

24
201



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Escuela Nacional de Estudios
Profesionales Acatlán

Optimización de la Red de Transporte Terrestre
para la Distribución del Producto Terminado de
Organización Mabe

T E S I S
Que para obtener el Título de
A C T U A R I O
p r e s e n t a
ISABEL RODRIGUEZ REBOLLEDO



Acatlán 1994

Asesor Fis. Manuel Valadez Rodríguez

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN





UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLAN"
DIVISION DE MATEMATICAS E INGENIERIA
PROGRAMA DE ACTUARIA Y M.A.C.

SRITA. ISABEL RODRIGUEZ REBOLLEDO
Alumna de la carrera de Actuaría
Presente.

De acuerdo a su solicitud presentada con fecha 14 de marzo de 1994, me complace notificarle que esta Jefatura tuvo a bien asignarle el siguiente tema de tesis: "OPTIMIZACION DE LA RED DE TRANSPORTE TERRESTRE PARA LA DISTRIBUCION DEL PRODUCTO TERMINADO DE ORGANIZACION MABE", el cual se desarrollará como sigue:

- Introducción.
- I.- Antecedentes
- II.- Planteamiento del problema
- III.- Elaboración del modelo
- IV.- Análisis de resultados
- Conclusiones
- Anexos
- Bibliografía

Asimismo fue designado como Asesor de Tesis el Fis. Manuel Valadéz Rodríguez, profesor de esta Escuela.

Ruego a usted tomar nota que en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito básico para sustentar examen profesional, así como de la disposición de la Coordinación de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis el título del trabajo -- realizado. Esta comunicación deberá imprimirse en el interior de la tesis.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Acatlán, Edo. de Méx., a 23 de mayo de 1994.

ACT. LAYRA MARCELA BECERRA
Jefe del Programa de Actuaría y M.A.C.



E.N. . . . A . . . FLAN
JEFATURA DEL PROGRAMA DE
ACTUARIA Y M.A.C.
APLICADAS Y MATEMATICAS

DEDICATORIA

A mis padres Mary y Félix, por la fuerza para salir adelante, por el apoyo, confianza, amor y comprensión que me han brindado en todos los momentos de mi vida.

A mi gran amor Enrique, por ser parte esencial de mi vida, por todo el cariño y apoyo que siempre me ha dado.

A mis hermanos Juan y Paco por su cariño e incomparable apoyo.

A mi tía Aurora, quien a pesar de la distancia siempre ha estado cerca de mí.

A mi tío Paco y Marcela por el amor que siempre me han dado.

A Marilú y Enrique por su cariño.

A Cecilia por todo lo que nos une.

A Luis por su incomparable amistad y apoyo en toda mi carrera.

A mis amigos: Santiago, Maricarmen, Marisol y Verónica. Por su amistad.

AGRADECIMIENTOS

Al Fis. Manuel Valadez Rodríguez por su amistad, apoyo y guía en la realización de este trabajo.

A la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Acatlán y a los profesores: Ricardo Aparicio, Blanca Elena del Pozo, Mario Arriaga, Luis Recoder y Manuel Valadez, por proporcionarme una formación académica profesional.

A Organización Mabe por haberme brindado la oportunidad de realizar este trabajo, y a todas las personas de la Organización que de alguna u otra manera contribuyeron.

Al Ing. Jorge Barroso, por brindarme la confianza para desarrollar el trabajo.

Al Ing. Arturo Chávez por todas las facilidades otorgadas.

Al Ing. Alberto Luna por sus aportaciones a este trabajo.

A mi amiga Marisol por que sin su ayuda no hubiera sido posible la conclusión de este trabajo.

Contenido

Introducción	i
Capítulo I Antecedentes.....	5
Historia de Organización MABE	6
Filosofía y objetivos de Organización MABE	8
Proceso de distribución.....	14
Política actual de transportación.....	22
Proceso de transportación en Organización MABE.....	24
Capítulo II Planteamiento del Problema.....	26
Descripción	26
Factores a considerar	30
Objetivo a resolver	32
Capítulo III Elaboración del Modelo.....	33
Teoría previa.....	34
Análisis de las variables.....	46
Función objetivo y restricciones	47
Capítulo IV Análisis de Resultados	49
Análisis.....	50
Propuestas de cambios en las políticas de transportación.....	52
Conclusiones	54
Anexos.....	57
Anexo A	58
Anexo B	62
Anexo C	64
Bibliografía.....	67

Tabla de cuadros y figuras

Tablas

A	Clasificación de los medios terrestres de transporte.....	23
B	Ubicación y líneas de producción de cada planta.....	27
C	Ubicación y nombres de los Centros de Distribución.....	28
D	Capacidades por modelo de cada medio de transporte	29

Figuras

1	Satisfacción del cliente con el proceso de mejora continua	10
2	Elementos del proceso de mejora continua.....	11
3	Ciclo de Mejora Continua.....	12
4	Elementos de la filosofía Justo a Tiempo.....	14
5	Proceso de monitoreo inventarial	18
6	Sistema de distribución integrado de Organización MABE	21
7	Gráfica de oferta contra demanda	31
8	Convexidad	38
9	Propiedades de los conjuntos convexos.....	38
10	Ejemplo puntos extremos	39
11	Comparación de solución óptima con P.L. y P.L.E.....	42
12	Algoritmo de Lang Doit	44
13	Modelo de transporte	45

Introducción

Introducción

Al inicio del desarrollo del presente trabajo surgieron grandes complicaciones, ya que se proponían mejoras a través de un modelo capaz de resolver alguno de los muchos problemas que se tenían en la Organización, pero no se sabía cual de éstos se podría atacar, por lo que hubo que relacionarse e involucrarse de manera directa dentro de dos departamentos (Planeación de la Distribución y Tráfico) para conocer y entender los procesos, problemas y criterios involucrados en la toma de decisiones en los distintos conflictos que se presentaban día a día.

Después la decisión se complicó todavía más; el panorama en donde se podrían aplicar los conocimientos era inmenso, existían problemas de: pronósticos de ventas, pronósticos de demandas, criterios por prioridades para la distribución de producto a clientes grandes y pequeños, optimización de espacio en bodegas, localización óptima de los centros de distribución en el territorio nacional, optimización del uso de los medios de transporte terrestre, rotación de inventarios, cálculos del inventario óptimo de seguridad, etc.; en todos estos procesos generalmente la toma de decisiones se hacía de carácter intuitivo ignorando la mayoría de las interrelaciones que existen entre los componentes del sistema.

La decisión final fue atacar el problema del uso de transporte terrestre para la distribución del producto terminado, ya que presentaba las ventajas de estar delimitado y la Organización tenía gran atención en ese momento.

Otro problema que se presentó fue la incertidumbre de los responsables de la toma de decisiones de los beneficios que se pretendían dar a la Organización con el uso del modelo.

Cuando se llegó a un acuerdo común del problema que se resolvería se procedió a desarrollar las fases del proyecto:

1. *Estudio e interpretación de la Organización como un sistema.*

En el primer capítulo se dan los antecedentes del problema a optimizar citando la historia, los objetivos fundamentales y la filosofía de la Organización, además se describen los procesos de distribución y tráfico.

2. *Formulación y derivación del problema.*

En el capítulo II se plantea el problema que se pretende resolver, haciendo hincapié en puntos importantes como son la oferta y demanda, del artículo y de los medios de transporte que se pretenden utilizar.

3. *Construcción del modelo.*

En el tercer capítulo se estudian diferentes metodologías para la elaboración del modelo, se identifican sus componentes y las relaciones que guardan: función objetivo, variables de decisión y restricciones, con la finalidad de construir un modelo adecuado para resolver el problema descrito en el capítulo anterior.

4. *Prueba diseño e implantación*

En el cuarto capítulo se analizan los resultados obtenidos del modelo en el capítulo III, para proponer cambios en los usos actuales de transporte encaminadas a economizar recursos que se originen de los resultados obtenidos, se describen además los requerimientos y políticas para el uso del modelo construido.

El objetivo principal de este trabajo es presentar una aplicación de lo que puede ser el desempeño profesional en la industria, creando un modelo matemático capaz de resolver las necesidades que se planteen en ese momento.

Esta tesis busca optimizar las condiciones para emplear los recursos limitados para la distribución del producto terminado de Organización MABE con base en un modelo matemático. Cada proyecto como es lógico presenta diferentes condiciones, características y objetivos; por lo que la metodología empleada para formular el modelo no puede ser siempre la misma.

Es de gran importancia en la evaluación de un proyecto el saber qué metodología se requiere para formular un modelo específico, ya que, al formularlo, se debe saber que existen factores tales como la duración del proyecto, el ámbito, la aplicación, los cambios que se pueden requerir a futuro sobre el mismo modelo, entre otras cosas a las que éste se debe adecuar en un momento dado. Los puntos citados anteriormente se detallan en el contenido de éste trabajo.

En Noviembre de 1993 se firmó el Tratado de Libre Comercio, lo que empujó a México a un ámbito de productividad y competencia internacional, los productos que se producen en México deben ser de calidad para poder competir dentro de los mercados internacionales.

Los servicios ofrecidos deben mejorar ya que éste es un punto importante para llegar a ser realmente competitivos.

Organización MABE se ha preparado para recibir al Tratado de Libre Comercio, con los procesos de mejora continua, la ideología del justo a tiempo y el objetivo principal de la competitividad internacional, los tres puntos anteriores se describen al detalle en la sección 2 del capítulo I y lo que hace la Organización para llevarlos a cabo.

Organización MABE preocupada por minimizar los costos de distribución y mejorar el servicio de entrega a clientes, analiza las posibilidades de emplear los medios de transporte de la mejor manera, con la finalidad de optimizar la red de distribución actual, siendo éste punto el objetivo principal del presente trabajo.

En las conclusiones se analizan las ventajas, desventajas, alcances y limitaciones del modelo.

Capítulo I

Antecedentes

Capítulo I

Antecedentes

Historia de Organización MABE

El nombre de MABE nació de las primeras iniciales de los apellidos Mabardi y Berrondo, MABE inicia con la fabricación de bases metálicas para lámparas fluorescentes en julio de 1945, en 1948 se empiezan a producir los primeros muebles de línea blanca conocidos como los muebles de la "jaladera inconfundible", en 1953 se inicia la fabricación de 50 estufas de gas diarias, cinco años más tarde hace el lanzamiento a la producción de hornos y parrillas empotrables (1,100 estufas diarias).

En 1960 se hacen las primeras exportaciones de equipos, los primeros refrigeradores marca "MABE" aparecen en 1965 y en 1969 nace el Dúplex.

En 1970 en la fabricación de refrigeradores se aplica la tecnología del poliuretano como aislante y en 1981 se conceptualiza el frigobar.

En los ochentas se incorpora el horno de microondas a los productos, se hacen innovaciones de modelos de estufas (estufutura) y nace el concepto Leiser.

En 1990 se crea Organización MABE con objeto de coinvertir con General Electric Company, en diversos proyectos. Las empresas integrantes de ésta organización son:

1. DISTRIBUIDORA CÓN SUL, S.A. DE C.V. (CÓN SUL)

Empresa comercial constituida por dos divisiones: División Une que distribuye y comercializa los productos de las marcas *Cinsa, MABE, IEM, Hotpoint y Kelvinator*, División Excell; que distribuye los productos con las marcas *Easy, Cinsa General Electric, Excell y Kelvinator* mayoreo.

2. INDUSTRIAS MABE, S.A. DE C.V. (IMASA)

Fábrica de estufas de gas (180,000 unidades anual), hornos y parrillas para empotrar (60,000 unidades anuales). Bajo las marcas *General Electric, Easy, IEM y Kenmore(Sears)*. Ubicada en México, D.F.

3. INDUSTRIAS ASTRAL S.A. DE C.V. (ASTRAL)

Produce refrigeradores domésticos de una puerta (250,000 unidades anuales) con las marcas *MABE, General Electric, Kelvinator, IEM, Kenmore, Easy y Cinsa*. Situada en Querétaro, Qro.

4. INDUSTRIAS CONFAD, S.A. DE C.V. (CONFAD)

Empresa dedicada a la fabricación y distribución de línea blanca, especialmente para lavado y secado. Fabrica anualmente 380,000 lavadoras y 250,000 motores Participa con el 55 % del mercado mexicano de lavadoras. Tiene fabricas en Monterrey (*Confad Monterrey*) y México D.F. (*Confad Cerro Gordo*).

5. ENSAMBLADORES DE REFRIGERADORES, S.A. DE C.V. (ENRESA)

Fabrica refrigeradores domésticos de dos puertas (50,000 unidades anuales). estos productos se manejan con las marcas *MABE, General Electric, Easy, IEM y Kenmore(Sears)*. Localizada en el Estado de México.

6. LEISER, S.A DE C.V. (LEISER)

Produce estufas de 30 pulgadas con las marcas *MABE, General Electric, Kelvinator, Kenmore, IEM, Easy y Cinsa*. Tiene como objetivo de producción 1,000,000 de artículos anuales. Localizada en San Luis Potosí.

7. HERMETICIDAD, S.A. DE C.V. (HERSA)

Fabrica compresores herméticos para refrigeración doméstica e industrial (250,000 unidades anuales). Ubicada en México, D.F.

8. PRODUCTOS TROQUELADOS Y DE ALAMBRE, S.A. DE C.V. (PROTAL)

Elabora partes troqueladas de lámina de acero, componentes de alambre de acero y tratamiento de acabado de galvanoplastia a estos componentes. Estas partes y componentes se integran en los artículos terminados de *IMASA, ENRESA, ASTRAL y CONFAD*. Ubicada en Querétaro.

9. INYECTORA Y EXTRUSORA DE PLÁSTICOS, S.A. DE C.V. (IEPSA)

Fabrica todas las partes y componentes de plásticos termoformado que se integran a los productos terminados fabricados en las demás plantas del Grupo. Ubicada en Querétaro.

10. EXPRESS ESTRELLA ROJA, S.A. DE C.V

Empresa transportista que atiende la distribución del Grupo.

11. SERVICIOS INTEGRALES FABRILES, S.A. (SIF)

Compañía prestadora de servicios que se encarga de atender al consumidor final en cuanto a servicios de reparación y mantenimiento dentro y fuera de garantía.

Además cuenta con un grupo dedicado a la administración y control de las empresas pertenecientes a la Organización.

Filosofía y objetivos de Organización MABE

La filosofía es la creencia básica que sirve de guía en el trabajo para lograr la competitividad internacional en todas las actividades.

Filosofía

- Creer en un México próspero, unido, de economía libre, en donde como empresa mexicana, cumplirá honestamente su deber, buscando siempre una relación sana con gobierno, instituciones y sociedad en general.
- Creer en satisfacer plenamente las expectativas de sus usuarios con productos y servicios de calidad competitivos internacionalmente.
- Creer en el respeto en la dignidad humana, en hombres y mujeres creativos, promotores y emprendedores, que vean el trabajo como el vehículo de su desarrollo personal, familiar y social.
- Creer en la productividad, profesionalismo, honestidad, responsabilidad y solidaridad con la organización.
- Creer en promover el desarrollo de la organización mediante la obtención de un alto rendimiento sobre la inversión de sus accionistas.

- Creer en una buena y justa relación con sus socios comerciales, clientes y proveedores de un mutuo crecimiento y de satisfacción de necesidades, dentro de un marco de competitividad internacional.
- Creer en una tecnología de punta, en su asimilación, en el desarrollo de su tecnología, en su difusión y en su aplicación racional en cada una de las diferentes áreas de la organización, como un factor vital de crecimiento en un ámbito de competitividad internacional.

Objetivos

Los objetivos fundamentales de la Organización son:

- La competitividad internacional.
- La mejora continua
- Justo a tiempo.

La competitividad Internacional

Es la cultura común para ser competitivos internacionalmente.

- **Planeación Estratégica y objetivos**

Se define el rumbo, dentro de un entorno nacional e internacional en forma participativa; se comunica a todos los niveles, se ponderan e integran los objetivos, esfuerzos y resultados de trabajo de todos los miembros de la organización con el fin de ser competitivos.

- **Tecnología**

Estar a la vanguardia en el conocimiento, asimilación y uso racional de tecnología de punta; así como la generación y transferencia de su propia tecnología, en todas las áreas, a un nivel de competitividad.

- **Calidad**

Es el resultado del trabajo realizado por todos los miembros de la organización que cumplen con los estándares de niveles internacionales de los productos, procesos y servicios, a fin de satisfacer plenamente las necesidades del usuario.

- **Distribución**

Enlazar a clientes con plantas y las diferentes áreas de ventas, eficientando con técnicas modernas, el servicio y el costo en la distribución de sus productos, en un ámbito de competitividad internacional.

• Servicio

La imagen de sus productos y marcas logrando, con técnicas modernas, un servicio más eficiente con el fin de satisfacer plenamente al usuario y retroalimentar a las plantas para la mejora permanente de sus productos.

Mejora continua

El empuje es la administración de los procesos para la mejora continua, no es la administración de las personas, ni la administración para la obtención de resultados a corto plazo. El enfoque es la satisfacción del cliente.(figura 1)

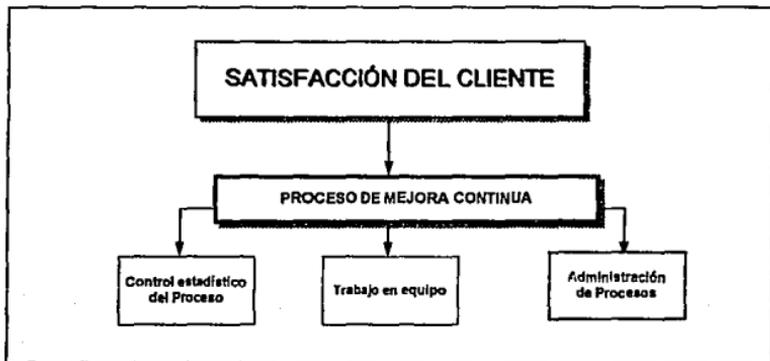


Figura 1. Satisfacción del cliente con el proceso de mejora continua.

La clave administrativa para el mejoramiento continuo es la administración de los procesos.

Un proceso es una combinación de: métodos, materiales, máquinas, medio ambiente, mediciones y personas, usadas en conjunto para realizar un servicio, producir un producto, o complementar alguna tarea. Un proceso tiene entradas y salidas que son medibles. (figura 2)

La mejora continua es administrar los procesos para el mejoramiento continuo a largo plazo, y no administrar a la gente para resultados a corto plazo.

Las principales oportunidades de mejora típicas son: reducción de costos, incremento en los ingresos, satisfacción del cliente e incremento en la participación de mercado.

La concientización, el entendimiento y el compromiso, son elementos clave para una implantación exitosa del proceso de mejora continua, los cuales se refuerzan mutuamente, siendo la concientización el primer paso, el entendimiento se logra a través de la capacitación, la lectura y las pláticas y el más difícil de todos es el compromiso.

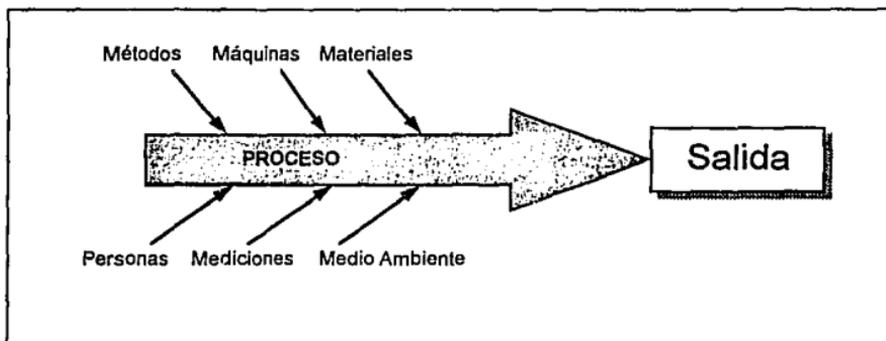


Figura 2. Elementos del Proceso de Mejora continua.

La mejora continua debe ser una estrategia principal y se debe creer en ella, en la figura 3 se muestra el proceso de mejora continua.

Los factores que intensifican la implantación de la mejora continua son:

- Seguridad en el trabajo
- Compartir las utilidades
- Plan de evaluación de desempeño.

Si ya existe una política de calidad de la organización, ésta se debe revisar en términos de mejora continua, dicha política debe ser producto del equipo de administración y debe estar enfocada al cliente.

Para comunicar el concepto de mejora continua se requiere de un gran compromiso de tiempo de parte de todos los administradores, para ser convincente se debe comunicar repetidamente y por varios medios.

Las mediciones del proceso de implantación de la mejora continua deben utilizarse sólo como un medio de reconocimiento de las áreas donde se necesite ayuda.

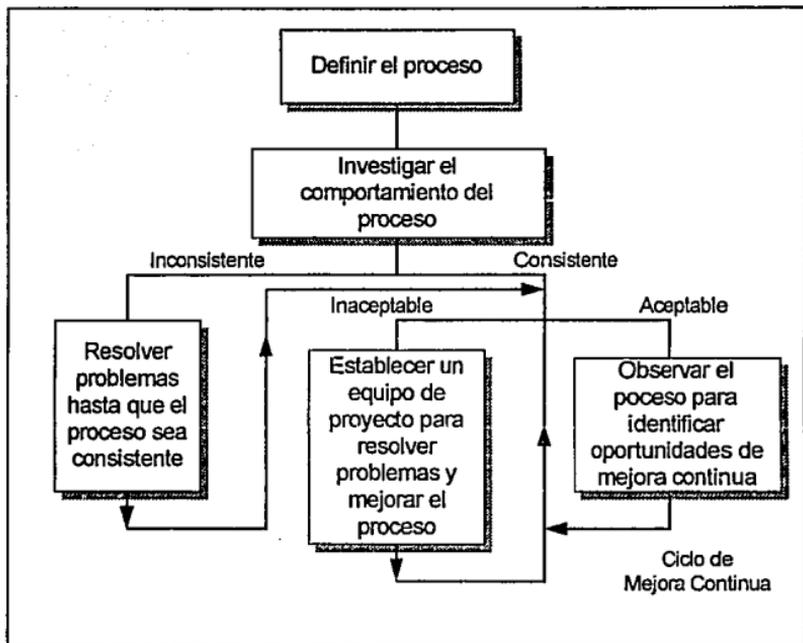


Figura 3. Ciclo de Mejora Continua

La mejora continua ha sido completamente implantada cuando:

1. Cada administrador es un miembro de un equipo de administración.
2. Cada equipo de administración maneja los procesos a través de gráficas de control estadístico de procesos.
3. Los recursos de cada equipo para la mejora del proceso se orientan a procesos que están fuera de control o que no están operando a un nivel satisfactorio
4. La adecuación al cliente es el punto de enfoque de todos los procesos.
5. La mejora continua en calidad y productividad es un trabajo de todos.
6. Toda actividad se incluye en un proceso.
7. Todo proceso se define y se gráfica con entradas y salidas medibles.
8. Todas las personas reciben la capacitación requerida.
9. Cada persona sabe quien es su cliente y cuales son los criterios de adecuación al uso.

Justo a Tiempo

La expresión justo a tiempo se refiere a una metodología cuyo propósito es eliminar grandes cantidades de actividades que no agregan valor (trámites improductivos) en los procesos de fabricación, compras y distribución.

La filosofía justo a tiempo está formada por ocho elementos enfocados a la productividad, siete de ellos son internos y el otro es externo (ver figura 4). El primero es la filosofía justo a tiempo en sí misma. El segundo es la calidad en la fuente. Hay tres elementos relacionados con ingeniería de producción: la carga fabril uniforme, las operaciones coincidentes y el tiempo mínimo de alistamiento de máquinas. El sexto elemento interno es un sistema de control conocido como sistema de halar, Kanban u operaciones eslabonadas y siendo el último interno son recursos humanos, es decir la intervención de los empleados. El elemento externo son las compras.

El JAT no es absolutamente necesario para la calidad, pero ésta ciertamente lo es para el JAT.

El flujo es la manera como el proceso fabril avanza de una operación a la siguiente, englobando cinco elementos técnicos del JAT.

La filosofía JAT reduce o elimina buena parte del desperdicio de actividades de compras, fabricación distribución y apoyo a la fabricación (actividades de oficina). Esto se logra utilizando los tres componentes básicos: flujo, calidad e intervención de los empleados. Se define como desperdicio "todo lo que sea distinto de la cantidad mínima de equipo, materiales, piezas y tiempo laboral absolutamente esenciales para la producción".¹

Pero la implantación del Justo a tiempo no es fácil ya que requiere planeación cuidadosa y coordinación precisa. Para tener éxito en esto, es indispensable tener una cabal comprensión de los procesos administrativos, e igualmente de los desafíos técnicos implícitos en esta audaz revisión en los principios y las prácticas de la fabricación tradicional.

¹J. Hay Edward, "Justo a Tiempo" , Ed. Grupo Norma, pág. 15.

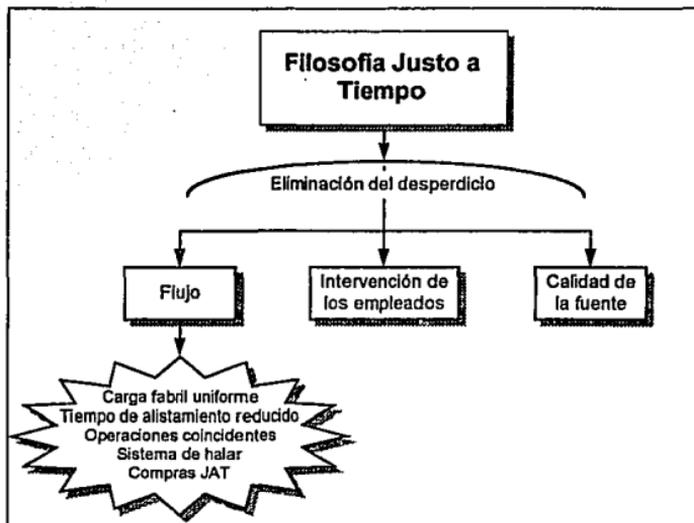


Figura 4. Elementos de la Filosofía Justo a Tiempo

Cuando se maneja con eficiencia, la implantación de la filosofía justo a tiempo reduce significativamente no sólo el costo de fabricación y de los materiales, sino también la necesidad de mantener grandes inventarios, asimismo, permite eliminar tiempos de espera en producción.

Proceso de distribución

La distribución consiste en todas las actividades de un negocio relacionadas con el transporte de productos terminados o de materias primas de modo que lleguen al sitio designado cuando se necesitan y en buenas condiciones.

La decisión de distribución es la determinación del medio más provechoso para alcanzar el mercado, los administradores de la distribución física son los responsables de hacer llegar el producto terminado al consumidor. Siendo parte integral de la mezcla total del proceso

por el cual los productos pasan de los centros de producción a sus destinos de consumo, a través de diferentes fases u operaciones de compraventa mayoristas, minoristas y detallistas (mezcla de comercialización).

Los departamentos de distribución tienen como función el logro de minimizar las tarifas de transporte. La capacidad para lograr ahorros importantes en los costos ha sido una de las razones principales para el establecimiento de los departamentos de distribución física.

La meta de la distribución es minimizar los costos totales relativos a un nivel predeterminado de servicio. La sola minimización de costos pueden llevar a resultados desastrosos, salvo que se considere su impacto en la calidad del servicio. La mejor medida de un buen servicio es el tiempo de ciclo de pedido, es decir el tiempo transcurrido entre el esfuerzo inicial para colocar un pedido y la recepción del pedido, en buenas condiciones por el cliente.

Un canal de distribución es un sistema de relaciones entre instituciones dedicadas a la labor de facilitar el intercambio y las transacciones de consumo.

Los canales de la distribución, no son necesariamente fijos o permanente, y los innovadores en el mercado a menudo adoptan formas más eficientes para poner los productos a disposición. Los canales de distribución no pueden ser dirigidos ni siquiera por los productores. Los canales de distribución generalmente son sistemas operados verticalmente, es decir las compañías están alineadas en una jerarquía de niveles (fabricantes-mayoristas-detallistas). Dichos canales pueden ser:

Canales corporativos, son sistemas de mercadotecnia dirigidos centralmente y operados en forma vertical, caracterizados por una combinación de etapas sucesivas de producción y distribución bajo un solo propietario.

Canales administrados, donde la coordinación de las etapas sucesivas de producción y distribución se logra, no a través de una dirección en común, sino a través del tamaño y del poder económico de una de las partes en el sistema.

Canales de contratación, son un grupo de firmas independientes en diferentes niveles de producción o sistemas de distribución, integrando sus programas sobre una base contractual para lograr economías o un mayor impacto del que podrían lograr solos.

Lo importante sobre un canal de distribución no son las instituciones que lo constituyen, sino las funciones que realizan. Éstas funciones se pueden realizar de maneras diferentes según los distintos canales de distribución, operando en niveles de costo diferentes y generando diversos niveles de ventas. La razón principal para un cambio de canal es el descubrimiento de una manera más efectiva y eficiente de realizar el mismo trabajo.

En general, la distribución comprende aquellas funciones de la firma comprendidas en la obtención de los productos del productor al cliente, incluyendo lo siguiente:

- Planeación de la distribución con sus actividades relativas de planeación de la producción y obtención de los materiales.
- Administración del inventario y problemas relacionados de recepción, transporte y procesado de pedidos.
- Empaquetado
- Sistema de almacenaje en planta
- Embarque
- Transporte fuera de límites
- Sistema de almacenaje en campo

Los gerentes de distribución deben examinar la interrelación de factores tales como el número de almacenes, inventario de productos terminados y gastos de transporte. Dentro del proceso de distribución se consideran dos tipos de almacenes:

a.) De depósito.

Los cuales son de propietarios privados y, a menudo se especializan en el manejo de ciertos productos. El uso de estos almacenes permite al productor poner los inventarios cerca de sus clientes clave. Esto significa entrega rápida sin el costo de construir su propio almacén. Otras razones para usar los almacenes de depósito incluyen:

- Evitar la inversión de nuevas estructuras de capital.
- Reducir los riesgos de distribución y tener más flexibilidad al entrar a nuevos mercados.
- Satisfacer la demanda de temporada.

b.) Centros de distribución.

Los centros de distribución son una forma especial de almacén. La importancia radica en hacer embarques a granel o consolidados y no para almacenamiento. El concepto de centro de distribución es buscar rotación rápida de inventarios, en lugar de servir como depósito de mercancías a largo plazo.

Un centro de distribución es una operación centralizada de almacenamiento que se distingue de un almacén en:

- Sirve a un mercado regional.
- Consolida embarques grandes desde diferentes puntos de producción.
- Maneja y reagrupa los productos para distribución a clientes.
- Mantiene una línea completa de producto para distribución.
- Se establece principalmente para el movimiento de bienes, más bien que para almacenarlos.

Planeación de la distribución en Organización MABE

El proceso se centraliza en la gerencia de planeación de la distribución, perteneciente a la Dirección Corporativa de Materiales y Distribución.

Dentro de la organización se consideran dos tipos de bodegas:

1. Bodega de Inventario Nacional (BIN).
2. Centro de Distribución Regional (CDR).

El proceso de planeación de la distribución incorpora las siguientes funciones:

Planeación de inventarios

Establece un nivel de inventario objetivo por artículo en los Centros de Distribución, el cual está calculado para satisfacer la demanda durante el tiempo de reabasto, incluyendo un stock de seguridad que permite absorber las variaciones de la demanda que pueda tener en dicho tiempo.

Planeación anual del inventario estacional

Determina la creación del inventario necesario para la temporada de venta mayor, analizando las posibilidades de incrementar la capacidad de producción y de generar el

inventario de manera anticipada, además establece un plan de movilización del inventario estacional tomando en consideración la capacidad de almacenamiento de la bodega de inventario nacional, centros de distribución y producto de mayor desplazamiento en ellos.

Monitoreo mensual

Analiza y ajusta los parámetros utilizados en el cálculo del inventario objetivo, en el caso de que existan artículos en los centros de distribución con exceso de inventario, y también aquellos que se encuentren sin inventario y que no presenten alguna situación especial temporalmente en su demanda.

Reabasto del Centro de Distribución

Se maneja el sistema pull de reabasto de inventarios donde el abastecimiento se genera toda vez que la existencia es menor al inventario objetivo (reabasto según necesidades). Consiste en revisar la situación de inventarios por artículo de cada centro de distribución, así como los pedidos programados para clientes grandes con el fin de poder decidir cuánto producto enviar. (figura 5)

Para cada centro de distribución el tamaño de la orden de reabasto es el necesario para llevar a cada artículo a su nivel de inventario objetivo. Estas órdenes se generan semanalmente al revisar el nivel de inventario, el cual se compara con el inventario objetivo y por diferencia se generan las órdenes de reabasto (*órdenes de transferencia*).

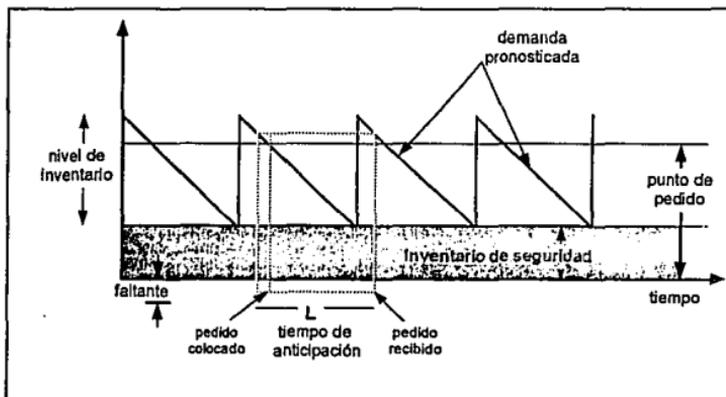


Figura 5. Proceso de monitoreo inventarial.

En caso de pedidos de clientes grandes la cantidad a enviar será la programada dentro del periodo planeado. Éste reabasto es semanal y se compone de cuatro actividades principales:

1. *Recopilación de información*

El objetivo de esta actividad es reunir la información necesaria para obtener el reabasto sugerido por artículo de cada centro de distribución.

Se recopila la información sobre:

Existencia de la bodega de inventario nacional, el cronológico de producción, pedidos de clientes grandes, productos en tránsito, estado de órdenes de transferencia, el inventario objetivo por modelo y las órdenes de transferencia por cada centro de distribución.

Ésta información es indispensable dentro del proceso de planeación de la distribución.

2. *Cálculo del reabasto*

Se determina el reabasto por artículo para cada ubicación y clientes grandes.

Dentro del cálculo del reabasto se realizan las siguientes actividades:

- Se calcula de la existencia disponible en la BIN
- Se determina el producto en tránsito y las órdenes de transferencia pendientes por surtir de la BIN
- Se calcula de la existencia por artículo en cada centro de distribución, considerando el producto en tránsito
- Se calcula de la cantidad a reabastecer por artículo en cada centro de distribución comparando el inventario objetivo contra la existencia
- Se compara del requerimiento total de la red por modelo incluyendo los pedidos de clientes grandes para ser surtidos en el periodo planteado, contra la existencia disponible de la BIN.
- En caso de que la existencia de la BIN sea mayor o igual que el requerimiento de la red, la orden de transferencia para cada ubicación y clientes grandes será igual a la cantidad requerida por cada uno de estos.

- En caso contrario, se distribuye la existencia disponible de la BIN de manera proporcional para cada ubicación, de tal forma que el inventario en días será igual para todas éstas, logrando un inventario balanceado.
- Se considera situaciones especiales dadas previamente por las gerencias de operaciones.

3. Generación de órdenes de transferencia

Se emite orden de transferencia de producto por modelo para cada ubicación y en su caso para clientes grandes, enviando copia a los responsables de la BIN, centros de distribución, gerentes de operaciones y a *tráfico corporativo Express Estrella Roja*, para calcular requerimientos de equipo de ésta empresa y tener un programa de trabajo, asimismo la BIN podrá contratar sólo el transporte que no tendrá por parte de *Express Estrella Roja*.

4. Manejo de información para el control del reabasto

En esta actividad se coordinan y controlan las actividades de las áreas involucradas. Estas áreas son: las bodegas de planta, los centros de distribución regional, el departamento de planeación de la distribución, gerentes de operaciones y responsables de los CDR.

Bodega de Inventario Nacional:

1. Con base en las órdenes de transferencia recibidas, la BIN prepara el embarque y envía a *Express Estrella Roja* su programa, para que se le suministre el equipo en los días requeridos, además contacta con terceros para hacer movimientos del producto ya que la compañía del grupo no satisface toda la demanda.
2. Lleva un control de órdenes de transferencia embarcadas y por embarcar.

Centros de Distribución Regional

1. Reciben de planeación de la distribución las órdenes de transferencia, en donde conocerán los artículos y cantidad que recibirán la siguiente semana.
2. Reciben producto.
3. Reporta los viernes de cada semana a planeación de la distribución las órdenes de transferencia.

Planeación de la Distribución:

1. Verifica diariamente el producto disponible en la BIN, así como el cumplimiento del programa de producción de la planta.
 2. Da seguimiento a los embarques programados por medio de las órdenes de transferencia.
- El departamento de planeación de la distribución, semanalmente revisa el nivel de inventario, se compara con el inventario objetivo y por diferencia se generan órdenes de reabasto (*órdenes de transferencia*).
 - La Bodega de Inventario Nacional reabastece por medio de órdenes de transferencia de distribución a los clientes grandes o directos, se elimina la redistribución de productos entre centros de distribución, ya que en ellos se tiene sólo el inventario objetivo requerido para su zona de influencia; incorporando políticas de reabasto para mantener el inventario balanceado en cada centro de distribución regional y un nivel de servicio adecuado.
 - El departamento de planeación de la distribución establece un proceso de comunicación con el área comercial para definir la mejor asignación-prioridad de envíos en caso de que se presente una situación especial y cuando el inventario posible en la BIN, no es suficiente para cubrir los requerimientos de la red de distribución.

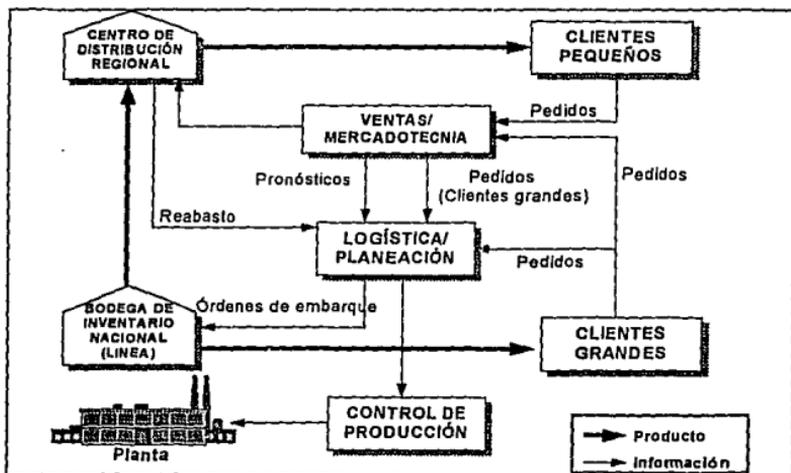


Figura 6. Sistema de distribución integrado de Organización MABE

Política actual de transportación

Otro factor importante dentro del proceso de distribución es la selección de los medios de transporte, por lo que examinaremos algunas de las ventajas y problemas que presenta cada medio de transporte terrestre.

- **Ferrocarriles**

Los ferrocarriles han sido desde hace mucho tiempo la espina dorsal del transporte de mercancías en Estados Unidos y casi todo el mundo, pero la competencia de los camiones casi ha eliminado el servicio ferroviario a poblaciones pequeñas. Casi siempre el servicio es lento y está limitado al movimiento entre una terminal y otra. Por comparación con otros medios de transporte las tarifas de ferrocarril son bajas en embarques de carro entero. Pero, el manejo brusco y la lentitud hace que las materias primas sean más adecuadas para el embarque por ferrocarril que los productos terminados.

Una ventaja principal del ferrocarril sobre otros medios de transporte es la confiabilidad; rara vez se quedan parados por mal tiempo. Si se programan bien los embarques, se puede convertir el ferrocarril en "almacén rodante" y lograr ahorros adicionales.

- **Camiones y remolques**

Los camiones, en casi todo el mundo, son el modelo de transporte más flexible. Muchos dan servicio de puerta a puerta, con lo cual se reducen los precios de empaque. Las tarifas suelen ser bajas en distancias cortas y son más rápidos que el ferrocarril.

El estado del tiempo puede repercutir en el servicio y existen limitaciones de tamaño y peso. Sin embargo, el mínimo de manejo y el cuidado de los conductores hace que el transporte por camión o remolque sea deseable para productos terminados y artículos frágiles.

Los medios de transporte que seleccione una compañía dependerán de las necesidades del embarcador. Atendiendo los costos de servicio, tiempo y variabilidad en la entrega, pérdidas y daños a la mercancía, rapidez y los puntos en que hay servicio.

En la tabla A se resumen las ventajas de cada medio de transporte, siendo la carretera el medio más veloz, más frecuente, más confiable sin embargo el ferrocarril tiene mayor flexibilidad para la carga.

Clasificación de servicios de los medios terrestres de transporte				
Velocidad	Frecuencia	Confiabilidad	Flexibilidad para la carga	Puntos servidos
Carretera	Carretera	Carretera	Ferrocarril	Carretera
Ferrocarril	Ferrocarril	Ferrocarril	Carretera	Ferrocarril

Tabla A. Clasificación de los medios terrestres de transporte

Existen varios tipos de transportistas:

- **Transportistas privados**

El transporte privado, es decir con equipo propiedad de la compañía no puede transportar ninguna mercancía de otras empresas. Cuando se requieren operaciones según las necesidades de la compañía o se requiere equipo especial, la única solución puede ser la compra de vehículos. Por lo general la operación económica exige que los embarques se hagan a unos cuantos destinos o se haga reparto en una zona metropolitana y que el volumen sea suficiente para justificar el costo. Un mejor control, la confiabilidad en las entregas y los aumentos de tarifas de los transportistas públicos han hecho que muchas compañías tengan sus propios transportes.

- **Transportistas públicos**

El transportista público transporta mercancía para cualquier persona que solicite sus servicios. Publican sus tarifas y son idénticas para la misma cantidad, tipo y destino en todas las líneas de transporte. Está sujeto a una serie de permisos, reglamentos y restricciones de rutas. Los camiones con carga parcial, el regreso vacío y la rutas antieconómicas han sido quebraderos de cabeza para los dueños de camiones privados.

- **Transportistas por contrato**

Los transportistas por contrato, que también necesitan permisos, limitan sus servicios a una o unas cuantas compañías. El contrato puede ser desde unos meses hasta por tiempo indefinido. Algunos embarcadores prefieren los transportistas por contrato porque logran la mayoría de las ventajas del transporte privado, sin el costo de la propiedad y operación de los equipos.

- **Transportistas libres**

Los transportistas libres están sujetos a un mínimo de permisos y reglamentos. Tuvieron su origen entre los agricultores para transportar sus productos hasta centros de distribución o plantas industrializadoras, con ciertas prerrogativas.

Cuando no se cubre la demanda de transporte con la compañía transportista del grupo (Express-Estrella Roja), Organización MABE generalmente trabajo con transportistas por contrato los cuales deben cumplir con el perfil deseable, el cual se expone más adelante.

Proceso de transportación en Organización MABE

El proceso de transportación se centraliza en la Gerencia de Tráfico, perteneciente a la Dirección Corporativa de Materiales y Distribución.

El Departamento de Distribución planea el reparto de mercancía de acuerdo a requerimientos reportados por cada zona, el resultado es una "orden de transferencia" que se turna a los centros de distribución regional, plantas fabriles y al Departamento de Tráfico.

La Gerencia de Tráfico al recibir las órdenes de transferencia las analiza de acuerdo a prioridades, capacidades de transportación y costos.

El responsable verifica disponibilidad de unidades de transporte en los centros de distribución y en las plantas fabriles, en caso de que el servicio no pueda ser cubierto por Express Estrella Roja, compañía transportista perteneciente al grupo, hace enlace con las compañías transportistas públicos o por contrato que cubren con el perfil deseable de la empresa transportista.

Una vez establecido el enlace con los transportistas se contrata el servicio y se confirman los embarques y envíos de plantas y centros de distribución.

Transcurrido un lapso de tiempo se verifica si la mercancía ha llegado a su destino en el tiempo estipulado y en buenas condiciones, estos dos puntos se utilizan para evaluar al transportista que fue contratado.

El perfil deseable en las empresas transportista que contrata MABE es el siguiente:

- **Unidades**
 - Disponibilidad de unidades. Lo cual implica que la empresa transportista deberá contar con suficiente número de unidades.
 - Modelos recientes en sus camiones o por lo menos que éstos estén en buen estado.
 - Se requieren capacidades de: 110, 105, 100, 80, 75, 70 y 60 m³.
 - El transportista deberá dar mantenimiento periódico a sus unidades.
- **Rutas**
 - Es deseable que la empresa transportista cubra total o parcialmente las rutas requeridas por Organización MABE.
- **Tarifas**
 - La empresa transportista deberá otorgar precios accesibles y además negociados previamente.
- **Experiencia**
 - La empresa transportista deberá tener cierta antigüedad y trayectoria operando.
 - Se desea una empresa con buenas referencias en cuanto a la calidad del servicio que presta. Es decir se espera seriedad.
 - Cajas seguras y además equipadas con colchonetas para evitar el maltrato del producto.
- **Garantía de transportación**
 - El transportista deberá contar con elementos que garanticen la transportación de la mercancía.

Capítulo II

Planteamiento del Problema

Capítulo II

Planteamiento del Problema

Descripción

Los programas de comercialización de las lavadoras, equipos de empotrar, estufas, enfriadores y refrigeradores que se llevan a cabo dentro de Organización MABE incluyen la producción de dichos artículos, su almacenamiento, distribución y venta.

El proceso de producción inicia en el Departamento de Programación a plantas perteneciente a la Dirección Corporativa de Materiales y Distribución. Este departamento programa la producción en base a los pronósticos de ventas y a capacidades de producción de cada planta.

Las seis plantas de producto terminado tienen líneas de producción exclusivas, por ejemplo la fábrica de San Luis Potosí (Leiser), fabrica únicamente estufas de 30 pulgadas.

Las plantas son flexibles en su producción porque cuentan con una tecnología capaz de fabricar cualquier modelo en base a sus líneas de producción y cambiarlas de un momento a otro para satisfacer las necesidades establecidas por el Departamento de Programación a Plantas.

Para simplificar el gran número de modelos que se manejan en la Organización se han conjuntado en categorías según su origen y línea de producción.

Los nombres, ubicaciones y líneas de producción, de cada planta se muestran en la tabla B.

Para el almacenamiento de los artículos, se consideran dos tipos de bodegas:

1. Bodega de inventario Nacional (BIN), la bodega de planta
2. Centro de Distribución (CDR)

PLANTA	DOMICILIO	LINEA DE PRODUCCION
IMASA (MEXICO)	Oriente 162 No.330 Col. Moctezuma México, D.F.	Estufas 20" Equipo de Empotrar 20" Equipo de empotrar 30"
ASTRAL (QUERÉTARO)	Industrias Astral Av. 5 de Febrero No.1325 Zona Industrial Benito Juárez C.P. 76100 Querétaro	Refrigerador 1 puerta: " 3.7" " 6.6" " 7.6" " 8.6" " 9.6" " 10.6"
ENRESA (EDO. DE MEXICO)	Vía Gustavo Baz Km.9.5 Col. Barrientos Tlalnepanitla, Edo. de México	Refrigeradores 2 puertas 12 " " " " " 14
LEISER (SAN LUIS POTOSI)	Eje 128. Av. Comisión Federal de Electricidad No. 78090 San Luis Potosí	Estufas 30"
CONFAD CERRO GORDO (EDO DE MEX)	Vía Moreios No.351-A Cerro Gordo C.P. 55500 Ecatepec, Edo. de México	Lavadoras Rodillos 435 y 455 " LC11004 " LCE10454 " LR1051ROD
CONFAD MONTERREY	Carretera Miguel Alemán Km. 5 Ciudad Guadalupe, Nuevo León	Lavadoras 2 Tinas " LMA1500 " SD188COM

Tabla B. Ubicación y líneas de producción de cada planta.

En el capítulo anterior se trató la importancia y función que desempeñan dentro del proceso de distribución los CDR, en la Organización.

Las ubicaciones y nombres de los centros de distribución regional se presentan en la tabla C.

Cada planta abastece a los centros de distribución regional, los cuales suministran de producto a los clientes que tienen localizados según su ubicación geográfica. En el Anexo I se muestran los mapas de localización de clientes en la República Mexicana.

El sistema de distribución integrado que se muestra en la figura 1.6 del capítulo anterior indica como los clientes pequeños son abastecidos por los CDR y los clientes grandes por la BIN.

CENTRO DE DISTRIBUCIÓN REGIONAL (CDR)	DOMICILIO	CLIENTES
MONTERREY	Carretera Miguel Alemán Km. 16.5 Parque Industrial Millmex C.P.6000 Apodaca, Nuevo León.	Tijuana, Ciudad Juárez, Reynosa, Torreón, Ciudad Victoria, Gómez Palacio, CDR Guadalajara, Cullacán, CDR Querétaro, CDR México, Río Bravo
GUADALAJARA	Calzada de las Palmas No.130 A Sector Reforma C.P.44100 Guadalajara, Jalisco	La Paz, CDR Monterrey, San Luis Potosí, Durango, Cullacán, Guanajuato, CDR México, Morelia, CDR Querétaro
MÉXICO	Vía Gustavo Baz KM. 9.5 Col. Camino a San Mateo No. 3 Antigua Planta Friem C.P.54110 Tlalnepantla, Edo. de Méx.	Tijuana, Ciudad Juárez, Veracruz, CDR Monterrey, CDR Guadalajara, Mérida, Tuxtla Gutiérrez, Cullacán, Gómez Palacio, Villa Hermosa, CDR Querétaro, Chetumal
QUERÉTARO	Industrias Astral Av 5 de Febrero 1325 Zona Industrial Benito Juárez C.P. 76100 Querétaro.	Tijuana, Hermosillo, Chihuahua, Ciudad Juárez, Torreón, CDR Monterrey, CDR Guadalajara, CDR México, Río Bravo, Mérida, Morelia, Jalapa, Aguascalientes, Zacatecas.

Tabla C. Ubicaciones y nombres de los centros de distribución regional.

Para la transportación de los artículos se utilizan los medios de transporte terrestre: el ferroviario (furgón de 145 m³) y de carretera (cajas de trailer de 110,105,100 y 75 m³, y mudanzas de 80, 70 y 60 m³).

Para la transportación de producto terminado de plantas a CDR se utilizan exclusivamente el furgón de 145 m³ o la caja de trailer de 105 m³, las configuraciones restantes de mudanzas y de cajas de trailer, se utilizan generalmente para enviar artículos de los CDR a clientes localizados en la República Mexicana.

Las capacidades de cada medio de transporte se muestran en la tabla D:

Artículo	Ferrocarril	Configuración Mudanzas			Configuración Cajas			
	furgón 145	80	70	60	110	105	100	75
IMASA								
Estufas 20"	315	176	154	132	242	1231	220	165
Estufas 30"	189	132	116	99	182	173	165	124
ASTRAL								
Refrigerador 3.7"	435	230	202	173	317	302	288	216
" 6.6"	228	128	112	96	176	168	160	120
" 8.6"	168	128	112	96	176	168	160	120
" 9.6"	184	88	77	66	121	116	110	83
LEISER								
Estufas 30"	171	86	76	65	119	113	108	81
CONFAD CERRO GORDO								
Lavadoras Rodillos 435 y 455	300	230	202	173	317	302	288	216
" LC11004	240	152	133	114	209	200	190	143
CONFAD MONTERREY								
" LMA1500	160	101	88	76	139	132	126	95
" SD188COM	132	54	48	41	75	71	68	51

Tabla D. Capacidades por modelo de cada medio de transporte.

Los costos de transportación son por vehículo completo interviniendo la distancia en la que se realiza la transportación. Los costos unitarios de envío están en función de las capacidades de transportación de cada vehículo.

Cada centro de distribución regional tiene una demanda pronosticada de artículos producidos por las plantas de la Organización, esta demanda es calculada en el departamento de Ventas, y debe ser satisfecha por completo.

Las variables que intervienen en el proceso son los artículos, la oferta y demanda de cada uno de ellos, los diferentes tipos de transporte de que se dispone con sus capacidades, así como la oferta y la demanda de cada uno de éstos.

Factores a considerar

La *demanda* es una súplica, petición, solicitud, pedido o encargo de mercancía; el valor global que expresa la intención de compra de una colectividad. *Oferta* es el conjunto de propuestas que se hacen en el mercado para la venta de bienes y servicios².

La curva de demanda indica las cantidades de un cierto producto que los individuos o la sociedad están dispuestos a comprar en función de su precio y sus rentas².

La curva de oferta muestra la relación entre los precios y las cantidades de un bien que estarán dispuestos a vender los productores. Generalmente, las curvas de oferta tienen pendiente positiva.

En la figura 7 se muestra la curva de la oferta y la demanda en base a la cantidad y al precio.

Sólo se llega al equilibrio de mercado a un precio al que las cantidades ofrecidas y las demandas son iguales³.

Normalmente se observa que la cantidad que los individuos compran de un bien en un momento dado depende de su precio. Cuanto más alto sea éste, menor será la cantidad que el público estará dispuesto a comprar y cuanto más bajo sea su precio, más unidades se demandarán.

Una vez que se han comprendido los conceptos de oferta y demanda, se describen factores que se deben de considerar dentro de la solución del problema que se pretende resolver.

A pesar de la flexibilidad de las plantas, la producción está limitada en un rango, la oferta del artículo que produce una planta deberá estar siempre dentro de éste. Esta acción es responsabilidad del departamento de programación a plantas quien no debe excederse del máximo, ni producir menos del mínimo, ya que el costo de producción aumentaría.

² Tamames Ramón Diccionario de Economía páginas 90 y 199.

³ Samuelson/Nordahaus Economía páginas 71 -76

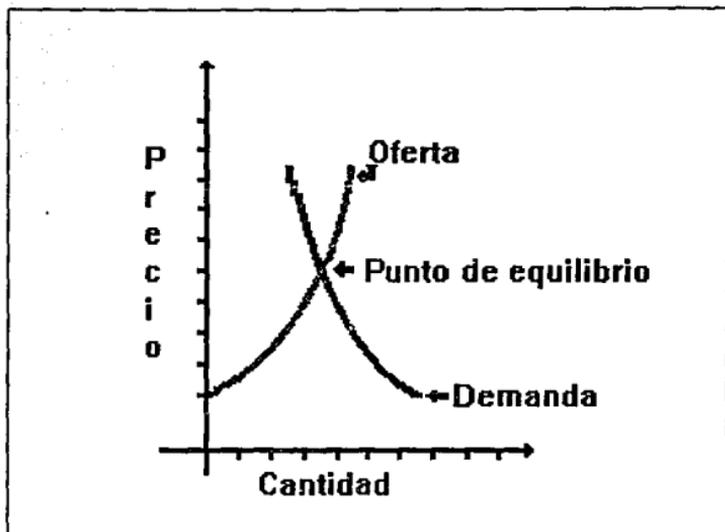


Figura 7. Gráfica de oferta contra demanda, punto de equilibrio.

La demanda de los CDR por un artículo en específico no puede ser mayor que la capacidad máxima de producción de la planta que lo produce, esta acción es responsabilidad del departamento de ventas, quien no puede hacer pronósticos que estén fuera del alcance de la Organización.

La oferta de un artículo de una planta debe ser mayor o igual al número de artículos que salen de ésta para ser enviados a todos los centros de distribución regional, es decir todos los CDR deben quedar satisfechos por completo, para que estos a su vez puedan cubrir las demandas de sus clientes.

La demanda de un producto en un CDR, debe ser menor o igual al número de artículos que son transportados por los distintos medios o tipos de transporte.

En cada CDR o planta se cuenta con ciertas unidades disponibles de transporte, ya sean de la compañía transportista del grupo o externas, estas unidades constituyen la oferta del transporte. La demanda del transporte es la necesidad real que existe para embarcar el producto. En caso que la demanda del transporte sea mayor que la oferta o que no se

satisfaga con las unidades disponibles en cada lugar en el que es necesario, se tiene que contactar con la compañía transportista interna y en el caso en que ésta no pueda cubrir la demanda, se contratará el servicio de las compañías transportistas externas que cumplen con el perfil deseado expuesto en la sección 4 del capítulo anterior.

Objetivo a resolver

Para la compañía es deseable disponer de una cierta configuración de los elementos que intervienen en el proceso de distribución del producto terminado de organización MABE, de tal forma que se realice a costo mínimo tomando en cuenta para ello los diferentes tipos de transporte de que se dispone con sus capacidades, así como las ofertas y demanda de cada uno de éstos.

Con el modelo a elaborar se pretende facilitar el proceso de toma de decisiones del responsable de la distribución física del producto terminado. Contando con la ventaja de saber, con base en la oferta y demanda de los artículos, en los distintos nodos de la red, con cuántos y cuáles medios de transporte será cubierta dicha demanda. Incluyendo el caso de que el número de unidades requeridas no se satisfaga con la flota de transporte de la organización, el responsable tendrá la facilidad de contactar con mayor tiempo a las compañías transportistas externas.

Actualmente la organización realiza estudios sobre las ventajas de utilizar el ferrocarril como medio de transporte básico para la distribución del producto terminado, comparándolo con el transporte de trailer. Por lo que es necesario saber en que rutas y bajo que condiciones es conveniente utilizar el ferrocarril como medio de transporte para la distribución de productos dentro del territorio nacional.

Capítulo III

Elaboración del Modelo

Capítulo III

Elaboración del Modelo

Teoría previa

Propiedades básicas de los programas lineales

Un problema de programación lineal es un programa matemático en el cual la función objetivo es lineal en las incógnitas y las restricciones constan de igualdades y desigualdades lineales.

Forma estándar de la programación lineal:

$$\text{Opt } Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

sujeto a

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2$$

⋮

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n = b_m$$

$$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$$

donde las b_i , c_j y a_{ij} son constantes reales fijas y las x_i son valores reales a determinar.

En notación vectorial

$$\text{optimizar } c'x$$

s.a.

$$Ax = b$$

$$x \geq 0$$

Donde x es un vector columna n -dimensional, c' vector fila n -dimensional, A es una matriz de $m \times n$, y b es un vector columna m -dimensional.

Si se tiene el problema

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &\leq b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n &\leq b_2 \\ &\vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n &\leq b_m \\ x_1, x_2, \dots, x_n &\geq 0 \end{aligned} \tag{1}$$

El conjunto de restricciones se determina en su totalidad por desigualdades lineales. El problema puede expresarse en forma del programa lineal estándar como se muestra:

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n + y_1 &= b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n + y_2 &= b_2 \\ &\vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n + y_m &= b_m \\ x_1, x_2, \dots, x_n &\geq 0 \\ y_1, y_2, \dots, y_m &\geq 0 \end{aligned}$$

Las variables y_j introducidas para convertir las desigualdades en igualdades se denominan *variables de holgura*.

Si las desigualdades de (1) se invierten de forma que una desigualdad típica sea

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \geq b_1$$

esto equivale a

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n - y_j = b_1$$

donde

$$y_j \geq 0$$

Las variables como y_j , incorporada para transformar una desigualdad "mayor o igual que" en una igualdad, se denominan variables excedentes.

Soluciones básicas

A considerar el sistema de igualdades

$$Ax = b \quad (2)$$

donde x es un n -vector, b un m -vector y A una matriz de $m \times n$.

Si de las n columnas de A se selecciona el conjunto de las m primeras columnas linealmente independientes (sólo existe si A es de rango m), y se forma la matriz de $m \times m$, siendo no singular.

La ecuación

$$Bx_B = b \quad (3)$$

sólo se puede resolver para el m -vector x_B . Al hacer $x = (x_B, 0)$ (igualando todos los primeras componentes de x a las de x_B , y las restantes a cero), se obtiene una solución para (2).

Definición. Dado el conjunto (2) de m -ecuaciones linealmente simultáneas de n -incógnitas, sea B cualquier submatriz de $m \times m$ no singular formada por columnas de A . Entonces, si todas las $n-m$ componentes de x no asociadas a columnas de B se igualan a cero, la

solución del conjunto resultante de ecuaciones se llama *solución básica* de (2) respecto a la base B . Los componentes de x asociadas a columnas de B se denominan *variables básicas*¹.

Para evitar trivialidades y dificultades la matriz A debe cumplir con la *hipótesis del rango completo*, el cual menciona que la matriz A de $m \times n$ tiene $m < n$, y las m filas de A son linealmente independientes.

Ahora si la ecuación (2) cumple con la hipótesis del rango completo, siempre tendrá solución, y como mínimo una solución básica.

Definición. Si una, o más, variable básica de una solución básica es igual a cero, se dice que esa solución es una *solución básica degenerada*.

Considerar ahora el sistema

$$Ax = b \quad (4)$$

$$x \geq 0$$

que representa las restricciones de un problema lineal en forma estandar.

Definición. Un vector x que satisfaga (4), se dice que es *factible* para estas restricciones. Una solución factible para (4) que también sea básica se denomina *solución básica factible*.

Definición. Una solución factible para las restricciones que alcance el valor mínimo de la función objetivo sujeta a las restricciones de (1), se denomina *solución factible optimal*. Si ésta solución es básica, es una *solución factible básica optimal*.

Teorema fundamental de la programación lineal. Dado un programa lineal en la forma estándar (1), donde A es una matriz de $m \times n$ de rango m .

1. Si hay una solución factible, hay una solución factible básica;
2. si hay una solución factible optimal, hay una solución factible básica optimal.

¹ Luenberger David, Programación Lineal y no lineal, página 17.

Relaciones con la convexidad

Definición. Un conjunto C en E^n es convexo si para todo x_1 y $x_2 \in C$ y todo número real α , $0 < \alpha < 1$, el punto $\alpha x_1 + (1 - \alpha) x_2 \in C$.

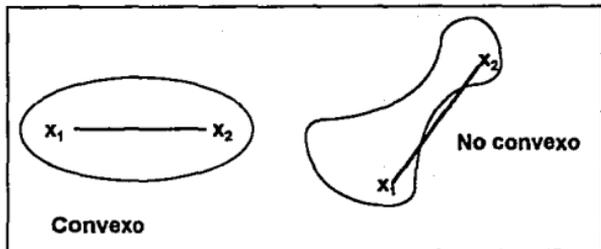


figura 8. Convexidad

Proposición. Los conjuntos convexos satisfacen las relaciones siguientes:

- a) Si C es un conjunto convexo y $\beta \in \mathbf{R}$, el conjunto

$$\beta C = \{x \mid x = \beta c, c \in C\}$$

- b) Si C y D son conjuntos convexos, el conjunto

$$D + C = \{x \mid x = c + d, c \in C, d \in D\}$$

- c) La intersección de cualquier serie de conjuntos convexos es convexa

Lo cual se muestra gráficamente en la figura 9.

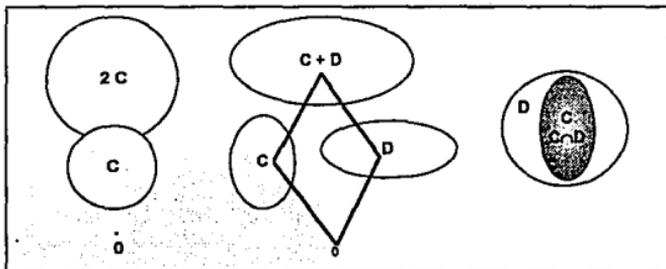


figura 9. Propiedades de los conjuntos convexos.

Definición. Un punto x de un conjunto convexo C se denomina punto extremo de C si no hay dos puntos distintos de x_1 y $x_2 \in C$ tales $x = \alpha x_1 + (1 - \alpha) x_2$, para algún α , $0 < \alpha < 1$,

En la figura 10 se muestra un ejemplo de puntos extremos.

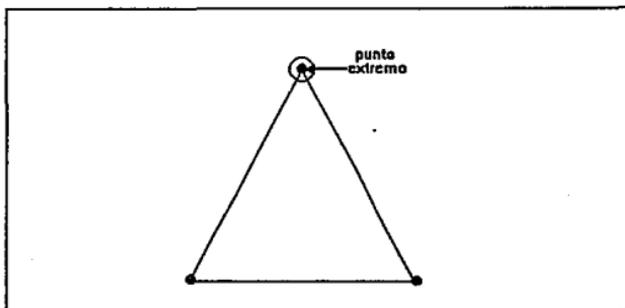


figura 10. Ejemplo puntos extremos.

Definición. Un conjunto que puede expresarse como la intersección de un número finito de semiespacios cerrados es un polítopo convexo.

Teorema (Equivalencia de puntos extremos y soluciones básicas). Sea A una matriz de $m \times n$ de rango m , y b un m vector. Sea K el polítopo convexo formado por los n -vectores x que satisfacen

$$Ax = b$$

$$x \geq 0$$

Un vector x es un punto extremo de K si, y sólo si, x es una solución factible básica de (5).

Corolario. Si el conjunto convexo K correspondiente a (5) es no vacío, entonces tiene al menos un punto extremo.

Corolario. Si hay una solución óptima finita a un problema de programación lineal, existe una solución óptima finita que es un punto extremo del conjunto de restricción.

Corolario. El conjunto de restricciones K correspondiente a (5) tiene a lo sumo un número finito de puntos extremos.

Corolario. Si el polítopo convexo K , correspondiente a (5) es acotado entonces K es un poliedro convexo, es decir, K se compone de puntos que son combinaciones convexas de un número finito de puntos.

Teorema. La función objetivo de un programa lineal obtiene su valor máximo o mínimo en un punto extremo del conjunto convexo de soluciones factibles.

Programación entera y heurística

En muchos de los problemas propios de la administración, las variables de decisión tienen sentido solamente si tienen valores enteros. Por ejemplo, muchos de estos problemas requieren de la asignación o localización de hombres, máquinas y materiales para actividades de producción en cantidades enteras. La restricción de que las variables de decisión deban tener valores enteros encausó el desarrollo de algoritmos especiales de programación.

Los problemas que caen dentro de esta familia de problemas enteros pueden ser:

- Programas de producción
- Los problemas de transporte, asignación y redes de optimización
- El problema del agente viajero
- El problema de la mochila

Los tres problemas de estructura entera son:

Problema entero (PE)

$$\begin{aligned} \text{Opt } Z &= cX \\ \text{s.a.} \\ AX &\leq b \\ X &\geq 0, \text{ entero} \end{aligned}$$

Problema entero-mixto (PEM)

$$\begin{aligned} \text{Opt } Z &= cX + dY \\ \text{s.a.} \\ AX + BY &\leq b \\ X &\geq 0 \\ Y &\geq 0, \text{ entero} \end{aligned}$$

Problema entero-cero-uno

$$\text{Opt } Z = cX$$

s.a.

$$AX \leq b$$

$$X = 0 \text{ ó } 1$$

Sin embargo, es común en la práctica que un problema de programación entera primero sea resuelto por el método simplex (ignorando así las restricciones enteras) y redondeando luego los valores no enteros a soluciones resultantes enteras. Esto a menudo es un enfoque inadecuado, ya que:

1. Una solución redondeada no es necesariamente óptima.
2. Una solución redondeada no necesariamente está cerca de la solución de la Programación Entera óptima.

En la figura 11 la región sombreada es el conjunto factible de aproximación de la PL, los puntos son los enteros y el punto encerrado en un círculo es la única solución factible de la PLE. La solución óptima de la aproximación de PL se indica como el vértice del conjunto factible en forma de cuña.

Este método puede producir los siguientes problemas:

1. Puede ser que ninguno de los puntos enteros próximos sea factible.
2. Aun cuando uno o más de los puntos enteros próximos sean factibles,
 - a. No necesariamente serán óptimos para la PE.
 - b. No necesariamente estarán cerca de la solución óptima de PE.

El método de bifurcación y acotación

El método de bifurcación y acotación, redondea y acota variables enteras, resultantes de los problemas lineales correspondientes. Este proceso de acotamiento y redondeo se hace de manera secuencial lógica heurística, que permite eliminar con anticipación un número de soluciones factibles alejadas del óptimo a medida que se itera. De tal suerte que si una variable entera X_j , $j=1, \dots, n$, está acotada entre un límite inferior d_j , $j=1, \dots, n$ y un límite superior u_j , $j=1, \dots, n$, el proceso de bifurcación y acotación sólo analiza un número muy pequeño de todas las posibles soluciones. Se debe tener en cuenta que sólo la variable X_j puede tomar cualquiera de los valores enteros: $d_j, d_{j+1}, \dots, u_{j-1}, u_j$.

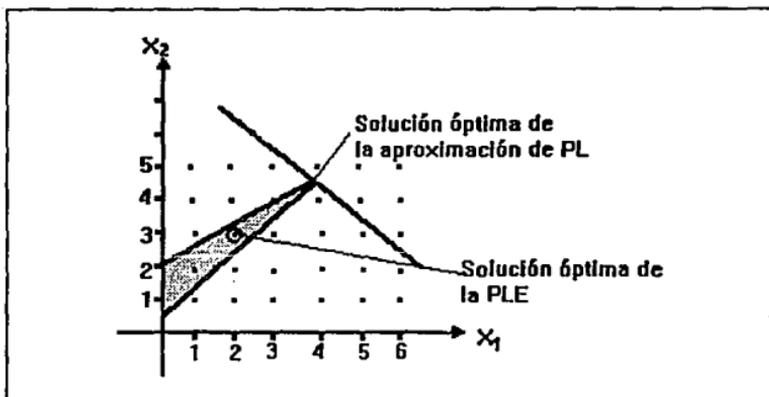


Figura 11. Comparación entre la solución óptima con P.L. y P.L.E.

Algoritmo de Land-Doig

Suponiendo que se maximiza la función objetivo.

- Paso 1.** Resolver el problema entero por medio del método simplex de la programación lineal. Si la solución es entera, hay que parar ya que se ha encontrado la solución óptima. Si no, continuar en el *paso 2*.
- Paso 2.** Escoger arbitrariamente ³ una variable entera X_j cuyo resultado en el paso 1 sea fraccional e igual a X_{Bj} .
- Paso 3.** Resolver un par de nuevos problemas, similares al problema anterior, pero uno con la restricción adicional

$$x_j \leq [x_{Bj}],$$

mientras que el otro tendrá la restricción adicional

$$x_j \geq [x_{Bj}] + 1.$$

³ Después se dará una regla para escoger aquella variable no entera que acelera el proceso de bifurcación y acotación.

Paso 4. De los programas lineales resueltos en el *paso 3*, incluir en el análisis a seguir, sólo aquellos programas cuya solución (entera o fraccional) sea mejor⁴ a cualquiera de las soluciones enteras conocidas.

Paso 5. Seleccionar que el programa lineal que tenga el máximo⁵ valor de la función objetivo. Si las variables enteras tienen valor entero, se ha conseguido la solución óptima. Si no regresar al *paso 2* con la estructura del problema lineal resuelto en este paso.

En la figura 12 se presenta un diagrama de flujo de este algoritmo.

Los métodos de bifurcación y acotación, pueden acelerarse, es decir hacerlos converger más rápidamente a la solución óptima, si se tiene un poco más cuidado en la selección de la variable entera que genera una bifurcación.

Se entiende por $[X]$ al número entero z más grande, menor o igual a X , y por $\{X\}$ al número entero z más pequeño, mayor o igual a X .

Los costos penales sirven para seleccionar al mejor candidato

Problema de transporte

El modelo de transporte tiene que ver con la determinación de un plan de costo mínimo para transportar una mercancía desde uno o más orígenes (por ejemplo fábricas) a varios destinos (almacenes). Buscando determinar un plan de transporte de mercancías de varias fuentes a varios destinos.

Entre los datos del modelo se encuentran:

1. Nivel de oferta de cada fuente y la cantidad de la demanda en cada destino.
2. El costo de transporte unitario de la mercancía de cada fuente a cada destino.

El objetivo del modelo es determinar la cantidad que se enviará de cada fuente a cada destino, tal que minimice el costo de transporte total.

⁴ Mayor en el caso de maximización y menor en el caso de minimización.

⁵ Para problemas de minimización se busca el mínimo.

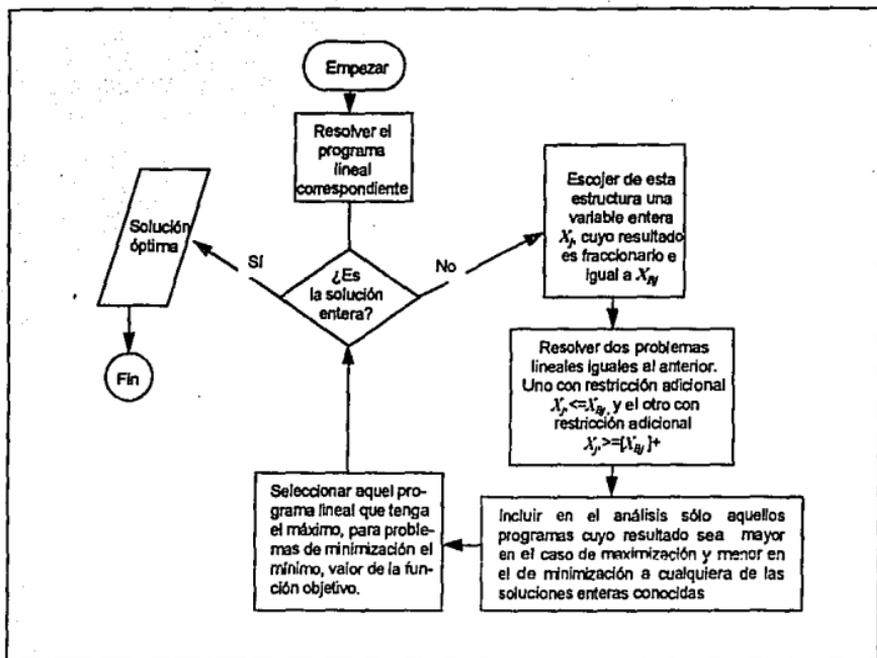


Figura 12. Algoritmo de Land-Doig

La suposición básica del modelo es que el costo de transporte en una ruta es directamente proporcional al número de unidades transportadas.

La figura 13 representa el modelo de transporte como una red con m fuentes y n destinos.

Una fuente o un destino está representado por un nodo. El arco une una fuente y un destino, representando la ruta por la cual se transporta la mercancía.

La cantidad de la oferta en la fuente i es a_i y la demanda en el destino j es b_j . El costo unitario entre la fuente i y el destino j es c_{ij} . Si x_{ij} representa la cantidad transportada desde la fuente i al destino j , entonces el modelo general de Programación Lineal es:

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

sujeto a:

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

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \geq b_j \quad \text{para } j = 1, 2, \dots, n$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, m \\ j = 1, 2, \dots, n$$

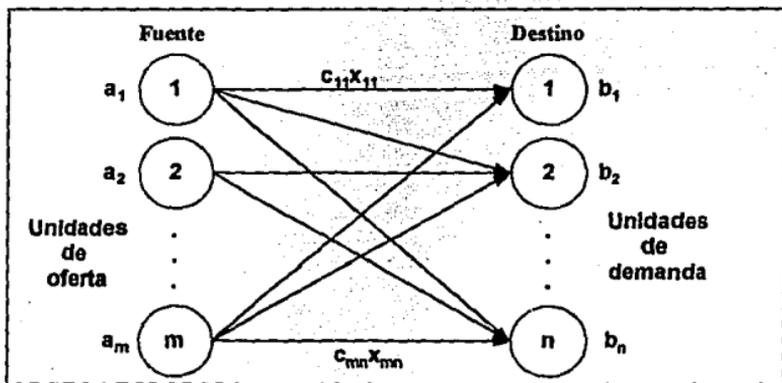


Figura 13. Modelo de transporte.

Análisis de las variables

Antes de formular el modelo, se enfatizan los siguientes puntos:

- El modelo de distribución del producto terminado de Organización MABE genera recomendaciones de usos de transporte terrestre semanalmente óptimos en cada zona a distribuir.
- La distribución a nivel planta CDR se hace a criterio de Organización MABE, es decir el modelo no genera órdenes de transferencia entre plantas y CDR.
- El modelo de distribución puede extenderse a distribución entre CDR y clientes de dinámica similar.

Las variables y constantes involucradas en el modelo son:

W_l demanda total del artículo l en toda la red.

W_{lj} Demanda del artículo l del CDR j .

T_l capacidad total de carga del artículo l en toda la flota.

Q_{kl} capacidad máxima del artículo l en el vehículo k .

X_{kij} número de vehículos k que viajan de la planta i al CDR j .

e_{kij} costo unitario del medio de transporte k que viaja por la ruta (ij) .

T_{lkij} capacidad de carga del artículo l en el medio de transporte k que viaja por la ruta (ij) .

Para resolver el problema descrito en el capítulo anterior se hacen las siguientes suposiciones:

- Se conoce la demanda de cada uno de los clientes (CDR) para cada periodo de tiempo y se le considera constante en un ciclo. Se denota a la demanda total del artículo l en un periodo por W_l , $l=1, 2, \dots, p$, esto es

$$W_i = \sum_j^n W_{ij}$$

donde W_{ij} es la demanda del artículo i del CDR j , $j=1, \dots, n$, n es el número de clientes.

- b) Existen m clases diferentes de vehículos, cada clase k , $k=1, \dots, K$ con capacidad máxima de carga de Q_{ki} artículos. Si se escogen X_{kij} vehículos de la clase k que viajan de la planta i al CDR j , ($i=1, \dots, q$, $j=1, \dots, n$, $k=1, \dots, m$); la capacidad Total de carga del artículo i en toda la flota de vehículos es

$$T_i = \sum_{i=1}^q \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^n Q_{ki} X_{kij}$$

$\forall i$

- c) El costo está en función del kilometraje; incluyendo costos de depreciación, salario de choferes, licencias, seguros, y otros costos que no dependen del uso del vehículo. e_{kij} es el costo unitario del medio de transporte k que viaja en la ruta (ij) .

Este modelo de programación lineal entera tiene:

$i=10$ (6 plantas y 4 CDR's).

$j=4$ CDR.

$k=2$ medios de transporte (trailers 105 m³ y furgón 110 m³)

$l=11$ artículos.

Función objetivo y restricciones

El problema se reduce entonces a encontrar el valor de las variables X_{kij} tal que minimicen la siguiente función de costo

$$C = \sum_i^{10} \sum_j^4 \sum_k^2 e_{kij} X_{kij}$$

sujeta a las siguientes restricciones:

- a) **Restricción de demanda:** para que la demanda de cada CDR sea satisfecha por completo, la capacidad de carga del artículo l por los medios de transporte k empleados desde todos los orígenes hasta el CDR j debe ser mayor o igual que la demanda del artículo l del CDR j .

$$\sum_{i=1}^{10} \sum_{K=1}^2 T_{lkij} \geq W_{lj}$$

$$\sum_{k=1}^2 \sum_{i=1}^{10} Q_{ki} \times x_{kij} \geq W_{lj}$$

$$\forall_{lj}$$

- b) **Restricción de no divisibilidad:** que quiere decir que los resultados deben ser enteros positivos, es decir

$$X_{ijk} \geq 0$$

$$X_{ijk} \in \mathbb{Z}$$

Para efecto de este trabajo se resolverá el problema planteado por el método de bifurcación utilizando el paquete de cómputo Excel 4.0, siendo la resolución de problemas de toma de decisiones una aplicación importante de dicho paquete.

Capítulo IV

Análisis de Resultados

Capítulo IV. Análisis de Resultados.

Análisis

Para resolver el modelo planteado en el capítulo anterior se empleó la herramienta de cómputo Microsoft Excel 4.0 la cual emplea el método de acotamiento y bifurcación para solucionar problemas de programación descrito anteriormente. Se obtuvieron resultados de cierta semana donde se utilizó para registrar las demandas de cada CDR (*ver matriz A*) las órdenes de transferencia, las cuales son proporcionadas por el Departamento de Distribución quien con ayuda del Departamento de Programación a Plantas realiza la logística de distribución para que el Departamento de Tráfico, tome la decisión más conveniente tomando en cuenta prioridades y costos de transportación.

El objetivo del modelo es proporcionar criterios al tomador de decisiones sobre los medios de transporte a emplear bajo las condiciones de: demanda de cada Centro de Distribución Regional, capacidades por artículo y costos de los medios de transporte a utilizar. Con el fin de contactar oportunamente a las compañías transportistas (las cuales deben cumplir con el perfil expuesto en el capítulo I sección 4) y proporcionar así un presupuesto anticipado del costo de embarque, tratando además de que dicho costo sea mínimo.

En las páginas siguientes se muestran los resultados obtenidos, especificando la demanda, los costos y capacidades de los medios de transporte.

El único dato que se introduce para que el modelo funcione es la demanda de cada CDR, siguiendo el ejemplo de cierta semana, las demandas por artículo según la clarificación expuesta en el capítulo II, se muestra a continuación.

Artículo	CDR MEX	CDR GDL	CDR QRO	CDR MTY	Demanda total
Estufas 30" Leiser	180	190	75	106	551
Estufas 20" IMASA	440	430	425	435	1730
Estufas 30" IMASA	215	206	215	220	856
Refrigerador 3.7 pies ASTRAL	300	310	295	285	1190
Refrigerador 6.6 pies ASTRAL	190	200	185	175	750
Refrigerador 8.6 pies ASTRAL	160	110	195	185	650
Refrigerador 9.6 pies ASTRAL	180	160	215	155	710
Lavadoras 435 y 455 CONFAD CG	300	310	420	415	1445
Lavadoras LC11004 CONFAD CG	170	200	175	170	715
Lavadoras 435 y 455 CONFAD MTY	180	190	125	120	615
Lavadoras LC11004 CONFAD MTY	150	160	120	130	560

Matriz A. Demanda por artículo de cada CDR

Los valores de costo y capacidades por medio de transporte se incluyen en el Anexo C, y no es necesario introducir nuevamente los datos ya que estos valores se consideran constantes.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Las unidades que se requieren de trailer son las siguientes, ubicando origen y destino.

El renglón 1 señala que se necesitan en Leiser 4 trailers para transportar las estufas de 30", en dos de ellos se deben embarcar por lo menos los 180 artículos que se demandan del CDR México, uno embarca por lo menos 75 artículos con destino a Querétaro y el otro 106 artículos a Monterrey.

	CDR MEX	CDR GDL	CDR QRO	CDR MTY
Leiser Estufas 30"	2	0	1	1
IMASA Estufas 20"	2	2	2	0
IMASA Estufas 30"	2	1	1	0
ASTRAL Refrigerador 3.7 pies	0	0	0	0
ASTRAL Refrigerador 6.6 pies	0	0	0	0
ASTRAL Refrigerador 8.6 pies	0	0	0	0
ASTRAL Refrigerador 9.6 pies	0	0	0	0
CONFAD CG Lavadoras 435 y 455	0	0	1	1
CONFAD CG Lavadoras LC11004	0	0	1	1
CONFAD MTY Lavadoras 435 y 455	2	0	1	1
CONFAD MTY Lavadoras LC11004	2	0	2	1

Matriz B. Unidades requeridas de trailer.

Las unidades que se requieren de ferrocarril son las siguientes, ubicando origen y destino de la misma manera que en la matriz B

	CDR MEX	CDR GDL	CDR QRO	CDR MTY
Leiser Estufas 30"	0	1	0	0
IMASA Estufas 20"	0	0	0	1
IMASA Estufas 30"	0	0	0	1
ASTRAL Refrigerador 3.7 pies	1	1	0	1
ASTRAL Refrigerador 6.6 pies	1	1	0	1
ASTRAL Refrigerador 8.6 pies	1	1	0	1

ASTRAL Refrigerador 9.6 pies	2	1	0	1
CONFAD CG Lavadoras 435 y 455	1	2	0	0
CONFAD CG Lavadoras LC11004	2	0	0	0
CONFAD MTY Lavadoras 435 y 455	0	1	0	0
CONFAD MTY Lavadoras LC11004	0	1	0	0

Matriz C. Unidades requeridas de furgón.

El valor de la función objetivo resulta de N\$ 93,302.80

En los resultados obtenidos en Astral es cero en ambos casos debido a que los artículos se producen en el mismo lugar por lo que no hay necesidad de embarcarlo, se nota que cuando existe mayor demanda de producto. Éste tiende a enviarse por ferrocarril ya que el costo disminuye, debido a que el ferrocarril tiene mayor capacidad de carga que el trailer, a distancias mayores también resulta más conveniente emplear el ferrocarril, a diferencia de viajes locales en los que el costo del ferrocarril es muy alto.

En caso de urgencia de envío de cierto producto o de un pedido por surtir se debe enviar siempre por trailer ya que el tiempo de respuesta es menor que el ferrocarril, pero el problema se puede reducir si el resultado del medio de transporte a emplear se hace más rápido, conociendo las restricciones de costo.

Se puede garantizar que el resultado obtenido es factible y además óptimo, ya que la herramienta de cómputo empleada va calculando submatrices de máximo rango formada por las columnas de la matriz original y las prueba una a una hasta que encuentra el valor mínimo de la función objetivo, cumpliendo con todos los teoremas principales de la programación Lineal expuestos en el capítulo anterior.

Propuestas de cambios en las políticas de transportación

Actualmente se analizan las diferentes opciones que existen de embarcar los artículos tomando sólo en cuenta las prioridades por abastecer y el costo de embarque de cada

envío sin revisar las opciones que pueden resultar de las capacidades de los medios de transporte y sobre todo de la demanda a cubrir.

Las propuestas que se exponen son emplear el modelo desarrollado para poder tener más tiempo de análisis de las distintas situaciones que se pueden presentar semana con semana. Ya que no considero óptimo fijar el uso de un sólo medio de transporte a una sola ruta.

El tiempo de respuesta del análisis de embarque semana con semana se agilizaría al emplear el modelo desarrollado, con sólo introducir la matriz de demanda de artículo por cada CDR, el tomador de decisiones sabrá en minutos el medio de transporte óptimo a utilizar según las condiciones que se presenten.

Actualmente en la Organización se discute que medio de transporte es el adecuado para realizar todo el embarque de la red de distribución, el ferrocarril tiene ventajas con respecto al trailer en cuanto a costo, pero el trailer cubre más rutas, es más rápido y el producto se daña menos que en el furgón.

Conclusiones

Conclusiones

El presente trabajo, cumplió con el objetivo principal, desarrollar en la Industria una aplicación capaz de satisfacer las necesidades expuestas inicialmente. Dentro de la Organización no existía ningún método automatizado capaz de proporcionar los criterios para una elección óptima del uso de los distintos medios de transporte de acuerdo a condiciones de demanda, capacidad y costo.

El modelo cumplió con el objetivo de optimizar la red de transporte terrestre para la distribución del producto terminado de Organización Mabe, considerando los factores de: capacidades de transporte, oferta y demanda del producto a transportar; tomando como hipótesis que existía un modelo capaz de optimizar la red de transporte de distribución del producto terminado, suponiendo que los medios de transporte podrían ser empleados de modo diferente a como se hace actualmente.

La hipótesis resultó verdadera, actualmente en el proceso de toma de decisiones de que medio se empleará se realiza por métodos poco analíticos, descartando que cada semana puede presentar diferentes características, por lo que resulta innecesario generalizar el uso de un mismo medio de transporte para todo el proceso de distribución.

El modelo desarrollado dará la ventaja al tomador de decisiones de contemplar una visión general de la red de distribución del producto terminado para poder tener la facilidad de contactar con las compañías transportistas adecuadas con mayor tiempo y presupuestar anticipadamente un costo de embarque de toda la red.

Este modelo se podría utilizar también para determinar los medios de transporte a emplear, en la distribución del producto terminado, del Centro de Distribución Regional a los clientes pequeños así como de las plantas a los clientes grandes, considerando todo tipo de trailer, mudanza y furgón.

El modelo resuelve los problemas que se presentan actualmente dentro de la organización, pero tiene la desventaja de no ser un modelo dinámico y de no tomar en cuenta las prioridades con el tiempo.

Cuando el envío de cierta mercancía es urgente la decisión de la Organización por política es de embarcar el pedido en trailer ya que el tiempo de transportación es menor al tiempo que realiza el ferrocarril.

El modelo resuelve las necesidades expuestas dentro de la Organización desde el inicio del trabajo.

A n e x o s

Anexo A.

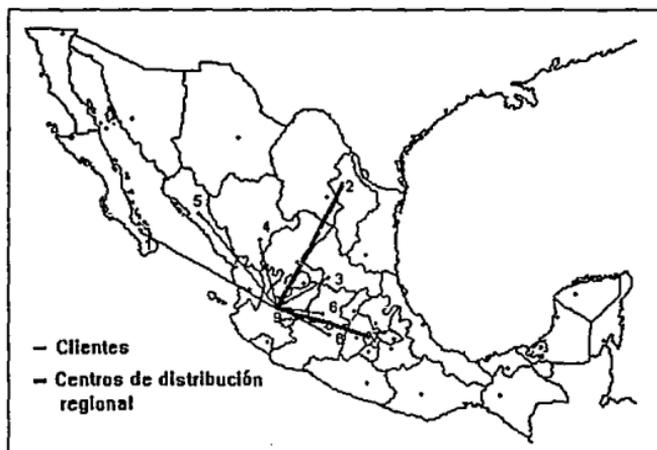
Mapas.

Ubicación de Plantas Fabriles y Centros de Distribución Regional en la República Mexicana



* CENTROS DE DISTRIBUCIÓN REGIONAL		+ PLANTAS FABRILES	
1.	MONTERREY	1.	CONFAD MONTERREY
2.	GUADALAJARA	2.	LEISER
3.	QUERETARO	3.	ASTRAL
4.	MEXICO	4.	ENRESA
5.	CONSUL (MEXICO)	5.	CONFAD CERRO GORDO
		6.	IMASA

**Identificación de Clientes en la República
Mexicana origen Guadalajara**



CLIENTES Y CENTROS DE DISTRIBUCIÓN REGIONAL	
1. LA PAZ	5. CULIACAN
2. CDR MONTERREY	6. GUANAJUATO
3. SAN LUIS POTOSI	7. CDR MEXICO
4. DURANGO	8. MORELIA

**Identificación de clientes en la República
Mexicana origen México**



CLIENTES Y CENTROS DE DISTRIBUCIÓN REGIONAL	
1. TIJUANA	8. CDR QUERETARO
2. CIUDAD JUAREZ	9. GOMEZ PALACIO
3. CDR MONTERREY	10. CULIACAN
4. VERACRUZ	11. CDR GUADALAJARA
5. MERIDA	12. CDR MEXICO
6. CHETUMAL	13. VILLA HERMOSA
7. TUXTLA GUTIERREZ	

Identificación de Clientes en la República Mexicana Origen Querétaro



CLIENTES Y CDR's

1. TIJUANA	11. JALAPA
2. HERMOSILLO	12. CDR MÉXICO
3. CHIHUAHUA	13. MORELIA
4. CIUDAD JUÁREZ	14. GUANAJUATO
5. TORREÓN	15. CDR GUADALAJARA
6. CDR MONTERREY	16. AGUASCALIENTES
7. RÍO BRAVO	17. CULIACÁN
8. CIUDAD VICTORIA	18. ZACATECAS
9. MÉRIDA	19. CDR QUERÉTARO
10. VILLA HERMOSA	

Anexo B.

Condiciones de Kuhn-Tucker

Definición.- Sea g una función que mapea un intervalo S en los números reales. La función g se llama convexa en S , si para cualesquiera dos puntos $x, y \in S$, $0 \leq a \leq 1$ sucede que $g [a x + (1-a) y] \leq a g(x) + (1-a)g(y)$

Definición.- La función $f(x)$ es cóncava si y sólo si, $-f(x)$ es convexa.

En el problema general de la programación matemática, el vector de decisión x es un máximo global (o solución) si está dentro del conjunto solución y, valuado en la función objetivo cumple con las condiciones definidas para un máximo global. Para conseguir esta solución son necesarios los siguientes conceptos.

El teorema fundamental de la programación matemática dice:

Teorema.- Si el conjunto de decisiones X es compacto (i.e., cerrado y acotado, dado que X es un subconjunto de un espacio euclidiano de n dimensiones) y no vacío, y la función objetivo $f(x)$ es continua en X , entonces $f(x)$ tiene un máximo global o bien en el interior o en el contorno de X .

Otro teorema fundamental de la programación matemática, es el teorema local-global, que da las condiciones suficientes para que un máximo local sea un máximo global.

Teorema.- Si el conjunto de decisiones X es un conjunto compacto no vacío y $f(x)$ es una función continua cóncava respecto a X , entonces un máximo local es un máximo global, y el conjunto de puntos en los cuales se obtiene el máximo es convexo. Si además, se supone que $f(x)$ es estrictamente cóncava entonces la solución es única, es decir, existe un (único) máximo global estricto.

Teorema de Kuhn-Tucker (condición de suficiencia de optimalidad).- Sea $f(x)$ cóncava, $g(x)$ convexa y cumple las condiciones de calificación. (Calificación de restricción.- es la condición de que exista algún punto en el conjunto de restricciones de desigualdad como desigualdad estricta, esto es, existe un vector x tal que $x \geq 0$ y $g(x) < b$). Si (x^*, y^*) resuelve el problema del punto de silla entonces x^* resuelve el problema de programación no lineal.

resuelve el problema del punto de silla entonces x^* resuelve el problema de programación no lineal.

Se ha desarrollado la teoría de la programación clásica y programación no lineal, en cuanto a sus condiciones de optimalidad, y se ha hecho hincapié en el papel que juega las condiciones de Kuhn-Tucker para saber si el valor obtenido cumple con ser un óptimo.

Tres teoremas fundamentales de la programación lineal son:

Teorema de existencia.- Una condición necesaria y suficiente para la existencia de una solución en el problema de programación lineal, es que los conjuntos solución tanto del problema primal como de su dual sean no vacíos.

Teorema de dualidad.- Una condición necesaria y suficiente para que un vector admisible sea una solución al problema de programación lineal, es que exista un vector admisible para el problema dual para el cual los valores de las funciones objetivo de ambos problemas sean iguales.

Teorema de holgura complementaria.- Una condición necesaria y suficiente para que los vectores admisibles x^* , y^* resuelvan los problemas duales es que satisfagan las condiciones de holgura complementaria:

$$(c - y^*A)x^* = 0$$

$$y^*(b - Ax^*) = 0$$

Es posible expresar las condiciones de admisibilidad y de holgura complementaria utilizando el teorema de holgura complementaria, donde los vectores x^* y y^* resuelven los problemas duales del máximo y del mínimo sí, y solamente sí:

$$Ax^* \leq b, \quad x^* \geq 0, \quad y^*(b - Ax^*) = 0$$

$$y^*A \geq c, \quad y^* \geq 0, \quad (c - y^*A)x^* = 0$$

Anexo C.

Ejemplo

Artículo i	Demanda W_{ij}				W_i	Capacidad Q_{ki}	
	CDR MEX	CDR GDL	CDR QRO	CDR MTY	Demanda total	trailer 100 m3	furgón 146 m3
1	180	190	75	106	551	108	171
2	440	430	425	435	1730	220	315
3	215	206	215	220	856	165	189
4	300	310	295	285	1190	288	435
5	190	200	185	175	750	160	224
6	160	110	195	185	650	130	168
7	180	160	215	155	710	110	184
8	300	310	420	415	1445	288	300
9	170	200	175	170	715	180	240
10	180	190	125	120	615	126	160
11	150	160	120	130	560	68	132

origen	Costo trailer e1j1				Costo trailer e1j2			
	CDR MEX	CDR GDL	CDR QRO	CDR MTY	CDR MEX	CDR GDL	CDR QRO	CDR MTY
LEISER	1600.00	2140.00	800.00	1350.00	3500.00	2000.00	950.00	1500.00
IMASA	484.32	2544.59	1483.15	3753.54	2700.00	2600.00	1500.00	3500.00
IMASA	484.32	2544.59	1483.15	3753.54	2700.00	206.00	215.00	220.00
ASTRAL	1483.15	1895.94		3016.40	640.48	1600.54		2198.18
ASTRAL	1483.15	1895.94		3016.40	640.48	200.00		2198.18
ASTRAL	1483.15	1895.94		3016.40	640.48	110.00		2198.18
ASTRAL	1483.15	1895.94		3016.40	640.48	160.00		2198.18
CCG	484.32	2506.42	1552.16	3941.22	4500.00	2200.00	2000.00	20000.00
CCG	484.32	2506.42	1152.16	3941.22	4500.00	2200.00	2000.00	20000.00
CMTY	3941.22	3090.00	2915.00	400.00	1800.00	190.00	3200.00	20000.00
CMTY	3941.22	3090.00	2915.00	400.00	1800.00	160.00	3200.00	20000.00

origen	Unidades requeridas de trailer XIJ1				Unidades requeridas de furgón XIJ2			
	CDR MEX	CDR GDL	CDR QRO	CDR MTY	CDR MEX	CDR GDL	CDR QRO	CDR MTY
LEISER	2	0	1	1	0	1	0	0
IMASA	2	2	2	0	0	0	0	1
IMASA	2	1	1	0	0	0	0	1
ASTRAL	0	0		0	1	1		1
ASTRAL	0	0		0	1	1		1
ASTRAL	0	0		0	1	1		1
ASTRAL	0	0		0	2	1		1
CCG	0	0	1	1	1	2	0	0
CCG	0	0	1	1	2	0	0	0
CMTY	2	0	1	1	0	1	0	0
CMTY	2	0	2	1	0	1	0	0

origen	Capacidad total de carga por artículo TI								
	trailer 100 m3				furgón 145				TI
	CDR MEX	CDR GDL	CDR QRO	CDR MTY	CDR MEX	CDR GDL	CDR QRO	CDR MTY	
LEISER	360	0	75	106	0	108	0	0	649
IMASA	880	880	850	0	0	0	0	0	2590
IMASA	430	206	215	0	0	0	0	0	851
ASTRAL	0	0		0	1190	288		0	1478
ASTRAL	0	0		0	750	160		0	910
ASTRAL	0	0		0	850	130		0	780
ASTRAL	0	0		0	1420	110		0	1530
CCG	0	0	420	415	1445	578	0	0	2856
CCG	0	0	175	170	1430	0	0	0	1775
CMTY	380	0	125	120	0	126	0	0	731
CMTY	300	0	240	130	0	68	0	0	738

unidades requeridas * costo								
trailer 100 m3					furgón 145			
origen	CDR MEX	CDR GDL	CDR QRO	CDR MTY	CDR MEX	CDR GDL	CDR QRO	CDR MTY
LEISER	3,200.00	0	800.00	1,350.00	0	2,000.00	0	0
IMASA	968.64	5,089.18	2,966.30	0	0	0	0	3,500.00
IMASA	968.64	2,544.59	1,483.15	0	0	0	0	220.00
ASTRAL	0	0	0	0	640.48	1,600.54	0	2,198.18
ASTRAL	0	0	0	0	640.48	200.00	0	2,198.18
ASTRAL	0	0	0	0	640.48	110.00	0	2,198.18
ASTRAL	0	0	0	0	1,280.96	160.00	0	2,198.18
CCG	0	0	1,552.16	3,941.22	4,500.00	4,400.00	0	0
CCG	0	0	1,152.16	3,941.22	9,000.00	0	0	0
CMTY	7,882.44	0	2,915.00	400.00	0	190.00	0	0
CMTY	7,882.44	0	5,830.00	400.00	0	160.00	0	0
<i>Función objetivo</i>								93,302.80

Bibliografía

1. Apuntes del Seminario Ejecutivo MABE sobre el Proceso de Mejora Continua impartido por Tennessee Associates International de México en 1992.
2. Berge Claude
Programas, Juegos y Sistemas de Transporte
Ed. Prentice Hall
3. Dantzing G.B
Linear Programming and Extensions
Ed. Princeton University Press
Princeton New Jersey
4. Dunderstadt James
Transport Theory
Ed. Wiley
5. Elmaghraby S.
Some Network Models in Management Science
Ed. Springer-Verlag New York
6. Folleto de Antecedentes Históricos de Organización MABE
7. Gould Eppen
Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa
Ed. Prentice Hall
8. Hay Edward
Justo a Tiempo
Ed. Norma
9. Jensen P. J.W. Barnes
Network Flow Programming
Ed. Wiley New York

10. Lilien G.L., Kotler P.
Toma de Decisiones en Mercadotecnia
Un enfoque a la construcción de modelos
Ed. CECSA
11. Luenberger
Programación Lineal y No Lineal
Ed. Limusa
12. Manual de la Competitividad Internacional
13. Manual del Proceso de Planeación de la Distribución
14. Moreno Laguillo Almudena
Tesis Metodologías para la Formulación de Problemas de Optimización
Universidad Anahuac 1990
15. Moskowitz Herbert, O.Wright Gordon
Investigación de Operaciones
Ed. Prentice Hall
16. Ortúzar J. de D. ; Willumsen L.G.
Modelling Transport
Ed. Wiley
17. Prawda Juan
Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones
Vol I. Modelos Determinísticos
Ed. Limusa
18. Samuelson, Nordhaus
Economía
Ed. Mac Graw Hill
19. Taha Hamdy A.
Investigación de Operaciones
Ed. Alfaomega
20. Wing Milton
An Introduction to Transport Theory
Ed. Wiley
21. Taha Hamdy
Integer Programming
Ed. Wiley