	\$15,500.00	\$29,189.59	\$34,443.72	\$38,530.27
GUERRERO	GUE	\$ 8,132.00	\$10,960.31	\$11,504.00	\$20,000.00	\$20,205.00	\$20,410.00	\$20,437.00	\$25,358.24	\$27,116.76
QUERETARO	QUE	\$ 2,100.00	\$ 3,074.36	\$ 5,123.00	\$ 7,605.68	\$ 9,400.71	\$12,971.93	\$13,000.00	\$14,910.71	\$16,500.00
TABASCO	TAB	\$12,439.00	\$15,525.48	\$17,274.40	\$ 8,498.00	\$ 9,631.78	\$10,400.00	\$ 6,000.00	\$ 8,977.90	\$11,100.00
GUANAJUAT	GUA	\$ 3,364.00	\$ 4,842.01	\$ 6,132.00	\$ 9,434.00	\$12,989.85	\$14,320.00	\$21,285.64	\$25,117.06	\$28,097.05
SAN LUIS PO	SAN	\$ 3,400.00	\$ 7,623.71	\$12,296.00	\$10,111.67	\$12,498.14	\$17,246.04	\$22,423.71	\$26,459.98	\$29,599.30
COAHUILA	COA	\$ 9,300.00	\$12,121.46	\$15,569.20	\$21,867.88	\$23,108.64	\$30,175.23	\$30,452.73	\$35,934.22	\$40,197.60
CAMPECHE	CAM	\$17,621.00	\$20,235.41	\$21,500.00	\$15,842.00	\$16,026.00	\$16,210.00	\$ 4,000.00	\$ 6,436.00	\$ 8,000.00
HIDALGO	HID	\$ 5,569.00	\$10,768.78	\$13,911.00	\$ 7,980.00	\$ 9,528.00	\$10,932.00	\$16,533.27	\$18,737.70	\$21,823.91
TAMAULIPA	TAM	\$ 9,432.00	\$13,594.11	\$21,778.00	\$ 9,932.00	\$11,799.51	\$12,730.00	\$25,862.93	\$30,518.26	\$34,139.07
ZACATECAS	ZAC	\$ 4,637.20	\$ 7,812.83	\$11,407.00	\$ 9,500.00	\$10,371.90	\$13,200.00	\$24,974.99	\$29,470.49	\$32,966.98
TLAXCALA	TLA	\$ 4,875.11	\$ 8,003.97	\$15,663.32	\$ 7,123.43	\$ 7,596.68	\$ 8,001.43	\$15,245.12	\$14,047.36	\$17,740.91

Tabla 12 Fracción de la Tabla Fletes Directos, Elaboración Propia.

De igual forma que los costos indirectos, los costos directos se obtuvieron sacando el promedio de los mismos durante todo el año, además de los mínimos y máximos.

Tomando en cuenta todos estos costos para la distribución, la inversión mensual se resume en la siguiente *Tabla 13 Costos de Operación*:

<b>COSTOS DE OPERACIÓN</b>			
<b>MES</b>	<b>FLETES DIRECTOS</b>	<b>FLETES INDIRECTOS</b>	<b>FIJOS</b>
ENERO	\$ 4,136,102.53	\$ 964,667.27	\$ 1,098,632.00
FEBRERO	\$ 4,054,590.10	\$ 1,079,073.67	\$ 1,098,632.00
MARZO	\$ 3,049,409.21	\$ 728,893.60	\$ 1,098,632.00
ABRIL	\$ 2,841,918.16	\$ 560,191.22	\$ 1,098,632.00
MAYO	\$ 3,622,006.32	\$ 805,534.90	\$ 1,098,632.00
JUNIO	\$ 3,609,249.47	\$ 483,757.14	\$ 1,098,632.00
JULIO	\$ 3,247,282.79	\$ 432,263.57	\$ 1,098,632.00
AGOSTO	\$ 3,180,644.00	\$ 400,303.27	\$ 1,098,632.00
SEPTIEMBRE	\$ 3,199,608.99	\$ 360,139.40	\$ 1,098,632.00
OCTUBRE	\$ 4,386,626.32	\$ 991,360.37	\$ 1,098,632.00
NOVIEMBRE	\$ 3,729,608.10	\$ 788,644.00	\$ 1,098,632.00
DICIEMBRE	\$ 3,144,018.09	\$ 607,164.00	\$ 1,098,632.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 42,201,064.08</b>	<b>\$ 8,201,992.41</b>	<b>\$ 1,098,632.00</b>
<b>PROMEDIO MEN</b>	<b>\$ 3,516,755.34</b>	<b>\$ 683,499.37</b>	<b>\$ 1,098,632.00</b>
	<b>TOTAL</b>		<b>\$ 5,298,886.71</b>

*Tabla 13 Costos de Operación, Elaboración Propia.*

La inversión tanto logística como de fletes alcanza los 5.2 millones de pesos mensuales, según los objetivos establecidos, con la nueva red de distribución se esperaría ahorrar al menos el 6% de los costos actuales, que equivaldrían a un total de \$317,933.20 pesos mensuales, o \$3, 815,198.43 de pesos anuales.

### **III.2.4.2. Modelación.**

El tipo de modelo a emplear en este caso será el de transporte en conjuntos y en dos pasos. Lo anterior para reducir la cantidad de variables agilizando el análisis y los resultados.

En el caso de las restricciones de oferta se utilizó la siguiente *Tabla 14 Oferta Total*, de la cual rescatamos la cantidad total de unidades (tráiler) disponibles para entregar desde cada planta o bodega.

<b>OFERTA TOTAL</b>		
<b>SIGLAS</b>	<b>PLANTA</b>	<b>OFERTA</b>
AG	Querétaro	274
DA	Veracruz	41
CA	Mérida	56
EA	Tuxtla	47
FA	Los Mochis	23
	<b>TOTAL</b>	<b>441</b>

*Tabla 14 Oferta Total, Elaboración Propia.*

En este caso solo las 5 plantas son las responsables del total de la Oferta, ya que solo ellas participan como distribución directa y se convierten en el proveedor de las bodegas.

Las restricciones respetan la cantidad disponible a suministrar con todas las posibles combinaciones de entregas directas e indirectas tanto de plantas como de bodegas.

Como primer paso se genera el cruce entre la oferta de las plantas y la capacidad de las bodegas representada en la siguiente *Tabla 15 Capacidad de Almacenamiento*.

<b>CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO</b>		
<b>ALMACÉN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CAPACIDAD</b>
AG	Querétaro	149
DA	Veracruz	36
CA	Mérida	52
EA	Tuxtla	38
FA	Los Mochis	21
1A	Cuautitlán	29
KA	Villahermosa	4

MA	Puebla	7
RA	Guadalajara	10
JA	Oaxaca	1
OA	Chihuahua	2
YA	Tapachula	4
SA	Cancún	3
	<b>TOTAL</b>	<b>356</b>

Tabla 15 Capacidad de Almacenamiento, Elaboración Propia.

De tal forma se comienza con la modelación del problema, en la que consideramos las variables “Planta, Oferta, Almacén y Capacidad”. Que para este caso se conocerán como primer paso con el nombre de “PlantasyAlmacenes”, donde le pediremos al Software que cruce la información de ambas tablas (10 y 11), forzándolo a repartir de la manera más óptima en cuanto a costos, las capacidades de los almacenes.

Como segundo paso tomaremos en cuenta la *Tabla 15 Capacidad de Almacenamiento* y la *Tabla 16 Demanda Total* que se muestra a continuación. Esta segunda parte llevará como nombre “AlmacenesyClientes”, misma que contemplará las variables “Almacén, Capacidad, Cliente y Demanda”.

<b>DEMANDA TOTAL</b>		
<b>ESTADO</b>	<b>CLIENTE</b>	<b>DEMANDA</b>
PUEBLA	PUE	33
CHIAPAS	CHI	43
VERACRUZ	VER	30
ESTADO DE MEXICO	EST	23
YUCATAN	YUC	18
JALISCO	JAL	13
CHIHUAHUA	CHU	17
QUINTANA ROO	QUI	21
MICHOACAN	MIC	17
SINALOA	SIN	16
OAXACA	OAX	17
SONORA	SON	11
DISTRITO FEDERAL	DIS	9

NUEVO LEON	NUE	8
GUERRERO	GUE	8
QUERETARO	QUE	12
TABASCO	TAB	10
GUANAJUATO	GUA	9
SAN LUIS POTOSI	SAN	7
COAHUILA	COA	7
CAMPECHE	CAM	8
HIDALGO	HID	4
TAMAULIPAS	TAM	4
ZACATECAS	ZAC	4
TLAXCALA	TLA	3
	<b>TOTAL</b>	<b>352</b>

Tabla 16 Demanda Total, Elaboración Propia.

De tal forma estaríamos utilizando todas las restricciones: Oferta, Capacidad y Demanda. Quedando solo pendientes por considerar, los costos antes mencionados que implican dichas conexiones.

En primer lugar la conexión denominada “PlantasyAlmacenes” se refiere a los fletes interbodegas, que corresponden a los traslados que las plantas harán a los respectivos almacenes (fletes indirectos) dichas interacciones se resumen en la *Tabla 17* donde nombraremos como Flete 1 a dichos costos de distribución y esperaremos que Lingo nos descifre en la columna Volumen 1 la distribución menos costosa.

<b>PLANTAS Y ALMACENES</b>			
<b>PLANTA</b>	<b>ALMACÉN</b>	<b>FLETE1</b>	<b>VOLUMEN1</b>
Querétaro	AG	\$ -	
Querétaro	DA	\$ 11,212.58	
Querétaro	CA	\$ 22,739.58	
Querétaro	EA	\$ 18,980.09	
Querétaro	FA	\$ 19,476.15	
Querétaro	1A	\$ 6,473.00	
Querétaro	MA	\$ 11,307.99	
Querétaro	KA	\$ 18,828.76	

Querétaro	RA	\$ 15,201.13	
Querétaro	JA	\$ 13,617.83	
Querétaro	OA	\$ 17,918.90	
Querétaro	YA	\$ 20,076.25	
Querétaro	SA	\$ 24,804.20	
Veracruz	AG	\$ 11,230.50	
Veracruz	DA	\$ -	
Veracruz	CA	\$ 17,951.33	
Veracruz	1A	\$ 10,541.66	
Veracruz	MA	\$ 6,852.24	
Veracruz	KA	\$ 9,480.86	
Veracruz	JA	\$ 11,055.43	
Mérida	AG	\$ 15,000.00	
Mérida	CA	\$ -	
Mérida	EA	\$ 15,125.00	
Mérida	1A	\$ 14,083.33	
Mérida	KA	\$ 10,516.67	
Mérida	YA	\$ 15,666.67	
Mérida	SA	\$ 2,000.00	
Tuxtla	CA	\$ 13,931.25	
Tuxtla	EA	\$ -	
Tuxtla	1A	\$ 15,000.00	
Tuxtla	KA	\$ 10,463.18	
Tuxtla	YA	\$ 9,750.96	
Los Mochis	FA	\$ -	
Los Mochis	RA	\$ 18,800.00	
Los Mochis	OA	\$ 19,500.00	

Tabla 17 Relación Costo Distribución Interbodegas, Elaboración Propia.

Por su parte “AlmacenesyClientes” como se denomina a la segunda fase, define las conexiones que existen entre la capacidad de los almacenes y la demanda de los clientes (fletes directos), dichas interacciones con sus costos de distribución o Fletes 2, se resumen en la *Tabla 18* a continuación, de igual forma que en la primer fase se espera que Lingo defina la cantidad de viajes que se realizarán por interacciones en la columna Volumen 2.

<b>ALMACENES Y CLIENTES</b>			
<b>ALMACEN</b>	<b>CLIENTE</b>	<b>FLETE2</b>	<b>VOLUMEN2</b>

AG	PUE	\$ 8,722.27	
AG	CHI	\$ 18,340.89	
AG	VER	\$ 11,701.33	
AG	EST	\$ 5,823.12	
AG	YUC	\$ 21,088.18	
AG	JAL	\$ 10,219.34	
AG	CHU	\$ 17,999.86	
AG	QUI	\$ 25,603.73	
AG	MIC	\$ 9,845.24	
AG	SIN	\$ 17,351.71	
AG	OAX	\$ 15,888.54	
AG	SON	\$ 22,868.63	
AG	DIS	\$ 7,795.67	
AG	NUE	\$ 11,719.48	
AG	GUE	\$ 10,960.31	
AG	QUE	\$ 3,074.36	
AG	TAB	\$ 15,525.48	
AG	GUA	\$ 4,842.01	
AG	SAN	\$ 7,623.71	
AG	COA	\$ 12,121.46	
AG	CAM	\$ 20,235.41	
AG	HID	\$ 10,768.78	
AG	TAM	\$ 13,594.11	
AG	ZAC	\$ 7,812.83	
AG	TLA	\$ 8,003.97	
DA	PUE	\$ 7,198.82	
DA	CHI	\$ 9,940.41	
DA	VER	\$ 5,823.28	
DA	EST	\$ 8,376.80	
DA	YUC	\$ 17,410.57	
DA	JAL	\$ 15,968.84	
DA	CHU	\$ 29,812.80	
DA	QUI	\$ 19,121.60	
DA	MIC	\$ 14,020.17	
DA	SIN	\$ 27,303.88	
DA	OAX	\$ 13,191.67	
DA	SON	\$ 40,855.15	
DA	DIS	\$ 9,100.00	
DA	NUE	\$ 15,490.00	
DA	GUE	\$ 20,205.00	
DA	QUE	\$ 9,400.71	

DA	TAB	\$ 9,631.78	
DA	GUA	\$ 12,989.85	
DA	SAN	\$ 12,498.14	
DA	COA	\$ 23,108.64	
DA	CAM	\$ 16,026.00	
DA	HID	\$ 9,528.00	
DA	TAM	\$ 11,799.51	
DA	ZAC	\$ 10,371.90	
DA	TLA	\$ 7,596.68	
CA	PUE	\$ 16,824.24	
CA	CHI	\$ 12,723.08	
CA	VER	\$ 10,734.69	
CA	EST	\$ 11,877.09	
CA	YUC	\$ 2,551.52	
CA	JAL	\$ 27,419.21	
CA	CHU	\$ 29,500.00	
CA	QUI	\$ 7,759.09	
CA	MIC	\$ 23,684.34	
CA	SIN	\$ 38,280.64	
CA	OAX	\$ 18,472.29	
CA	SON	\$ 51,990.25	
CA	DIS	\$ 18,567.61	
CA	NUE	\$ 34,443.72	
CA	GUE	\$ 25,358.24	
CA	QUE	\$ 14,910.71	
CA	TAB	\$ 8,977.90	
CA	GUA	\$ 25,117.06	
CA	SAN	\$ 26,459.98	
CA	COA	\$ 35,934.22	
CA	CAM	\$ 6,436.00	
CA	HID	\$ 18,737.70	
CA	TAM	\$ 30,518.26	
CA	ZAC	\$ 29,470.49	
CA	TLA	\$ 14,047.36	
EA	PUE	\$ 21,016.16	
EA	CHI	\$ 2,551.52	
EA	VER	\$ 8,587.73	
EA	EST	\$ 14,750.00	
EA	YUC	\$ 16,566.67	
EA	JAL	\$ 26,557.49	
EA	CHU	\$ 44,057.83	

EA	QUI	\$ 13,750.00	
EA	MIC	\$ 18,000.00	
EA	SIN	\$ 40,891.17	
EA	OAX	\$ 7,937.50	
EA	SON	\$ 54,679.16	
EA	DIS	\$ 18,488.89	
EA	NUE	\$ 34,568.92	
EA	GUE	\$ 21,800.00	
EA	QUE	\$ 12,000.00	
EA	TAB	\$ 9,449.51	
EA	GUA	\$ 22,175.92	
EA	SAN	\$ 23,932.30	
EA	COA	\$ 25,754.43	
EA	CAM	\$ 12,688.89	
EA	HID	\$ 18,755.56	
EA	TAM	\$ 24,319.18	
EA	ZAC	\$ 27,627.15	
EA	TLA	\$ 16,466.67	
FA	PUE	\$ 23,018.02	
FA	CHI	\$ 33,412.28	
FA	VER	\$ 27,082.68	
FA	EST	\$ 21,356.96	
FA	YUC	\$ 41,711.91	
FA	JAL	\$ 15,200.00	
FA	CHU	\$ 19,585.43	
FA	QUI	\$ 44,839.24	
FA	MIC	\$ 19,628.59	
FA	SIN	\$ 7,750.68	
FA	OAX	\$ 28,413.91	
FA	SON	\$ 12,951.69	
FA	DIS	\$ 22,015.42	
FA	NUE	\$ 23,300.00	
FA	GUE	\$ 27,159.16	
FA	QUE	\$ 13,500.00	
FA	TAB	\$ 35,039.21	
FA	GUA	\$ 18,830.19	
FA	SAN	\$ 20,440.84	
FA	COA	\$ 19,132.00	
FA	CAM	\$ 38,383.45	
FA	HID	\$ 21,526.67	
FA	TAM	\$ 22,686.61	

FA	ZAC	\$ 16,833.19	
FA	TLA	\$ 22,897.51	
1A	PUE	\$ 11,173.78	
1A	CHI	\$ 19,829.04	
1A	VER	\$ 26,630.85	
1A	EST	\$ 3,758.46	
1A	YUC	\$ 32,043.55	
1A	JAL	\$ 19,730.26	
1A	CHU	\$ 23,838.36	
1A	QUI	\$ 32,780.44	
1A	MIC	\$ 7,592.20	
1A	SIN	\$ 21,320.88	
1A	OAX	\$ 29,392.54	
1A	SON	\$ 25,104.65	
1A	DIS	\$ 2,172.68	
1A	NUE	\$ 14,312.34	
1A	GUE	\$ 24,209.86	
1A	QUE	\$ 3,114.00	
1A	TAB	\$ 25,952.17	
1A	GUA	\$ 9,712.90	
1A	SAN	\$ 8,440.74	
1A	COA	\$ 13,123.76	
1A	CAM	\$ 26,773.67	
1A	HID	\$ 6,176.62	
1A	TAM	\$ 17,149.44	
1A	ZAC	\$ 8,888.88	
1A	TLA	\$ 3,617.46	
MA	PUE	\$ 4,998.85	
MA	CHI	\$ 13,586.39	
MA	VER	\$ 7,198.82	
MA	EST	\$ 11,173.78	
MA	YUC	\$ 19,208.64	
MA	JAL	\$ 11,323.05	
MA	CHU	\$ 21,873.14	
MA	QUI	\$ 33,786.45	
MA	MIC	\$ 9,063.10	
MA	SIN	\$ 23,018.02	
MA	OAX	\$ 6,199.16	
MA	SON	\$ 33,697.70	
MA	DIS	\$ 4,867.32	
MA	NUE	\$ 18,397.62	

MA	GUE	\$ 6,867.92	
MA	QUE	\$ 6,181.03	
MA	TAB	\$ 18,336.62	
MA	GUA	\$ 10,041.91	
MA	SAN	\$ 7,984.00	
MA	COA	\$ 17,655.18	
MA	CAM	\$ 27,654.33	
MA	HID	\$ 4,504.86	
MA	TAM	\$ 12,959.52	
MA	ZAC	\$ 10,770.87	
MA	TLA	\$ 5,000.85	
KA	PUE	\$ 18,336.62	
KA	CHI	\$ 9,449.51	
KA	VER	\$ 9,631.78	
KA	EST	\$ 25,952.17	
KA	YUC	\$ 8,977.90	
KA	JAL	\$ 30,193.86	
KA	CHU	\$ 43,111.33	
KA	QUI	\$ 10,799.30	
KA	MIC	\$ 18,223.66	
KA	SIN	\$ 35,039.21	
KA	OAX	\$ 9,867.08	
KA	SON	\$ 46,598.87	
KA	DIS	\$ 25,952.17	
KA	NUE	\$ 26,623.25	
KA	GUE	\$ 20,990.78	
KA	QUE	\$ 15,554.79	
KA	TAB	\$ 9,251.01	
KA	GUA	\$ 20,106.61	
KA	SAN	\$ 20,548.70	
KA	COA	\$ 29,570.47	
KA	CAM	\$ 5,736.68	
KA	HID	\$ 12,492.95	
KA	TAM	\$ 23,414.05	
KA	ZAC	\$ 23,446.80	
KA	TLA	\$ 12,083.62	
RA	PUE	\$ 12,455.36	
RA	CHI	\$ 29,213.24	
RA	VER	\$ 17,565.72	
RA	EST	\$ 21,703.29	
RA	YUC	\$ 30,161.13	

RA	JAL	\$ 4,735.26	
RA	CHU	\$ 25,632.82	
RA	QUI	\$ 35,217.89	
RA	MIC	\$ 10,220.27	
RA	SIN	\$ 16,720.00	
RA	OAX	\$ 22,789.74	
RA	SON	\$ 32,650.26	
RA	DIS	\$ 21,703.29	
RA	NUE	\$ 20,127.18	
RA	GUE	\$ 19,202.05	
RA	QUE	\$ 11,241.27	
RA	TAB	\$ 33,213.25	
RA	GUA	\$ 11,483.01	
RA	SAN	\$ 14,718.77	
RA	COA	\$ 24,910.77	
RA	CAM	\$ 37,952.82	
RA	HID	\$ 21,940.05	
RA	TAM	\$ 16,810.26	
RA	ZAC	\$ 7,739.49	
RA	TLA	\$ 14,508.72	
JA	PUE	\$ 13,233.01	
JA	CHI	\$ 13,850.00	
JA	VER	\$ 14,471.58	
JA	EST	\$ 29,008.15	
JA	YUC	\$ 24,176.14	
JA	JAL	\$ 29,240.35	
JA	CHU	\$ 43,638.82	
JA	QUI	\$ 24,617.29	
JA	MIC	\$ 20,953.61	
JA	SIN	\$ 37,423.50	
JA	OAX	\$ 11,294.92	
JA	SON	\$ 46,545.95	
JA	DIS	\$ 29,008.15	
JA	NUE	\$ 36,521.89	
JA	GUE	\$ 16,810.22	
JA	QUE	\$ 16,380.00	
JA	TAB	\$ 17,625.68	
JA	GUA	\$ 20,095.76	
JA	SAN	\$ 24,877.45	
JA	COA	\$ 33,980.13	
JA	CAM	\$ 22,237.74	

JA	HID	\$ 15,393.51	
JA	TAM	\$ 27,832.25	
JA	ZAC	\$ 24,670.93	
JA	TLA	\$ 13,693.71	
OA	PUE	\$ 21,873.14	
OA	CHI	\$ 41,625.54	
OA	VER	\$ 34,304.15	
OA	EST	\$ 28,015.05	
OA	YUC	\$ 53,346.12	
OA	JAL	\$ 25,632.82	
OA	CHU	\$ 5,082.10	
OA	QUI	\$ 54,029.03	
OA	MIC	\$ 28,300.92	
OA	SIN	\$ 24,775.22	
OA	OAX	\$ 38,893.91	
OA	SON	\$ 11,911.16	
OA	DIS	\$ 28,015.05	
OA	NUE	\$ 19,470.78	
OA	GUE	\$ 35,463.50	
OA	QUE	\$ 19,799.85	
OA	TAB	\$ 43,111.33	
OA	GUA	\$ 25,267.54	
OA	SAN	\$ 22,027.71	
OA	COA	\$ 18,009.68	
OA	CAM	\$ 46,580.58	
OA	HID	\$ 28,793.25	
OA	TAM	\$ 22,980.60	
OA	ZAC	\$ 19,073.74	
OA	TLA	\$ 30,222.59	
YA	PUE	\$ 13,586.39	
YA	CHI	\$ 2,806.67	
YA	VER	\$ 10,934.45	
YA	EST	\$ 21,811.94	
YA	YUC	\$ 13,995.39	
YA	JAL	\$ 29,213.24	
YA	CHU	\$ 41,625.54	
YA	QUI	\$ 14,585.55	
YA	MIC	\$ 26,892.71	
YA	SIN	\$ 36,753.51	
YA	OAX	\$ 8,731.25	
YA	SON	\$ 47,904.45	

YA	DIS	\$ 21,811.94	
YA	NUE	\$ 26,137.81	
YA	GUE	\$ 18,435.69	
YA	QUE	\$ 20,174.98	
YA	TAB	\$ 9,449.51	
YA	GUA	\$ 25,887.73	
YA	SAN	\$ 29,516.85	
YA	COA	\$ 31,772.76	
YA	CAM	\$ 13,447.38	
YA	HID	\$ 20,360.30	
YA	TAM	\$ 23,461.59	
YA	ZAC	\$ 31,247.66	
YA	TLA	\$ 18,387.54	
SA	PUE	\$ 33,786.45	
SA	CHI	\$ 15,125.00	
SA	VER	\$ 21,033.76	
SA	EST	\$ 36,058.48	
SA	YUC	\$ 8,535.00	
SA	JAL	\$ 35,217.89	
SA	CHU	\$ 54,029.03	
SA	QUI	\$ 6,910.93	
SA	MIC	\$ 47,361.11	
SA	SIN	\$ 49,323.16	
SA	OAX	\$ 20,866.90	
SA	SON	\$ 65,329.79	
SA	DIS	\$ 36,058.48	
SA	NUE	\$ 43,357.39	
SA	GUE	\$ 41,076.56	
SA	QUE	\$ 28,164.10	
SA	TAB	\$ 10,799.30	
SA	GUA	\$ 41,291.62	
SA	SAN	\$ 43,442.23	
SA	COA	\$ 45,413.29	
SA	CAM	\$ 15,134.94	
SA	HID	\$ 34,218.52	
SA	TAM	\$ 35,170.52	
SA	ZAC	\$ 48,173.56	
SA	TLA	\$ 31,661.69	

Tabla 18 Relación Costo Distribución Directa, Elaboración Propia

El objetivo entonces del modelo será la minimización de ambos costos o fases, (fletes directos e indirectos), mediante las interacciones que lingo obtendrá de relacionar todos los posibles caminos para satisfacer la demanda de los clientes al menor costo.

### III.2.4.3. Implementación del Modelo en Lingo.

Como se describió en la sección anterior el modelo deberá ser debidamente descrito en la plataforma de Lingo para poder obtener los resultados deseados.

En primer lugar se deberá nombrar cada una de las tablas arriba mencionadas en una hoja de Excel, lo anterior para que el programa pueda jalar la información deseada.

Posteriormente se debe escribir las relaciones entre las dos fases, forzando de tal forma que se consideren todas las restricciones y caminos posibles.

Para este proyecto la descripción del modelo sería la siguiente:

#### MODEL:

```
! Problema de Transporte para 5 Plantas, 13 Almacenes y 25 Clentes;  
! Set members and data are imported from modelodeconjuntos.XLS,  
  and the solution is exported back to modelodeconjuntos.XLS;
```

#### SETS:

```
Planta: Oferta;  
Almacen: Capacidad;  
Cliente: Demanda;  
PlantasyAlmacenes (Planta, Almacen): Fletel1, Volumen1;  
AlmacenesyClientes (Almacen, Cliente) : Flete2, Volumen2;
```

#### ENDSETS

#### DATA:

```
Planta, Oferta = @OLE( "C:\Lingo13\2Grupos.xlsx");  
Almacen, Capacidad = @OLE( "C:\Lingo13\2Grupos.xlsx");  
Cliente, Demanda = @OLE( "C:\Lingo13\2Grupos.xlsx");  
PlantasyAlmacenes, Fletel1 = @OLE( "C:\Lingo13\2Grupos.xlsx");  
AlmacenesyClientes, Flete2 = @OLE( "C:\Lingo13\2Grupos.xlsx");
```

```

ENDDATA

! The objective;
[OBJ] MIN = @SUM(PlantasyAlmacenes: Flete1 * Volumen1) + @SUM
(AlmacenesyClientes: Flete2 * Volumen2);
! The demand constraints;
@FOR( Cliente( K): [Dem]
@SUM( AlmacenesyClientes( J, K): Volumen2(J, K)) >= Demanda (K));
! The transshipment constraints;
@FOR( Almacen( J): [Transb]
@SUM( PlantasyAlmacenes( I, J): Volumen1 (I, J)) = @SUM
(AlmacenesyClientes (J,K): Volumen2 (J,K));
! The capacity constraints;
@FOR( Almacen( J): [Cap]
@SUM( AlmacenesyClientes( J, K): Volumen2 ( J, K))< =
Capacidad(J));
! The supply constraints;
@FOR( PLANTA( I): [Ofe]
@SUM( PlantasyAlmacenes( I, J ): Volumen1(I, J)) <= Oferta( I));
DATA:
@OLE ("C:\Lingo13\2Grupos.xlsx") = Volumen1, Volumen2;
ENDDATA

```

Donde se establecen las principales variables, sus interacciones y los resultados esperados del análisis de las mismas. Es de suma importancia dirigir el análisis a la hoja de Excel previamente asignada y nombrada.

Después de correr el programa veremos que los espacios antes nombrados como Volumen 1 y Volumen 2 serán llenados en hoja de Excel, asignando así los viajes que el programa definió para obtener los menores costos de distribución.

#### IV. Resultados

Los resultados fueron obtenidos de correr el modelo planteado anteriormente en el software LINGO, dando como efecto la siguiente información:

PLANTAS Y ALMACENES			
PLANTA	ALMACÉN	FLETE1	VOLUMEN1
Querétaro	AG	\$ -	149

Querétaro	DA	\$11,212.58	0
Querétaro	CA	\$22,739.58	0
Querétaro	EA	\$18,980.09	0
Querétaro	FA	\$19,476.15	0
Querétaro	1A	\$6,473.00	29
Querétaro	MA	\$11,307.99	2
Querétaro	KA	\$18,828.76	0
Querétaro	RA	\$15,201.13	6
Querétaro	JA	\$13,617.83	1
Querétaro	OA	\$17,918.90	2
Querétaro	YA	\$20,076.25	0
Querétaro	SA	\$24,804.20	0
Veracruz	AG	\$11,230.50	0
Veracruz	DA	\$ -	36
Veracruz	CA	\$17,951.33	0
Veracruz	1A	\$10,541.66	0
Veracruz	MA	\$6,852.24	5
Veracruz	KA	\$9,480.86	0
Veracruz	JA	\$11,055.43	0
Mérida	AG	\$15,000.00	0
Mérida	CA	\$ -	52
Mérida	EA	\$15,125.00	0
Mérida	1A	\$14,083.33	0
Mérida	KA	\$10,516.67	0
Mérida	YA	\$15,666.67	0
Mérida	SA	\$2,000.00	3
Tuxtla	CA	\$13,931.25	0
Tuxtla	EA	\$ -	38
Tuxtla	1A	\$15,000.00	0
Tuxtla	KA	\$10,463.18	4
Tuxtla	YA	\$9,750.96	4
Los Mochis	FA	\$ -	21
Los Mochis	RA	\$18,800.00	0
Los Mochis	OA	\$19,500.00	0

Tabla 19 Resultados Fase 1 Plantas y Almacenes, Elaboración Propia.

En la *Tabla 19 Resultados Fase 1*, podemos observar como el software Lingo, relleno de información la columna Volumen1, dicha información se refiere al

número de viajes que se deberán de realizar de las plantas a los almacenes, cerrando la posibilidad de las conexiones más costosas.

Lo anterior da como resultado un Flete Inicial de Interbodegas de \$472,113.15 pesos mensuales, dichas interacciones mantendrían en funcionamiento todos los almacenes por lo que el costo de Operación se mantendría en \$ 1,098,632.00 pesos mensuales.

La segunda parte del análisis da como resultado la siguiente *Tabla 20 Resultados Fase 2*, en la que nos indica el número de viajes que se realizarán de los almacenes al cliente final, manteniendo como se indicó con anterioridad todas las instalaciones operando.

<b>ALMACENES Y CLIENTES</b>			
<b>ALMACEN</b>	<b>CLIENTE</b>	<b>FLETE2</b>	<b>VOLUMEN2</b>
AG	PUE	\$8,722.27	33
AG	CHI	\$18,340.89	0
AG	VER	\$11,701.33	0
AG	EST	\$5,823.12	23
AG	YUC	\$21,088.18	0
AG	JAL	\$10,219.34	7
AG	CHU	\$17,999.86	15
AG	QUI	\$25,603.73	0
AG	MIC	\$9,845.24	4
AG	SIN	\$17,351.71	6
AG	OAX	\$15,888.54	2
AG	SON	\$22,868.63	0
AG	DIS	\$7,795.67	0
AG	NUE	\$11,719.48	8
AG	GUE	\$10,960.31	8
AG	QUE	\$3,074.36	12
AG	TAB	\$15,525.48	0
AG	GUA	\$4,842.01	9
AG	SAN	\$7,623.71	7
AG	COA	\$12,121.46	7

AG	CAM	\$20,235.41	0
AG	HID	\$10,768.78	0
AG	TAM	\$13,594.11	4
AG	ZAC	\$7,812.83	4
AG	TLA	\$8,003.97	0
DA	PUE	\$7,198.82	0
DA	CHI	\$9,940.41	1
DA	VER	\$5,823.28	30
DA	EST	\$8,376.80	0
DA	YUC	\$17,410.57	0
DA	JAL	\$15,968.84	0
DA	CHU	\$29,812.80	0
DA	QUI	\$19,121.60	0
DA	MIC	\$14,020.17	0
DA	SIN	\$27,303.88	0
DA	OAX	\$13,191.67	3
DA	SON	\$40,855.15	0
DA	DIS	\$9,100.00	0
DA	NUE	\$15,490.00	0
DA	GUE	\$20,205.00	0
DA	QUE	\$9,400.71	0
DA	TAB	\$9,631.78	2
DA	GUA	\$12,989.85	0
DA	SAN	\$12,498.14	0
DA	COA	\$23,108.64	0
DA	CAM	\$16,026.00	0
DA	HID	\$9,528.00	0
DA	TAM	\$11,799.51	0
DA	ZAC	\$10,371.90	0
DA	TLA	\$7,596.68	0
CA	PUE	\$16,824.24	0
CA	CHI	\$12,723.08	0
CA	VER	\$10,734.69	0
CA	EST	\$11,877.09	0
CA	YUC	\$2,551.52	18
CA	JAL	\$27,419.21	0
CA	CHU	\$29,500.00	0
CA	QUI	\$7,759.09	18

CA	MIC	\$23,684.34	0
CA	SIN	\$38,280.64	0
CA	OAX	\$18,472.29	0
CA	SON	\$51,990.25	0
CA	DIS	\$18,567.61	0
CA	NUE	\$34,443.72	0
CA	GUE	\$25,358.24	0
CA	QUE	\$14,910.71	0
CA	TAB	\$8,977.90	8
CA	GUA	\$25,117.06	0
CA	SAN	\$26,459.98	0
CA	COA	\$35,934.22	0
CA	CAM	\$6,436.00	8
CA	HID	\$18,737.70	0
CA	TAM	\$30,518.26	0
CA	ZAC	\$29,470.49	0
CA	TLA	\$14,047.36	0
EA	PUE	\$21,016.16	0
EA	CHI	\$2,551.52	38
EA	VER	\$8,587.73	0
EA	EST	\$14,750.00	0
EA	YUC	\$16,566.67	0
EA	JAL	\$26,557.49	0
EA	CHU	\$44,057.83	0
EA	QUI	\$13,750.00	0
EA	MIC	\$18,000.00	0
EA	SIN	\$40,891.17	0
EA	OAX	\$7,937.50	0
EA	SON	\$54,679.16	0
EA	DIS	\$18,488.89	0
EA	NUE	\$34,568.92	0
EA	GUE	\$21,800.00	0
EA	QUE	\$12,000.00	0
EA	TAB	\$9,449.51	0
EA	GUA	\$22,175.92	0
EA	SAN	\$23,932.30	0
EA	COA	\$25,754.43	0
EA	CAM	\$12,688.89	0

EA	HID	\$18,755.56	0
EA	TAM	\$24,319.18	0
EA	ZAC	\$27,627.15	0
EA	TLA	\$16,466.67	0
FA	PUE	\$23,018.02	0
FA	CHI	\$33,412.28	0
FA	VER	\$27,082.68	0
FA	EST	\$21,356.96	0
FA	YUC	\$41,711.91	0
FA	JAL	\$15,200.00	0
FA	CHU	\$19,585.43	0
FA	QUI	\$44,839.24	0
FA	MIC	\$19,628.59	0
FA	SIN	\$7,750.68	10
FA	OAX	\$28,413.91	0
FA	SON	\$12,951.69	11
FA	DIS	\$22,015.42	0
FA	NUE	\$23,300.00	0
FA	GUE	\$27,159.16	0
FA	QUE	\$13,500.00	0
FA	TAB	\$35,039.21	0
FA	GUA	\$18,830.19	0
FA	SAN	\$20,440.84	0
FA	COA	\$19,132.00	0
FA	CAM	\$38,383.45	0
FA	HID	\$21,526.67	0
FA	TAM	\$22,686.61	0
FA	ZAC	\$16,833.19	0
FA	TLA	\$22,897.51	0
1A	PUE	\$11,173.78	0
1A	CHI	\$19,829.04	0
1A	VER	\$26,630.85	0
1A	EST	\$3,758.46	0
1A	YUC	\$32,043.55	0
1A	JAL	\$19,730.26	0
1A	CHU	\$23,838.36	0
1A	QUI	\$32,780.44	0
1A	MIC	\$7,592.20	13

1A	SIN	\$21,320.88	0
1A	OAX	\$29,392.54	0
1A	SON	\$25,104.65	0
1A	DIS	\$2,172.68	9
1A	NUE	\$14,312.34	0
1A	GUE	\$24,209.86	0
1A	QUE	\$3,114.00	0
1A	TAB	\$25,952.17	0
1A	GUA	\$9,712.90	0
1A	SAN	\$8,440.74	0
1A	COA	\$13,123.76	0
1A	CAM	\$26,773.67	0
1A	HID	\$6,176.62	4
1A	TAM	\$17,149.44	0
1A	ZAC	\$8,888.88	0
1A	TLA	\$3,617.46	3
MA	PUE	\$4,998.85	0
MA	CHI	\$13,586.39	0
MA	VER	\$7,198.82	0
MA	EST	\$11,173.78	0
MA	YUC	\$19,208.64	0
MA	JAL	\$11,323.05	0
MA	CHU	\$21,873.14	0
MA	QUI	\$33,786.45	0
MA	MIC	\$9,063.10	0
MA	SIN	\$23,018.02	0
MA	OAX	\$6,199.16	7
MA	SON	\$33,697.70	0
MA	DIS	\$4,867.32	0
MA	NUE	\$18,397.62	0
MA	GUE	\$6,867.92	0
MA	QUE	\$6,181.03	0
MA	TAB	\$18,336.62	0
MA	GUA	\$10,041.91	0
MA	SAN	\$7,984.00	0
MA	COA	\$17,655.18	0
MA	CAM	\$27,654.33	0
MA	HID	\$4,504.86	0

MA	TAM	\$12,959.52	0
MA	ZAC	\$10,770.87	0
MA	TLA	\$5,000.85	0
KA	PUE	\$18,336.62	0
KA	CHI	\$9,449.51	0
KA	VER	\$9,631.78	0
KA	EST	\$25,952.17	0
KA	YUC	\$8,977.90	0
KA	JAL	\$30,193.86	0
KA	CHU	\$43,111.33	0
KA	QUI	\$10,799.30	0
KA	MIC	\$18,223.66	0
KA	SIN	\$35,039.21	0
KA	OAX	\$9,867.08	4
KA	SON	\$46,598.87	0
KA	DIS	\$25,952.17	0
KA	NUE	\$26,623.25	0
KA	GUE	\$20,990.78	0
KA	QUE	\$15,554.79	0
KA	TAB	\$9,251.01	0
KA	GUA	\$20,106.61	0
KA	SAN	\$20,548.70	0
KA	COA	\$29,570.47	0
KA	CAM	\$5,736.68	0
KA	HID	\$12,492.95	0
KA	TAM	\$23,414.05	0
KA	ZAC	\$23,446.80	0
KA	TLA	\$12,083.62	0
RA	PUE	\$12,455.36	0
RA	CHI	\$29,213.24	0
RA	VER	\$17,565.72	0
RA	EST	\$21,703.29	0
RA	YUC	\$30,161.13	0
RA	JAL	\$4,735.26	6
RA	CHU	\$25,632.82	0
RA	QUI	\$35,217.89	0
RA	MIC	\$10,220.27	0
RA	SIN	\$16,720.00	0

RA	OAX	\$22,789.74	0
RA	SON	\$32,650.26	0
RA	DIS	\$21,703.29	0
RA	NUE	\$20,127.18	0
RA	GUE	\$19,202.05	0
RA	QUE	\$11,241.27	0
RA	TAB	\$33,213.25	0
RA	GUA	\$11,483.01	0
RA	SAN	\$14,718.77	0
RA	COA	\$24,910.77	0
RA	CAM	\$37,952.82	0
RA	HID	\$21,940.05	0
RA	TAM	\$16,810.26	0
RA	ZAC	\$7,739.49	0
RA	TLA	\$14,508.72	0
JA	PUE	\$13,233.01	0
JA	CHI	\$13,850.00	0
JA	VER	\$14,471.58	0
JA	EST	\$29,008.15	0
JA	YUC	\$24,176.14	0
JA	JAL	\$29,240.35	0
JA	CHU	\$43,638.82	0
JA	QUI	\$24,617.29	0
JA	MIC	\$20,953.61	0
JA	SIN	\$37,423.50	0
JA	OAX	\$11,294.92	1
JA	SON	\$46,545.95	0
JA	DIS	\$29,008.15	0
JA	NUE	\$36,521.89	0
JA	GUE	\$16,810.22	0
JA	QUE	\$16,380.00	0
JA	TAB	\$17,625.68	0
JA	GUA	\$20,095.76	0
JA	SAN	\$24,877.45	0
JA	COA	\$33,980.13	0
JA	CAM	\$22,237.74	0
JA	HID	\$15,393.51	0
JA	TAM	\$27,832.25	0

JA	ZAC	\$24,670.93	0
JA	TLA	\$13,693.71	0
OA	PUE	\$21,873.14	0
OA	CHI	\$41,625.54	0
OA	VER	\$34,304.15	0
OA	EST	\$28,015.05	0
OA	YUC	\$53,346.12	0
OA	JAL	\$25,632.82	0
OA	CHU	\$5,082.10	2
OA	QUI	\$54,029.03	0
OA	MIC	\$28,300.92	0
OA	SIN	\$24,775.22	0
OA	OAX	\$38,893.91	0
OA	SON	\$11,911.16	0
OA	DIS	\$28,015.05	0
OA	NUE	\$19,470.78	0
OA	GUE	\$35,463.50	0
OA	QUE	\$19,799.85	0
OA	TAB	\$43,111.33	0
OA	GUA	\$25,267.54	0
OA	SAN	\$22,027.71	0
OA	COA	\$18,009.68	0
OA	CAM	\$46,580.58	0
OA	HID	\$28,793.25	0
OA	TAM	\$22,980.60	0
OA	ZAC	\$19,073.74	0
OA	TLA	\$30,222.59	0
YA	PUE	\$13,586.39	0
YA	CHI	\$2,806.67	4
YA	VER	\$10,934.45	0
YA	EST	\$21,811.94	0
YA	YUC	\$13,995.39	0
YA	JAL	\$29,213.24	0
YA	CHU	\$41,625.54	0
YA	QUI	\$14,585.55	0
YA	MIC	\$26,892.71	0
YA	SIN	\$36,753.51	0
YA	OAX	\$8,731.25	0

YA	SON	\$47,904.45	0
YA	DIS	\$21,811.94	0
YA	NUE	\$26,137.81	0
YA	GUE	\$18,435.69	0
YA	QUE	\$20,174.98	0
YA	TAB	\$9,449.51	0
YA	GUA	\$25,887.73	0
YA	SAN	\$29,516.85	0
YA	COA	\$31,772.76	0
YA	CAM	\$13,447.38	0
YA	HID	\$20,360.30	0
YA	TAM	\$23,461.59	0
YA	ZAC	\$31,247.66	0
YA	TLA	\$18,387.54	0
SA	PUE	\$33,786.45	0
SA	CHI	\$15,125.00	0
SA	VER	\$21,033.76	0
SA	EST	\$36,058.48	0
SA	YUC	\$8,535.00	0
SA	JAL	\$35,217.89	0
SA	CHU	\$54,029.03	0
SA	QUI	\$6,910.93	3
SA	MIC	\$47,361.11	0
SA	SIN	\$49,323.16	0
SA	OAX	\$20,866.90	0
SA	SON	\$65,329.79	0
SA	DIS	\$36,058.48	0
SA	NUE	\$43,357.39	0
SA	GUE	\$41,076.56	0
SA	QUE	\$28,164.10	0
SA	TAB	\$10,799.30	0
SA	GUA	\$41,291.62	0
SA	SAN	\$43,442.23	0
SA	COA	\$45,413.29	0
SA	CAM	\$15,134.94	0
SA	HID	\$34,218.52	0
SA	TAM	\$35,170.52	0
SA	ZAC	\$48,173.56	0

SA	TLA	\$31,661.69	0
----	-----	-------------	---

Tabla 20 Resultados Fase 2 Almacenes y Clientes, Elaboración Propia.

En esta segunda fase o fletes directos el Software nos ayudó a obtener una distribución con un costo de \$2,612,137.84 pesos mensuales. Haciendo la comparación entre los costos actuales de distribución y los obtenidos de la optimización del sistema obtendríamos un ahorro de un poco más del 20% mensual como lo muestra a continuación la *Tabla 21 Comparación de Resultados 1*.

<b>COSTOS NUEVOS DE OPERACIÓN</b>				
<b>MODELO ACTUAL</b>				
<b>FLETES DIRECTOS</b>	<b>FLETES INDIRECTOS</b>	<b>FIJOS</b>	<b>TOTAL</b>	
\$ 3,516,755.34	\$ 683,499.37	\$ 1,098,632.00	\$ 5,298,886.71	
<b>MODELO NUEVO</b>				
<b>FLETES DIRECTOS</b>	<b>FLETES INDIRECTOS</b>	<b>FIJOS</b>	<b>TOTAL</b>	
\$ 2,612,137.85	\$ 472,113.15	\$ 1,098,632.00	\$ 4,182,883.00	
			<b>AHORRO</b>	<b>\$ 1,116,003.71</b>
			<b>TOTAL %</b>	<b>21.06%</b>

Tabla 21 Comparación de Resultados 1, Elaboración Propia.

El programa nos genera una nueva distribución manteniendo todas las plantas y almacenes operando, con un ahorro de poco más de un millón de pesos superando en un %72 el resultado esperado por este proyecto de al menos \$317,933.20 pesos mensuales.

Tomando en cuenta que los resultados arrojados en Lingo para algunos casos solo consideran entre uno y cuatro viajes mensuales por almacén, se realizó un análisis más detallado considerando los costos fijos:

<b>PLANTAS Y ALMACENES 2</b>				
<b>PLANTA</b>	<b>ALMACÉN</b>	<b>FLETE1</b>	<b>VOLUMEN1</b>	<b>MONTO</b>
Querétaro	AG	\$ -	151	\$ -
Querétaro	1A	\$ 6,473.00	29	\$ 187,717.00

Querétaro	MA	\$ 11,307.99	7	\$ 79,155.93
Querétaro	RA	\$ 15,201.13	6	\$ 91,206.78
Veracruz	DA	\$ -	36	\$ -
Veracruz	MA	\$ 6,852.24	5	\$ 34,261.20
Mérida	CA	\$ -	55	\$ -
Tuxtla	EA	\$ -	42	\$ -
Los Mochis	FA	\$ -	21	\$ -
		<b>TOTAL</b>	<b>352</b>	<b>\$ 392,340.91</b>

Tabla 22 Resultados Finales Fase 1, Elaboración Propia.

Los resultados obtenidos que se muestran en *Tabla 22 Resultados Finales Fase 1*, concluyen con el cierre de 5 almacenes (Oaxaca, Chihuahua, Villahermosa, Tapachula y Cancún), y una nueva distribución del producto mostrado en la siguiente *Figura 11 Nueva Red de Distribución*:

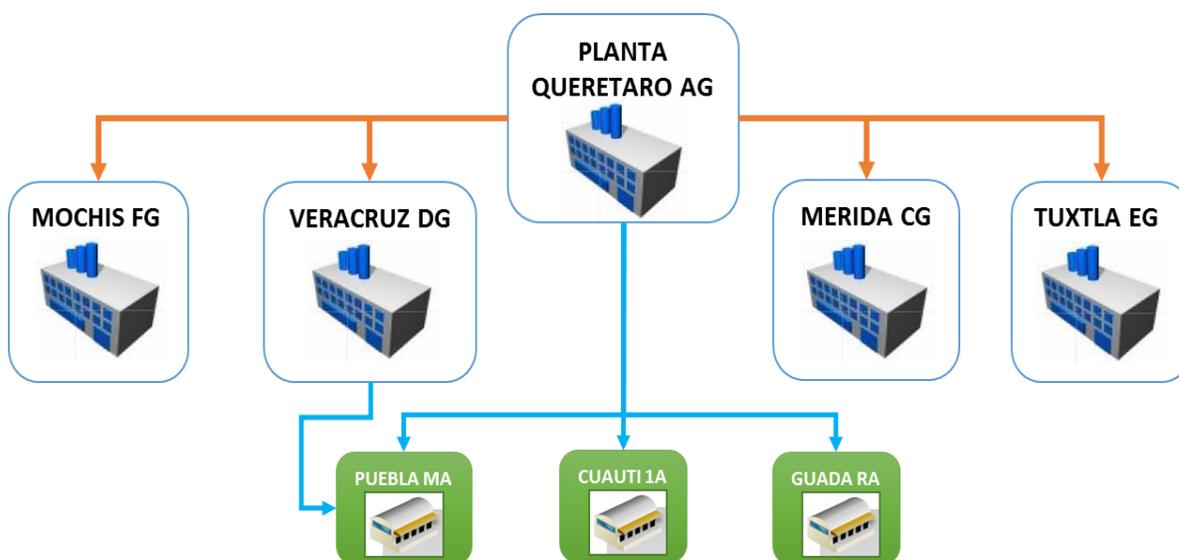


Figura 10 Nueva Red de Distribución, Elaboración Propia.

De esta forma, la Planta de Querétaro se hará responsable por sobre todo de la distribución a las plantas y almacenes, además de cubrir un alto porcentaje de los fletes directos (dichas conexiones se mostrarán más adelante). Estos nuevos resultados generaran un costo mensual de \$392,340.91 pesos, 17% menos que los primeros obtenidos.

Así como los costos indirectos de distribución, la fase 2 o costos directos también sufrió modificaciones, lo anterior derivado del cierre de los 5 almacenes antes mencionados, los viajes asignados en los primeros resultados obtenidos para estas bodegas, se reasignaron a las plantas y almacenes que quedaron en funcionamiento.

De tal forma la siguiente *Tabla 23 Resultados Finales Fase 2* muestra la re distribución de viajes, con un monto mensual calculado de \$2,619,729.78 pesos que representa un aumento del 0.28% en comparación a lo obtenido en el primer resultado.

<b>ALMACENES Y CLIENTES</b>				
<b>ALMACEN</b>	<b>CLIENTE</b>	<b>FLETE2</b>	<b>VOLUMEN2</b>	<b>MONTO</b>
1A	MIC	\$ 7,592.20	13	\$ 98,698.60
1A	DIS	\$ 2,172.68	9	\$ 19,554.12
1A	HID	\$ 6,176.62	4	\$ 24,706.48
1A	TLA	\$ 3,617.46	3	\$ 10,852.38
AG	PUE	\$ 8,722.27	33	\$ 287,834.91
AG	EST	\$ 5,823.12	23	\$ 133,931.76
AG	QUE	\$ 3,074.36	12	\$ 36,892.30
AG	GUA	\$ 4,842.01	9	\$ 43,578.09
AG	NUE	\$ 11,719.48	8	\$ 93,755.84
AG	GUE	\$ 10,960.31	8	\$ 87,682.48
AG	JAL	\$ 10,219.34	7	\$ 71,535.38
AG	SAN	\$ 7,623.71	7	\$ 53,365.97
AG	COA	\$ 12,121.46	7	\$ 84,850.25
AG	SIN	\$ 17,351.71	6	\$ 104,110.26
AG	MIC	\$ 9,845.24	4	\$ 39,380.96
AG	TAM	\$ 13,594.11	4	\$ 54,376.44
AG	ZAC	\$ 7,812.83	4	\$ 31,251.32
AG	OAX	\$ 15,888.54	2	\$ 31,777.08
AG	CHU	\$ 17,999.86	17	\$ 305,997.62
CA	YUC	\$ 2,551.52	18	\$ 45,927.36
CA	TAB	\$ 8,977.90	8	\$ 71,823.20
CA	CAM	\$ 6,436.00	8	\$ 51,488.00
CA	QUI	\$ 7,759.09	21	\$ 162,940.89
DA	VER	\$ 5,823.28	30	\$ 174,698.40
DA	OAX	\$ 13,191.67	3	\$ 39,575.01

DA	TAB	\$ 9,631.78	2	\$ 19,263.56
DA	CHI	\$ 9,940.41	1	\$ 9,940.41
EA	CHI	\$ 2,551.52	42	\$ 107,163.84
FA	SON	\$ 12,951.69	11	\$ 142,468.59
FA	SIN	\$ 7,750.68	10	\$ 77,506.80
MA	OAX	\$ 6,199.16	12	\$ 74,389.91
RA	JAL	\$ 4,735.26	6	\$ 28,411.57
		<b>TOTAL</b>	<b>352</b>	<b>\$ 2,619,729.78</b>

Tabla 23 Resultados Finales Fase 2, Elaboración Propia.

La nueva distribución tomando en cuenta ambas fases, quedaría de la siguiente manera *Figura 12 Nueva Red de Distribución con Clientes*.

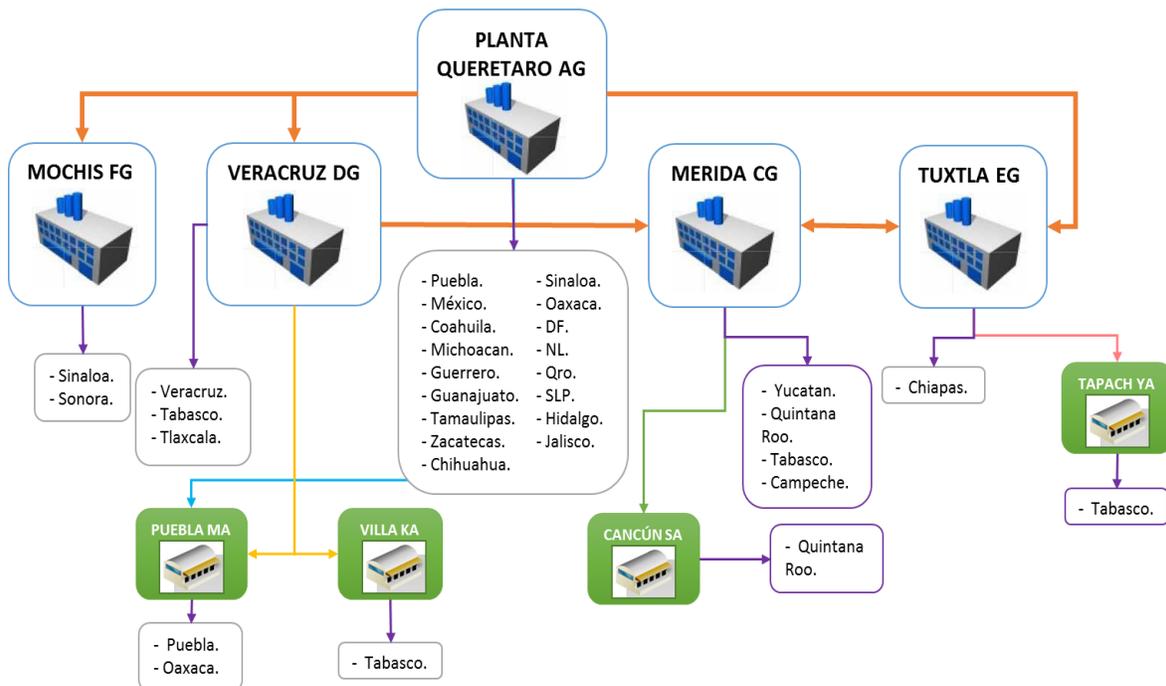


Figura 11 Nueva Red de Distribución con Clientes, Elaboración Propia.

Esta nueva distribución como ya se mencionó anteriormente generó cambios en los costos variables y fijos, en el caso de los fijos quedarían de la siguiente manera *Tabla 24*:

COSTOS FIJOS					
Siglas	Descripción	RRHH	% Logística	RENTA	Total

AG	Querétaro	\$ 623,000.00	\$ 186,900.00	PROPIA	\$ 186,900.00
DA	Veracruz	\$ 117,200.00	\$ 35,160.00	PROPIA	\$ 35,160.00
CA	Mérida	\$ 139,200.00	\$ 41,760.00	PROPIA	\$ 41,760.00
EA	Tuxtla	\$ 90,600.00	\$ 27,180.00	PROPIA	\$ 27,180.00
FA	Los Mochis	\$ 90,600.00	\$ 27,180.00	PROPIA	\$ 27,180.00
1A	Cuautitlán	\$ 69,000.00	\$ 69,000.00	\$ 89,686.00	\$ 158,686.00
MA	Puebla	\$ 56,543.00	\$ 56,543.00	\$ 50,323.00	\$ 106,866.00
RA	Guadalajara	\$ 46,450.00	\$ 46,450.00	\$ 38,000.00	\$ 84,450.00
Oficinas	5	\$ 40,000.00	\$ -	\$ 75,000.00	\$ 115,000.00
<b>Total</b>					<b>\$ 783,182.00</b>

Tabla 24 Nuevos Costos Fijos, Elaboración Propia.

Las 5 bodegas cerradas por el modelo, se convierten ahora en oficinas para la captación y atención de los clientes en la zona, de tal modo se podría mantener el contacto con los clientes y así no sufrir bajas en las compras. Lo nuevos costos fijos ahora se reducen a solo \$783,182.00 pesos mensuales.

De tal forma que comparado a la distribución actual de la empresa, la nueva red de distribución generaría ahorros de hasta el 28%, ver *Tabla 25 Ahorro en los Costos de Operación Final*:

<b>COSTOS NUEVOS DE OPERACIÓN</b>			
<b>MODELO ACTUAL</b>			
<b>FLETES DIRECTOS</b>	<b>FLETES INDIRECTOS</b>	<b>FIJOS</b>	<b>TOTAL</b>
\$3,516,755.34	\$683,499.37	\$1,098,632.00	\$5,298,886.71
<b>MODELO NUEVO</b>			
<b>FLETES DIRECTOS</b>	<b>FLETES INDIRECTOS</b>	<b>FIJOS</b>	<b>TOTAL</b>
\$2,619,729.78	\$392,340.91	\$783,182.00	\$3,795,252.69
<b>AHORRO</b>			<b>\$1,503,634.02</b>
<b>TOTAL %</b>			<b>28.38%</b>

Tabla 25 Ahorro en los Costos de Operación Final, Elaboración Propia.

Todos los costos directos, indirectos y fijos, llegan a un total de \$3,795,252.69 pesos mensuales, que comparados al modelo actual (\$5,298,886.71 pesos mensuales), generarían un ahorro total del 28.38% sin generar gastos de inversión a largo plazo. Estamos hablando de un **ahorro anual de 18 millones de pesos** 79% más de lo esperado.

## **V. Conclusión**

La correcta red de distribución en una gran empresa, puede generar un impacto positivo en los gastos y costos de operación, el realizar análisis tanto para aumentar como para re diseñar la red de distribución es trascendental para generar una ventaja competitiva, pues como ya se habló anteriormente, estamos en una etapa en la que las ventajas competitivas logísticas pueden ser la respuesta a muchos problemas de costos.

Como se demostró en el presente proyecto, el ahorro generado por una red de distribución coherente y bien diseñada puede generar ahorros millonarios, se recomienda realizar este tipo de análisis sobre todo para las empresas que se encuentren en proceso de expansión o que presenten altos costos de operación como fue el caso del presente proyecto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anaya Tejero, J. J. (s.f.). *Logística Integral: la gestión operativa de la empresa*. ESIC.
- Bazan Tinajero, Y. A. (2009). *ptolomeo.unam.mx*. Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/1430/Tesis.pdf?sequence=1>
- Cabeza, D. (2012). *Logística Inversa, en la gestión de la cadena de suministro*. Barcelona: Marge Books.
- Casanovas, A., & Cuatrecasas, L. (2011). *Logística Integral, Lean Supply Chain Managment*. Profit Editorial.
- Escalante, E. (2006). *Seis Sigma: Metodología y técnicas*. México: Limusa.
- Esquivel S.A. de C.V., D. (s.f.). *Durman.com.mx*. Obtenido de <http://www.durman.com.mx/vol01/pagina.nsf?Open>
- Gómez Fraile, F., Vilar Barrio, J. F., & Tejero Monzón, M. (2003). *Seis Sigma*. Madrid: Fundación Confemetal.
- Gutierrez Pulido, H. (2013). *Control estadístico de la calidad y seis sigma*. Mc Graw Hill.
- Izar Landeta, J. (1996). *Fundamentos de Investigación de Operaciones*. San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. (2002). Manufactura, Ingeniería y Tecnología. En S. Kalpakjian, & S. R. Schmid, *Manufactura, Ingeniería y Tecnología* (pág. 1092). México: Pearson.
- Kroenke, D., & Auer, D. (2009). *Database Concepts*. New Jersey: Prentice Hall.
- Moya Navarro, M. (1995). *Investigación de Operaciones*. Asociación de editoriales universitarias de américa latina y el caribe .
- Paz, H. R. (2008). *Canales de Distribución, gestión comercial y logística*. Buenos Aires - Argentina: Lectorum Ugerman.
- Peris, S. M., Parra Guerre, F., Lhermie, C., & Miquel Romero, M. J. (2008). Distribución Comercial . En S. M. Peris, F. Parra Guerre, C. Lhermie, & M. J. Miquel Romero, *Distribución Comercial* (pág. 434). Madrid: ESIC.
- Porter, M. (1985). Competitive Advantage. *The Free Press*, págs. 11-16.
- S. Hillier, F., & J. Lieberman, G. (2010). *Introducción a la Investigación de Operaciones*. México, df: Mc Graw Hill.

- S. Pande, P., P. Neuman, R., & R. Cavanagh, R. (2002). *Las claves de SEIS SIGMA, La Implementación con Éxito de una Cultura que Revoluciona el Mundo Empresarial*. India: Mc Graw Hill.
- Sabriá, F. (Junio 2012). *La Cadena de Suministro, Modelos y Herramientas de Planificación y Optimización de la Cadena de Suministro*. Alfaomega.
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., & Simchi-Levi, E. (2004). *Managing the Supply Chain; the definitive guide for the business professional*. New York: McGraw-Hill.
- Soret, I. (2010). *Logística y operaciones en la empresa*. Esic.
- Stair, R., & Reynolds, G. (2001). *Principles of Information Systems*. Boston: Course Technology.
- Taha, H. (2004). *Investigación de Operaciones*. México: Pearson Educación.
- Toledano de Diego, A., Mañes Sierra, N., & García, S. J. (10 de Noviembre de 2009). "Las Claves del Éxito de Toyota". LEAN, más que un conjunto de herramientas y técnicas. *ISSN*, pág. 10.