

2005

MÉXICO, D.F.

GUILTERMO MANCILLA URREA

PRESENTA

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN INGENIERIA
INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

TESIS

METODOLOGIA PARA OPTIMIZAR LAS
OPERACIONES EN CENTROS DE SERVICIO
AUTOMOTRIZ

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



01168



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

CONTENIDO

V	RESUMEN	
VI	ABSTRACT	
VII	INTRODUCCION	
VII	Revisión del tema	
IX	Objetivo general	
IX	Objetivos específicos	
IX	Ubicación de los objetivos	
X	Hipótesis	
XI	Resultados esperados	
XI	Diferencias con otros trabajos similares	
XII	Limitaciones	
XIII	Sugerencias para quien utilice este trabajo	
CAPITULO I LAS TÉCNICAS HEURÍSTICAS APLICADAS EN PROBLEMAS OPERATIVOS		
1	1.1. Problemática de optimización en los centros de servicio automatiz	
1	1.2. Consideraciones	
2	1.3. Técnicas heurísticas (suaves o cualitativas)	
3	1.4. Ordenamiento del problema en su conjunto	
3	1.4.1. El término problema	
4	1.4.2. Metodología de los sistemas suaves	
6	1.4.3. El modelo del diamante	
8	1.4.4. Marco teórico	
9	1.5. Formulación de la problemática	
10	1.5.1. Estudios requeridos	
10	1.5.2. Encuestamiento	
11	1.6. Modelos conceptuales	
12	1.6.1. Primera propuesta: lo que <i>es</i> el sistema en su estado actual	
13	1.6.2. El enfoque de la caja negra	
15	1.6.3. El Enfoque estructural	
15	1.6.4. El enfoque funcional	
16	1.6.5. Ventajas y desventajas	
17	1.6.6. Segunda propuesta: lo que <i>debería hacer</i> el sistema	
18	1.6.7. Analisis causa-efecto	
21	1.6.8. Diagrama de relaciones	
22	1.7. Definición de problemas concretos por resolver	
22	1.7.1. La técnica TKJ	
24	1.8. Conclusiones de Capítulo	
CAPITULO II SEMBLANZA DE LA INVESTIGACION DE OPERACIONES		
25	2.1. La investigación de operaciones	
25	2.2. Inicios de la investigación de operaciones	
27	2.3. Evolución de la investigación de operaciones	
27	2.4. Características sobresalientes de la investigación de operaciones	
29	2.5. Los modelos matemáticos	
32	2.6. Modelos y relaciones entre variables	

2.7. Modelo de optimización restringida	35
2.8. Proceso de solución	36
2.9. El proceso de solución de problemas en investigación de operaciones	36
2.10. La investigación de operaciones y la computadora	36
2.11. Modelo de hoja de cálculo	38
2.12. Conclusiones de Capítulo	38
CAPÍTULO III LA DIRECCIÓN DE OPERACIONES EN LOS SERVICIOS	41
3.1. Operaciones	42
3.2. Operaciones de producción de bienes y servicios	43
3.3. Ejecutivos de operaciones y toma de decisiones	44
3.4. Productividad	46
3.4.1. Medidas para mejorar la productividad	47
3.5. Competitividad	48
3.6. Diseño de servicios	49
3.7. Proceso de servicios	51
3.8. Diseño del proceso de servicio	51
3.9. Diagramas de flujo	52
3.10. Planeación de la capacidad	53
3.11. Disposición de instalaciones	55
3.12. Tipos básicos de disposición de instalaciones	55
3.13. Balanceo de líneas	57
3.14. Medición del trabajo	59
3.15. Estudio de tiempo cronometrado	60
3.16. Subcontratación (outsourcing)	62
3.17. Calendarización de las operaciones de servicio	63
3.18. Mantenimiento	64
3.18.1. Preventivo	66
3.18.2. Predictivo	66
3.18.3. Programa de descomposturas	67
3.18.4. Reemplazos	67
3.19. Benchmarking competitivo	67
3.20. Conclusiones de Capítulo	69
CAPÍTULO IV LAS TÉCNICAS CUANTITATIVAS APLICADAS EN LA OPTIMIZACIÓN OPERATIVA	71
4.1. Marco teórico	71
4.2. Control y administración de inventarios	71
4.2.1. Modelo de análisis ABC	74
4.2.2. Modelo de cantidad de orden económica (EOQ)	76
4.3. Líneas de espera	82
4.3.1. Estructura	83
4.3.2. Una sola estación, llegadas Poisson, tiempo exponencial	86
4.3.3. Múltiples estaciones, llegadas Poisson, tiempo exponencial	87
4.3.4. Análisis económico	90
4.4. PERT/CPM	91
4.4.1. La ruta crítica	94
4.4.2. Microsoft PROJECT	97
4.5. Pronóstico	98

98	4.5.1. Suavización exponencial
100	4.5.2. Modelo e regresión lineal simple
101	4.6. Conclusiones de Capítulo
103	CAPITULO V PROPUESTA METODOLÓGICA
104	5.1. Etapa I - Formulación de la problemática
105	5.1.1. Análisis de sistemas
108	5.1.2. Análisis de obstáculos
109	5.1.3. Proyecciones de referencia
109	5.1.4. Escenario de referencia
110	5.1.5. Encuestamiento
112	5.2. Etapa II - Modelos conceptuales
112	5.2.1. El enfoque de la caja negra
115	5.2.2. Especificación de las propiedades deseadas
116	5.2.3. El enfoque funcional
117	5.2.4. El enfoque estructural
118	5.2.5. Análisis causa-efecto
119	5.2.6. Diagrama de relaciones
120	5.2.7. Definición de problemas concretos por resolver
121	5.2.8. La técnica TKJ
127	5.3. Etapa III - Modelo formal
127	5.3.1. Validación de la situación problemática con el modelo formal
128	5.3.2. Diagramas de árbol
129	5.4. Etapa IV - Modelo de solución
130	5.5. Implantación
131	5.6. Seguimiento y control
131	5.7. Conclusiones de Capítulo
133	CAPITULO VI ESTUDIO DE CASO
133	6.1. El centro de servicio automatiz
137	6.2. Formulación de la problemática
137	6.2.1. Integración del grupo de trabajo
138	6.2.2. Indagación y opinión de los <i>stakeholders</i>
144	6.2.3. Situación problemática expresada concretamente
145	6.3. Modelos conceptuales
155	6.4. Modelos formales
155	6.4.1. Identificación y diseño de la solución
156	6.4.2. Validación de la situación problemática con el modelo formal
156	6.4.3. Modelos matemáticos
158	6.5. Modelos de solución
158	6.5.1. Encuestamiento
158	6.5.2. Modelo de análisis ABC
163	6.5.3. Modelo de cantidad de orden económica
166	6.5.4. Modelo de una línea de espera con una sola estación de servicio, llegadas tipo Poisson y tiempo de servicio exponencial

6.5.5. Modelo de líneas de espera con múltiples estaciones de servicio, llegadas tipo Poisson y tiempo de servicio exponencial ..	168
6.5.6. Modelo de la ruta crítica	171
6.5.7. Modelo de suavización exponencial	177
6.5.8. Modelo de regresión lineal simple	181
6.6. Acciones de implementación y control	183
6.7. Aplicación de la dirección de operaciones	185
6.7.1. Productividad de los trabajadores	185
6.7.2. Productividad de las instalaciones	189
6.8. Conclusiones de Capítulo	191
CONCLUSIONES GENERALES	193
BIBLIOGRAFÍA	207

Tradicionalmente, cuando en el campo de la ingeniería se trata de resolver problemas operativos, de inmediato viene a la mente la aplicación de técnicas cuantitativas (*duras o matemáticas*) para llegar a la solución de los mismos. Sin embargo, con el uso exclusivo de estas técnicas, siempre se corre el riesgo de perder tiempo resolviendo alguno(s) de los efectos de dicho problema en lugar de atacar directamente al problema de origen (*raíz*). En la práctica, la solución eficiente y eficaz de problemas operativos depende de identificar rápidamente el problema de origen en una situación y los efectos que éste tiene en la operación del sistema que está afectando. Las técnicas cuantitativas tienen grandes deficiencias al respecto, por lo que pueden apoyarse en las técnicas heurísticas de planeación que, por su carácter más participativo, involucran a las personas directamente relacionadas con la situación problemática (*stakeholders*) quienes al trabajar en equipo y bajo ciertos lineamientos, garantizan que con la mayor rapidez posible identificarán el problema de origen y su correspondiente solución o alternativas de solución.

En el presente documento se propone una metodología en la que la aplicación cuantitativa constituye solamente una etapa intermedia dentro del proceso de solución de problemas operativos. Dicha metodología, comienza por ordenar el problema en su conjunto (*metodología de sistemas suaves y modelo del diamante*), sigue con la formulación de la problemática operativa utilizando modelos conceptuales (*diagramas de flujo, modelo de la caja negra, enfoque estructural, enfoque funcional*), continúa con la identificación clara de los problemas operativos por resolver (*diagrama causa-efecto, diagrama de relaciones, técnica TKJ y diagrama de árbol*), a continuación construye los modelos matemáticos y llega a la solución cuantitativa de los mismos (*control y administración de inventarios, líneas de espera, ruta crítica y pronóstico*) y finaliza con la implantación de los resultados obtenidos (*técnica TKJ*) de ambos tipos de modelos (conceptuales y matemáticos) en el caso real de un centro de servicio automatizado que requiere optimizar sus operaciones.

El centro de servicio en estudio ha estado inmerso en una lucha por recuperar el mercado que paulatinamente ha perdido a partir de que, dentro de su zona de influencia, aparecieron otros centros de servicio bajo el esquema de *franquicias* que, por mucho, funcionan con estándares operativos superiores. Evidentemente, la solución integral de la problemática que enfrenta el centro de servicio y la recuperación del mercado perdido involucran otros aspectos que no tienen relación directa con las operaciones; tal es el caso de las finanzas, alianzas estratégicas, habilidades directivas, etc. Sin embargo, la metodología propuesta en este documento se enfoca exclusivamente a la optimización de las operaciones, dejando a un lado el resto de los aspectos no operativos los cuales deberán resolverse bajo otros criterios de solución.

La principal contribución de este trabajo tiene que ver con la aportación de una metodología para resolver problemas de orden operativo utilizando conjuntamente las técnicas cuantitativas y heurísticas. En México existen muy pocos trabajos publicados (la mayoría de los trabajos de planeación se quedan en un nivel de "pensamiento" o propuesta; por otro lado, muchos de los trabajos de investigación de operaciones se abstraen en el manejo numérico y no consideran que el primer inconveniente para resolver un problema es precisamente identificar el origen del mismo, lo cual resulta muy complicado si se utilizan exclusivamente las técnicas cuantitativas.

ABSTRACT

Traditionally, when in engineering's field is to deal with solve operational problems; the application of quantitative techniques (*hard or mathematical*) comes immediately to mind to reach the solution. Nevertheless, with the exclusive use of these techniques, always the risk will be run of losing time solving some of the effects of the problem instead of attacking the origin problem (*root*) directly. Actually, the efficient and effective solution of operational problems depends on quickly identify the origin problem in a situation and the effects that has in the operation of the system that is affecting. The quantitative techniques have great deficiencies on the matter, reason why they can lean in the heuristic techniques of planning that, by its participative character, they involve to the people directly related to the problematic situation (*stakeholders*) that when working in equipment and under certain features, they guarantee that with the greater possible rapidity they will identify the origin problem and its corresponding solution or alternatives of solution.

In the present document a methodology is proposed and the quantitative application constitutes only one intermediate stage within the process of solution of operational problems. This methodology, begins to order the problem as a whole (*soft systems methodology and diamond model*), follows with the operative problematic formulation using conceptual models (*flow charts, black box model, structural approach and functional approach*), continues with the clear identification of the operational problems to solve (*cause-effect diagram, relations diagram, TKJ technique and tree diagram*), next constructs the mathematical models and reaches the quantitative solution (*control and administration of inventories, waiting lines, critical route and forecast*) and finalizes with the implementation of the obtained results (*TKJ technique*) of both types of models (conceptual and mathematical) in the real case of a automotive center that requires to optimize its operations.

The center in study has been immersed in a fight to recover the market that gradually has lost from which, within his zone of influence, they appeared other centers under the scheme of *franchises* that, by much, work with superior operative standards. Evidently, the integral solution of the problematic that faces the automotive center and the recovery of the lost market involves other aspects that do not have direct relation with the operations; so it is the case of the finances, strategic alliances, directive abilities, etc. Nevertheless, the propose methodology in this document exclusively focuses to the optimization of the operations, leaving to a side the rest of the nonoperative aspects which will have to be solved under other criteria of solution.

The main contribution of this work has to do with the contribution of a methodology to solve problems of operative order using the quantitative and heuristic techniques jointly. In Mexico few published works exist (the majority foreign) that show the solution of a real case using the mentioned techniques. Most of the works of planning remain in a level of "thought" or proposal; on the other hand, many of the works of operations research are become lost in the numerical handling and they do not consider that the first objection to solve a problem is indeed to identify the origin of the problem, which is very complicated if the quantitative techniques are used exclusively.

INTRODUCCIÓN

REVISIÓN DEL TEMA

Durante los últimos años, la tendencia mundial en los negocios ha sido hacia la búsqueda de la globalización. La participación de poderosas empresas transnacionales en los mercados nacionales ha provocado que los proveedores de bienes y servicios locales tengan que romper con sus paradigmas tradicionales en cuanto a la forma de operar sus empresas o, de lo contrario, verse condenados a desaparecer al no poder enfrentar el alto nivel de competencia que se está dando.

En el caso particular de México, las grandes empresas transnacionales han invadido los mercados locales utilizando primordialmente la estrategia de las *franquicias*, dentro de las cuales, una de las que mayor éxito ha tenido entre los consumidores mexicanos es la de servicios automotrices. Dicha franquicia ha permitido a las empresas extranjeras competir dentro del mercado nacional en prácticamente todos los niveles; es decir, entablan competencia frente a las grandes empresas como las agencias automotrices, pero también lo hacen ante las micro y pequeñas empresas constituidas por centros de servicio automotriz independientes.

Por otro lado, la tendencia de las micro y pequeñas empresas mexicanas durante los últimos años ha sido hacia la recesión y en el peor de los casos a la desaparición. Existen diversas causas políticas, económicas y sociales que han provocado este conflicto nacional, que sin duda ha repercutido en la pérdida de empleos, generación de pobreza, incremento en los índices de delincuencia y en el crecimiento de la economía informal. Según los datos proporcionados por la Encuesta Mundial de Valores de la Universidad de Michigan⁽¹⁾ los mexicanos son menos orgullosos de su ser nacional que los canadienses o los estadounidenses. Muchos millones han emigrado por cuestiones económicas, pero muchos más lo harían sin grandes reparos. En 1990, la falta de acreditamiento de las instituciones gubernamentales, provocó que el 46% de la población no confiara en el sistema legal, 70% no la tenía en el sistema político y 71% no confiaba en la burocracia.

Como consecuencia de este serio conflicto nacional se estima que el 45% de las transacciones económicas se efectúan en el marco de una economía informal. Mientras la mitad de la economía mexicana se maneja fuera de toda regulación, la expansión del mercado interno no responde a las expectativas de la producción nacional, de competitividad y de intercambio obligado con otras naciones. Dentro de dicho marco de la economía informal, en México existen "talleres" automotrices clandestinos que operando al margen de la Ley evaden las obligaciones a las cuales están sometidos los centros de servicio automotriz independientes.

Inmersos en esta cerrada y desequilibrada competencia por los servicios automotrices, los centros de servicio independientes compiten con fuertes desventajas operativas y administrativas frente a las franquicias, las agencias y los talleres de servicio clandestinos. Dentro de las principales desventajas destacan:

- La penetración en los mercados locales de franquicias que operan con la tendencia mundial de la excelencia en el servicio, lo que se traduce en mayor rapidez de respuesta, menores precios de venta y mayor confiabilidad en las reparaciones.

- La proliferación de “talleres” clandestinos que, al margen de la ley, proporcionan servicios a mucho menor precio y calidad.
- Las poderosas agencias automotrices concesionadas que, bajo el condicionamiento de garantías en algunos componentes de los vehículos nuevos, aseguran el trabajo de servicio por periodos cada vez más largos de tiempo.
- Los demás centros de servicio automotriz independientes que entre sí compiten por el mismo, y cada vez más reducido, mercado.

Si bien la solución de los conflictos de orden político, social y económico no está en manos de los centros de servicio automotriz, la parte operativa que lleva consigo la modernidad de los mercados internacionales sí puede ser enfrentada individualmente por cada uno de ellos.

La forma tradicional de operación de los centros de servicio automotriz ha sido fundamentada primordialmente en la intuición y experiencia de su personal y en la falsa “seguridad” de tener un mercado cautivo. Pero, a partir de los años noventa, las franquicias empezaron a penetrar en el mercado y a operar con estándares muy superiores a los que tenían la mayoría de los centros de servicio. Dichos estándares son producto de estudios *realimentados* de investigación de operaciones que han reducido (*optimizado*) cada vez más los tiempos de servicio y por lo tanto aumentado el flujo de vehículos dentro del área de taller, generando ingresos con permanentes tendencias a la alza y a un menor precio de venta.

Evidentemente, en la mayoría de los casos no resulta viable para los centros de servicio contar con el apoyo de especialistas en investigación de operaciones que los ayuden a evaluar sus procedimientos de trabajo y proponer mejoras permanentes que les permitan, al menos, acercarse a los estándares operativos de sus competidores. Por otro lado, la mayor parte del personal que conforma la fuerza laboral dentro de los centros de servicio, no cuenta con la preparación universitaria que les proporcione los conocimientos necesarios para optimizar sus operaciones.

No es posible pretender con la aplicación exclusiva de las técnicas de investigación de operaciones, como son los modelos matemáticos, definir una metodología que permita optimizar las operaciones en los centros de servicio automotriz. Para lograr este objetivo, necesariamente se requiere incorporar las técnicas heurísticas para la planeación, las cuales exigen la participación de las personas directamente involucradas (*stakeholders*) en la problemática operativa de los centros de servicio. Con el trabajo conjunto de los *stakeholders*, se llega a definir en una primera instancia el problema de origen, o de raíz, para posteriormente, en una segunda etapa, aplicar las técnicas de investigación de operaciones y los modelos matemáticos que proporcionen la solución a los problemas detectados. Finalmente, un tercer paso contempla la implantación de los resultados proporcionados por ambas técnicas en el centro de servicio (*sistema*) que está siendo afectado por el problema de origen.

Debido a la escasa literatura disponible, los estudiosos en investigación de operaciones padecen serias complicaciones para encontrar casos reales que muestren la solución de problemas operativos aplicando conjuntamente las técnicas heurísticas para la planeación y las técnicas de investigación de operaciones. Como consecuencia de esta necesidad, nació el interés por proponer una metodología que satisficiera los requerimientos de las personas involucradas en la optimización de las operaciones de los centros de servicio automotriz.

En el Capítulo I se describen las técnicas heurísticas de planeación susceptibles de aplicarse en la solución de problemas de tipo operativo. Por otro lado, el Capítulo II hace una breve remembranza de la investigación de operaciones. Los Capítulos III y IV describen y definen las herramientas cuantitativas aplicables en la solución de problemas operativos. El Capítulo V, contiene un compendio de los Capítulos anteriores, lo cual lleva a definir la metodología definida en el Capítulo V en un centro de operaciones, el Capítulo VI muestra la aplicación de la metodología definida en el Capítulo V en un centro de operaciones que se encuentra en operación. Finalmente, el Capítulo de conclusiones, muestra cuadros comparativos entre las situaciones operativas "antes" y "después" de aplicar la metodología en el centro de servicio en estudio.

La figura 1 muestra las disciplinas de la ingeniería de sistemas que intervienen en la elaboración del presente documento. La planeación y la investigación de operaciones son dos campos de la ingeniería de sistemas. Mientras que las técnicas heurísticas son herramientas que sirven para resolver problemas de planeación, la dirección de operaciones y las técnicas cuantitativas son las herramientas de solución de problemas de tipo operativo. En este trabajo se desarrollará una metodología que incluya las contribuciones que estas tres técnicas pueden aportar a la solución de problemas operativos tipo presentes en un centro de servicio automatizado.

UBICACIÓN DE LOS OBJETIVOS

- Aplicar el contenido del presente documento a un caso de estudio real que pueda optimizarse.
- Definir una propuesta metodológica para optimizar los problemas operativos tipo identificados, aplicando las técnicas de planeación e investigación de operaciones determinadas.
- Determinar las técnicas cuantitativas susceptibles de aplicarse en la solución de los problemas operativos tipo que resulten del análisis.
- Incorporar el segmento de la dirección de operaciones que se enfoca directamente a las operaciones y describir su funcionamiento.
- Describir la metodología de la investigación de operaciones para enfrentar dichos problemas operativos tipo.
- Analizar la problemática que enfrentan los centros de servicio automatizado, mediante el uso de técnicas de heurísticas y poder identificar sus problemas operativos tipo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Optimizar las operaciones de los centros de servicio automatizado.
- Demostrar la valiosa aplicación que tienen las técnicas heurísticas de planeación al participar en problemas cuya solución tradicionalmente ha correspondido a las técnicas cuantitativas.

OBJETIVO GENERAL

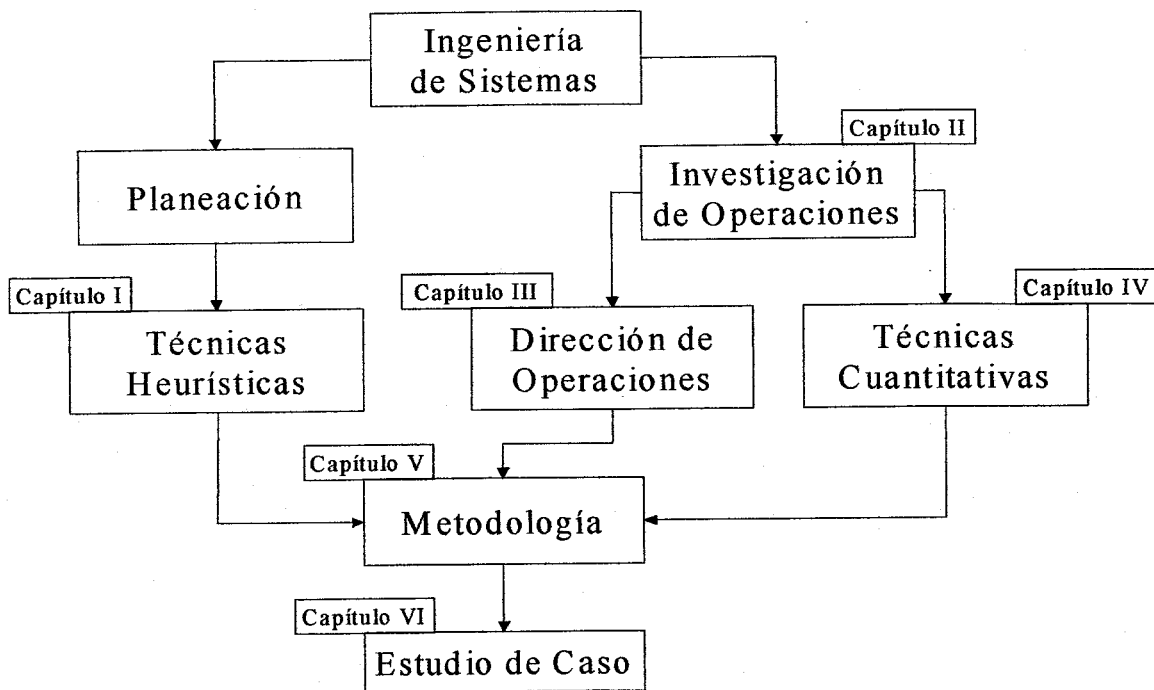


Figura 1. Ubicación de objetivos dentro de la ingeniería de sistemas

HIPÓTESIS

La solución óptima de problemas operativos que se presentan dentro de los centros de servicio automotriz requiere de la actuación conjunta de las técnicas heurísticas de planeación y de las técnicas de investigación de operaciones. Aplicar individualmente cualquiera de ellas no garantiza llegar en forma óptima a la solución de dichos problemas.

Mientras que las técnicas heurísticas para la planeación no contemplan como prioritaria la solución numérica de los problemas, sino la rápida definición del problema operativo de raíz utilizando modelos conceptuales, las técnicas de investigación de operaciones tienen serias deficiencias para definir el mencionado problema raíz, puesto que centran su atención en la solución numérica de los problemas utilizando modelos matemáticos.

La hipótesis que sustenta al presente trabajo consiste en demostrar que las debilidades que contienen cada una de las técnicas mencionadas en la solución de problemas de orden operativo, pueden neutralizarse si adoptan las fortalezas que ofrece una sobre la otra; es decir, resulta posible lograr que ambas técnicas (una de origen cualitativo y la otra de procedencia cuantitativa) interactúen conjuntamente en la definición de una metodología para resolver problemas operativos que se presentan en los centros de servicio automotriz.

RESULTADOS ESPERADOS

El producto de este trabajo es una metodología que resuelva los problemas operativos que se presentan dentro de los centros de servicio automotriz. Dicha metodología consistirá en la aplicación de cuatro etapas:

- > **Primera etapa:** emplear las técnicas heurísticas de planeación hasta llegar a definir específicamente la situación problemática por resolver.
- > **Segunda etapa:** construir modelos conceptuales que permitan encontrar los problemas operativos por resolver.
- > **Tercera etapa:** aplicar herramientas de investigación y dirección de operaciones para resolver numéricamente los problemas operativos detectados en la segunda etapa.
- > **Cuarta etapa:** implantar los resultados proporcionados por las tres etapas anteriores en un centro de servicio automotriz que se encuentre operando.

Como resultado de la aplicación de las cuatro etapas de la metodología definida, se pretende conseguir la optimización de las operaciones del centro de servicio estudiado, lo que le permitirá enfrentar la competencia que representan los establecimientos franquiciados, las agencias automotrices, los talleres clandestinos y el resto de los centros de servicio automotriz de similares características.

DIFERENCIA CON OTROS TRABAJOS SIMILARES

La principal diferencia entre el presente documento y otros de su mismo género que se han realizado, es que incorpora a las técnicas de planeación (*swaves*) en la solución de problemas operativos tipo los cuales tradicionalmente aplican exclusivamente técnicas cuantitativas (*durvas*). Este trabajo nace con la idea de convertir en fortaleza la debilidad que los profesionales dedicados a la solución de problemas de sistemas productivos tienen desde su formación. A través de la enseñanza escolarizada, se ha enfatizado en el aprendizaje de técnicas y procedimientos formales (*cuantitativos*) y por otro lado se han relegado los aspectos vinculados a la práctica de resolver problemas.

Difícilmente pueden encontrarse en bibliotecas mexicanas trabajos que por un lado traten la solución de situaciones problemáticas operativas reales; es decir, que son un hecho en los centros de servicio automotriz de nuestro país, y que por otro lado incorporen a las técnicas cuantitativas como una etapa dentro de un proceso o metodología de solución.

Este trabajo tiene originalidad, puesto que engloba diferentes disciplinas de la ingeniería de sistemas, particularmente de la investigación de operaciones y de la planeación, lo cual se ha hecho muy poco en nuestro país. Se refiere a la dirección de operaciones: *productividad, competitividad, diseño y proceso de servicios, capacidad, disposición de instalaciones, balanceo de líneas, medición del trabajo, outsourcing, calendarización, mantenimiento y benchmarking*, a las técnicas cuantitativas: *líneas de espera, control y administración de inventarios, pronóstico y ruta crítica*, a las técnicas heurísticas *metodología de sistemas suaves, modelo del diamante, diagramas de flujo, modelo de la caja negra, enfoque funcional, enfoque estructural, diagramas causa-efecto y diagramas de relaciones*, y además utiliza paquetes de sistemas: *project, manager y excel*, y otras herramientas como la técnica *TKJ*, el *encuestamiento* y los *diagramas de árbol*.

LIMITACIONES

Dentro de los centros de servicio automotriz existe una gran diversidad de servicios que se ofrecen a los clientes. En consecuencia, las operaciones varían de un centro a otro, dependiendo del tipo de servicios que éstos ofrezcan. Esto quiere decir que no necesariamente se presentarán en todos los centros de servicio los mismos problemas operativos que fueron detectados en el estudio de caso que se muestra en este trabajo. De hecho pudieran presentarse algunos otros problemas que no se han siquiera mencionado aquí.

Evidentemente, la principal limitación de este trabajo es que su aplicación es exclusiva para problemas operativos, dejando a un lado los de orden administrativo, financiero, etc. Tal como se ha descrito, dentro de la situación de competencia que viven los centros de servicio automotriz en México y que les ha provocado pérdidas progresivas en la participación del mercado, la solución definitivamente no es puramente operacional. Este trabajo ayudará a resolver la parte operacional, pero el problema mayor de competencia deberá ser atendido desde otros puntos de vista y con la aplicación de otro tipo de herramientas y técnicas.

SUGERENCIAS PARA QUIEN UTILICE ESTE TRABAJO

Al intervenir en un centro de servicio automotriz, el profesional dedicado a la solución de problemas se convierte en “*agente de cambio*” y su quehacer consiste en escudriñar dentro del centro de servicio, desde su papel de técnico hasta su papel como político. Esto es, requiere aprender a distinguir entre tiempo político y tiempo de acción técnica.

Ante tal dilema, una pregunta importante es: ¿cuál debe ser su papel y sus actividades con el propósito de poder sobrevivir en el ambiente y llevar a buen término su trabajo?. Primeramente diremos que su función básica es la de facilitar los procesos en la solución de problemas para que el *decisor* (persona o grupo de personas que toma las decisiones) y los demás actores involucrados obtengan mayor claridad en su visión de las cosas. Los actores involucrados (también llamados *stakeholders*) son todas las personas, grupos u organizaciones que afectan o son afectados, o tienen influencia o son influenciados por las decisiones tomadas respecto al centro de servicio automotriz, ya sea que formen parte de éste o no. Mientras más se busque el desarrollo de los *stakeholders*, se impulsará más el desarrollo propio.

Entre las muchas actividades que se tendrán que realizar al intervenir en un centro de servicio automotriz sobresalen las siguientes:

1. Ubicarse en el centro de servicio y conocer los puntos que se mencionan a continuación, con el objeto de formar grupos de trabajo e identificar y seleccionar posibles promotores que con cierta capacitación apoyen durante la intervención.
 - Al cliente y su posición en la estructura del centro de servicio automotriz.
 - Los resultados esperados de la intervención.
 - Qué tanto apoyo se tiene de la dirección.
 - La cantidad de recursos económicos para llevar a cabo la intervención y su disponibilidad.
 - El tiempo concedido para lograrla.

- La calidad de la información existente.
 - La estructura formal e informal del centro de servicio.
 - Los niveles de autoridad y los grupos de poder.
 - La red de información formal y oculta.
2. Promover entre los involucrados en los problemas la obtención de una mayor claridad en su visión de las cosas.
3. Motivar el autodescubrimiento de los problemas relacionando las causas.
 4. Sintetizar el análisis que realice el grupo de trabajo en la formulación de los problemas, buscando que comprendan que todos ellos son participantes de las causas.
 5. Explicar que las causas que generan los problemas pueden ser eliminadas y que existen caminos para superarlas.
 6. Catalizar ideas creativas para la identificación y diseño de soluciones.
 7. Mostrar una solución, la más viable.
 8. Coordinar el trabajo en equipo para la sistematización de procesos y poder alcanzar las metas fijadas.
 9. Promover las condiciones necesarias para facilitar la implantación de las soluciones.
 10. Integrar un documento final que explique el proceso y los resultados.
 11. Vigilar el desempeño para el cumplimiento de la solución.
 12. Ayudar al autocontrol del centro de servicio.
- Debido a que los procedimientos y técnicas que serán utilizados desde la formulación de la problemática hasta la definición del problema concreto por resolver son de carácter participativo, se tendrá que trabajar con grupos y en consecuencia se manifestarán las diversas personalidades de sus miembros, no siempre pudiéndose evitar la participación de individuos callados, dominantes, retardados, etc. Al respecto, es importante señalar que la "salud" del grupo se mantiene cuando se tienen reglas claras de participación. Algunas de estas reglas son:
- "En este grupo, todos tenemos el mismo nivel de participación"
 - "Toda opinión o idea es importante, evitemos descalificar"
 - "Expresa malestar o bienestar según sientas"
 - "Habla en primera persona (yo siento, yo pienso, etc.)"
 - "Expresate de manera sintética, todos queremos la oportunidad de participar"
- Durante la intervención, uno puede llegar a sentirse confundido y en ocasiones de traicionado por las personas que nos llevaron a la organización y que supuestamente estaban decididos a apoyarnos. Por otro lado se puede encontrar con trabas para la recopilación de información y muchas otras resistencias de las personas. Por todo esto, tenemos que estar conscientes, preparados y capacitados para enfrentarlos.

Por tal motivo, es necesario saber realizar un balance para decidir cuándo involucrarse y en qué momento es conveniente retirarse de la organización. No debemos olvidar que en el proceso de toma de decisiones hay siempre “voces” que se escuchan con cierto orden para que algo continúe o no su camino: en primera instancia la política, luego la cuestión económica-social y después las razones técnicas, las cuales debemos asegurar que sean importantes y factibles de realizarse.

Finalmente, se deben tomar en cuenta una serie de errores comunes que se pueden cometer cuando se trabaja como agente de cambio y que es preciso evitar:

- Creer que se tiene una visión suprema para conocer las diferentes situaciones.
- Querer diseñar y resolver la vida de los demás.
- Querer tomar las funciones del decisor: ser juez o jurado.
- Considerarse tan solo un técnico y pensar que la ideología personal no influye en la visión del problema.
- Sentirse incomprendido.
- Enamorarse del problema, de la solución o de la organización y afectar significativamente la objetividad.

LAS TÉCNICAS HEURÍSTICAS APLICADAS EN PROBLEMAS OPERATIVOS

CAPÍTULO I

1.1. PROBLEMÁTICA DE OPTIMIZACIÓN EN LOS CENTROS DE SERVICIO AUTOMOTRIZ

Los centros de servicio automotriz en México enfrentan en la actualidad diferentes tipos de competencia: Tranquicias, agencias, otros centros de servicio formales y los talleres clandestinos. Si bien los factores externos (políticos, internacionales, económicos y sociales) no pueden ser controlados por estos empresarios, sí resulta posible controlar y optimizar los factores internos (administración, recursos humanos, operación, etc.) dentro de los cuales nos enfocaremos a la optimización del aspecto operativo, exclusivamente, como una ventaja competitiva para esta clase de negocios.

1.2. CONSIDERACIONES

Al referirnos a problemas de orden operativo, de inmediato viene a la mente el uso exclusivo de técnicas cuantitativas para llegar a la solución de los mismos. Esto se debe a que se trata de problemas "bien estructurados" en los cuales se tiene la posibilidad de seleccionar determinadas alternativas para alcanzar eficientemente determinados fines. Estos problemas se definen como "problemas-técnica" donde se ubican las líneas de espera, inventarios, pronóstico, ruta crítica, etc.

Los problemas operativos, como los que se presentan en los centros de servicio, se consideran complejos porque sus elementos e interrelaciones son muy numerosos y sus soluciones dependen de la solución de otros problemas. Para llegar a estructurar adecuadamente un problema complejo, invariablemente se debe partir de un estado de confusión "no estructurado" en donde se trata más con *estados de desorden* que con problemas propiamente. Entonces, para resolver dichos problemas, habrá que identificar y estructurar los estados mencionados.

Para abordar problemas complejos, se requiere un cambio radical en nuestras apreciaciones y forma de pensar. Insistir en resolver problemas operativos desde la perspectiva exclusiva de las técnicas cuantitativas, tiene como resultado parcializar el proceso de solución; inclusive, puede darse el caso de perder mucho tiempo resolviendo un efecto del problema de origen, en lugar de resolver dicho problema en sí.

Lo anterior no debe interpretarse como un menosprecio al uso de las técnicas cuantitativas, sino como una necesidad de reflexionar en lo común que es encontrar en la realidad situaciones donde el planteamiento de los fines, la generación de alternativas, la determinación del efecto de estas, etc., representa en sí un problema y la parte medular de la solución.

Resulta evidente que el desarrollo de la sociedad ha traído consigo mayor complejidad a los problemas y, al mismo tiempo, la necesidad de crear nuevos paradigmas para su solución. No reflexionar sobre estas situaciones y formas de solución conduce a pensar que el problema ha sido resuelto cuando se ha construido y verificado un modelo, y no cuando se han disminuido o eliminado las discrepancias entre lo que se desea y lo que está sucediendo. Para lograr esto último, se necesita generar acciones con el propósito de modificar la situación problemática.

1.3. TÉCNICAS HEURÍSTICAS (SUAVES O CUALITATIVAS)

Las técnicas heurísticas son herramientas de planeación que se emplean para resolver problemas, pero con la característica fundamental de que sus procesos son de tipo participativo. Es decir, agrupan equipos de trabajo formados por las personas que se encuentren directamente involucradas en la problemática y mediante su trabajo en participación conjunta llegan a definir lo más rápidamente (y precisamente) posible el o los problemas de origen (*raíz*) por resolver. Posteriormente, y una vez tomadas las decisiones, establecen la manera de implantar hasta sus últimas consecuencias los resultados de dichas decisiones. Estas técnicas tratan de incorporar elementos conductuales y sociales, por lo que su desempeño es más "*humano*".

Una característica importantísima de las técnicas heurísticas, es su capacidad para establecer orden en las acciones que deben tomarse desde la formulación de la problemática, hasta las etapas de implantación y control. En problemas operativos, estas técnicas no pierden mucho tiempo en la solución numérica de los modelos matemáticos que se llegaran a requerir para obtener resultados operacionales; de hecho, asumen que este paso corresponde a las técnicas cuantitativas.

Cuando las técnicas heurísticas se aplican en problemas operativos, centran su atención en determinar con rapidez y precisión los problemas operativos de origen, después ceden la iniciativa a las técnicas cuantitativas para resolver numéricamente dichos problemas detectados y finalmente retoman las etapas de implantación de resultados y control de efectos de dicha implantación.

Dentro de la gran variedad de técnicas heurísticas que existen, para elaborar el presente trabajo se eligieron aquellas que se consideraron más prácticas para desempeñarse desde el ordenamiento de la problemática, hasta la definición de los problemas operativos por resolver en los centros de servicio automotriz y son las que a continuación se mencionan:

- **Para ordenar el problema en su conjunto**
 - Metodología de sistemas suaves
 - Modelo del diamante
- **Para formular la problemática**
 - Diagramas de flujo
 - Modelos conceptuales para definir:
 - Lo que *es* el sistema en su estado actual: modelo de la caja negra, enfoque estructural y enfoque funcional.
 - Lo que *debería hacer* el sistema: diagrama causa-efecto y diagrama de relaciones.
- **Para definir el problema concreto por resolver**
 - Técnica TKJ
 - Diagrama de árbol

1.4. ORDENAMIENTO DEL PROBLEMA EN SU CONJUNTO

Toda forma de inquirir científicamente o de resolver problemas comienza con la percepción de la existencia de una situación problemática. Se plantea un vago reconocimiento o sentimiento de que las cosas andan mal; es decir, se percibe la existencia de una situación que se identifica con las manifestaciones cotidianas de los problemas (la problemática).⁽²⁾

1.4.1. El término problema

La palabra *problema* se emplea con diferentes significados. El más usual consiste en decir que es una discrepancia, entre una situación actual y una situación deseada, a la que se le adjudican los medios de que se dispone para pasar de uno a otro. La discrepancia entre la situación actual y la deseada, está basada en dos componentes, una es objetiva relacionada con aspectos cuantitativos, y la otra es subjetiva, asociada con la manera en que enfocamos la atención. En la componente subjetiva están presentes nuestros paradigmas, producto de la experiencia, supuestos y actitudes.

La figura 2 muestra el concepto de problema y los diferentes tipos que existen de ellos.

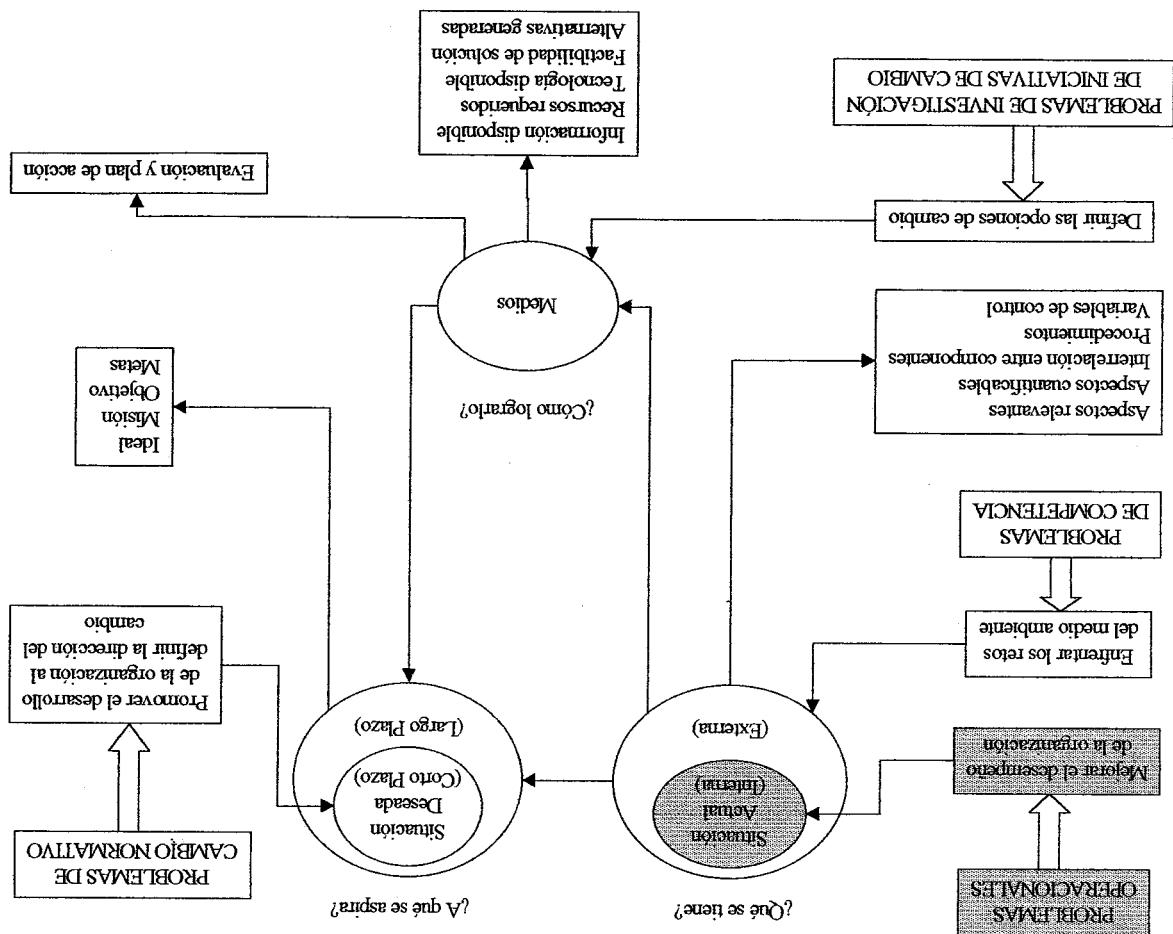


Figura 2. Concepto de problema y problemas asociados

² Suárez Rocha Javier, Un Modelo de Solución de Problemas, El modelo del Diamante, Cuaderno de Planeación y Sistemas No.5, Facultad de Ingeniería UNAM, División de Estudios de Posgrado, México, 1995.

Tal como se indica en la *figura 2*, existen varios problemas tipo que se consideran para propósitos de la planeación. Dentro de ellos, los problemas operacionales (sombreados en la figura) son los que preocupan en el presente documento. Estos problemas tienen que ver con la corrección de fallas para mejorar el desempeño de una organización, e impactan directamente en la situación actual interna de la misma.

1.4.2. Metodología de los sistemas suaves

La metodología de sistemas suaves es una forma de pensar, la cual representa mediante un diagrama conceptual de sistema un proceso ordenado para resolver problemas. Se compone de siete etapas, de las cuales las primeras cinco llevan a definir la situación problemática y los problemas específicos por resolver. Debido a que en los centros de servicio automotriz se trata con problemas operativos, la etapa seis incluye la formulación de modelos matemáticos y su correspondiente solución utilizando técnicas cuantitativas. La séptima y última etapa se refiere a la implantación de los resultados en la situación problemática, lo cual deberá resolver los problemas operativos o al menos mejorar dicha situación. La *figura 3* muestra la representación gráfica de esta metodología ⁽³⁾:

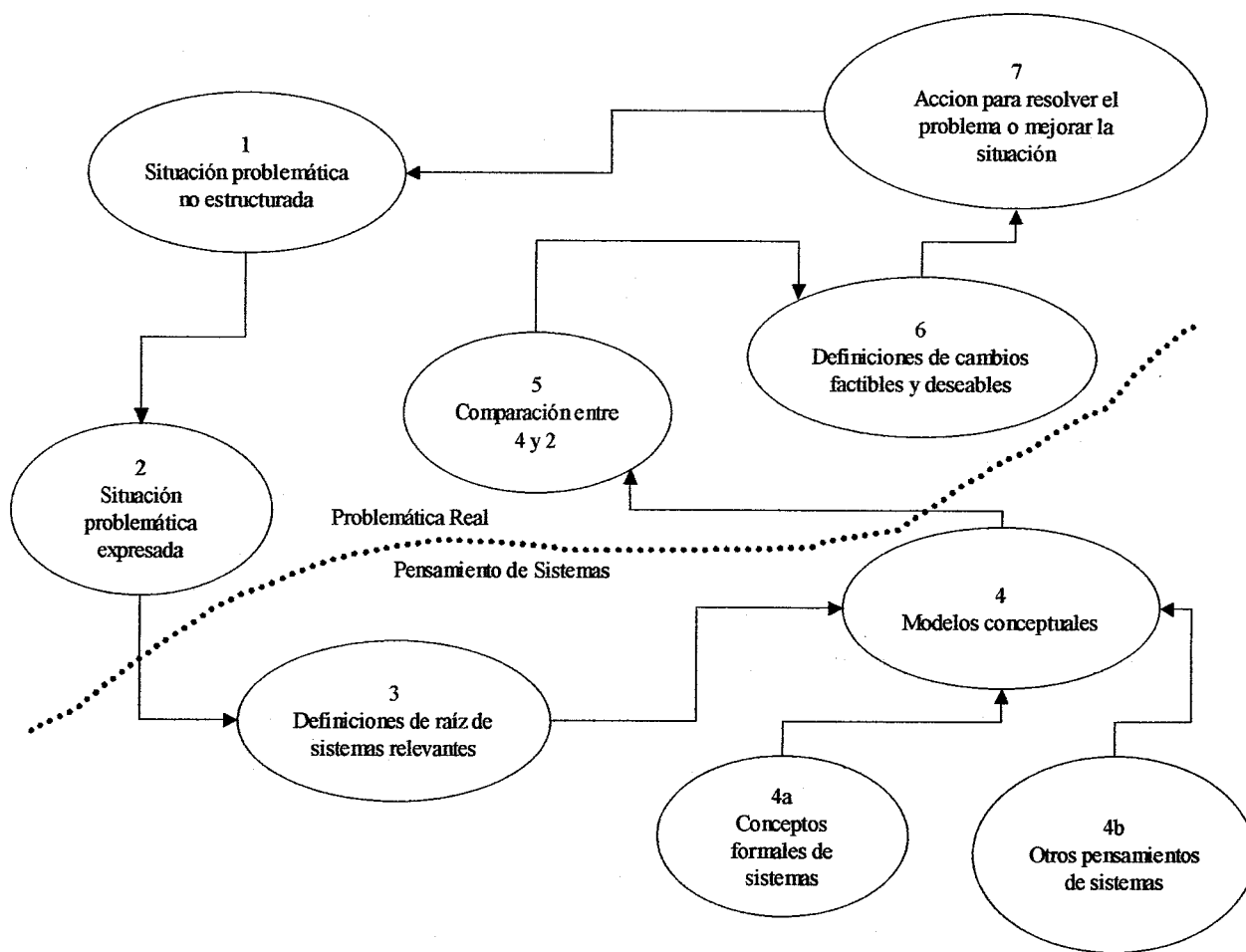


Figura 3. Metodología de sistemas suaves

⁽³⁾ Checkland Peter B, Techniques in Soft Systems Practice. Part 2, Building Conceptual Models, Journal os Applied Systems, 1979.

Las primeras cinco etapas tienen ciertas peculiaridades. Mientras que las etapas 1, 2 y 5 se realizan directamente en el centro de servicio estudiado, las etapas 3 y 4 se llevan a cabo en la mente de la persona o personas que estén resolviendo los problemas. Es decir, una vez que fue detectada la problemática estructurada dentro del centro de servicio estudiado en términos de "el negocio va muy mal", se procede a encuestar a las personas directamente involucradas con la problemática operativa (*stakeholders*) y tomando en cuenta sus opiniones se llega a expresar concretamente la situación problemática que se presenta "estamos perdiendo clientes". Posteriormente, durante las etapas 3 y 4, las personas que estén a cargo de darle solución a la situación problemática, definirán específicamente cuáles son los problemas operativos de origen (*raíz*) de esta situación problemática "las operaciones no son óptimas" para lo cual se recomienda que se apoyen en modelos conceptuales que les permitan tener una visión clara de lo que *debería* desahablemente estar ocurriendo en el centro de servicio para que las operaciones fueran óptimas. Estos modelos conceptuales se comparan "mapear" con la situación problemática expresada y se detecta lo que *realmente* ocurre.

En la etapa 6 y en función de las diferencias entre lo que *ocurre* y lo que *debería* estar ocurriendo, se plantean cambios operativos deseables y factibles en el interior del centro de servicio, mismos que se determinan mediante el uso de modelos matemáticos que con sus resultados optimicen las operaciones que no sean óptimas.

Durante la etapa 7, los resultados obtenidos de los modelos matemáticos deberán implantarse directamente en los departamentos operativos que requieran optimizarse y llevarse un control de que dichos cambios en efecto estén llevando a mejorar la situación problemática estructurada y expresada original, es decir, que "el negocio ya no va mal", "estamos recuperando clientes" y "las operaciones son óptimas".

A continuación se definen cada una de las etapas contenidas en la metodología de sistemas suaves:

I **Situación problemática expresada no estructurada:** Se hace referencia a estados de insatisfacción o de desorden ("el negocio va muy mal").

II **Situación problemática expresada:** A través de un proceso de indagación y opinión de personas involucradas en la situación (*stakeholders*), se busca encontrar o expresar en forma concreta la insatisfacción o el estado de desorden detectado ("estamos perdiendo clientes").

III **Definición raíz:** Se pretende realizar una descripción breve y precisa de lo que se considera relevante de acuerdo con la situación problemática estudiada. Se busca respuesta a las interrogantes siguientes ("algunas operaciones no son óptimas"):

a. ¿Qué deberá hacer el sistema?

b. ¿Quién ejecutará las actividades?

c. ¿Quién decidirá?

d. ¿A quién beneficiará o perjudicará?

e. ¿Qué restricciones se tendrán?

f. ¿Desde qué punto de vista se estará considerando?

- IV. **Modelos conceptuales:** Se procede a formular los modelos conceptuales, una vez determinada cuál es la situación a analizar a través de la etapa de definición raíz. Para formular los modelos conceptuales se ejecuta el proceso siguiente (*“estas son las operaciones que requieren optimizarse”*):
- a. Establecer el conjunto de actividades primarias o generales que, desde un punto de vista lógico, se requieren para llevar a cabo el proceso de transformación contenido en la definición raíz.
 - b. Establecer las relaciones entre las distintas actividades (relaciones de correspondencia lógica y flujos de información, materiales, financieros, etc.)
 - c. Desarrollar un subsistema hasta alcanzar el nivel de detalle requerido.
- V. **Comparación entre las etapas 4 y 2:** Se deben comparar los modelos conceptuales con lo que se practica en el centro de servicio automotriz; su finalidad es identificar las diferencias que existen y cuál es la razón de las mismas (*“¿cómo llegamos hasta aquí?”*).
- VI. **Definición de cambios factibles y deseables:** Se plantean los posibles cambios, los cuales deben satisfacer los requisitos de ser factibles y deseables (*“aplicar modelos matemáticos”*).
- VII. **Acción para resolver el problema o mejorar la situación:** Se procede a la implantación, en la cual se puede lograr lo esperado, aliviar la problemática original y además pueden surgir nuevos problemas. En caso de que se presenten nuevos problemas, se regresa a la etapa I (*“pongamos en funcionamiento los resultados”*).

1.4.3. El modelo del diamante

Fue desarrollado por I. Mitroff y Frederick Betz y muestra un enfoque global de cómo investigar para resolver un problema. Este modelo aporta también un panorama de orden general de cómo resolver problemas empleando el concepto de *modelo*. Para ello, se considera conveniente abordar el problema desde un punto de vista holístico o de sistemas. Sustenta la tesis de que hay ciertos aspectos dentro de un proceso que sólo pueden ser estudiados desde una perspectiva sistémica, que permitirán identificar las características más esenciales para su solución.

En primera instancia, el modelo del diamante se concibe como un sistema: conjunto de elementos ínter conexos que forman una totalidad, caracterizándose por lo siguiente:

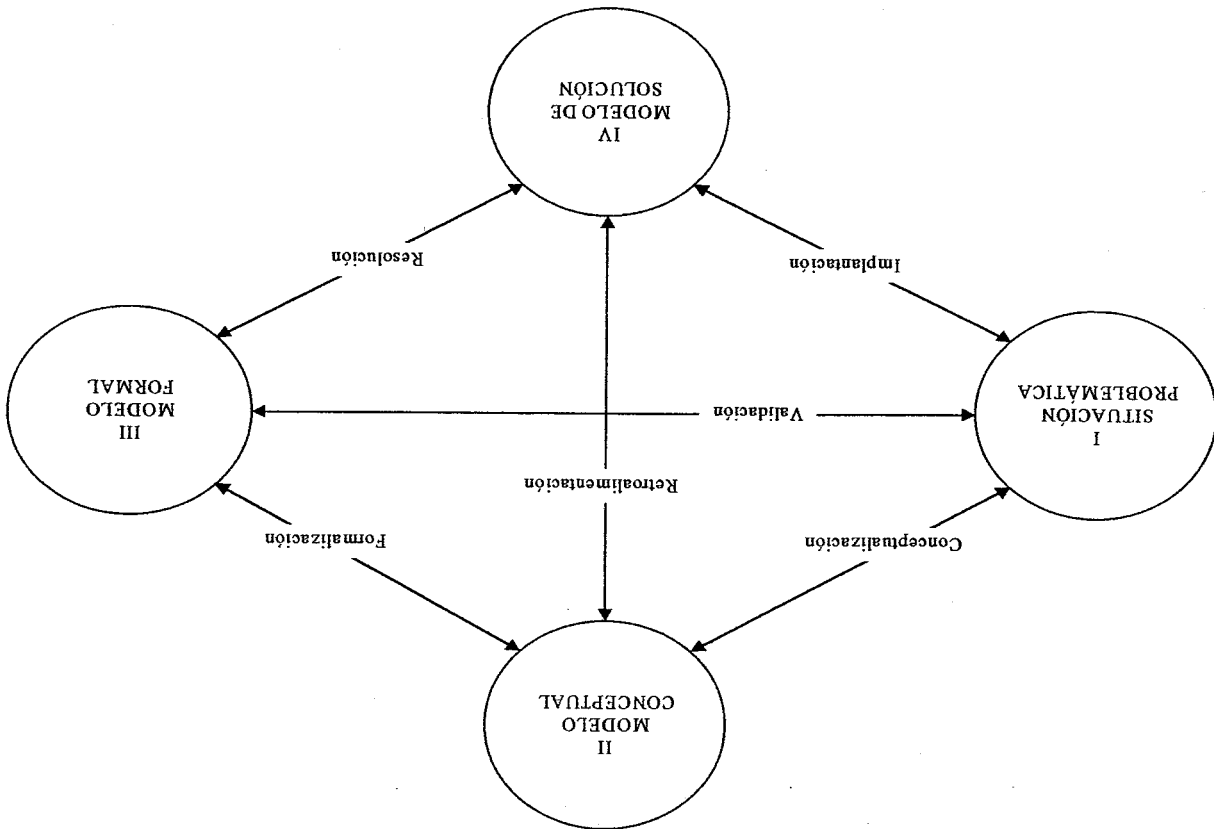
- Las propiedades o el comportamiento de cada elemento afecta las propiedades y el comportamiento del todo.
- La forma en que las propiedades y el comportamiento de los elementos afectan al todo depende de las propiedades y comportamiento de al menos otro elemento del conjunto.
- Cada subgrupo de elementos del conjunto tiene las dos características anteriores.

A continuación se describen la cuatro etapas del modelo del diamante:

En el caso del modelo del diamante se tienen cuatro etapas cuyo contenido es muy similar a la metodología de sistemas suaves vista con anterioridad. La primera etapa parte de una situación problemática que debe conceptualizarse o representarse mental y gráficamente mediante modelos conceptuales, lo que constituye la segunda etapa. En la tercera etapa, estos modelos se formalizan o traducen a modelos matemáticos, los cuales entregan resultados después de pasar por una cuarta etapa llamada modelo de solución, por ejemplo, un programa de computadora. Estos resultados se implantan en la situación problemática original, con lo que se pretende resolver el problema o al menos aliviar la situación problemática. El modelo tiene dos peculiaridades; mientras que por un lado los modelos matemáticos deberán validar o responder a la situación problemática que se presenta, por otro lado el modelo de solución debe retroalimentar al modelo conceptual para permitir que se cree una situación de mejora continua del proceso.

En consecuencia, el modelo es más que la suma de las partes. La figura 4 muestra un sistema de entidades altamente interrelacionadas, mismas que únicamente pueden ser separadas para propósitos conceptuales más no de hecho. Estructuralmente, el sistema es un todo divisible, pero desde el punto de vista funcional es indivisible, ya que sus propiedades esenciales se pierden cuando se desmembra. Esto significa que articular al diagrama por cada una de las partes tiene tremendas consecuencias para las partes subsiguientes.

Figura 4. El modelo del diamante



I Situación problemática

Los problemas se perciben y plantean a partir de sus manifestaciones últimas (desempleo, baja productividad, inflación, etc.) formando una serie de imágenes y pensamientos desorganizados y parciales que son insuficientes para explicar el porqué de los problemas y los efectos previsibles de distintos modos de acción; aún más, con frecuencia ni siquiera existe una base sólida para definir en qué campos se requiere de mayor información y estudio.

II Modelo conceptual

Se formula a partir de la situación problemática. Es aquella representación gráfica, escrita o mental elaborada por el analista, que la emplea como marco de apoyo para situar y ordenar sus percepciones, para con ello fijar la estructura del problema, delimitar el área de interés y decidir qué aspectos son relevantes y cuáles no. El problema es definido en términos generales o *macro*; es decir, se especifica si el problema es económico, productivo, psicológico, etc. Establece en términos más precisos la definición del problema y especifica las variables de campo que serán usadas para definir tanto la naturaleza del problema, como el nivel de conocimiento con el cual serán estudiadas.

III Modelo formal

Una vez formulado el modelo conceptual, mediante la abstracción se procede a la elaboración de uno o varios modelos formales, los cuales no permiten la ambigüedad y la imprecisión, a diferencia de los modelos conceptuales que dependen de estos factores y de la subjetividad. Junto con el modelo de solución, este modelo se considera como esencialmente científico. Define la solución del problema estableciendo con mayor precisión el valor de las variables. Establece un estilo de cómo resolver problemas.

IV Modelo de solución

Aspira a la deducción de las consecuencias de distintos modos de acción, para así apoyar la toma de decisiones y la integración de las estrategias de cambio. Tiende a una explicación única del fenómeno. Se reduce la incertidumbre y la ambigüedad es intolerable.

1.4.4. Marco teórico

Tomando en cuenta las descripciones que con anterioridad se presentaron tanto de la metodología de sistemas suaves como del modelo del diamante, a continuación se presenta el marco teórico en el orden en que será desarrollada la propuesta metodológica objeto del presente trabajo.

Analizando detenidamente las *figuras 3 y 4*, es posible detectar varias coincidencias entre ambas. Es importante mencionar que el autor de este trabajo considera que con la combinación de ambas figuras es posible obtener un esquema de la metodología que más adelante, en el Capítulo V, será propuesta detalladamente para resolver problemas operativos en centros de servicio automotriz. Por ahora la metodología quedará a nivel de esquema, puesto que es necesario revisar primero otros temas en Capítulos subsecuentes que irán aportando nuevos componentes hasta convertir el esquema mencionado en diagrama.

La *figura 5* muestra el esquema para ordenar problemas operativos en su conjunto con la aplicación conjunta de la metodología de sistemas suaves y del modelo del diamante.

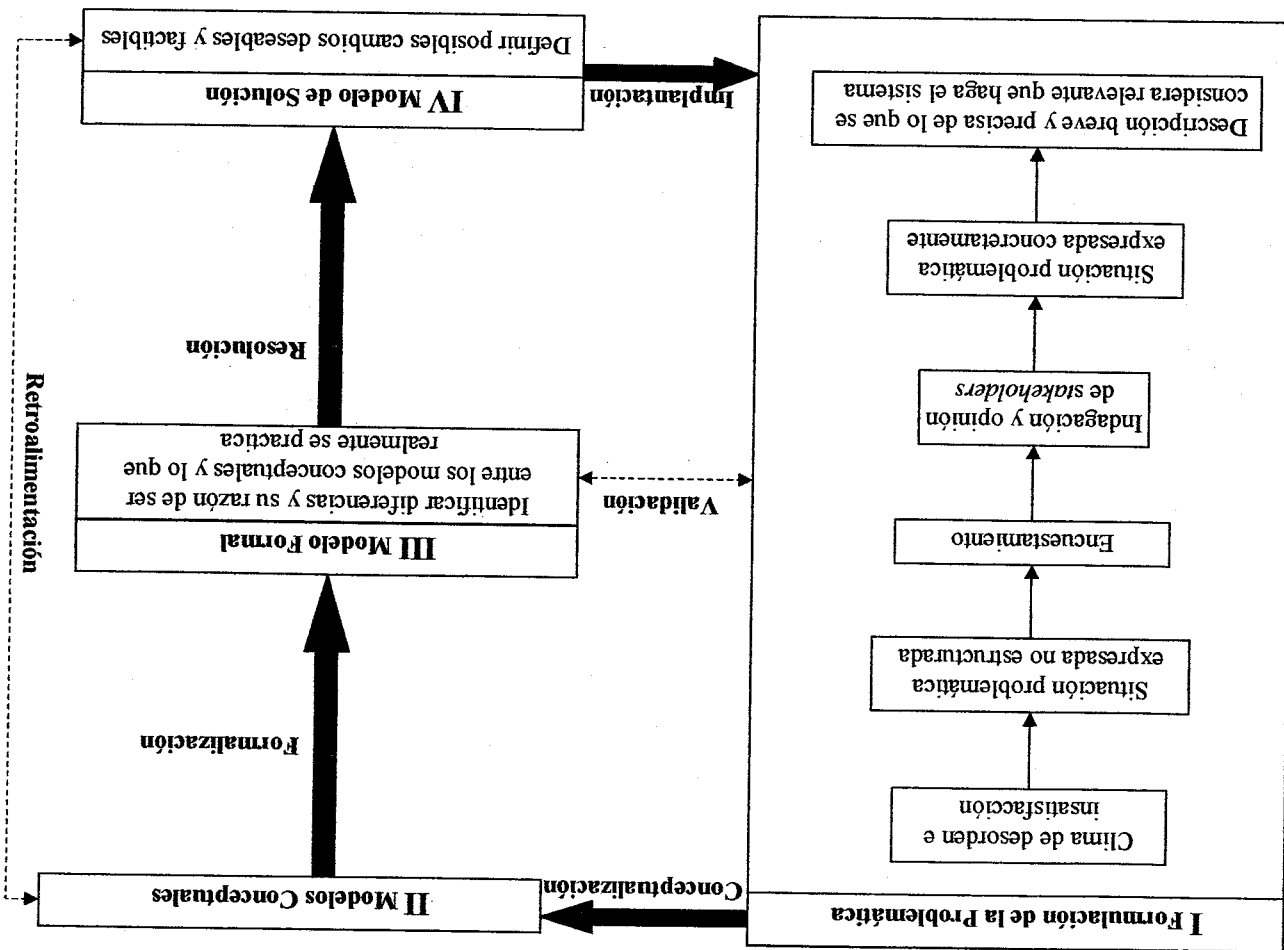
Una problemática es un sistema de amenazas y oportunidades interrelacionadas. La formulación de la problemática consiste en identificar las amenazas y oportunidades presentes y futuras y las interrelaciones que se derivan del comportamiento presente y reciente de la organización para la que se planifica y su ambiente.⁽⁴⁾

De acuerdo con la *figura 5*, la formulación de la problemática tiene por objeto llegar a una descripción breve pero precisa de lo que se considera relevante que haga el sistema (centro de servicio automatiz). Esto se conseguirá una vez que se concluyan ciertos estudios, que se mencionan a continuación, los cuales toman en cuenta información proveniente de encuestas que se aplican a los *stakeholders*.

1.5. FORMULACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

De acuerdo con la metodología de los sistemas suaves y a lo descrito en el modelo del diamante, las dos primeras etapas consisten en formular la situación problemática y en construir modelos conceptuales. Estos puntos serán tratados en el presente Capítulo. En los Capítulos III y IV se definirán los modelos formales aplicables de acuerdo con la problemática formulada y en el Capítulo VI se llevará a cabo la solución de los problemas operativos detectados. Cabe mencionar que en el Capítulo V se presentará completa la metodología de solución propuesta para problemas operativos.

Figura 5. Interacción de la metodología de sistemas suaves y el modelo del diamante



1.5.1. Estudios requeridos

Es necesario realizar tres tipos de estudios para formular una problemática:

1. **Análisis de sistemas:** Se define qué es la organización, cómo opera y su estado actual
2. **Análisis de obstáculos:** Se estudian las condiciones, políticas y prácticas internas y externas, que constituyen un obstáculo para el desarrollo de la organización.
3. **Proyecciones de referencia:** Se determina lo que sucedería si no hay cambios significativos en el funcionamiento de la organización y su medio.

Estos estudios pueden llevarse a cabo en forma relativamente independiente pero, una vez terminados, deben sintetizarse en un:

4. **Escenario de referencia:** Es una descripción amplia y completa del posible futuro de la organización si no hay cambios significativos en su funcionamiento y en el comportamiento del ambiente.

Evidentemente, cuando se formula una problemática, surgen una serie de situaciones de todo tipo (financieras, económicas, contables, operacionales, etc.) que aportan individualmente una "porción" de problemas a la problemática general del centro de servicio automotriz. Aunque en la metodología que se describirá en el Capítulo V se trata con más detalle la manera de formular íntegramente una situación problemática, en el estudio de caso solamente se hará referencia a los aspectos operacionales que son los que interesan en este trabajo.

Los estudios mencionados con anterioridad y que se requieren llevar a cabo para formular la problemática, necesariamente deberán realizarse conjuntamente con los *stakeholders* o personas más directamente involucradas en la problemática operativa del centro de servicio automotriz. De ellos se obtendrá la información más relevante respecto a los aspectos operacionales que se desean conocer.

1.5.2. Encuestamiento

Una forma de poder obtener información de los *stakeholders* es recurriendo al encuestamiento, del cual en la *figura 6* se muestra la metodología general que permite elaborar ordenadamente encuestas adecuadas para obtener la información adecuada que pueda dar solución al problema operativo al cual se enfrenta.

Encuesta: Acción de averiguar hechos considerando las condiciones, o la condición, de algo para proporcionar información especial y exacta a las personas responsables o interesadas. Colección sistemática y análisis de datos de algún aspecto de un área o grupo.⁽⁵⁾

Una encuesta es mucho más que la mera recopilación de datos. Los datos deben ser analizados, interpretados y evaluados. Solamente después de este proceso los datos podrán transformarse en información. A menos que el encuestador haga una recolección sistemática de datos, seguida de un

⁽⁵⁾ Air University. Office of Academic Affairs. Snior Executive Leadership Course, Dr. Tony Renckly. <http://www.au.af.mil>

cuidadoso análisis y evaluación con objetivos predefinidos, sus datos no podrán llegar a ser información exacta.

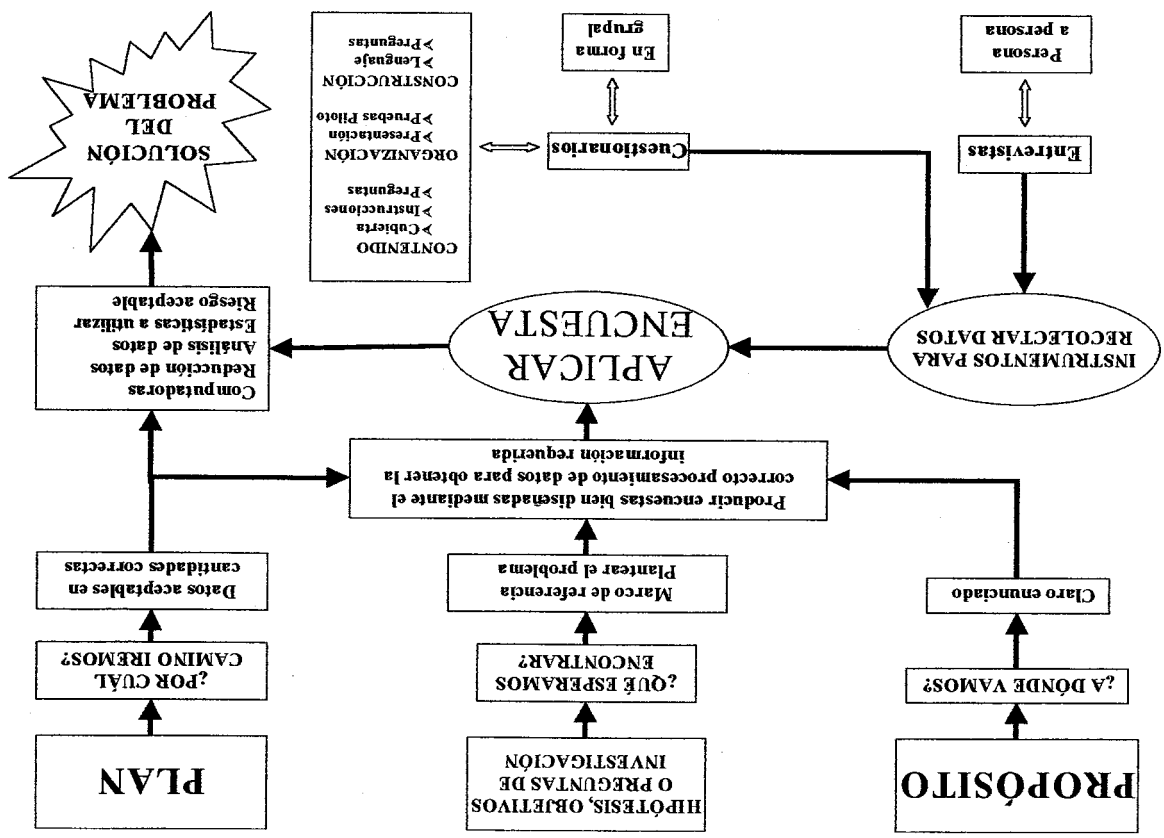


Figura 6. Metodología del encuestamiento.

1.6. MODELOS CONCEPTUALES

Un modelo conceptual es una representación simplificada de una situación problemática, que se apoya en esquemas gráficos, notas e ideas mentales de la(s) persona(s) que analizan un sistema. Permiten fijar la estructura del problema, delimitar el área de interés y decidir qué aspectos son relevantes y cuáles no.

Existen dos propuestas para elaborar modelos conceptuales; la primera tiene que ver con lo que es el sistema en el estado actual y la segunda con lo que *debería hacer* el sistema. La primera propuesta permite conocer la función que cumple el sistema, las actividades requeridas para cumplir su función y el motivo de algún posible mal funcionamiento de dichas actividades. Por otro lado, la segunda propuesta permite mostrar lo que debería estar sucediendo dentro del sistema y en caso de que se presentaran desviaciones entre lo que debería estar sucediendo y lo que realmente sucede, facilita la investigación del origen de dichas desviaciones (problemas).

En este trabajo se emplearán ambas propuestas de modelos; la primera, para aprender lo que es el centro de servicio automatizado en su estado actual y la segunda para determinar el origen o raíz de los problemas operativos que en él se presentan.

1.6.1. Primera propuesta: lo que es el sistema en su estado actual

Existe una forma de construir este tipo de modelos conceptuales, que incluye tres etapas. Cada una de estas etapas requiere a su vez de la elaboración de un diagrama (modelo conceptual). Posteriormente, al estudiar por separado y conjuntamente los tres diagramas, es posible adquirir una idea de lo que es el sistema en su conjunto. Como ya ha quedado establecido, la dirección de estos modelos será encaminada hacia el área operativa exclusivamente. Las tres etapas que se han mencionado con anterioridad son:

1. Enfoque de la caja negra
2. Enfoque estructural
3. Enfoque funcional

Cada una de estas etapas debe seguir una guía para llegar a la construcción del modelo conceptual correspondiente:

Primera etapa: enfoque de la caja negra

- Hacer una breve descripción de la problemática.
- Identificar las funciones del sistema asociado con el problema en cuestión.
- Definir claramente la problemática.

Segunda etapa: enfoque funcional

- Definir el sistema de actividades asociado con la función a analizar o cambiar.
- Establecer las interconexiones necesarias entre actividades y con el exterior del sistema.

Tercera etapa: enfoque estructural

- Especificar los sistemas y subsistemas de actividades que se usarán de base para definir las propiedades de los elementos a ser observados o estudiados para explicar el comportamiento del sistema.

En la *figura 7* se muestran las tres etapas bajo una perspectiva de sistemas; es decir, interrelacionadas estrechamente. Asimismo, aparece indicado el objetivo que persiguen cada una de ellas, el contenido de los aspectos que habrán de especificarse y la secuencia lógica que debe seguirse para su construcción.

¿PARA QUÉ?	¿CÓMO FUNCIONA?	¿POR QUÉ?
Especifica la función que cumple el sistema en su medio	Actividades que se requieren para que el sistema cumpla con su función y detección de actividades que no cumplen adecuadamente.	Explicación del porqué del mal funcionamiento de algunas actividades al estudiar las características de los elementos del sistema.
CAJA NEGRA	ENFOQUE FUNCIONAL	ENFOQUE ESTRUCTURAL

Figura 7. Guía para la construcción del modelo conceptual

1.6.2. El enfoque de la caja negra

El sistema (centro de servicio) es visto como una entidad que recibe ciertos insumos y los transforma en determinados servicios.

Para su representación se emplean diagramas de bloque, llamados también de *caja negra*, porque en un primer nivel de análisis no se establece cómo se lleva a cabo el proceso de transformación; es decir, que contiene la caja.

Este enfoque especifica la función del sistema con su medio ambiente y, a pesar de ser una representación muy simple, es de mucha utilidad ya que lleva a pensar en la interacción del sistema con su entorno y con esto a tratar aspectos como son: validez de los objetivos, la viabilidad del sistema de acuerdo a los insumos e impacto de cambios entre otros.

La *figura 8* ejemplifica este enfoque, mostrando en su parte central el proceso ideal de transformación el cual es influenciado por las actividades absolutamente controlables por la empresa (mantenimiento, administración, maquinaria, suministros, equipo, recursos humanos, producción, operaciones y calidad). A este proceso de transformación se le introducen insumos y recursos financieros para poderlos transformar en servicios y desechos del sistema.

El modelo asume la existencia de dos entornos que emmarcan al proceso de transformación:

➤ **Entorno de Primer Nivel:** aspectos externos que influyen directamente en el proceso de transformación (auto partes, competencia, proveedores, maquinaria y equipo alternos).

➤ **Entorno de Segundo Nivel:** aspectos externos totalmente incontrolables por la empresa y que pueden llegar a afectar al proceso de transformación (autoridades, economía, tecnología, sociedad, legislación, disposiciones oficiales, importaciones, etc.)

Una parte de suma importancia y que vale la pena mencionar es la relacionada con los recursos. Tiene una importancia excepcional determinar qué recursos serán necesarios, cuándo, cómo y dónde se obtendrán los que no están disponibles y en qué forma serán generados o adquiridos. Los cinco tipos de recursos son:

1. Insumos: materiales, refacciones, energía y servicios.
2. Instalaciones y equipo.
3. Personal.
4. Información.
5. Dinero.

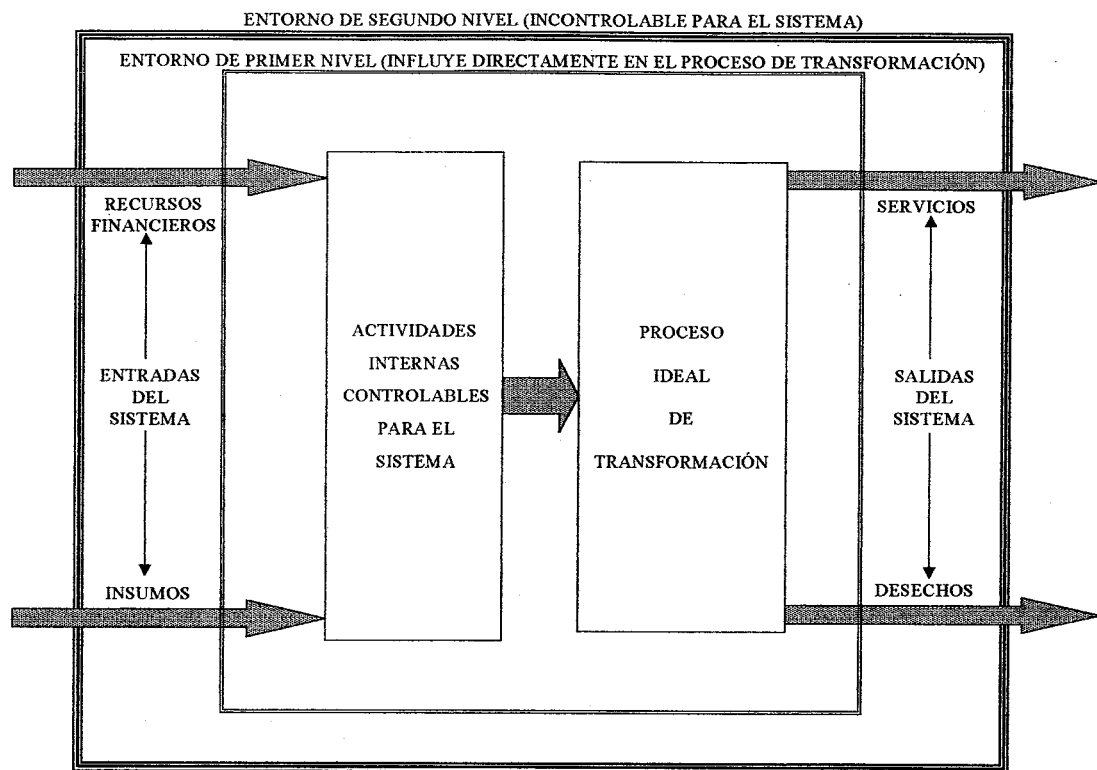


Figura 8. Modelo de la caja negra

Para los renglones de insumos, instalaciones, equipo y personal, se deben plantear las preguntas siguientes:

1. ¿Qué tanto se necesita de cada tipo de recurso?, ¿cuándo y dónde se necesitará?
2. ¿Qué cantidad de cada recurso estará disponible en el lugar indicado en cada momento necesario, suponiendo una situación estable en los planes y políticas de recursos actuales?
3. ¿Qué diferencias existen entre las necesidades determinadas en la pregunta 1 y la disponibilidad determinada en la pregunta 2?
4. ¿Cómo se cubrirán dichas diferencias?, ¿por desarrollo o generación interna, o por adquisición de una fuente externa? y ¿cuánto costará cubrir estas diferencias?

Una vez contestadas estas interrogantes, se deben plantear las siguientes preguntas respecto al dinero:

1. ¿Cuál es la cantidad total que se necesita en cada momento relevante?
2. ¿Cuánto estará disponible en cada momento relevante?
3. ¿Qué tan grandes son las diferencias entre las preguntas 1 y 2?
4. Si no se dispondrá de las cantidades necesarias de dinero, ¿cómo se pueden obtener y en qué forma se pueden modificar las decisiones realizadas para poder financiarlas con los fondos que estarán disponibles? Si se tendrá más dinero del necesario, ¿cómo se pueden modificar las decisiones anteriores para poder aprovechar todos los fondos disponibles?

El presupuesto se compone de la asignación de responsabilidades para generar y utilizar el dinero, y del calendario para hacerlo.

1.6.3. El enfoque estructural

En este enfoque, se parte de la idea que un sistema es un conjunto de elementos inter conexos que forman una integridad, por lo que casi de manera inmediata se concluye que para conocer el objeto y explicar sus propiedades basta con lo siguiente:

1. Identificar las partes o componentes del sistema objeto
2. Conocer las características de las partes
3. Establecer el patrón de relaciones entre las partes
4. Reunir la información y a partir de ahí deducir las propiedades o funciones del sistema total para dar paso al enfoque funcional.

La figura 9 muestra que un sistema llamado "ganancia", es estructurado por cuatro componentes del propio sistema, llamados producción, mercadotecnia, finanzas y administración.

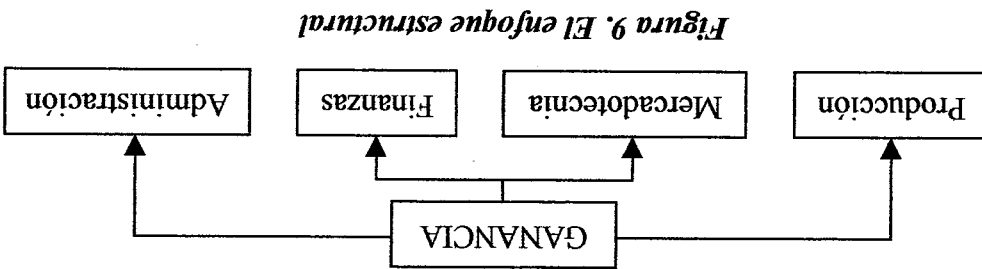


Figura 9. El enfoque estructural

1.6.4. Enfoque funcional

La concepción funcional estudia los objetos como un proceso: como el conjunto de actividades requeridas para cumplir con una función o un propósito. Los enlaces, corresponden a relaciones de dependencia lógica o bien flujos de información o materiales, tanto entre actividades como con el exterior del sistema.

Cada actividad puede desmembrarse en un conjunto de subactividades, de la misma manera que la función del sistema puede verse como una actividad de un sistema más amplio, lo que conduce a hablar de subsistemas y suprasistemas, respectivamente. Este procedimiento de agregación o desagregación se puede continuar hasta alcanzar el nivel de detalle que se juzgue apropiado. El nivel de detalle de los sistemas de actividades y la clase de preguntas por hacer están en relación directa con el o los problemas por resolver.

La figura 10 muestra un sistema visto bajo el enfoque funcional. En él se aprecia que los recursos y la información como insumos del sistema, entran en una relación funcional de actividades que lleva a obtener el propósito o salida del sistema.

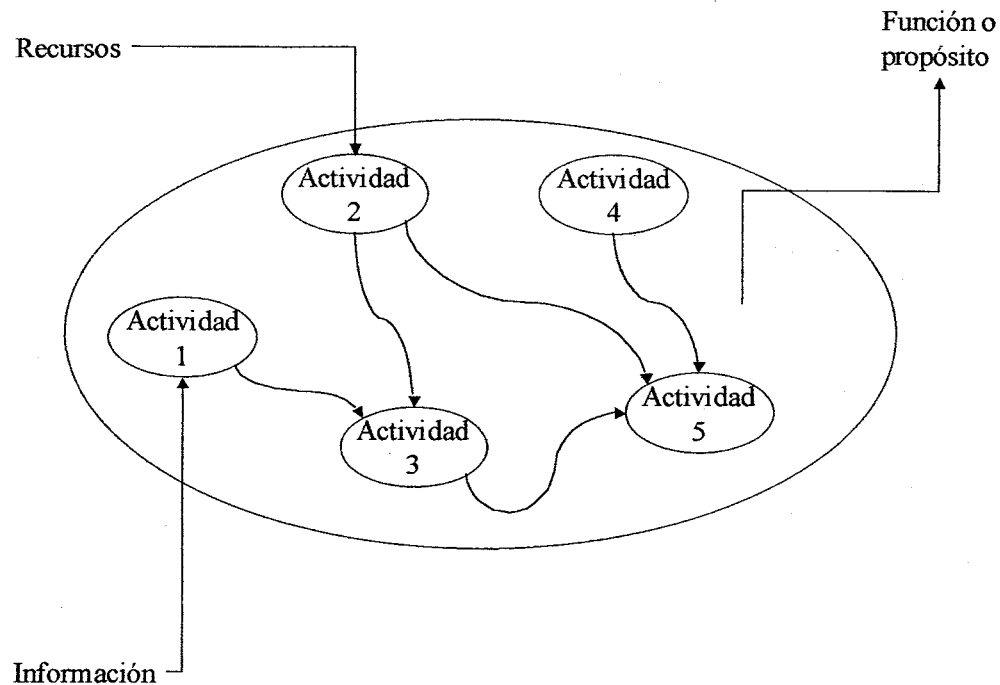


Figura 10. El enfoque funcional

1.6.5. Ventajas y desventajas

Cada una de las etapas de construcción de modelos conceptuales descritas con anterioridad tienen limitaciones, pero también ventajas entre ellas. Esto evidentemente lleva a la conclusión de que ninguna, por sí sola, es mejor que las demás.

➤ El enfoque de la caja negra

Ventajas: Toma en cuenta el entorno del sistema.

Desventajas: Puede omitir detalles significativos, por lo que la construcción del modelo deberá realizarse por alguien con mucho conocimiento (*stakeholder*) del sistema o por personas que realicen visitas técnicas al lugar donde se localice el sistema en cuestión.

➤ El enfoque estructural

Ventajas: Proporciona el conocimiento de los elementos y atributos que son esenciales para explicar el comportamiento o propiedades de un sistema, la cuestión crucial es definir qué elementos y propiedades se deben tomar en cuenta.

Desventajas: En la práctica es el que se usa más frecuentemente generando voluminosos y en ocasiones inútiles bancos de información que en todo lugar y para todo problema se integran.

> El enfoque funcional

Ventajas: Evita la recolección indiscriminada de datos o regresiones interminables (sistemas, actividades, subactividades, partes, elementos, relaciones, atributos, etc.) ya que no es necesario conocer con detalle toda actividad, sino solamente aquellas actividades que no operen adecuadamente.

Desventajas: Las organizaciones se diseñan y operan conforme a muchos propósitos y de muchas maneras, por lo que también pueden interpretarse en varias formas.

En la figura 11 se resumen las ventajas y desventajas (fortalezas y debilidades) de las tres etapas para la construcción de modelos conceptuales que se han estudiado.

ENFOQUE	FORTALEZAS	DEBILIDADES
Caja Negra	Representación simple y significativa del sistema en su entorno.	No describe cómo se realiza el proceso de transformación
Estructural	Se conocen todos los elementos del sistema y sus atributos.	No define criterios para determinar qué elementos y atributos considerar. Gran volumen de información.
Funcional	Recolección discriminada de datos de entrada en las actividades que no operan adecuadamente.	Usa una concepción unifuncional y no toma en cuenta que las organizaciones son diseñadas y operadas conforme a muchos propósitos.

Figura 11. Ventajas y desventajas de las etapas para construir modelos conceptuales.

De acuerdo con las características, fortalezas y debilidades de cada una de las etapas vistas anteriormente, la mejor manera para saber cómo opera un sistema (centro de servicio automatiz) en el estado actual en que se encuentra, es mediante la combinación de enfoques; es decir, el enfoque de la caja negra muestra la situación del sistema en su entorno, el enfoque estructural reduce el entorno a los elementos específicos del sistema y finalmente, el enfoque funcional considera únicamente la estructura de aquellos elementos que no operen adecuadamente (en el caso de este trabajo es el área operativa del centro de servicio automatiz).

1.6.6. Segunda propuesta: lo que debería hacer el sistema

La aplicación de los modelos conceptuales, como ya se ha mencionado, no termina con la definición de lo que es el sistema, todavía va más allá. Después de aplicar los enfoques de caja negra, estructural y funcional, se llega a definir cómo funciona el área operativa del centro de servicio, misma que es el área de interés en el presente documento.

Ahora bien, existen otros modelos conceptuales que intervienen en las áreas de interés para determinar los problemas de origen que provocan que la parte operativa del centro de servicio no opere adecuadamente. En el presente trabajo se mencionaran dos de ellos, pero debe aclararse que existen muchas otras técnicas heurísticas que tienen este mismo fin.

1.6.7. Análisis causa-efecto

Para poder concebir la situación problemática, el análisis causa-efecto lleva a considerar a un mismo problema desde distintas facetas. Dicho análisis hace énfasis en contestar a distintas preguntas sobre el problema.

Esta técnica es esencialmente una extensión del enfoque de la caja negra, puesto que consiste en colocar en un rectángulo (caja) el problema por analizar; del lado izquierdo se anotan las principales causas (entradas) y del lado derecho los principales efectos (salidas) que deriven del problema, tal y como se aprecia en la *figura 12*.

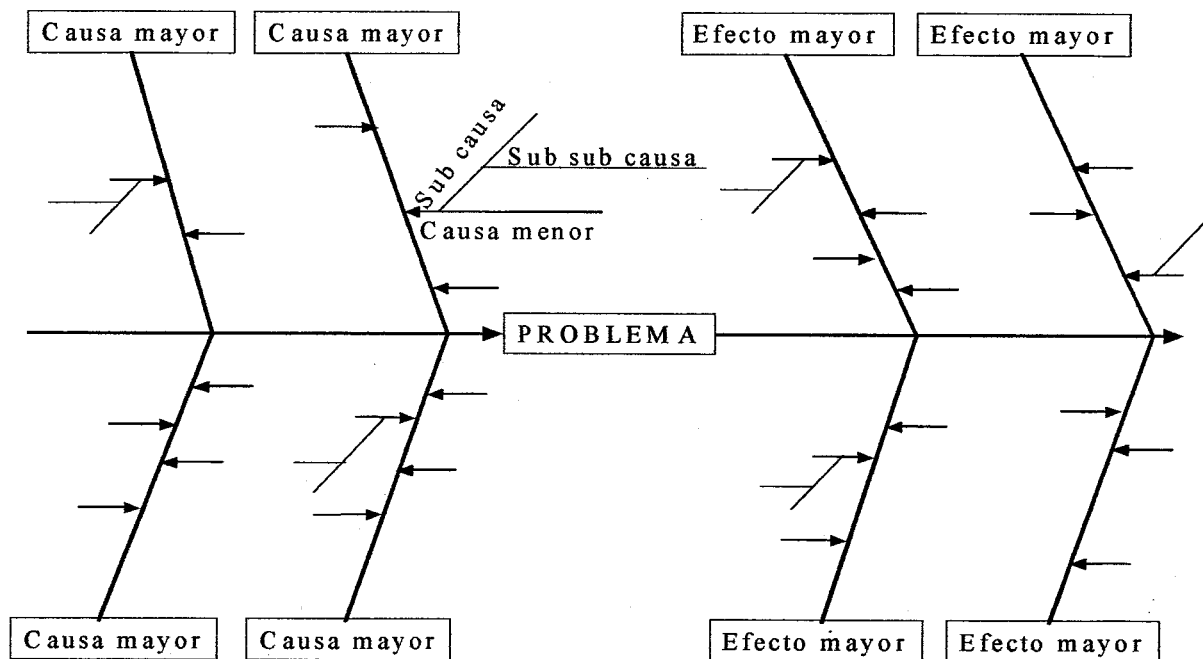


Figura 12. Diagrama causa-efecto

Fue desarrollado en 1942 por el profesor Kaoru Ishikawa de la Universidad de Tokio y fue utilizado por primera vez en 1953 en Japón por la Compañía Acerera Kawasaki Iron Fukiaki Works para normalizar y controlar todos sus procesos. Años después, en la Universidad de Oregon, se crearon algunas extensiones del mismo y actualmente es ampliamente usado en la solución de problemas.

Es una técnica sencilla y flexible para visualizar, identificar y analizar todas las causas posibles de un efecto particular. Dicho efecto, normalmente es un problema relacionado con un proceso interno de producción o servicio.

Consiste en construir e interpretar un diagrama causa-efecto (conocido también por su apariencia como "esqueleto de pescado"). Su propósito fundamental es servir como primer paso en la solución de problemas, por medio de la generación de listas comprensibles de posibles causas y señalar acciones potenciales para remediarlas o, en su defecto, puede indicar las mejores áreas potenciales para exploraciones o análisis futuros. Como mínimo resultado de este diagrama se obtendrá un mayor entendimiento del problema.

Cuarto paso: se deben identificar las causas y los efectos repetidos o similares, para eliminarlos o reagruparlos. Sirve mucho aplicar la pregunta siguiente: *¿cuáles son las causas mayores o factores básicos que influyen en el problema y cuáles son los efectos mayores o factores básicos que derivan a causa de éste?* Si existe dificultad para contestar esta pregunta, se puede hacer uso de:

Segundo paso: se debe especificar lo más posible el problema y eliminar las ambigüedades en cuanto a la determinación de que algo sea causa o efecto.

Conviene hacer algunas observaciones adicionales respecto al procedimiento para realizar el análisis de causa-efecto.

1. Construcción del diagrama (pasos 1 a 5)
2. Identificación de las causas o efectos más probables (paso 6)
3. Generación de posibles soluciones (paso 7)

En las áreas operativas de los centros de servicio automatiz intervienen distintas instancias las cuales realizan a su vez diferentes actividades. Por tal motivo resulta conveniente que un diagrama causa-efecto de problemas operativos sea realizado por todas aquellas personas directamente involucradas con las actividades operativas (*stakeholders*). De no realizarse de esta manera, se correrá el riesgo de parcializar el procedimiento de construcción de dicho diagrama, al no considerar todos los puntos de vista posibles relativos a las operaciones.

Las técnicas heurísticas ofrecen un procedimiento participativo en el cual intervienen los *stakeholders* involucrados en el área operativa. Dicho procedimiento consta de tres etapas y siete pasos (ver figura 14):

Procedimiento

Figura 13. Fortalezas y debilidades del análisis causa-efecto.

Análisis causa-efecto	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
Elimina el síndrome de la causa única.	Las causas son mutuamente excluyentes.
Uniformiza el entendimiento del problema al presentar la misma información a todos los involucrados.	No pondera el grado de influencia (<i>peso</i>) que tienen las causas individuales sobre el efecto.
Los involucrados se hacen responsables del problema.	No hay relación entre las causas.

Es importante señalar que esta técnica se puede desarrollar utilizando tan solo el lado izquierdo (las causas), como inicialmente fue creada, o también, empleando el lado derecho (los efectos) o ambos lados. La técnica es compatible con directivos introvertidos e incompatible con los extrovertidos. El resumen de fortalezas y debilidades del análisis causa-efecto se muestra en la figura 13.

En el área productiva: las *4M's* que quieren decir: Mano de Obra, Métodos, Maquinaria y Materiales. Podría agregarse otra *M* del Medio Ambiente.

En el área administrativa: las *4P's* que quieren decir: Políticas, Personas, Procedimientos y Proveedores.

Algunas otras tales como: Manejo de Gente, Sistemas, Habilidades y Lugar o Ubicación.

Dentro de las causas determinadas se encontrarán sub-causas, sub-sub-causas y así sucesivamente hasta llegar al origen del problema.

Séptimo paso: La forma de determinar la validez y relevancia de las causas y los efectos es mediante la experiencia de los *stakeholders* o el uso de encuestas. El grupo debe quedar convencido que las causas anotadas en el lado izquierdo del diagrama, han producido el problema analizado y a su vez, éste ha derivado los efectos anotados en el lado derecho del diagrama, resultando así un *diagrama en equilibrio*.

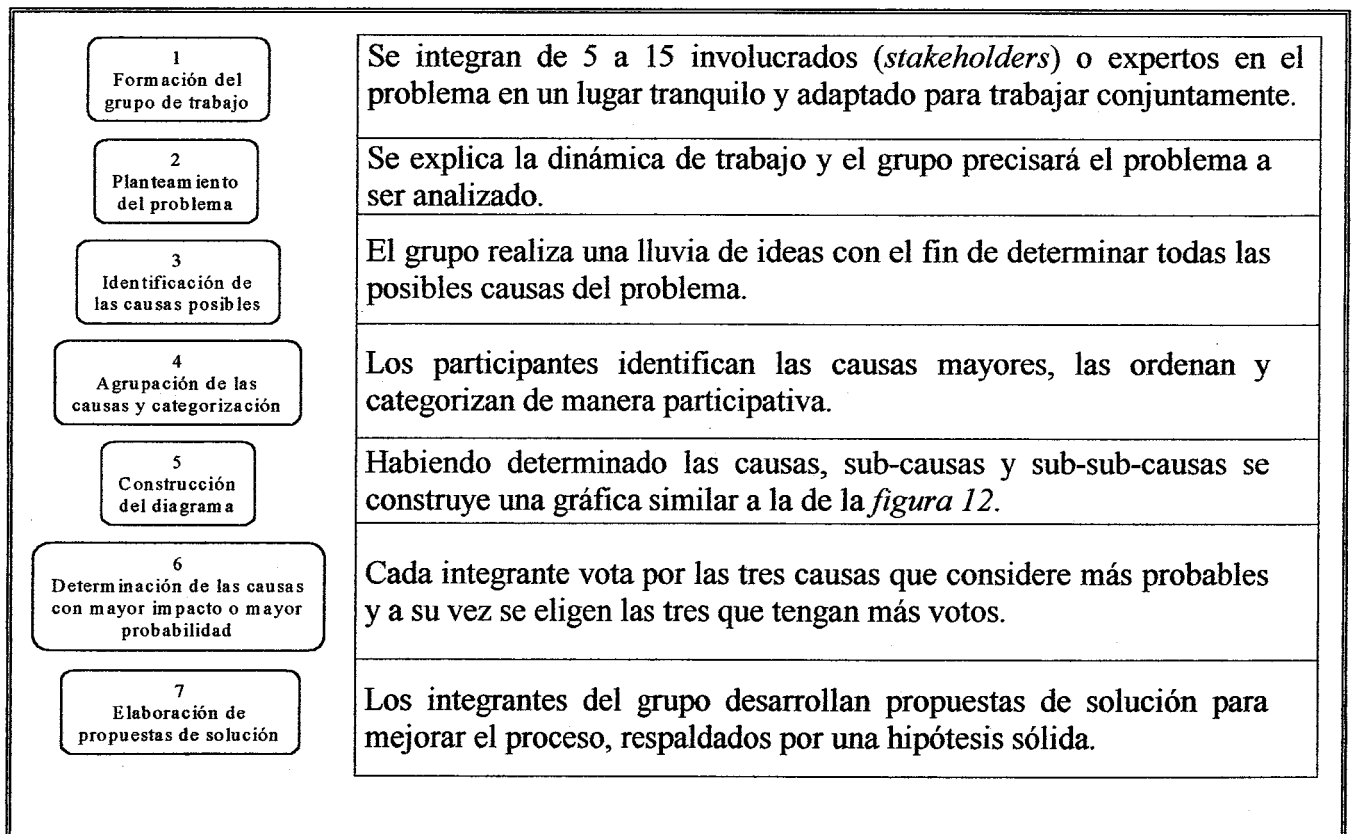


Figura 14. Procedimiento para realizar un análisis Causa-Efecto

Con el objeto de que los resultados arrojados por el diagrama causa-efecto resulten más sencillos de visualizarse sin el inconveniente de la complejidad óptica que éste representa, puede utilizarse una herramienta de apoyo suplementaria conocida como el *diagrama de relaciones*.

1.6.8. Diagrama de relaciones

Siendo los mismos preceptos que en el diagrama causa-efecto, el diagrama de relaciones de causas debe ser preparado por los *stakeholders* y posteriormente a la elaboración del diagrama causa-efecto. Es básicamente un método de inducción lógica que permite aclarar las causas y sus relaciones para identificar, confirmar y seleccionar las causas originales más importantes que afectan a un problema que se analiza.

Sirve para encontrar causas que con el diagrama de causa-efecto no se podrían o difícilmente se podrían encontrar. Este diagrama permite establecer la relación entre una *espiná* de un factor con la *espiná* de otro factor en el mismo diagrama de causa-efecto, permitiendo organizar mejor el análisis del problema.

En la *figura 15* se muestra el concepto de buscar las causas por medio de un diagrama de relaciones. Aparece el problema enmarcado en el centro, círculos que contienen causas que a su vez son resultado de otra(s) causa(s) y círculos que contienen causas solamente (causas originales).

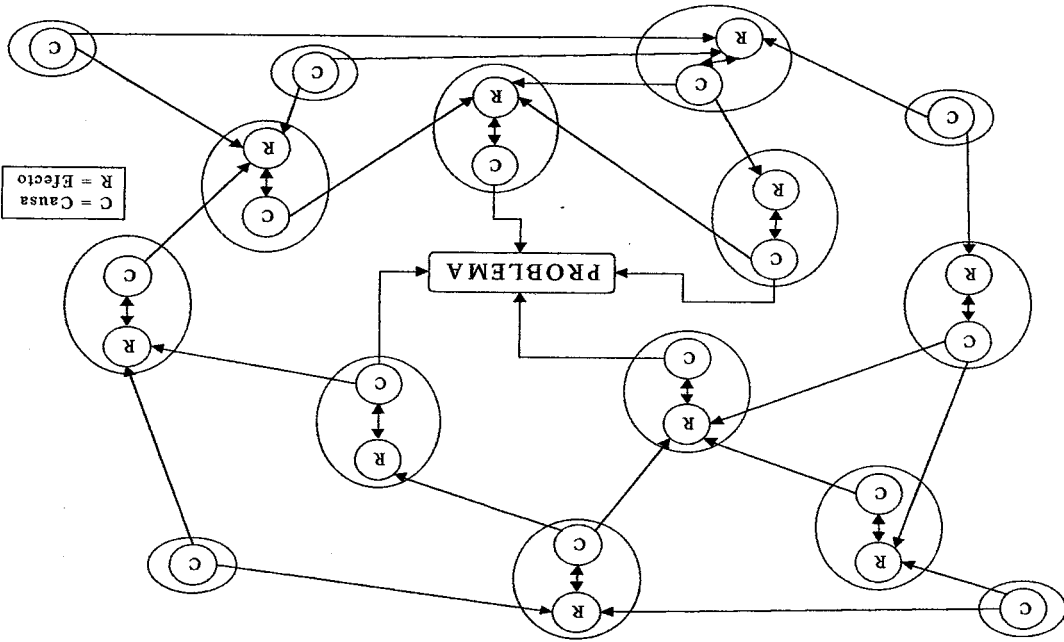


Figura 15. Diagrama de relaciones

Los diagramas de causa-efecto y de relaciones son prácticamente las únicas herramientas para encontrar y confirmar causas de problemas, cuando no puede hacerse mediante datos estadísticos.

Procedimiento

1. Se escribe el problema en el rectángulo central
2. Alrededor del problema se anotan las causas principales (de 3 a 5) seleccionadas del diagrama causa-efecto y se define el efecto que corresponde a cada causa. Las relaciones se establecen mediante flechas.

3. Se identifican las causas que originan los efectos definidos en el paso anterior. Se vuelven a definir efectos de estas nuevas causas hasta llegar a las causas origen del problema; o sea, el fenómeno fuente que origina el problema. Se relacionan los efectos y sus causas mediante flechas.
4. Verificar el diagrama y corregirlo, generalmente es necesario hacerlo 2 o 3 veces.
5. Seleccionar las causas a eliminar para resolver el problema, considerando los resultados que más causas les afecten y las causas origen.

1.7. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS CONCRETOS POR RESOLVER

Evidentemente, con la aplicación de los modelos conceptuales expuestos anteriormente es posible llegar a detectar los problemas de origen que afectan a un sistema (centro de servicio automotriz). Pero, puesto que el objetivo del presente trabajo es exponer un caso de operaciones real, el problema se complica y expande considerablemente.

Por tal motivo, dentro de las técnicas heurísticas se cuenta con otra herramienta cualitativa conocida como *TKJ* (la cual se expondrá a continuación) cuya aplicación práctica es eficiente pero que, necesariamente, requiere que quien la aplique conozca los conceptos que hasta ahora se han expuesto en este trabajo. Los *stakeholders* que participen en el desarrollo de la técnica *TKJ*, podrán trabajar en los problemas de sus respectivas áreas o sectores que intervienen en el proceso de transformación por separado, apoyándose en los modelos conceptuales que elaboren individualmente pero, posteriormente, tendrán que reunirse y participar con el resto de los grupos para atacar la problemática operacional del centro de servicio automotriz en conjunto.

1.7.1. La técnica TKJ⁽⁶⁾

La técnica *TKJ* fue desarrollada en la Corporación Sony por Shunpei Kobayashi a partir de la técnica *KJ*, inventada por el antropólogo japonés Dr. Jiro Kawakita, por lo que dicha técnica "Team Kawita Jiro" se designa por sus iniciales. La principal característica que distingue a la técnica *TKJ* de la *KJ*, es que el proceso general es realizado en grupo.

Consiste en reunir a un grupo de personas involucradas en una situación problemática común, que estén interesadas en analizarla y dispuestas a actuar para transformarla. La técnica *TKJ* es una herramienta útil para la formulación y solución de problemas. Se inicia con la identificación de los hechos superficiales (apariencias, dificultades, síntomas, etc.) y concluye con la definición de las causas de origen y los compromisos de los participantes para la acción.

Esta técnica estimula la colaboración y la conciliación de intereses y opiniones de los integrantes del grupo, de tal modo que motiva a los individuos a crear un compromiso de llevar a cabo ciertas acciones de solución concretas y definidas. El ambiente participativo entre los miembros del grupo, permite su conscientización y sensibilización ante el problema analizado, conduciendo al autodescubrimiento y aceptación de las causas que lo producen, transformándose el grupo en un equipo de trabajo que busca una meta compartida.

⁽⁶⁾ Sánchez Guerrero Gabriel de las Nieves. Apuntes sobre la Cátedra Técnicas Heurísticas para la Planeación. División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, México UNAM 2000.

Procedimiento

La técnica TKJ consiste en aplicar tres etapas que comprenden doce pasos. La metodología se muestra en la *figura 16*. A grandes rasgos, puede encontrarse una gran similitud entre estas tres etapas y las correspondientes tanto a la metodología de sistemas suaves como a las del modelo del diamante. La principal diferencia radica en el hecho de que la aplicación de la técnica TKJ fue concebida con fines sumamente prácticos; es decir, para intervenir en empresas que requieren resolver situaciones problemáticas rápidamente y efectivamente, mientras que las otras dos requieren de un pensamiento de sistemas mucho más teórico y profundo.

- Formulación de la problemática (pasos 1 a 8)
- Identificación y diseño de la solución (pasos 9 y 10)
- Acciones de implantación y control (pasos 11 y 12)

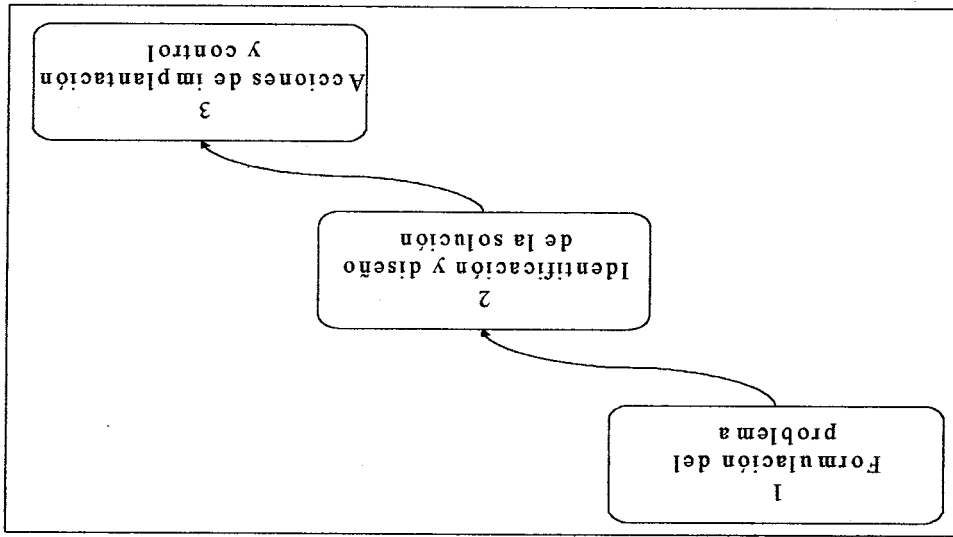


Figura 16. Procedimiento para realizar un ejercicio con la técnica TKJ.

La descripción detallada de cada etapa y de cada paso se proporcionará en la metodología que se muestra en el Capítulo V, para después proceder a corroborar sus resultados y efectividad al aplicarse en el estudio de caso del Capítulo VI.

Puesto que la técnica trabaja con hechos, se convierte en un magnífico recurso para producir convergencia de opiniones. Por tal motivo, conviene que los problemas analizados sean aquellos en los que las causas y los efectos estén bajo el control del centro de servicio, de lo contrario puede haber actitudes de decepción en algunos de los participantes.

1.8. CONCLUSIONES DE CAPÍTULO

En el presente Capítulo se revisaron los modelos de planeación y las técnicas heurísticas que resultan útiles y aplicables para resolver los problemas operativos que se presentan en centros de servicio automotriz. Se constató que el perfil más *humano* que tienen las técnicas heurísticas (*suaves*) resulta muy conveniente al aplicarse en las primeras etapas del análisis de una problemática, hasta llegar a definir claramente el problema por resolver.

Fueron presentados los contenidos de la metodología de sistemas suaves y del modelo del diamante, así como el marco teórico que integran ambos criterios al combinarse entre sí con el fin de interactuar en el ordenamiento de una situación problemática. Este marco teórico incluye la formulación de la problemática, la construcción de modelos conceptuales, la elaboración de modelos formales, la correspondiente solución de dichos modelos y la implantación de los resultados en el centro de servicio. De la implantación de dichos resultados, resultará un círculo virtuoso de mejora continua en la optimización de las operaciones.

Después de proporcionar orden en la situación problemática, se mostró la manera de formular la problemática operativa haciendo uso de estudios internos y de encuestas directas a los *stakeholders*, hasta llegar a una descripción breve y precisa de lo que se considera relevante que haga el centro de servicio.

Fueron definidos los modelos conceptuales susceptibles de utilizarse para definir los que *es* y lo que *debería hacer* el sistema (centro de servicio automotriz): enfoque de la caja negra, enfoque estructural, enfoque funcional, análisis causa-efecto, diagrama de relaciones y la técnica TKJ, así como las ventajas, desventajas y procedimientos de cada uno de ellos.

El resto de las etapas dentro del marco teórico definido, como son la construcción de modelos formales y su solución correspondiente son temas que se verán en Capítulos subsecuentes cuando se describan las técnicas cuantitativas (*duras*).

El objetivo del Capítulo I se alcanzó, toda vez que se introdujo una manera poco usual en la actualidad para atacar problemas operativos, la cual tradicionalmente ha aplicado técnicas cuantitativas, y que consiste en la utilización de técnicas heurísticas o cualitativas. Mucho de la problemática cotidiana en las organizaciones proviene del comportamiento humano. Negarse a aceptar que la solución de problemas operativos debe iniciar por comprender el efecto que tienen las personas en el estilo de trabajo de la organización, es negar el origen del problema y tal vez obtener resultados mediocres o parciales.

2.1. LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

Es un hecho indiscutible: el hombre racional ha cambiado su actitud frente a los fenómenos organizacionales, económicos y administrativos; en lugar de contentarse con la intuición o con la deducción cualitativa, reclama ahora una expresión numérica de los hechos. Para tomar una decisión el hombre desea tener un conocimiento formal o probabilístico de los sucesos, conocimientos que muy a menudo obtendrá gracias a medidas estadísticas. (7)

Entre las disciplinas que actualmente han alcanzado mayor popularidad dentro de las empresas que compiten en un mundo globalizado, se encuentran la ingeniería de sistemas, la investigación de operaciones y el análisis de sistemas. Con relación a la segunda, en sus orígenes consistió en construir teorías o modelos que dieran respuesta a problemas operativos y administrativos planteados.

Definida en términos amplios, la investigación de operaciones o ciencia de la administración, es la aplicación de procedimientos, técnicas y herramientas científicas a problemas relacionados con las operaciones y el control administrativo de las organizaciones, con el objeto de desarrollar y ayudar a evaluar alternativas de solución que produzcan soluciones que mejor sirvan a los objetivos de toda organización. (8)

Como disciplina, la investigación de operaciones incluye todos los enfoques racionales contemplados por la toma de decisiones y que se basan en la aplicación de una metodología científica (técnicas matemáticas) por parte de un grupo multidisciplinario de personas a un problema principalmente relacionado con la distribución eficaz de recursos limitados (dinero, materia prima, mano de obra, energía, tiempo, etc.) apoyándose en el enfoque de sistemas. Este enfoque incluye a las técnicas participativas (heurísticas) de planeación con las cuales un grupo de personas pertenecientes a distintas áreas de conocimiento discuten sobre la manera de resolver un problema en grupo. (9)

La investigación de operaciones puede considerarse tanto un arte como una ciencia. Como arte, refleja los conceptos *eficiente* y *limitado* de un modelo matemático bien definido en una situación dada; como ciencia, comprende la deducción de métodos de cálculo para resolver dichos modelos. (10)

En una organización, la investigación de operaciones se conduce generalmente por un grupo de ingenieros, contadores, estadistas, economistas, científicos y matemáticos. El uso de la computadora en esta disciplina es una necesidad. Dentro del proceso de investigación de operaciones, se define y analiza un problema, se prueban alternativas y se hace una recomendación. Una vez que dicha recomendación se pone en efecto, se convierte en un medio de planeación y control.

(7) A. Kaufman, *Métodos y Modelos de la Investigación de Operaciones*, C.E.C.S.A. México 1962.

(8) Ackoff, R.L. y Sasieni M. W. *Fundamentals of Operations Research*, John Wiley & Sons, 1968.

(9) Davis, McKeown. *Modelos Cuantitativos para Administración*. Grupo Editorial Iberoamérica, México 1986.

(10) Bronson, Richard. *Investigación de Operaciones*, McGraw Hill, México 1998.

El objetivo de la investigación de operaciones es proporcionar procesos y procedimientos que ayuden a resolver problemas basándose en la filosofía de que una gran parte de la toma de decisiones consiste en:

1. Identificar y analizar problemáticas cuantificables (operativas).
2. Comprender las relaciones entre los factores interrelacionados.
3. Aislar los factores sobre los cuales tiene control quien toma las decisiones.

Entre las características más importantes de la investigación de operaciones se pueden resaltar las siguientes:

- El método científico es aplicado a la solución de problemas.
- Usa modelos matemáticos y técnicas cuantitativas.
- Es una ayuda para tomar decisiones; pero no es un medio para tomar automáticamente las decisiones.
- Busca la alternativa óptima.
- Utiliza cada vez más, nuevas técnicas en la solución de problemas.

Es importante mencionar que el ejecutivo no debe pensar que la investigación de operaciones tiene por objeto reemplazarlo de su característica función de tomar decisiones; sino todo lo contrario, la nueva tecnología le enriquece y engrandece más que disminuir esa importantísima función. Esta hace que los ejecutivos tengan mayor responsabilidad de tomar mejores decisiones, toda vez que cuentan con mejor información cuantitativa (numérica) y más completa para que tomen mejores decisiones sobre actividades que quedan bajo su dirección, tendiente a la consecución de los objetivos que su organización se ha fijado.

En otras palabras, la investigación de operaciones no supone que los dirigentes sean malos o incapaces de llevar a cabo sus funciones; por el contrario, aquél de los dirigentes que se encuentre mejor preparado y tenga una experiencia más amplia que la de los demás, podrá obtener mayor beneficio de la investigación de operaciones, porque esta herramienta le ayudará en la toma de decisiones.⁽¹¹⁾

Conviene entender que la investigación de operaciones no es una panacea para todos los problemas que se presenten en la empresa. Está limitada al estudio de factores tangibles y medibles. Los muchos y muy importantes factores de carácter intangible y cualitativo deben seguir siendo evaluados por el buen juicio de los ejecutivos, apoyados en las técnicas heurísticas.

Una vez que el ejecutivo comprenda lo que es la investigación de operaciones, fácilmente apreciará la valiosa ayuda que recibirá en virtud de que:

- Podrá descubrir las variables de importancia que forman parte del problema.
- Dará mayor precisión a la solución de problemas, al subsistir su juicio subjetivo con la medición y la manipulación matemática.

⁽¹¹⁾ Martínez Villegas, Fabián, El ejecutivo en la empresa moderna, PAC, México 1988.

- Ahorrará tiempo y esfuerzos en la solución de problemas, porque trabajará con símbolos que representan la situación real.
- Conocerá con mayor precisión las incertidumbres, las alternativas y las probabilidades de pérdidas y ganancias.

2.2. INICIOS DE LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

Los inicios de la investigación de operaciones se remontan al año de 1759 cuando el economista Quesnay empieza a usar modelos primitivos de programación matemática. Más tarde, otro economista de nombre Walras, hace uso, en 1874, de técnicas similares. Los *modelos lineales* de la investigación de operaciones tienen como precursores a Jordan en 1873, Minkowsky en 1896 y a Farkas en 1903. Los *modelos dinámicos probabilísticos* tienen su origen con Markov a fines del siglo XIX. El desarrollo de *modelos de inventarios*, así como el de *tiempos y movimientos*, se lleva a cabo por los años veinte del siglo pasado, mientras que los *modelos de línea de espera* se originan con los estudios de Erling, a principios del siglo XX. Los *problemas de asignación* se estudian con modelos matemáticos por los húngaros Koing y Egervary en la segunda y tercera décadas del siglo pasado. Los *problemas de distribución* se estudian por el ruso Kantorovich en 1939. Von Neuman cimenta en 1937 lo que años más tarde culminaría como la *teoría de juegos* y la *teoría de preferencias* (esta última desarrollada en conjunto con Morgenstern). Hay que hacer notar que los modelos matemáticos de la investigación de operaciones que utilizaron estos precursores, estaban basados en el cálculo diferencial e integral (Newton, Lagrange, Laplace, Lebesgue, Leibnitz, Reimman, Stieltjes, por mencionar algunos), la probabilidad y la estadística (Bernoulli, Poisson, Gauss, Bayes, Gosset, Snedecor, etc.). El Dr. George Dantzig resume el trabajo de muchos de sus precursores en 1947 e inventa el *método simplex*, con lo cual dio inicio a la *programación lineal*. Con el avance de las computadoras, durante la década de 1950 a 1960, se extendió la investigación de operaciones en las áreas de *programación dinámica* (Bellman), *programación no lineal* (Kuhn y Tucker), *programación entera* (Gomory), *redes de optimización* (Ford y Fulkerson), *simulación* (Markowitz), *inventarios* (Arrow, Karlin, Scarf, Whittin), *análisis de decisiones* (Raifa) y *procesos markovianos de decisión* (Howard). La generalización de la investigación de operaciones han tratado de darla Churchman, Ackoff y Arnoff. ⁽¹²⁾

2.3. EVOLUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

La investigación de operaciones, o ciencia de la administración, sigue siendo un término nuevo para muchas personas, aun cuando el área tuvo sus comienzos durante la Segunda Guerra Mundial y con la primera edición de la revista titulada *Management Science* que se publicó en octubre de 1954. Fue utilizada originalmente para aumentar la eficiencia militar durante la Segunda Guerra Mundial; sin embargo, estudios posteriores demostraron que la investigación de operaciones tenía también aplicaciones civiles (industria, comercio, banca, servicios, etc.) para resolver problemas que se presentaban en organizaciones sociales.

Durante la primera mitad del siglo XX, los investigadores comenzaron a utilizar procedimientos científicos para investigar problemas que se encontraban fuera de las ciencias puras, pero no fue sino

hasta comienzos de la Segunda Guerra Mundial que esos esfuerzos se unificaron para perseguir un objetivo común. En 1937, en Gran Bretaña, se reunió a un equipo de matemáticos, ingenieros y científicos en áreas básicas para estudiar los problemas estratégicos y tácticos asociados con la defensa del país. El objetivo del equipo era determinar la forma más efectiva de utilizar recursos militares limitados. Las actividades de este grupo, que se organizó como parte del *personal operativo* de la organización militar británica, no se denominaron ciencia de la administración, sino más bien investigación de operaciones, debido a que el equipo se dedicaba a analizar operaciones (militares).

Los éxitos de los equipos de investigación de operaciones británicos en muchos de sus esfuerzos de investigación motivaron a los Estados Unidos de Norteamérica a empezar actividades similares. Algunas actividades exitosas de estos equipos en Estados Unidos incluyeron el estudio de *problemas logísticos* complejos como: el desarrollo de patrones de vuelo para aviones, la planeación de maniobras navales y la utilización efectiva de recursos militares.

Después de la guerra, muchas de las personas asociadas con la investigación de operaciones durante el conflicto bélico se dieron cuenta de que muchos de los métodos y técnicas que se aplicaron a los problemas militares podían aplicarse a problemas industriales. Sin embargo, estos conceptos e ideas comenzaron a aplicarse a la industria hasta la década de 1950, cuando se desarrollaron y estuvieron disponibles comercialmente las computadoras. Al principio, muchos de los problemas industriales que se estudiaron, como el *control de inventarios* y los *sistemas de transporte*, eran semejantes a problemas militares. Sin embargo, en la actualidad, es fácil encontrar numerosos casos en los que los conceptos de investigación de operaciones/ciencia de la administración se han aplicado a compras, mercadotecnia, contabilidad, planeación financiera y otras áreas.

Aunque Gran Bretaña tiene el crédito del inicio de la investigación de operaciones como disciplina, los investigadores de los Estados Unidos de Norteamérica han hecho contribuciones importantes a su desarrollo. Una de las técnicas matemáticas de más amplia aceptación, el *método simplex* de la *programación lineal*, fue desarrollado en 1947 por un estadounidense, George B. Dantzing. Esta técnica en particular tuvo amplias aplicaciones a muchos problemas operativos y fue la base para muchas otras técnicas matemáticas, como la *programación por metas* y la *programación entera*.

Si bien las numerosas aplicaciones de la investigación de operaciones ocurrieron en los años de 1950, no fue sino hasta principios de 1960 que se establecieron programas académicos que ponían énfasis en esta área, y hasta mediados de esta misma década comenzaron a salir de las universidades las primeras personas con una capacitación formal. En consecuencia, los grupos de asesoría formales de investigación de operaciones no comenzaron a aparecer en las organizaciones industriales y en las operaciones gubernamentales sino hasta finales de la década de 1960.

El desarrollo de grupos formales de asesoría en investigación de operaciones no condujo a una utilización exitosa de las técnicas. Por el contrario, muchos especialistas en investigación de operaciones fueron acusados de estar más interesados en manipular problemas para que se ajustaran a las técnicas, que en trabajar con los administradores para analizar problemas, desarrollar métodos apropiados de solución y desarrollar e implantar sistemas funcionales para producir soluciones. En retrospectiva, durante el crecimiento de los programas académicos en investigación de operaciones, se concentró la atención en el desarrollo de técnicas y herramientas en vez de hacerlo en las aplicaciones y estrategias para implantar las técnicas. Y, aunque los conocimientos avanzaron en áreas asociadas

Paso II: Formular un modelo (generalmente un modelo matemático) para representar el problema. Los modelos, o representaciones idealizadas, son una parte integral de la vida diaria. Estos modelos son muy valiosos para abstraer la esencia del objeto en estudio, mostrando sus interrelaciones y facilitando el análisis.

Paso I: Definir el problema y obtener los datos. El equipo de investigación de operaciones consulta a los directivos para identificar claramente el problema en cuestión y averiguar los objetivos específicos del estudio. Generalmente, el equipo invierte una considerable cantidad de tiempo recopilando los datos relevantes acerca del problema, con la asistencia de otros individuos clave de la organización. Una frustración común es que algunos datos pueden estar aproximados o inclusive inaccesibles. Esto requerirá instalar un nuevo sistema de manejo de información computarizado.

El enfoque de la investigación de operaciones es el mismo que el del método científico. Los pasos del método científico en la investigación de operaciones son los siguientes:⁽¹⁴⁾

Como lo indica su nombre, la investigación de operaciones significa "hacer investigación sobre las operaciones". Esto dice algo tanto del enfoque como del área de aplicación. Entonces, la investigación de operaciones se aplica a problemas que se refieren a la conducción y coordinación de operaciones o actividades dentro de una organización. La naturaleza de la organización es esencialmente imaterial y, de hecho, la investigación de operaciones se ha aplicado a negocios, la industria, la milicia, el gobierno, los hospitales, etc.; así, la gama de aplicaciones es extraordinariamente amplia.⁽¹³⁾

2.4. CARACTERÍSTICAS SOBRESALIENTES DE LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

Actualmente, el desarrollo de los sistemas computacionales ha ayudado al área de implantar al permitir que quienes toman las decisiones interactúen en forma directa con los modelos de la investigación de operaciones. Como resultado, esto ha disminuido la necesidad de que un experto en investigación de operaciones actúe como intermediario entre el administrador y el modelo, y ha permitido que el administrador explore preguntas hipotéticas con el objeto de comprender y apreciar mejor el potencial del modelo. Los sistemas también han puesto el poder de las computadoras a disposición de un gran número de empresas, ampliando de esta manera la aplicación potencial de las técnicas de la investigación de operaciones.

Para la década de 1980, la investigación de operaciones había madurado y una gran cantidad de los problemas de implantar que aparecieron a finales de la década de 1960 y principios de 1970 se habían superado, gracias a los progresos de la tecnología en computadoras y a cambios en los planes de estudio académicos. Un mejor desarrollo de técnicas y modelos, énfasis en el implante y la aplicación, y la disponibilidad de computadoras, ampliaron en gran medida el alcance y la magnitud de los problemas que resultaron posibles de alcanzar.

con técnicas y modelos matemáticos, la investigación de operaciones experimentó un éxito limitado con la aplicación de las técnicas en sus años de formación.

Paso III: Desarrollar un procedimiento basado en computadora para llegar a soluciones del problema a partir del modelo. La bondad de los modelos matemáticos bien diseñados es que permiten usar procedimientos matemáticos que *corran* en computadora para encontrar buenas soluciones al problema. En ocasiones, el equipo de investigación de operaciones tendrá que desarrollar el procedimiento. En otros casos, podrán usar paquetes de software para computadora, ya disponibles en el mercado, para resolver el problema. Cuando un modelo matemático se incorpora a una hoja de cálculo, generalmente el paquete incluye la función SOLVER que podrá resolver el problema.

Paso IV: Probar el modelo y refinarlo si es necesario. Cuando el modelo pueda resolverse, el equipo tendrá que revisar y probar el modelo para asegurarse que proporciona una suficiente representación del problema real. Pueden plantearse varias preguntas y ayudarse con otras personas que estén familiarizadas con el problema. ¿Fueron incorporados correctamente los factores e interrelaciones relevantes del problema al modelo?, ¿parece que el modelo proporcionará soluciones razonables?, ¿cuando se aplica a una situación pasada, la solución mejora lo que se hizo?, ¿cuando se hacen cambios en las suposiciones relativas al costo y utilidad, la solución cambia de manera plausible?

Paso V: Aplicar el modelo para analizar el problema y llegar a desarrollar recomendaciones para los directivos. El equipo de investigación de operaciones puede ahora resolver el modelo, tal vez partiendo de varias suposiciones, con el fin de analizar el problema. Las recomendaciones pertinentes se presentan a los directivos quienes tomarán la decisión de cómo tratar el problema.

Paso VI. Ayudar a implementar las recomendaciones del equipo que fueron adoptadas por los directivos. Una vez que los directivos toman la decisión, el equipo de investigación de operaciones es requerido para ayudar a supervisar la implementación de los nuevos procesos. Esto incluye proporcionar información a los gerentes de operaciones y al personal involucrado acerca de los cambios racionales que estén por llevarse a cabo. El equipo se asegurará también de que el nuevo sistema operativo sea consistente con sus recomendaciones o si hay modificaciones que deban aprobarse por los directivos.

En resumen, el proceso comienza por la observación cuidadosa del problema y sigue con la construcción de un método científico (por lo general matemático) que intenta abstraer la esencia del problema real. Una idea de esta abstracción se muestra en la *figura 17*.

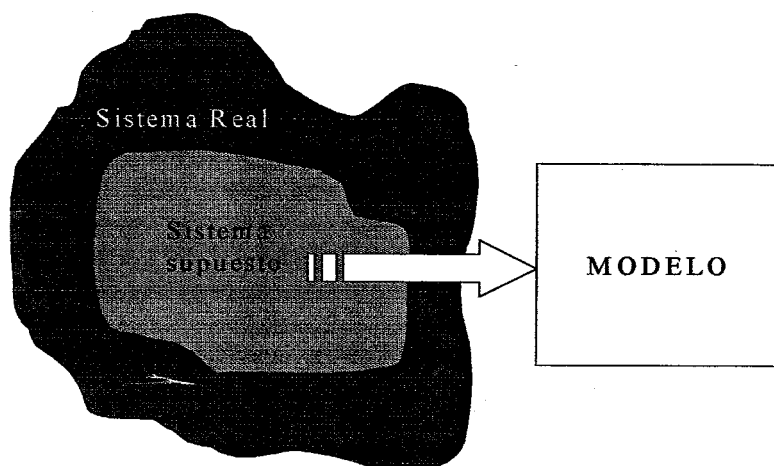


Figura 17. Generación de un modelo que extrae la esencia de un problema.

Aquí conviene resaltar que el proceso de abstracción (idealización, restricción y simplificación) siempre introduce algún grado de error en las soluciones obtenidas, por lo que el ejecutivo no debe volverse incondicional de un modelo cuantitativo y adoptar automáticamente sus conclusiones como la decisión correcta. La cuantificación es una ayuda para el *juicio empresarial* y no un sustituto de éste.

La investigación de operaciones se ocupa también de la administración práctica de la organización. Así, para tener éxito, deberá también proporcionar conclusiones positivas y claras que pueda usar el tomador de decisiones cuando las necesite. Una característica más de la investigación de operaciones es su amplio punto de vista organizacional, puesto que intenta resolver conflictos de intereses entre los componentes de la organización de forma que el resultado sea el mejor para toda la organización. Una característica adicional es que la investigación de operaciones intenta encontrar la mejor solución, o la *solución óptima*, al problema bajo consideración. No se enfoca solamente a mejorar el estado de las cosas, la meta es identificar el mejor curso de acción posible.

Resulta evidente que no puede esperarse que un solo individuo sea experto en todos los múltiples aspectos del trabajo de investigación de operaciones o de los problemas que se estudian; se requiere un grupo de individuos con diversos antecedentes y habilidades. Entonces, cuando se va a realizar un estudio de investigación de operaciones completo de un nuevo problema, por lo general es necesario organizar un equipo que incluya individuos con antecedentes firmes en matemáticas, estadística y teoría de probabilidades, al igual que en economía, administración de empresas, computación, ingeniería, ciencias físicas y del comportamiento y, por supuesto, en las técnicas de investigación de operaciones. El enfoque de investigación de operaciones incorpora el enfoque sistémico puesto que reconoce que las variables internas en los problemas de decisión son interdependientes e interrelacionadas. Los principales campos de aplicación de la investigación de operaciones son:¹⁵

➤ Relativa a personas:

1. Organización y Gerencia.
2. Ausentismo y relaciones de trabajo.
3. Economía.
4. Decisiones individuales.
5. Investigaciones de mercado.

➤ Relativa a personas y máquinas:

1. Eficiencia y productividad
2. Organización de flujos en fábricas.
3. Métodos de control de calidad, inspección y muestreo.
4. Prevención de accidentes.
5. Organización de cambios tecnológicos.

¹⁵ Chivenato Idalberto, Introducción a la Teoría General de Administración, Mc Graw Hill, 1989.

➤ **Relativa a movimientos:**

1. Transporte
2. Almacenamiento, distribución y manipulación.
3. Comunicaciones.

2.5. LOS MODELOS MATEMÁTICOS

Un modelo es la representación ideal (abstracción) de un sistema y la forma en que éste opera. El objetivo es analizar el comportamiento del sistema eliminando las complejidades y haciendo suposiciones pertinentes, o bien predecir su comportamiento futuro. Obviamente, los modelos no son tan complejos como el sistema mismo, de tal manera que se hacen las suposiciones y restricciones necesarias para representar las porciones más relevantes del mismo. Claramente no habría ventaja alguna de utilizar modelos si éstos no simplificaran la situación problemática. Para lograr el éxito, un modelo debe tener un propósito claro, que debe ser la solución de un problema particular. Una parte del arte de la construcción de modelos consiste en saber qué dejar fuera. Dentro de este contexto, el propósito del modelo es convertirse en un “*cuchillo lógico*”, que proporciona un criterio para decidir qué cortar y lograr dejar sólo las características esenciales necesarias para satisfacer el propósito.

Puede decirse que las principales armas con las que la investigación de operaciones ataca los problemas, son los modelos matemáticos. Estos pueden definirse como representaciones simbólicas de situaciones problemáticas que tienen por objeto explicar el comportamiento de un sistema en estudio; es decir, representan una serie de hechos que en conjunto forman el problema que se pretende resolver.

La construcción de modelos matemáticos requiere de las consideraciones siguientes:

1. Conocer el significado de los símbolos empleados en su construcción.
2. Los elementos que integran la situación en estudio deben ser medibles.
3. Deben considerarse todos los elementos que afecten el problema.
4. Los elementos deben ser lo más exactos posible, de acuerdo a las circunstancias, puesto que de la exactitud de los mismos dependerá la certeza de la solución.
5. Debe aplicarse el criterio al adaptar los resultados en la forma que sea más adecuada.

Por medio de los modelos matemáticos, los elementos que integran un problema se reducen a cantidades susceptibles de ser medidas y analizadas aplicando técnicas matemáticas. Esto permite delimitar las probabilidades, que en circunstancias variables, pudieran resultar al hacer determinadas combinaciones de esos elementos que integran el problema. En muchos casos pueden utilizarse modelos matemáticos que, mediante letras, números y operaciones, representen variables, magnitudes y sus relaciones correspondientes.

En estas circunstancias la solución del problema, a partir del modelo matemático, se obtiene probando varios valores de las variables de control del modelo, comparando los resultados obtenidos y seleccionando los valores de esas variables que brinden la mejor solución. Dichos procedimientos van desde la simple "prueba y error" hasta la completa "iteración".

Iteración: Proceso que proporciona un conjunto de reglas que identifican la solución óptima cuando ésta ha sido obtenida.

Las técnicas de investigación de operaciones más usadas en las empresas son muchas y muy variadas; tanto como lo requiera la habilidad del ejecutivo, quien será asesorado por especialistas en cada materia. Entre las diversas técnicas con que cuenta la investigación de operaciones, destacan las siguientes:

- Programación lineal
- Problemas de asignación y transporte
- Optimización de redes
- Análisis de sensibilidad y dualidad
- Programación entera
- Programación dinámica
- Programación matemática
- Análisis de decisiones
- Análisis de riesgo
- Control y administración de inventarios
- Líneas de espera
- Simulación
- Ruta crítica
- Pronóstico

Las técnicas mencionadas con anterioridad se estudian en los textos y documentos relacionados con las técnicas cuantitativas para la planeación y con la dirección de operaciones. Si bien cada una de ellas tiene una metodología y objetivo particular, en este trabajo se persigue la idea de mostrar la aplicación que algunas de estas técnicas tienen en la optimización de las operaciones presentes en los centros de servicio automatiz. Por tal motivo, no será necesario explicar todas ellas, sino las que tienen aplicación particular en dichas operaciones.

Existen dos clases principales de modelos matemáticos:

Modelos descriptivos: representan una relación pero no indican ningún curso de acción. Son útiles para pronosticar la conducta del sistema pero no pueden identificar el "mejor" curso de acción que debe tomarse. En otras palabras, describe o puede utilizarse para pronosticar la comisión por ventas, por ejemplo, si se especifica el número de éstas.

Modelos normativos: también llamados modelos de optimización, son prescriptivos porque señalan el curso de acción que el administrador (o *decisor*) debe seguir para alcanzar un objetivo definido. Pueden contener sub-modelos descriptivos, pero difieren de los modelos descriptivos porque es posible determinar un curso de acción óptimo o mejor. Esto implica que se incorpora un objetivo al modelo y que es posible identificar los efectos que diferentes cursos de acción tienen sobre el objetivo.

Evidentemente, la clase de problemas operativos que se presentan en los centros de servicio automotriz, están comprendidos dentro de los que pueden manejarse utilizando modelos normativos, toda vez que se pretende determinar el mejor curso de acción para optimizar las operaciones.

Como se ha explicado, un modelo es la simplificación de un problema de decisión. La simplificación se alcanza incluyendo solamente los elementos importantes y omitiendo las consideraciones que no son esenciales. El primer paso para construir un modelo normativo es elegir los factores o variables que el tomador de decisiones considera importantes y que pueden clasificarse en siete categorías.⁽¹⁶⁾

Variables de decisión: Son aquellas que están bajo el control del decisor y representan elecciones alternativas. Son las cantidades desconocidas que deben determinarse en la solución del modelo.

Parámetros: Son valores que describen la relación entre las variables de decisión. Los parámetros permanecen constantes para cada problema, pero varían con problemas distintos, por lo tanto son controlables.

Variables exógenas: En los problemas complejos pueden aparecer variables externas, importantes para el problema de decisión, pero que están condicionadas por factores que están fuera del control del decisor. Se pueden mencionar las condiciones económicas, acciones de los competidores, precios de las materias primas y otros factores similares.

Políticas y restricciones: Sirven para incluir las limitaciones físicas, políticas de la compañía y limitaciones legales que ocurren en el problema cuyo modelo se plantea. El modelo debe incluir cualesquiera restricciones que limiten las variables a valores permisibles (*factibles*). Por lo general se expresan como funciones matemáticas (submodelos descriptivos.) Son relaciones entre variables de decisión y magnitudes que dan sentido a la solución del problema.

Función objetivo: Define la efectividad del modelo como función de las variables de decisión. Es una relación matemática entre las variables de decisión, parámetros y una magnitud que representa el objetivo o producto del sistema. La solución *óptima* del modelo se obtiene cuando los valores de las variables de decisión arrojan el mejor valor de la función objetivo, al mismo tiempo que se satisfacen todas las restricciones.

Medidas de desempeño: En la toma de decisiones, los decisores tienen metas u objetivos que tratan de alcanzar. Las medidas de desempeño son expresiones cuantitativas de dichos objetivos.

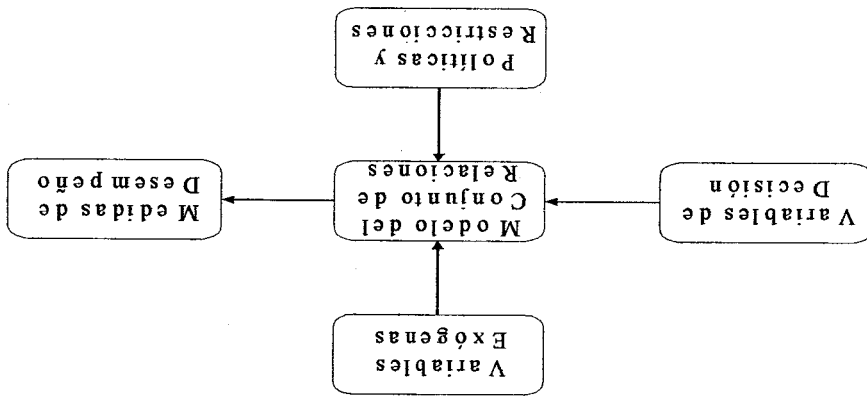
⁽¹⁶⁾ Bonini Ch.P., Hausam W.H., Bierman H., Quantitative Analysis for Management, Irwin, 1997.

Optimizar: se define como la acción de obtener el mayor provecho de algo. Así, la salida de un modelo de optimización nos indicará la mejor manera de cumplir con un objetivo o meta. En lugar de usar la técnica de *prueba y error*, un modelo de optimización puede usarse para determinar la mejor solución. Un modelo de optimización toma como entradas los objetivos buscados, las opciones posibles y las restricciones a ser satisfechas, para producir como salida la mejor alternativa que puede tomarse dadas las suposiciones del modelo. El propósito del modelo de optimización no es decir qué pasará bajo ciertas situaciones, sino qué debe hacerse para optimizar el objetivo.

Ha quedado establecido que al modelo normativo se le conoce también como modelo de optimización. En un problema de optimización se busca maximizar, o minimizar, una cantidad específica llamada *objetivo* la cual depende de un número finito de variables que, en un modelo de optimización restringida, se encuentran relacionadas a través de una o más restricciones. El planteamiento de este modelo se conoce como *programa matemático*.

2.7. MODELO DE OPTIMIZACIÓN RESTRINGIDA

Figura 18. Funcionamiento de un modelo y su relación con el exterior.



La figura 18 muestra cómo se relacionan las diferentes categorías de variables. El modelo está en el centro, siendo las variables de decisión, las variables exógenas y las restricciones las entradas del modelo y las medidas de desempeño las salidas del mismo. El modelo en sí representa un conjunto de relaciones entre variables. Definir estas relaciones es el segundo paso en la construcción del modelo (la primera, como se dijo antes, es definir las variables importantes). El modelo se comporta entonces como una *caja negra* que transforma variables de decisión en medidas de desempeño para un grupo específico de variables exógenas, de políticas y de restricciones.

2.6. MODELOS Y RELACIONES ENTRE VARIABLES

Variables intermedias: Son variables que se requieren para incluir factores importantes al problema de decisión. A menudo son variables contables relacionadas a factores como el costo o utilidad. Se utilizan para relacionar las variables de decisión y las exógenas con las medidas de desempeño. Se les conoce como intermedias en el sentido de que están entre otras variables.

Las técnicas de optimización pueden ser extremadamente útiles; sin embargo, deben usarse para solucionar los problemas apropiados. Siempre que el problema por resolverse consista en escoger la mejor de un conjunto bien definido de alternativas, la optimización debe ser considerada.

2.8. PROCESOS DE SOLUCIÓN

Pueden utilizarse varios procesos o métodos de solución para llegar a soluciones óptimas o casi óptimas para problemas basados en la investigación de operaciones. En este trabajo concentraremos la atención en los llamados:

Algoritmos: son simplemente conjuntos de procedimientos o reglas que, cuando se siguen en forma ordenada, proporcionan la mejor solución para un modelo determinado.

Al cambiar los estándares de evaluación, se aplican algoritmos que mejoran a alguno anterior, lo cual es más valioso que resolver un problema específico. Ya que un algoritmo se desarrolla para un modelo dado o definido, es aplicable sólo para resolver un problema que se ajuste a las características específicas del modelo. Aunque tal vez sea posible alterar un algoritmo para que satisfaga los requerimientos de problemas especializados, lo más probable es que se convierta en una labor difícil porque exigirá alterar los programas de computadora que existen para los algoritmos.

2.9. EL PROCESO DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

Una vez que se han conocido los conceptos explicados hasta ahora, retomaremos los pasos del método científico en la investigación de operaciones que se describieron con anterioridad. Estos pasos o etapas deben seguirse para que sea posible esperar cierto grado de éxito en el proceso de planteamiento de modelos, se denominan *proceso de solución de problemas* y se muestran en la *figura 19*.

2.10. LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES Y LA COMPUTADORA

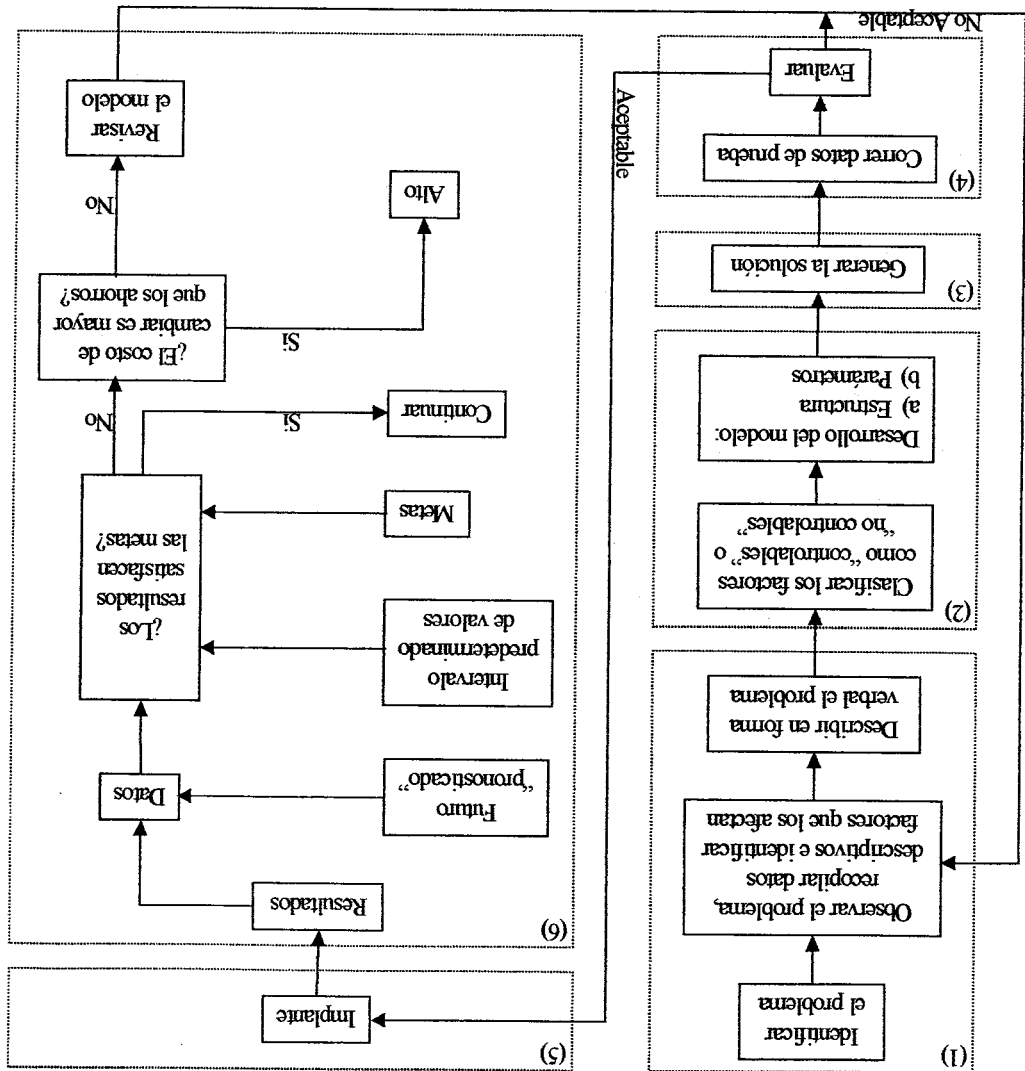
Uno de los factores clave que han ayudado tanto al crecimiento como al desarrollo de la investigación de operaciones ha sido el advenimiento de la computadora. Sin ella, estaría severamente limitado el uso de las técnicas cuantitativas. Resulta evidente que los procesos de solución que se utilizan en investigación de operaciones pueden volverse bastante laboriosos y en algunos casos complejos. Por fortuna, utilizando la computadora, es posible reducir gran parte de la complejidad matemática y de la carga de cálculos implícitos en el uso de diferentes técnicas de solución. Esto no significa que podamos ignorar los procesos de solución en problemas de investigación de operaciones; por el contrario, tan sólo significa que la capacidad y la velocidad de cálculo de una computadora reduce esta tarea en forma significativa.⁽¹⁷⁾

⁽¹⁷⁾ Davis K.R., McKeown P.G., Modelos Cuantitativos para Administración, Grupo Editorial Iberoamérica, 1986.

Hay una gran cantidad de programas para computadora que están ampliamente disponibles en el mercado para resolver problemas de investigación de operaciones y no son exclusivos de computadoras grandes, sino también para las personales. Problemas complejos que involucran miles de variables y restricciones requerirán el poder de una gran computadora; sin embargo, hay problemas reales que pueden moderarse para ser resueltos satisfactoriamente con computadoras personales.

Lo que se quiere establecer es que a pesar de que los cálculos pueden realizarse a mano, el tiempo invertido es considerable, si no se cometen errores aritméticos. Esto puede resultar adecuado si se examina solamente un escenario. Sin embargo, lo que aquí se desea es examinar una serie general de casos, por lo que un mejor procedimiento sería desarrollar una versión de modelo en computadora. Hay muchas formas en las que se puede hacer esto: el modelo puede escribirse en lenguajes de computadora de propósito general como el BASIC, FORTRAN, PASCAL, C++ o puede implementarse en una hoja de cálculo como el LOTUS 1-2-3, EXCEL, o QUATRO que se encuentran disponibles para casi todas las computadoras personales. En este trabajo se utilizarán las hojas de cálculo en EXCEL, puesto que se encuentran ampliamente disponibles, son fáciles de usar y son ideales para el análisis de este tipo de problemas.

Figura 19. El proceso de solución de problemas en investigación de operaciones



Dentro de dichos programas, se puede mencionar el LINDO (*Linear Interactive Discrete Optimizer*) o el MANAGER. Estos paquetes ofrecen una gran variedad de modelos para resolver diferentes problemas que se estudian en la investigación de operaciones. Para el caso de la optimización EXCEL dispone de un excelente programa, llamado SOLVER, que se puede invocar desde el menú de herramientas de EXCEL. Este programa, además de ejecutar la maximización (o minimización) solicitada para optimizar el problema, arroja varios reportes muy útiles para la interpretación de los resultados proporcionados.

2.11. MODELO DE HOJA DE CÁLCULO

Cuando un modelo matemático se introduce en una hoja de cálculo, comúnmente se le llama *modelo de hoja de cálculo*. Como se ha mencionado, las hojas de cálculo proporcionan una poderosa e intuitiva herramienta para desarrollar y mostrar muchos problemas. En este trabajo nos enfocaremos al uso del popular paquete de hojas de cálculo de Microsoft Excel.

EL procedimiento general utilizado para formular modelos de hoja de cálculo, puede resumirse en los pasos siguientes:

1. Recolectar los datos del problema.
2. Introducir los datos en las *celdas de datos* de la hoja de cálculo.
3. Identificar las decisiones que deben tomarse y designar las *celdas cambiantes* para mostrar esas decisiones.
4. Identificar las restricciones de estas decisiones e introducir las *celdas de salida* que se necesiten para especificar dichas restricciones.
5. Elegir el conjunto de medidas de desempeño que se introducirán en las *celdas objetivo*.
6. Utilizar las funciones pertinentes para introducir el valor apropiado en cada celda de salida (incluyendo la celda objetivo.)

2.12. CONCLUSIONES DE CAPÍTULO

La investigación de operaciones es la aplicación de procedimientos, técnicas y herramientas científicas a problemas operacionales, con el objeto de desarrollar y ayudar a evaluar soluciones. La investigación de operaciones aplica el método científico para resolver problemas relacionados principalmente con la distribución eficaz de recursos limitados, apoyándose en el enfoque de sistemas. Su principal objetivo es proporcionar procesos y procedimientos que ayuden a resolver problemas. La investigación de operaciones incorpora el enfoque sistémico al reconocer que las variables internas en los problemas de decisión son interdependientes e interrelacionadas.

La investigación de operaciones utiliza modelos matemáticos para representar idealmente un sistema, y su forma de operar, con el objeto de analizar su comportamiento o bien para predecir su comportamiento futuro.

Optimizar se define como obtener el mayor provecho de algo. Los modelos de optimización buscan maximizar, o minimizar, una cantidad específica llamada objetivo, la cual depende de un número finito de variables que a su vez se encuentran relacionadas a través de una o más restricciones. El modelo de optimización no busca decir qué pasará bajo ciertas situaciones, sino qué debe hacerse para optimizar el objetivo.

Se presentó el proceso de solución de problemas operativos, que son los que corresponden a la investigación de operaciones. En este proceso sobresalen seis etapas que van desde la identificación del problema hasta la implantación de los resultados que proceden de modelos matemáticos los cuales utilizan técnicas cuantitativas como herramientas de solución. Dentro de este proceso, queda claramente especificada la participación de las técnicas heurísticas en el segundo paso de la primera etapa, aunque no se describe la forma en que dichas técnicas contribuyen porque queda fuera del contexto de este Capítulo.

Uno de los factores clave que han ayudado tanto al crecimiento como al desarrollo de la investigación de operaciones, es el advenimiento de las computadoras. Sin ellas, estaría severamente limitado el uso de las técnicas cuantitativas. Dentro de los principales paquetes de sistemas diseñados para solución de problemas de investigación de operaciones, sobresale el programa EXCEL u hojas de cálculo, disponible en la mayoría de las computadoras personales y que será el utilizado a lo largo de este trabajo.

CAPÍTULO III

LA DIRECCIÓN DE OPERACIONES EN LOS SERVICIOS

Para muchos, el término *producción* evoca imágenes de fábrica, máquinas y líneas de ensamble. En el pasado, el campo de la producción se enfocaba casi exclusivamente a la manufactura, con un gran énfasis en los métodos y técnicas empleadas para operar fábricas. En años recientes, el alcance de la producción se ha ampliado considerablemente. Los conceptos de producción y técnicas se aplican a un amplio rango de actividades y situaciones fuera de la manufactura; esto es, los servicios. Este alcance ha dado el nombre de *dirección de operaciones* a este campo, un término que refleja más de cerca la naturaleza diversa de las actividades a las cuales aplica sus conceptos y técnicas. Una definición para esta disciplina es:⁽¹⁸⁾

Dirección de operaciones: Es la dirección de los sistemas o procesos para crear bienes o proveer servicios.

¿Porqué es importante estudiar la dirección de operaciones? Realmente, hay varias buenas razones:

Primero: Las actividades de la dirección de operaciones están en el centro de todas las organizaciones dedicadas a los negocios, sin importar a qué negocios se dediquen.

Segundo: El 35% o más de todos los empleos están en áreas relacionadas con la dirección de operaciones (servicio al cliente, aseguramiento de calidad, planeación y control de la producción, programación, diseño del trabajo, administración de inventarios, logística y muchas más.)

Tercero: El resto de las áreas en todas las organizaciones dedicadas a los negocios (finanzas, contabilidad, recursos humanos, mercadotecnia, compras y otras más) se relacionan con actividades de la dirección de operaciones, por lo que estas personas requieren tener por lo menos un entendimiento básico de lo que son las operaciones.

La *dirección de operaciones* se confunde frecuentemente con la *investigación de operaciones*. La diferencia esencial entre ambas es que la primera es un campo de la administración, mientras que la segunda es la aplicación de métodos cuantitativos para la toma de decisiones. Así, la dirección de operaciones utiliza las herramientas para la toma de decisiones de la investigación de operaciones.⁽¹⁹⁾

Las organizaciones se forman para perseguir metas que se alcanzan más eficientemente con los esfuerzos concertados de grupos de personas, que por el trabajo individual. Las organizaciones de negocios se dedican a producir bienes o proveer servicios, y pueden tener o no fines de lucro. Sus metas, productos o servicios pueden ser muy similares o bastante diferentes. Sin embargo, sus funciones y forma de operar son similares.

Una organización típica de negocios tiene tres funciones básicas: finanzas, mercadotecnia y producción/operaciones. En la *figura 20* se muestran estas funciones que, aunque desempeñan especialidades muy diferentes, hay una clara dependencia entre sus actividades principales las cuales deben interactuar para alcanzar las metas y objetivos de la organización, para lo cual cada una de ellas desempeña una muy importante contribución. El éxito de una organización depende no solamente de que tan bien se desempeñe cada área, sino de que tan bien interactúan dichas áreas con las otras.

(18) Stevenson W.J., *Production/Operations Management*. McGraw-Hill, 1999, USA.

(19) Chase Richard, Aquilano Nicholas, Jacobs Robert, *Operations Management for Competitive Advance*, McGraw-Hill, 2001, USA.

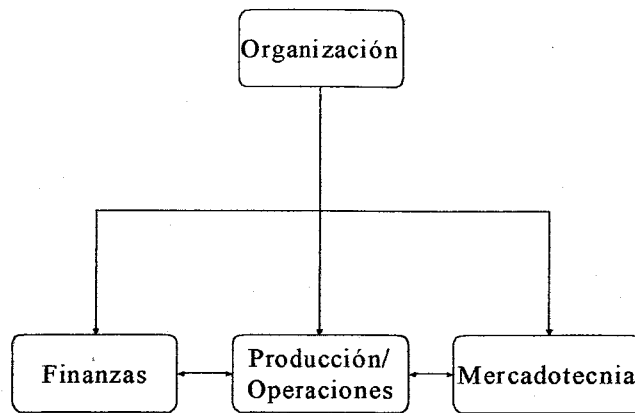


Figura 20. Las funciones básicas de las organizaciones de negocios y su interrelación.

3.1. OPERACIONES

Las funciones operacionales consisten en todas aquellas actividades directamente relacionadas con la producción de bienes o servicios. La función de operaciones es el núcleo en la mayoría de las organizaciones de negocios, porque es la responsable de crear los bienes o servicios de la organización. Se utilizan insumos para proporcionar servicios, utilizando uno o más procesos de transformación. Para asegurar que se proporciona el servicio deseado, se obtienen medidas de desempeño en varios puntos del proceso de transformación, las cuales se comparan con estándares establecidos con anterioridad, para determinar cuándo es necesaria una medida correctiva (*control*). Esta descripción encaja con el modelo de la *caja negra* descrito en Capítulos anteriores. La *figura 21* describe la función de operaciones.

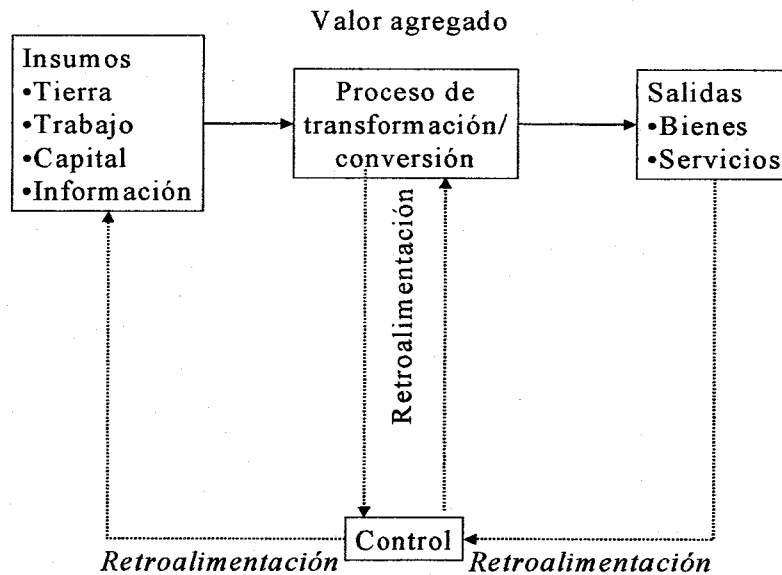


Figura 21. La función de operaciones involucra la conversión de entradas en salidas

La esencia de la función de operaciones es *agregar valor* durante el proceso de transformación:

Valor Agregado: es el término utilizado para describir la diferencia entre el costo de las entradas y el valor o precio de los servicios.

2. Las operaciones de servicio están sujetas a una mayor variabilidad de insumos que las operaciones de manufactura. Cada paciente, cada c esped y cada auto por reparar presentan problemas específicos que deben diagnosticarse antes de remediarse. Las operaciones de manufactura tienen la posibilidad de controlar cuidadosamente la cantidad de variabilidad de los insumos y así alcanzar una baja variabilidad en los productos. En consecuencia, los requisitos de trabajo para la manufactura son generalmente más uniformes que los de servicio.

1. Siendo natural, el servicio involucra un mayor contacto con el cliente que la manufactura. La prestación del servicio generalmente ocurre en el punto de consumo, así la manufactura puede darse muy lejos del punto de consumo. Esto permite cierto grado de relajación al elegir los métodos de trabajo, asignar tareas, calendarizar el trabajo y aplicar el control a las operaciones. Las operaciones de servicio, debido a su alto contacto con el cliente pueden estar mucho más limitadas en su grado de opciones. En ocasiones, los clientes son parte del sistema (autosericio) en donde se hace imposible un control rígido. Adicionalmente, las operaciones orientadas a productos pueden construir inventarios de productos terminados, permitiéndoles absorber algunas situaciones de premura por variaciones en la demanda. Las operaciones de servicio no pueden construir inventarios y son mucho más sensibles a la variabilidad de la demanda.

Hagamos algunas consideraciones sobre cada uno de ellos:

Figura 22. Diferencias t picas entre bienes y servicios

Característica	Bienes	Servicios
Salida	Tangible	Intangible
Contacto con el cliente	Bajo	Alto
Uniformidad de insumos	Alto	Bajo
Cantidad de mano de obra	Bajo	Alto
Uniformidad de la salida	Alto	Bajo
Medición de la productividad	Fácil	Difícil
Oportunidad de corregir problemas de calidad antes de entregar al cliente	Alta	Baja

La producción de bienes tiene como resultado una *salida tangible*; es decir, cualquier cosa que se pueda ver y tocar. Por otro lado, el servicio generalmente implica un *acto*. La manufactura y el servicio a menudo son similares en cuanto a *qué* se hace, pero radicalmente diferentes con respecto a *cómo* se hace. A continuación, en la *figura 22*, se muestran las principales diferencias entre ambos:

3.2. OPERACIONES DE PRODUCCIÓN DE BIENES Y SERVICIOS

Dicho valor agregado de los servicios se mide con el precio que los consumidores están dispuestos a pagar por dicho servicio. Las empresas utilizan el dinero generado por el valor agregado para investigar y desarrollo, inversión en nuevas instalaciones, equipo y pago de utilidades. Una forma en la que las empresas tratan de ser más productivas, es examinando críticamente si las operaciones realizadas por susabajadores agregan valor; considerando que todo aquello que no agregue valor, es un *desperdicio*.

3. Debido a que los servicios se consumen “*en sitio*” y que tienen un alto grado de variación en los insumos, requieren de un alto grado de mano de obra a diferencia de la manufactura que, con excepciones, puede ser más mecanizada.
4. Puesto que la alta mecanización genera productos con baja variabilidad, la manufactura tiende a ser más eficiente; las actividades de servicio generalmente son más lentas y complicadas, y sus salidas son a su vez más variables.
5. Determinar la productividad es más sencillo en la manufactura debido al alto grado de uniformidad en la mayoría de los artículos manufacturados. En las operaciones de servicio, las variaciones en la intensidad de la demanda y los requerimientos de mano de obra de un trabajo a otro, hacen que la medición de la productividad sea considerablemente más difícil.
6. El aseguramiento de la calidad constituye un mayor reto en los servicios, especialmente cuando la “producción” de dichos servicios y su consumo ocurren al mismo tiempo. Además, el alto grado de variabilidad de los insumos crea mayores probabilidades de que la salida pierda calidad, a menos de que el aseguramiento de calidad sea administrado activamente. La calidad es más importante en los servicios que en la manufactura porque en esta última los errores pueden corregirse antes de que el cliente reciba el producto.

Aunque resulta más conveniente pensar en sistemas dedicados exclusivamente ya sea a los bienes o servicios, la mayoría de los sistemas realmente son una mezcla de ambos. Por ejemplo, el mantenimiento y reparación de equipo son servicios desempeñados por virtualmente cualquier empresa de manufactura. De la misma forma, la mayoría de las empresas de servicios venden productos que complementan dichos servicios. Por ejemplo, el servicio de un cine es acompañado por la venta de golosinas.

3.3. DIRECTIVOS DE OPERACIONES Y TOMA DE DECISIONES

El papel principal del directivo de operaciones es planear y tomar decisiones. Con tales capacidades, no es de esperarse que ejerza una considerable influencia sobre el grado con el que se alcanzan las metas y objetivos de la organización. En cuanto a la toma de decisiones, tendrá que mostrar capacidad y habilidad en el manejo de los aspectos siguientes:

Técnicas cuantitativas: para resolver problemas y encontrar soluciones matemáticas óptimas. Aquí se destacan la programación lineal, líneas de espera, modelos de inventarios, ruta crítica (CPM), técnica de evaluación y revisión de programas (PERT), técnica de pronóstico y los modelos estadísticos. A causa del énfasis que se da a las técnicas cuantitativas en la toma de decisiones de la dirección de operaciones, es importante no perder de vista el hecho de que los directivos generalmente utilizan una combinación de técnicas cuantitativas y técnicas cualitativas; de hecho, muchas decisiones de suma importancia se basan en aspectos cualitativos. Un resultado no deseado de las técnicas cuantitativas es que muchas de ellas tienden a proporcionar resultados que son óptimos en un margen muy estrecho, pero pueden no serlo en un margen más amplio. En consecuencia, los directivos deben evaluar las soluciones “óptimas” producidas por las técnicas cuantitativas en términos de un marco de referencia más amplio y tal vez modificar las decisiones correspondientes.

Análisis de conveniencia: Los directivos de operaciones se enfrentan a decisiones que pueden describirse como decisiones de conveniencia, para lo cual hacen un listado de ventajas y desventajas, pros y contras, etc. del curso de acción que mejor se apege a las consecuencias de la decisión que deben tomar. En ocasiones, añaden "peso" a los aspectos de su lista que reflejen una relativa importancia de varios factores. Por ejemplo, al decidir la cantidad de inventario por almacenar, el directivo debe tomar en cuenta la conveniencia entre aumentar el número de servicios al cliente que el inventario adicional producirá y los costos incrementales requeridos para almacenar dicho inventario.

Enfoque de sistemas: Como ya se dijo, un sistema puede definirse como un conjunto de partes interrelacionadas que deben trabajar juntas. En una organización de negocios, la empresa puede concebirse como un sistema compuesto por subsistemas (subsistema de mercadotecnia, subsistema de operaciones, subsistema de finanzas) los cuales a su vez están compuestos por subsistemas menores. El enfoque de sistemas enfatiza la relación entre los subsistemas, pero su tema principal es que *el todo es más importante que la suma de las partes individuales*. Entonces, desde el punto de vista de sistemas, las salidas y los objetivos de una organización como un todo, tienen precedencia sobre cualquier subsistema. Otro procedimiento es concentrarse primero en la eficiencia entre los subsistemas y después en la eficiencia global, pero este enfoque pasa por alto el hecho de que las organizaciones deben operar en ambientes de recursos escasos y los subsistemas frecuentemente se encuentran en competencia directa por dichos recursos. El enfoque de sistemas es esencial puesto que cada vez que algo sea diseñado, rediseñado, implementado, mejorado o cambiado, resulta muy importante considerar el impacto en todas las partes del sistema.

Establecer prioridades: En casi todas las situaciones, los directivos aprecian que ciertos elementos son más importantes que otros. Reconocer este hecho permitirá al directivo dirigir sus esfuerzos a donde se requiere y evitar perder tiempo y energía en elementos insignificantes. Reconocer prioridades significa prestar más atención a aquello que es más importante. Aquí cabe destacar el fenómeno de Pareto que dice que *no todas las cosas son iguales; algunas cosas (las menos) serán muy importantes para alcanzar los objetivos o resolver un problema, y otras (las más) no lo serán.*⁽²⁰⁾ Este es uno de los conceptos más importantes en la dirección de operaciones y, de hecho, puede aplicarse en los ámbitos profesional y personal.

Ética: Los directivos de operaciones tienen la responsabilidad de tomar decisiones fundamentadas en la ética, incluyendo:

- **Seguridad de los trabajadores:** proporcionándoles capacitación adecuada y permanente, manteniendo el equipo en buenas condiciones de trabajo, manteniendo seguro el ambiente de trabajo, etc.
- **Seguridad del producto/servicio:** proporcionando productos o servicios que minimicen el riesgo de daño a los usuarios, sus propiedades o el medio ambiente.
- **Calidad:** otorgando garantías honorables y evitando defectos ocultos.
- **Medio Ambiente:** obedeciendo las regulaciones gubernamentales al respecto.
- **Comunidad:** siendo un buen vecino.

- **Contratación y despido de empleados:** no contratando personal bajo falsas pretensiones (no prometer un trabajo a largo plazo si no es lo que se propone).
- **Cierre de instalaciones:** tomando en cuenta el impacto en la comunidad y respetando los compromisos que se hubiesen adquirido.
- **Derechos de los trabajadores:** respetando los derechos de los trabajadores, tratando sus problemas de manera rápida y justa.

Al decidir, los directivos deben tomar en cuenta cómo afectarán sus decisiones a los accionistas, administradores, empleados, clientes, comunidades y medio ambiente. Encontrar soluciones que satisfagan los requerimientos de todo este grupo de involucrados (*stakeholders*) no es fácil, pero es una meta en la que los directivos deben esforzarse por conseguir. Finalmente, aún los directivos con las mejores intenciones pueden equivocarse. Si un error se presenta, el directivo debe actuar responsablemente y corregir el error tan rápido como sea posible, asumiendo cualquier consecuencia negativa.

3.4. PRODUCTIVIDAD

Una de las principales responsabilidades de los directivos de operaciones es asegurar el *uso productivo* de los recursos de la organización. El término *productividad* se utiliza precisamente para describir esta responsabilidad.

Productividad: índice que mide las salidas (bienes y servicios) en función de los insumos (mano de obra, materiales, energía y otros recursos) utilizados para producirlas. Indica qué tan bien se utilizan los recursos o factores de producción de la empresa.

Generalmente se expresa como función de salidas a entradas:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Salidas (bienes y servicios)}}{\text{Entradas (mano de obra, materiales, energía, etc.)}} \quad (3.1)$$

El índice de productividad puede calcularse para una sola operación, un departamento, una organización o inclusive para un país completo. La medición de la productividad puede basarse en un solo insumo (*productividad parcial*) o en más de un insumo (*productividad multifactor*) o en todos los insumos (*productividad total*). En la *figura 23* se muestran algunos ejemplos de medidas de productividad.

Medida parcial	$\frac{\text{Salida}}{\text{Mano de Obra}}$	$\frac{\text{Salida}}{\text{Máquina}}$	$\frac{\text{Salida}}{\text{Capital}}$	$\frac{\text{Salida}}{\text{Energía}}$
Medida multifactor	$\frac{\text{Salida}}{\text{Mano de Obra + Maquinaria}}$		$\frac{\text{Salida}}{\text{Mano de Obra + Capital + Energía}}$	
Medida total	$\frac{\text{Bienes o servicios producidos}}{\text{Todos los insumos utilizados para su producción}}$			

Figura 23. Algunos ejemplos de diferentes tipos de medida de productividad

La elección de la medida de productividad depende principalmente del propósito de la medición. Si el propósito es rastrear mejoras en la productividad de la mano de obra, entonces la mano de obra obviamente será la medida de insumo.

Hay muchos factores que pueden afectar la productividad. Entre ellos están los métodos, capital, calidad, tecnología y administración. Generalmente se sostiene la idea equivocada de que los trabajadores son los principales determinantes de la productividad. De acuerdo con esta teoría, la forma de ganar productividad implicaría hacer que los obreros trabajaran más duro. Sin embargo, existen experiencias del pasado que indican que la mayor ganancia en productividad se ha dado con la mejora tecnológica. Sin embargo, la tecnología sola no podría garantizar ganancias en productividad, esta debe ser usada sabiamente. Sin una adecuada planeación, la tecnología puede incluso reducir la productividad, especialmente si conduce a la inflexibilidad, altos costos u operaciones descoordinadas.

3.4.1. Medidas para mejorar la productividad

Una empresa o departamento puede seguir varios pasos clave para mejorar su productividad:

1. Desarrollar medidas de productividad para todas las operaciones; la medición es el primer paso para la administración y control de la operación.
2. Ver el sistema como un "todo" y decidir cuáles operaciones son las más críticas. Este concepto se ilustra en la figura 24.

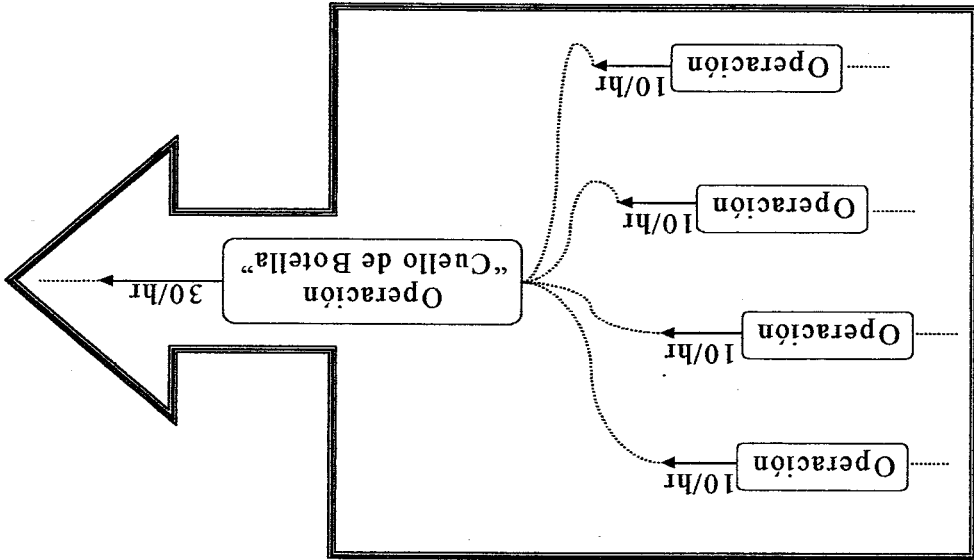


Figura 24. Operación cuello de botella.

En la figura 24 se muestran varias operaciones alimentando su salida a través de otra operación "cuello de botella". La capacidad de la operación cuello de botella es menor que las capacidades combinadas de las operaciones de entrada, por lo que las unidades formarán una "cola" en espera de ser procesadas. Las mejoras en la productividad de operaciones que no sean cuello de botella no afectarán la productividad del sistema; sin embargo, las mejoras en las operaciones cuello de botella sí conducirán a un aumento de productividad, hasta el punto en que la salida del cuello de botella sea igual a la salida de las operaciones que la alimentan.

3. Desarrollar métodos que alcancen mejoras en la productividad, tales como solicitar ideas a los trabajadores (tal vez organizando grupos de obreros, ingenieros y gerentes), estudiando cómo otras empresas han aumentado su productividad (*benchmarking*) y *reexaminando* la forma de trabajo que se tiene.
4. Establecer metas razonables de mejoramiento de productividad.
5. Dejar claro que los directivos apoyan y alientan el mejoramiento de la productividad.
6. Medir las mejoras y publicarlas.
7. No confundir productividad con eficacia:
 - a. **Eficacia:** Es un concepto más estrecho relacionado con obtener el mayor resultado dado un conjunto de recursos (Ejemplo: *la mejor forma de usar una podadora manual.*)
 - b. **Productividad:** Es un concepto más amplio, relacionado con el uso efectivo de los recursos (Ejemplo: *la posibilidad de usar una podadora motorizada.*)

3.5. COMPETITIVIDAD

Las empresas deben ser *competitivas* para vender sus servicios en los mercados. La competitividad es un factor muy importante para determinar si la empresa prospera, apenas se sostiene o falla. Las empresas compiten entre ellas en una variedad de formas. Los aspectos clave de competencia entre ellas son precio, calidad, servicio, flexibilidad y tiempo para desempeñar ciertas actividades.

Competitividad: Qué tan efectivamente una empresa cubre las necesidades de los clientes en comparación con otras empresas que ofrecen servicios similares.

1. **Precio:** Cantidad de dinero que un cliente debe pagar por un servicio. Si el resto de los factores son iguales, el cliente escogerá el servicio con menor costo. Las empresas que compiten en precio deben ajustarse a menores márgenes de utilidad para reducir sus precios de servicios.
2. **Calidad:** Se refiere a los materiales, hechura y diseño. Generalmente, se relaciona con la percepción del comprador en cuanto a qué tan bien el servicio servirá para su propósito.
3. **Diferenciación del servicio:** Expresa cualquier característica especial (diseño, costo, calidad, fácil manejo, ubicación y garantía) que un comprador percibe de un servicio en cuanto a que sea más conveniente que el de algún competidor.
4. **Flexibilidad:** Es la posibilidad de responder a los cambios. Las mejores compañías responden a los cambios, lo que se traduce en una ventaja competitiva sobre otras empresas menos sensibles a cambiar. Los cambios pueden relacionarse con el aumento o disminución en el volumen de la demanda, o con el cambio de diseño de servicios.
5. **Tiempo:** Se refiere a diferentes aspectos de las operaciones de una empresa. Uno es qué tan rápido se entrega el servicio al cliente. Otro es qué tan rápido se desarrollan los nuevos servicios y son llevados al mercado. Aún otro más es la tasa de mejora en los procesos de servicios.

El diseño de servicios inicia con la elección de la estrategia de servicio, la cual determina la naturaleza y el enfoque del servicio, así como su mercado objeto. Esto requiere una valoración del mercado potencial y la rentabilidad del servicio, así como de una evaluación de la capacidad de la empresa para proporcionar el servicio.

3.6. DISEÑO DE SERVICIOS

Entender el valor de esta relación puede ayudar al directivo a desarrollar estrategias exitosas.

$$\text{Valor} = \frac{\text{Costo}}{(w_1 * \text{Calidad}) + (w_2 * \text{Velocidad}) + (w_3 * \text{Flexibilidad ad})} \quad (3.3)$$

Lo que esta relación expresa es que el cliente evaluará el servicio en función de su desempeño (medido por tres factores) con relación a su costo. En algunas ocasiones, la calidad puede ser más o menos importante que la velocidad y/o la flexibilidad. El directivo puede incorporar estas diferencias "pesando" cada factor de desempeño de acuerdo con su importancia. Esto conduce a la expresión siguiente:

$$\text{Valor} = \frac{\text{Desempeño}}{\text{Calidad} + \text{Velocidad} + \text{Flexibilidad ad}} = \frac{\text{Costo}}{\text{Costo}} \quad (3.2)$$

Una forma de expresar el valor que los clientes dan al servicio adquirido y dirigir los esfuerzos de la empresa a la satisfacción del cliente, es utilizando la relación siguiente:

La clave para competir exitosamente es determinar lo que los clientes quieren y después dirigir los esfuerzos a alcanzar (o inclusive superar) las expectativas de los clientes. Hay dos preguntas que deben plantearse:

- ¿Qué quieren los clientes?
- ¿Cómo podemos entregarles eso?

1. Poner demasiado énfasis en el desempeño financiero a corto plazo a expensas de la investigación y desarrollo.
 2. Fallar al tomar ventaja de las fortalezas y oportunidades y/o fallar al reconocer debilidades y amenazas competitivas.
 3. Descuido o falta de cumplimiento de la estrategia de operaciones.
 4. Poner demasiado énfasis en el diseño de servicios y no el suficiente en el diseño del proceso.
 5. Falta de inversión en recursos humanos y de capital.
 6. Fallar al establecer una buena comunicación y cooperación interna entre las diferentes áreas funcionales.
 7. Fallar al considerar las necesidades y deseos de los clientes.
- Las empresas llegan a fallar, o a desenvolverse pobremente, debido a varias razones. Estar consciente de estas razones puede ayudar a los directivos a evitar errores. Entre las más comunes destacan:

Estrategia: la estrategia de la empresa tiene un impacto a largo plazo en la naturaleza y características de la organización. En gran medida, las estrategias afectan la capacidad de la empresa para competir. Las estrategias son planes que sirven para alcanzar metas y proporcionan un enfoque para la toma de decisiones.

- **Estrategias empresariales:** son las estrategias globales de la empresa y se relacionan con la empresa entera. Establecen la dirección de la empresa. Deben tomar en cuenta las fortalezas y debilidades de las operaciones. Dan soporte a la *misión* de la empresa.
- **Estrategias funcionales:** se relacionan con cada una de las áreas funcionales de la empresa (mercadotecnia, operaciones, finanzas). Dan soporte a las estrategias empresariales.
 - **Estrategia de operaciones:** en un ámbito más estrecho, tiene que ver con los aspectos operativos de la empresa. Se relaciona con los productos, procesos, métodos, recursos, calidad, costos, tiempos de entrega y calendario. Para que sea efectiva debe estar ligada a la estrategia empresarial; es decir, no deben formularse por separado. Influencia principalmente a la competitividad de la empresa y si es bien diseñada y ejecutada, hay muchas oportunidades de que la empresa tenga éxito.

Misión: es la base de la organización, su razón de ser. Varía de empresa a empresa, dependiendo de la naturaleza de sus negocios. Una parte de la misión de la empresa, debe enfocarse a producir ganancias para sus dueños. Sin una misión clara, la organización no podrá alcanzar su verdadero potencial.

- **Declaración de la misión:** es importante que la organización tenga clara su declaración de misión, la cual contesta a la pregunta *¿En qué negocio estamos?*. Servirá de guía para formular las estrategias y la toma de decisiones a todos los niveles.

Tácticas: métodos y acciones utilizadas para cumplir con las estrategias. Son de naturaleza más precisa que las estrategias y proporcionan una guía para el cumplimiento de las operaciones, las cuales requieren una planeación y toma de decisiones más específicas y detalladas.

Una vez que se han tomado las decisiones acerca del enfoque del servicio y del mercado objeto, se deben determinar las necesidades de los clientes y las expectativas del mercado objeto. Los diseñadores del servicio utilizarán esa información para diseñar el sistema de entrega del servicio (instalaciones, procesos y requerimiento de personal.)

Existen reglas sencillas pero altamente efectivas que se utilizan como guía para desarrollar sistemas de servicio. Estas reglas son las siguientes:

1. Tener un tema unificado (como velocidad o conveniencia), el cual ayudará al personal a trabajar en equipo en lugar de tener propósitos cruzados.
2. Asegurarse que el sistema tenga la capacidad de manejar cualquier variación esperada en los requerimientos de servicio.
3. Incluir características de diseño y controles para asegurar que el servicio será confiable y que proporcionará un consistente alto nivel de calidad.
4. Diseñar el sistema que sea “amistoso” con el usuario.

3.7. PROCESO DE SERVICIOS

El proceso se refiere a la forma elegida por la empresa para suministrar servicios. Esencialmente involucra la elección de tecnología y tiene su principal impacto en la planeación de la capacidad de la planta, distribución de instalaciones, equipamiento y diseño de sistemas de trabajo. La elección del proceso ocurre, desde luego, cuando se planea la incorporación de nuevos servicios, pero también cuando se presentan actualizaciones en la tecnología del equipo. Los aspectos clave en la estrategia de proceso determinada por una empresa son los siguientes:

1. **Tomar o comprar decisiones:** punto hasta el cual una empresa prestará servicios en sus instalaciones, oponiéndose a depender de empresas externas para proveerlo. En este tipo de soluciones hay varios factores a considerar:

a. **Capacidad disponible:** si la empresa dispone de equipo, habilidades necesarias del personal y tiempo, tiene sentido pensar que provea el servicio en sus instalaciones. Los costos adicionales serán relativamente pequeños comparados con aquellos que se requerirían para subcontratar servicios.

b. **Destreza:** si la empresa carece de destreza para producir un servicio satisfactoriamente, vale más que lo compre.

c. **Consideraciones de calidad:** las empresas que son especializadas, generalmente ofrecen mayor calidad que aquellas que no lo son. Adicionalmente, si hay requisitos especiales de calidad o de un riguroso monitoreo de la calidad, pueden provocar que la empresa haga la tarea ella misma.

d. **Naturaleza de la demanda:** cuando la demanda por un servicio es alta y estable, las empresas prefieren hacer el trabajo ellas mismas. Cuando hay fluctuaciones en la demanda, generalmente es mejor recurrir a especialistas externos que estén dispuestos a colaborar cuando la demanda sea alta.

2. **Capital intensivo:** la mezcla de equipo y mano de obra que será utilizada por la empresa.

3. **Flexibilización de Proceso:** el grado hasta el cual un sistema puede ajustarse a cambios en los requisitos de procesamiento debidos a cambios en el diseño, en el volumen procesado y en la tecnología.

3.8. DISEÑO DEL PROCESO DE SERVICIO

Los diseñadores de procesos enfrentan retos especiales cuando se trata de servicios. En muchos casos, los clientes ejercen una gran influencia en el proceso. El tiempo necesario para atender a cada cliente suele ser muy variable, así como en la naturaleza del servicio solicitado. Puesto que no existe la posibilidad de crear inventarios de servicios durante las épocas de baja demanda para compensar los requerimientos durante la alta demanda, se incrementa la dificultad de suavizar el flujo de producción.

Generalmente es posible dividir las operaciones de servicio en dos partes identificables:

- **Operaciones de escritorio:** hacen el contacto con el cliente.
- **Operaciones tras escritorio:** están libres de contacto con el cliente.

Esta división es importante, porque mientras más se pueda estar en las operaciones tras escritorio, y aislado de los clientes, más se puede diseñar y administrar en la misma forma que para las operaciones de manufactura.

Cuando los clientes están involucrados en el proceso de servicio, es muy importante diseñar las operaciones teniendo en mente sus necesidades psicológicas. Los proveedores de servicios deben estar entrenados tanto en habilidades interpersonales, como en los detalles técnicos de sus trabajos.

Reducir la variabilidad es otra consideración clave al diseñar operaciones de servicio con alto grado de involucramiento del cliente. Las tácticas más comunes se mencionan a continuación:

- Utilizar un sistema de reservaciones para suavizar la demanda.
- Si las reservaciones no son factibles, atender a los clientes por números o tener una línea de espera centralizada, en lugar de tener una “cola” frente a cada servidor (estación de trabajo), con lo que se acelera el flujo de clientes dentro del sistema.
- Contar con personal de apoyo entrenado y asignarles tareas sobre la base de lo que el cliente se encuentre demandando.
- Diseñar el proceso a “*máxima carga*” y tener empleados desempeñando funciones secundarias durante los periodos lentos.
- Clasificar a los clientes dependiendo del servicio que deseen.
- Transferir al cliente las tareas rutinarias.

3.9. DIAGRAMAS DE FLUJO

El *diagrama de flujo* propuesto por Shostack (1984)⁽²¹⁾ para diseñar procesos de servicio bajo un enfoque sistémico, se basa en la necesidad de desarrollar un criterio mucho más objetivo y cuantificable, para el diseño de sistemas reconocidos por requerir juicios y subjetividad de diseño. Para explorar todos los aspectos inherentes a la creación y administración de servicios, Shostack sugiere que se sigan los cuatro pasos siguientes.

1. **Identificar procesos:** elaborar un diagrama de flujo de servicios (*figura 25*) para el proceso total, teniendo cuidado de diferenciar entre las actividades realizadas frente al cliente y fuera del alcance de su vista. La línea que separa los procesos se llama “*línea de visibilidad*”.
2. **Separar puntos de falla:** determinar los puntos donde el sistema de producción visible puede fallar. Definir medidas correctivas que hagan al sistema funcionar “*libre de fallas*”.
3. **Establecer un tiempo estándar de ejecución para el proceso:** estimar el tiempo que tarda cada paso en el proceso bajo condiciones normales y el tiempo máximo que el cliente está dispuesto a permanecer en el sistema. Estos tiempos se convierten en estándares de servicio.
4. **Analizar la rentabilidad:** monitorear continuamente la rentabilidad y el tiempo requerido para atender a cada cliente. Analizar particularmente las variaciones en tiempo provocadas por fallas y el punto en el cual los retrasos provocan negocios no rentables.

⁽²¹⁾ Noori H., Radford R., Production and Operations Management, Total Quality Responsiveness, McGraw-Hill, 1995.

1. Las decisiones de capacidad tienen un impacto real en el potencial de la empresa para cubrir demandas futuras de servicios; la capacidad esencialmente limita la posible tasa de salida. Tener capacidad para satisfacer la demanda, puede permitir a la empresa tener una ventaja tremenda sobre las oportunidades.

Dentro de todas las decisiones de diseño que los directivos deben tomar, las decisiones de capacidad resultan fundamentales, debido a varias razones:

- ¿Qué clase de capacidad se requiere?
- ¿Cuánta se requiere?
- ¿Cuándo se requiere?

La unidad operativa puede ser una planta, departamento, máquina, tienda o trabajador. Las preguntas básicas en la planeación de la capacidad de cualquier género son las siguientes:

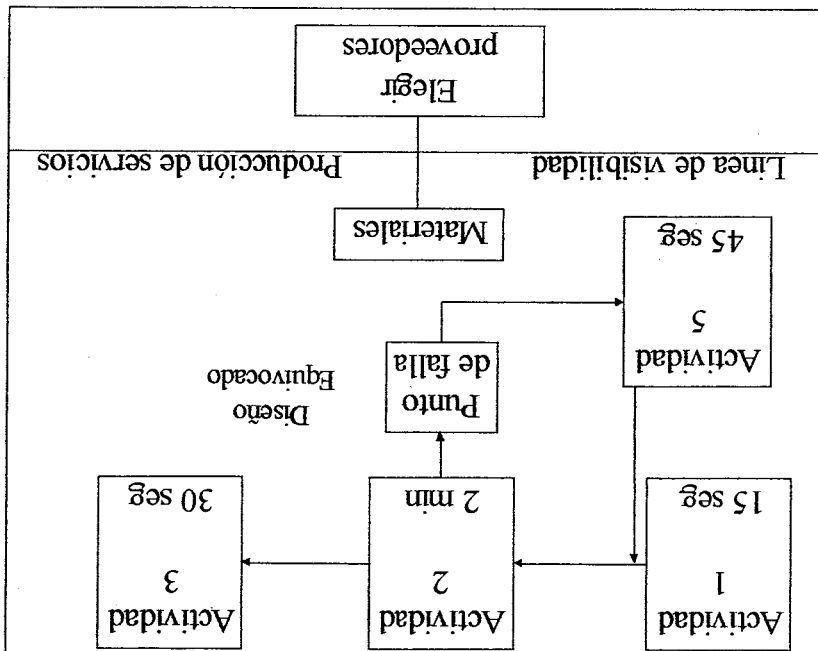
Capacidad: límite superior o "techo" de la "carga" que una unidad operativa puede manejar.

La capacidad de una unidad operativa es una parte muy importante de la información requerida para propósitos de planeación; permite cuantificar la capacidad de producción en términos de entradas y salidas, y así poder tomar otras decisiones o elaborar planes relacionados con esas cantidades.

3.10. PLANEACIÓN DE LA CAPACIDAD

Cualquiera que sea la fuente, un retraso puede causar que las ganancias disminuyan drásticamente en negocios que dependen del tiempo. Los diagramas de flujo de servicio pueden utilizarse después de que el proceso se ha diseñado, para ayudar a los directivos a analizar cualquier problema que pueda surgir y generar en consecuencia soluciones alternativas.

Figura 25. Diagrama de flujo de servicio



2. Las decisiones sobre capacidad afectan los costos de operación. Idealmente, la capacidad y los requerimientos de la demanda deben ser iguales, esto tendería a minimizar los costos de operación. En la práctica, esto no siempre es posible debido a que la demanda real difiere de la demanda esperada o tiende a variar (*cíclicamente*). En tales casos, la decisión debe tomarse intentando balancear los costos de *sobrecapacidad* y *subcapacidad*.
3. La capacidad es el mayor componente del costo inicial. Generalmente, a mayor capacidad de la unidad productiva, mayor costo. Esto no necesariamente implica una relación de “uno a uno”; las unidades grandes tienden a costar *proporcionalmente* menos que las unidades pequeñas.
4. Las decisiones de capacidad requieren comprometer recursos a largo plazo y una vez ejercidos, harán muy difícil o imposible de modificar dichas decisiones sin incurrir en gastos mayores.
5. Las decisiones de capacidad pueden afectar la competitividad. Si una empresa tiene exceso de capacidad, o puede aumentar rápidamente su capacidad, puede levantar una barrera contra la entrada de otras empresas a la competencia.

Hay muchas decisiones acerca del diseño de sistemas y operaciones que impactan en la capacidad. Los principales factores que determinan una capacidad efectiva son:

- **Factores de instalaciones:** en las decisiones de instalaciones, resulta clave incluir una porción de espacio para expansión. También son importantes los factores locales como costos de transporte, distancia al mercado, disponibilidad de mano de obra y fuentes de energía. Asimismo, la distribución del área de trabajo determina qué tan cómodo se puede trabajar. También los factores ambientales (clima, iluminación y ventilación) juegan un papel definitivo para que el personal pueda o no trabajar efectivamente.
- **Factores de servicios:** el diseño de servicios puede tener una influencia tremenda en la capacidad. Cuando se producen servicios similares, la capacidad del sistema para producirlos es mayor que cuando difieren sucesivamente.
- **Factores de proceso:** la eficiencia de un proceso es un determinante obvio de la capacidad. Otro determinante más sutil es la influencia de la calidad de las salidas, en donde a mayor requisito de calidad, menor tasa de salida.
- **Factores humanos:** las tareas que componen un trabajo, la variedad de las actividades involucradas, la capacitación, habilidad y experiencia requerida para ejecutar un trabajo tienen un gran impacto en las salidas potenciales y presentes. Adicionalmente, la motivación de los empleados tiene una relación básica con la capacidad, debido al ausentismo y turnos extras.
- **Factores operacionales:** los problemas de calendario pueden ocurrir si una empresa tiene diferentes tipos de equipos, con distintas capacidades, piezas y requisitos de operación. Las decisiones de inventario, entregas tardías, aprobación de partes y materiales, la inspección de calidad y el control de los procedimientos también pueden impactar en la efectividad de la capacidad. Además, la insuficiencia de capacidad en un área, afecta la capacidad de la empresa.
- **Factores externos:** las especificaciones de servicios, especialmente los de mínima calidad y estándares de desempeño, pueden restringir las opciones de los directivos para incrementar y utilizar la capacidad. Así, los reglamentos contra la contaminación que las dependencias del gobierno aplican a la maquinaria y servicios, reducen la capacidad efectiva, porque se destina personal a actividades de papeleo no productivas. Un efecto similar ocurre con los sindicatos que reducen las horas y el tipo de trabajo que los obreros pueden realizar.

Los tres tipos básicos de disposición son modelos ideales que pueden alterarse para satisfacer las necesidades de una situación en particular.

- **Disposición de posición fija:** la unidad en servicio permanece estática y los trabajadores, materiales y equipo se mueven hacia ella según se requiera.
- **Disposición de procesos:** resulta apropiada para procesos intermitentes. Se diseña para proporcionar servicios que involucren varias etapas de procesamiento.
- **Disposición de producto:** más apropiada para procesos repetitivos. Se utiliza para lograr un suave y rápido flujo de clientes a través del sistema. Esto es posible para servicios altamente estandarizados que requieren procesos operativos repetitivos.

Hay tres formas básicas de disposición de instalaciones: *producto, proceso y posición fija*.

3.12. TIPOS BÁSICOS DE DISPOSICIÓN DE INSTALACIONES

- Operaciones ineficientes (altos costos y cuellos de botella)
- Accidentes o riesgos en la seguridad
- Cambios en el diseño de servicios.
- Introducción de nuevos servicios.
- Cambios en el volumen de salida o combinaciones de salidas.
- Cambios en los métodos o equipamiento.
- Cambios en las disposiciones anticontaminantes o legales.
- Problemas morales (falta de contacto "cara a cara")

La necesidad de planear la disposición surge tanto del proceso de diseñar nuevas instalaciones, como del de rediseñar las instalaciones existentes. Las razones más comunes para rediseñar las instalaciones incluyen:

1. Requieren inversiones sustanciales de dinero y esfuerzo.
2. Involucran compromisos a largo plazo, que provocan dificultad para superar los errores cometidos.
3. Tienen un impacto significativo en los costos y eficiencia de las operaciones a corto plazo.

Los apartados anteriores han tenido que ver con el diseño de servicios, así como la planeación de los procesos y la capacidad. En este punto se tratará el diseño de sistemas productivos, empezando la disposición de instalaciones. Como en otras áreas de diseño de sistemas, las decisiones sobre la disposición de instalaciones son importantes por tres razones básicas:

Se refiere a la configuración de los departamentos, centros de trabajo y equipo, con especial énfasis en los movimientos de trabajo (clientes o materiales) a través del sistema.

3.11. DISPOSICIÓN DE INSTALACIONES

Debido a los objetivos del presente trabajo, nos enfocaremos al segundo tipo de disposición, que es la que se utiliza en los centros de servicio automotriz. La disposición se caracteriza por departamentos o grupos funcionales en donde se realizan operaciones similares. Los objetos que requieren estas operaciones se mueven entre los departamentos en una secuencia dictada por ciertas consideraciones técnicas. La *figura 26* ilustra el arreglo típico de departamentos para una disposición de procesos.

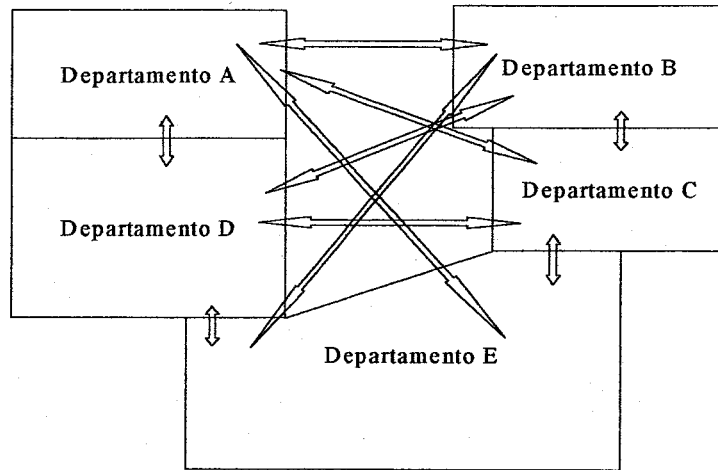


Figura 26. Disposición típica de procesos con departamentos como centros de trabajo.

La disposición de procesos es común en los ambientes de servicio. Debido a que los equipos se distribuyen por tipo de proceso más que por secuencia, el sistema es mucho menos vulnerable a sufrir “caídas” causadas por fallas mecánicas o ausentismo. Se puede tener equipo disponible para reemplazar las máquinas que temporalmente queden fuera de servicio. El mantenimiento tiende a ser menor, debido a que el equipo es poco especializado. Además, el personal de mantenimiento requiere un moderado entrenamiento debido al tipo de maquinaria y también se reduce la inversión en partes de repuesto. La parte negativa es que las rutas y el programa deben actualizarse continuamente para asignar la variedad de demandas de procesos que impone este sistema. El manejo de materiales se hace ineficiente y los costos por manejo de unidades generalmente son altos. El movimiento de inventarios es sustancial debido a que las operaciones se procesan por lotes. No es raro que la tasa de utilización del equipo en estos sistemas sea de alrededor del 50%, debido a lo complejo de las rutas y programas que impone la variedad de procesos demandados y manejados.

El arreglo que resulta de la disposición se muestra en la *figura 27* en forma de *línea de servicio*.

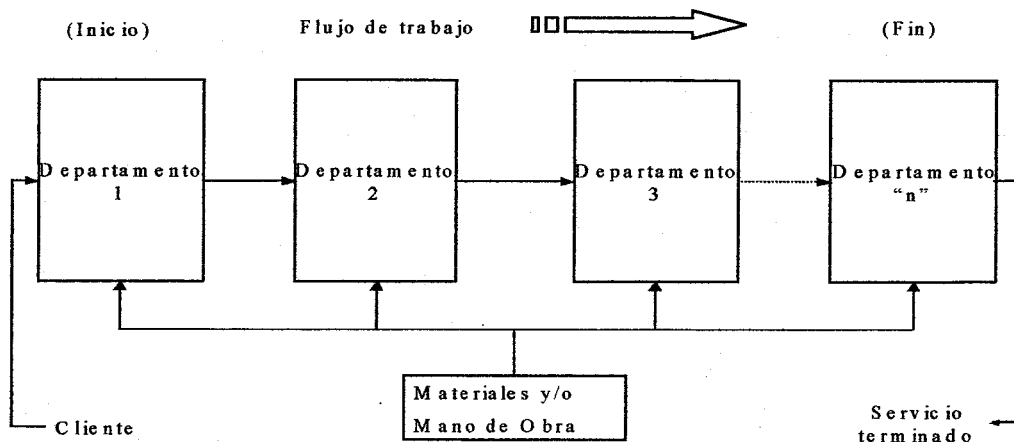


Figura 27. Una línea de flujo de servicio.

El número de departamentos que se requirieran está en función tanto de la tasa de desecada de salida, como de la capacidad de combinar tareas elementales en los departamentos. Se puede determinar el número *teórico mínimo* de departamentos necesario para proporcionar la tasa de salida de la siguiente forma:

$$(3.4) \quad \text{Ciclo de Tiempo (CT)} = \frac{\text{Tasa de salida (D)}}{\text{Tiempo de operación por día (OT)}}$$

Como regla general, el ciclo de tiempo se determina a partir de la salida desecada; esto es, el nivel de salida desecado debe elegirse y calcularse el ciclo de tiempo. Podemos calcular el ciclo de tiempo de la forma siguiente:

$$(3.3) \quad \text{Tasa de salida} = \frac{\text{Ciclo de tiempo (CT)}}{\text{Tiempo de operación por día (OT)}}$$

El ciclo de tiempo también establece la tasa de salida de la línea. Por ejemplo, si el ciclo de la línea es de 2 minutos, las unidades en servicio llegarán al final de la línea a una tasa de una cada 2 minutos.

Ciclo de tiempo: es el tiempo máximo disponible en cada departamento para realizar sus tareas asignadas, antes de que la unidad en servicio tenga que moverse.

La pregunta que se sugiere es ¿cómo decidir cuántos departamentos utilizar? El primer factor que se debe determinar es el *ciclo de tiempo* de la línea.

La meta del balanceo de líneas es obtener grupos de tareas que requieran aproximadamente el mismo tiempo para realizarse. Esto minimiza el tiempo ocioso a lo largo de la línea, lo que permite una alta utilización de la mano de obra y del equipo. El tiempo ocioso se presenta cuando los tiempos para realizar las tareas no son iguales; algunos departamentos son capaces de producir más rápidamente que otros, provocándoles tiempos "muertos" en lo que terminan los más lentos.

Balanceo de línea: proceso de asignar tareas a los departamentos, de tal manera que cada uno de ellos requiera aproximadamente el mismo tiempo para realizar dichas tareas.

El proceso de decidir cómo asignar las tareas a los departamentos se llama *balanceo de línea*.

Las líneas de servicio pueden variar de muy cortas y con pocas operaciones, hasta muy largas con una gran cantidad de operaciones. Cada departamento puede dividir sus operaciones en una serie de pequeñas tareas que puedan realizarse rápido y rutinariamente con personal poco especializado. El tiempo necesario para realizar cada tarea se reduce tanto, que resultaría impráctico asignar una tarea a cada trabajador del departamento. Por un lado, los trabajadores se aburrirían ejecutando una sola tarea; por el otro, el número de trabajadores necesarios para realizar el servicio sería enorme. Por tal motivo, las tareas se agrupan en "paquetes" y se asignan a cada departamento que es manejado por uno o dos trabajadores.

3.13. BALANCEO DE LINEAS

Línea de servicio: Disposición estandarizada arreglada de acuerdo a una secuencia de tareas de servicio.

En los procesos de servicio, el término *línea de servicio* puede o no emplearse.

$$N_{\min} = \frac{\sum t}{D} \quad (3.5)$$

donde:

N_{\min} = Número teórico mínimo de departamentos

D = Tasa deseada de salida

$\sum t$ = Suma de los tiempos de las tareas

Una herramienta muy útil en el balanceo de líneas es el llamado *diagrama de precedencia*. La figura 28 ilustra un diagrama de precedencia simple.

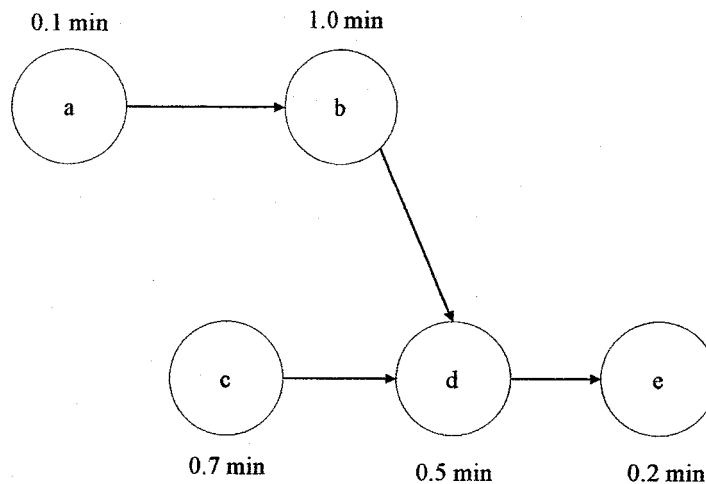


Figura 28. Un diagrama de precedencias simple.

Diagrama de precedencias: representa visualmente las tareas que deben ejecutarse bajo un requisito *secuencial*; esto es, siguiendo un *orden*. El diagrama se lee de izquierda y derecha.

El primer paso para balancear una línea es asignar las tareas a los departamentos. En general, no hay técnicas disponibles que garanticen un óptimo agrupamiento de actividades. Sin embargo, los directivos pueden aplicar técnicas heurísticas (*intuitivas*) que proporcionan un buen, y a veces óptimo, agrupamiento. Con fines ilustrativos, aquí se mencionan dos de ellas:

1. Asignar las tareas de acuerdo al mayor número de tareas subsecuentes.
2. Asignar las tareas de acuerdo al mayor *peso posicional*. Peso posicional es la suma del tiempo de cada tarea y el tiempo de las tareas subsecuentes.

El procedimiento general de balanceo es el siguiente:

1. Identificar el ciclo de tiempo y determinar el mínimo número de departamentos.
2. Construir el diagrama de precedencias.
3. En forma ordenada y empezando por el primer departamento, asignar tareas a los departamentos moviéndose de izquierda a derecha a través del diagrama de precedencias.
4. Antes de cada asignación, utilizar los criterios siguientes para determinar qué tareas son *elegibles* para ser asignadas a un departamento.

Tiempo estándar: Período de tiempo que debe tomarse a un trabajador calificado para llevar a cabo una tarea, trabajando a un ritmo sostenido, utilizando métodos establecidos, herramientas, equipo, materia prima y un lugar de trabajo.

El tiempo que consume una tarea es un insumo vital para planear la fuerza de trabajo, estimar costos de mano de obra, calendarizar, presupuestar y diseñar sistemas de incentivos. Desde el punto de vista de los trabajadores, los tiempos estándar son un indicador de salidas esperadas. Los tiempos estándar indican la cantidad de tiempo que en promedio debe tomarse a un trabajador para realizar una tarea bajo condiciones normales. Los estándares incluyen el tiempo esperado de actividad más una compensación por posibles retrasos.

Tarea: Síntesis de actividades individuales o acciones dentro de un trabajo que se asignan a un individuo, trabajador o grupo de trabajadores.

Por medición del trabajo se entiende el interés de determinar el lapso de tiempo que debe llevarse para terminar una tarea.

3.14. MEDICIÓN DEL TRABAJO

Eficiencia = $100 - \text{Porcentaje de tiempo disponible}$

(3.7)

b. *Eficiencia*, que se calcula como sigue:

Donde: $N_A = \text{Número de departamentos}$

Porcentaje de tiempo disponible = $\frac{N_A * \text{Tiempo de ciclo}}{\text{Tiempo disponible por ciclo} * 100}$

(3.6)

a. Porcentaje de *tiempo disponible* en la línea. En ocasiones llamado *balanceo retardado*, puede calcularse como sigue:

7. Calcular medidas de desempeño apropiadas para el grupo asignado. Hay dos principales:

a. Asignar la tarea con el mayor tiempo de tarea.

b. Asignar la tarea con el mayor número de subsecuentes.

c. Si continúa el "nudo" elegir una tarea arbitrariamente.

8. Se pueden resolver "nudos" de asignación que se lleguen a presentar tomando en cuenta las recomendaciones siguientes:

5. Después de asignar cada tarea, se debe determinar el tiempo restante, en el departamento de que se trate, sustrayendo la suma de los tiempos de las tareas ya asignadas a dicho departamento, al ciclo de tiempo.

a. Si ninguna tarea es elegible, se debe mover al siguiente departamento.

b. El tiempo de la tarea no excede el tiempo disponible en el departamento.

c. Todas las tareas precedentes en la secuencia han sido ya asignadas.

Las empresas desarrollan tiempos estándar en diferentes formas. Aunque algunos pequeños empresarios confían en estimaciones subjetivas de los tiempos de trabajo, el método más utilizado para medir trabajo es el siguiente:

3.15. ESTUDIO DE TIEMPO CRONOMETRADO

Formalmente introducido por Frederick Winslow Taylor en el Siglo XIX. Hoy en día es el método más empleado para medir el trabajo. Es especialmente apropiado para tareas cortas y repetitivas.

Estudio de tiempo cronometrado: Se utiliza para desarrollar un tiempo estándar basado en las observaciones sobre un trabajador a lo largo de varios ciclos. Después, este tiempo se aplica en el trabajo de todas las áreas de la empresa que realicen tareas similares.

Los pasos básicos en el estudio de tiempo son:

1. Definir las tareas que se estudiarán e informar al trabajador que será observado.
2. Determinar el número de ciclos a observar.
3. Tomar el tiempo de la tarea y calcular el desempeño del trabajador.
4. Calcular el tiempo estándar.

El analista que estudie el trabajo debe estar plenamente familiarizado con él, puesto que no es de esperarse que el trabajador intente incluir movimientos extras durante el estudio con la esperanza de ganar un estándar que les de más tiempo por servicio (el trabajador estará dispuesto a trabajar a menor ritmo y aún así alcanzar el estándar). El analista debe comprobar que el trabajador se esté desempeñando eficientemente antes de establecer el tiempo estándar.

Es importante informar al trabajador observado acerca del estudio, con el objeto de evitar suspicacias y malos entendidos. Los trabajadores se sienten inseguros al ser estudiados y temerosos por los cambios que pudieran derivarse. Si el analista comenta estos aspectos al trabajador antes de realizar el estudio, podrá contar con su cooperación.

El número de ciclos en los que se debe medir el tiempo es función de tres cosas:

1. La variabilidad de los tiempos observados.
2. La precisión deseada.
3. El nivel de confianza deseado para estimar el tiempo de la tarea.

A menudo, la exactitud deseada se expresa como porcentaje de la media de los tiempos observados. El tamaño de la muestra requerido para alcanzar la meta del estudio de tiempos, puede calcularse con:

$$n = \left(\frac{zs}{a\bar{x}} \right)^2 \quad (3.8)$$

Donde:

z = Número de desviaciones normales estándar requeridas para la confianza requerida.

s = Desviación estándar de la muestra.

$$NT = \sum (x_j \cdot PR_j) \quad (3.12)$$

Esto supone que se ha utilizado un factor de desempeño único para la tarea entera. Si el desempeño se logra sobre la base de *elemento por elemento*, el tiempo normal se obtiene multiplicando el tiempo promedio de cada elemento por su factor de desempeño y sumando esos valores.

OT = Tiempo observado
 PR = Factor de desempeño
 NT = Tiempo normal

Donde:

$$NT = OT \cdot PR \quad (3.11)$$

Tiempo Normal: Es el tiempo observado ajustado por el desempeño del trabajador. Se calcula multiplicando el tiempo observado por un *factor de desempeño*.

n = Número de observaciones

$\sum x_i$ = Suma de los tiempos registrados

OT = Tiempo observado

Donde:

$$OT = \frac{\sum x_i}{n} \quad (3.10)$$

Tiempo observado: Es simplemente el promedio de los tiempos registrados. Si algún elemento de una tarea no ocurre en cada uno de los ciclos, su tiempo promedio deberá determinarse por separado y esa cantidad deberá incluirse en el tiempo observado (OT).

El desarrollo del tiempo estándar involucra el cálculo de otros tres tiempos: el *tiempo observado* (OT), el *tiempo normal* (NT) y el *tiempo estandarizado* (ST).

Estas fórmulas pueden o no usarse en la práctica, dependiendo de la persona que haga el estudio. Un analista experimentado confiará en su juicio para decidir el número de ciclos de tiempo.

e = precisión o error máximo aceptable.

Donde:

$$n = \left(\frac{z}{e} \right)^2 \quad (3.9)$$

Una fórmula alternativa utilizada cuando la precisión se establece como una *cantidad* en lugar de un porcentaje (por ejemplo: dentro de un minuto de la media real) es:

\bar{x} = Media de la muestra.

a = Porcentaje de exactitud deseado.

Donde:

$$\bar{x}_j = \text{Tiempo promedio para el elemento } j$$
$$PR_j = \text{Factor de desempeño para el elemento } j$$

La razón para incluir este factor de ajuste se debe a que el trabajador que está siendo observado puede estar trabajando a una tasa diferente de la "normal", ya sea que deliberadamente esté reduciendo el paso o porque su habilidad natural difiere de la normal. El analista ajusta el tiempo observado, utilizando el factor de desempeño, a un ritmo promedio.

Tiempo Estandarizado: El tiempo normal es el periodo de tiempo en el que un trabajador realizará una tarea, si no hay demoras o interrupciones. No toma en cuenta factores como retardos (beber agua o descansar), retrasos inevitables (ajustes de máquinas y reparaciones, hablar con el supervisor, esperar materiales, etc.). El tiempo estandarizado de una tarea es el tiempo normal más una *compensación* por estos retrasos, y se calcula con la expresión:

$$ST = NT * AF \quad (3.13)$$

Donde:

ST = Tiempo estándar

AF = Factor compensatorio

La compensación puede basarse en el tiempo de tarea o en el tiempo trabajado (día laborable). Si la compensación se basa en el tiempo de tarea, el factor compensatorio debe calcularse con:

$$AF_{tarea} = 1 + A \quad (3.14)$$

Donde:

A = porcentaje compensatorio basado en el tiempo de tarea

Si la compensación se basa en un porcentaje del tiempo trabajado, la fórmula es:

$$AF_{día} = \frac{1}{1 - A} \quad (3.15)$$

Donde:

A = porcentaje compensatorio basado en día laborable.

3.16. SUBCONTRATACIÓN (Outsourcing)

Se refiere a adquirir los servicios de fuentes externas, en lugar de proveerlos dentro de la empresa. La necesidad de subcontratar (*outsourcing*) se puede presentar debido a varias razones. Algunas de las principales son que las fuentes externas pueden proveer materiales, partes o servicios mejor, más barato o más eficientemente. Los proveedores externos pueden ser productores a gran escala de ciertas partes o servicios y, debido a las economías de escala, pueden proveer la pieza o el servicio a un menor costo del que la empresa pudiera alcanzar. La experiencia y el conocimiento son otras razones claves para la subcontratación. También puede suceder que el proveedor tenga la patente de una pieza necesaria. La subcontratación produce mayor flexibilidad en la empresa y crece cuando las compañías se contraen en personal (*downsizing*) debido a que se enfocan a las actividades más importantes.

Una meta importante en un sistema de servicios es igualar el flujo de clientes con la capacidad de servicio. Esto puede ocurrir si cada nuevo cliente llega al sistema en el preciso momento en que el cliente precedente ha terminado su servicio. De esta forma, el tiempo de espera del cliente se minimiza y tanto el staff como maquinaria del sistema de servicio permanecen utilizados. Desafortunadamente, la naturaleza aleatoria de los requerimientos de los clientes por el servicio, que generalmente prevalece en un sistema de servicio, hace casi imposible prever la capacidad del servicio e igualarla a la demanda. Mas aun, si el tiempo de servicio esta sujeto a variabilidad (debido a las distintas necesidades de procesos), la ineficiencia del servicio se complica. La ineficiencia puede reducirse si las llegadas se programan (citas o reservaciones); sin embargo, hacer citas no siempre es posible.

En ocasiones, el segundo problema puede moderarse utilizando el criterio de "citas" o reservaciones, pero la imposibilidad de almacenar los servicios es un hecho y el directivo debe aprender a enfrentarlo.

1. La imposibilidad de "guardar" o inventariar servicios.
2. La naturaleza aleatoria de la demanda de servicio por parte de los clientes.

La calendarización se presenta en cualquier empresa sin importar la naturaleza de sus actividades. Su objetivo es lograr un "acuerdo" entre metas que se encuentren en conflicto, lo cual incluye la eficiente utilización del staff de personal, equipo, instalaciones, inventarios, tiempo de proceso y minimizar el tiempo de espera del cliente. La problemática que enfrentan las operaciones de servicio se debe a:

Calendarización: Establecer el tiempo de uso del equipo, instalaciones y actividades humanas de la empresa.

La calendarización pretende establecer el tiempo de uso de recursos específicos de la empresa.

3.17. CALENDARIZACIÓN DE LAS OPERACIONES DE SERVICIO

1. Costo de "hacerlo en casa" contra costo de comprarlo, incluyendo los costos iniciales de la puesta en marcha contra el costo de subcontratar.
2. Sensibilidad de la demanda y posible estacionalidad.
3. Calidad disponible en los proveedores comparada con la propia capacidad de calidad.
4. El deseo de mantener un control muy cercano sobre las operaciones.
5. Capacidad ociosa disponible dentro de la empresa.
6. Plazo de entrega de cada alternativa.
7. Quién tiene las patentes, experiencia, etc. si estos son factores.
8. Estabilidad de la tecnología (si la tecnología es cambiante, es mejor recurrir a un proveedor).
9. Grado en el cual la operaciones requeridas son consistentes o están en conflicto con las operaciones normales.

La subcontratación implica tanto riesgos como beneficios. Entre los riesgos principales están la pérdida del control, el aumento en la dependencia de los proveedores y la pérdida de la oportunidad de adquirir la habilidad de hacerlo "en casa". Para decidir si se subcontrata o no a un proveedor, la mayoría de las empresas toman en cuenta los factores siguientes:

La calendarización en sistemas de servicios incluye la programación de:

1. Clientes
2. Fuerza de trabajo
3. Equipo

Sistema de citas: Intenta controlar el tiempo de llegada de los clientes, con el objeto de minimizar su tiempo de espera, alcanzando un alto grado de utilización de la capacidad. Aún con las citas, el problema puede persistir debido a la falta de puntualidad de parte de los clientes, las inasistencias y la incapacidad de controlar completamente el tiempo de contacto con el cliente.

Sistema de reservaciones: Se diseña para permitir a los sistemas del servicio formular un estimado equitativo y preciso de la demanda en el sistema, para un periodo de tiempo dado y minimizar las decepciones de los clientes que se generan al hacerlos esperar por mucho tiempo o al imposibilitarlos para obtener el servicio. Los retrasos y las cancelaciones pueden desequilibrar el sistema, pero para ello se cuenta con técnicas cuantitativas como la teoría de decisiones y el problema de inventario en un solo periodo.

Calendarizar la fuerza de trabajo: Calendarizar a los clientes es administrar la demanda; calendarizar la fuerza de trabajo es administrar la capacidad. Este enfoque trabaja mejor cuando la demanda puede estimarse con razonable exactitud. Una consideración adicional es que las variaciones en la demanda de los clientes puede equilibrarse mediante el uso de la flexibilidad de la fuerza de trabajo. Entonces, la capacidad puede ajustarse teniendo trabajadores con el entrenamiento adecuado para asignarlos temporalmente a ayudar en las operaciones de cuellos de botella, durante los periodos de alta demanda. Sin embargo, hay restricciones que pueden afectar la flexibilidad en la calendarización de la fuerza de trabajo incluyendo cuestiones legales, de comportamiento, técnicas y de presupuesto. También las condiciones sindicales pueden aportar más restricciones.

Calendarización de recursos múltiples: En algunas situaciones es necesario coordinar el uso de más de un recurso. Resulta obvio que a mayor número de recursos por ser calendarizados, mayor la complejidad del problema y la menor probabilidad de que se alcance el calendario óptimo.

3.18. MANTENIMIENTO

Mantener la capacidad de producción en una empresa es una función muy importante en cualquier sistema productivo.

Mantenimiento: Abarca todas aquellas actividades relacionadas con mantener las instalaciones, maquinaria y equipo en buenas condiciones de trabajo y con realizar las reparaciones necesarias cuando se presentan averías que interrumpen la producción, para lograr que el sistema pueda desempeñarse como se espera, al mínimo costo posible.

Las actividades de mantenimiento se organizan en dos categorías:

1. **Mantenimiento de edificios e instalaciones terrestres:** responsable de cuidar la apariencia y funcionalidad de construcciones, estacionamientos, jardines, bardas y demás.
 2. **Mantenimiento de maquinaria y equipo:** responsable de mantener la maquinaria y el equipo en buenas condiciones de trabajo, realizando las reparaciones necesarias.
- Existen varias razones por las cuales se desea mantener el equipo y maquinaria en buenas condiciones de operación, algunas de ellas son:
1. Evitar interrupciones en la producción de servicios.
 2. No elevar los costos de producción.
 3. Mantener una alta calidad.
 4. Evitar perder fechas de entrega a los clientes.

Cuando ocurren descomposturas, hay varias consecuencias adversas:

1. Se reduce la capacidad de producción y las órdenes de trabajo se retrasan.
2. No hay producción, pero los costos fijos permanecen, lo que eleva el precio del servicio.
3. En el aspecto de calidad, el servicio puede resultar defectuoso.
4. En el aspecto de seguridad, los empleados o clientes pueden resultar dañados.

Los decisores tienen dos opciones respecto al mantenimiento.

- **Mantenimiento correctivo:** Opción *reactiva* y consiste en tratar con descomposturas súbitas u otro tipo de problemas, en el momento que ocurren.
- **Mantenimiento preventivo:** Opción *proactiva* y consiste en reducir las descomposturas implementando programas de lubricación, ajustes, limpieza, inspección y reemplazo de partes gastadas.

Los decisores tratan de lograr un equilibrio entre estas dos opciones básicas y llegar a una minimización del costo de mantenimiento combinado. Este equilibrio se muestra en la figura 29.

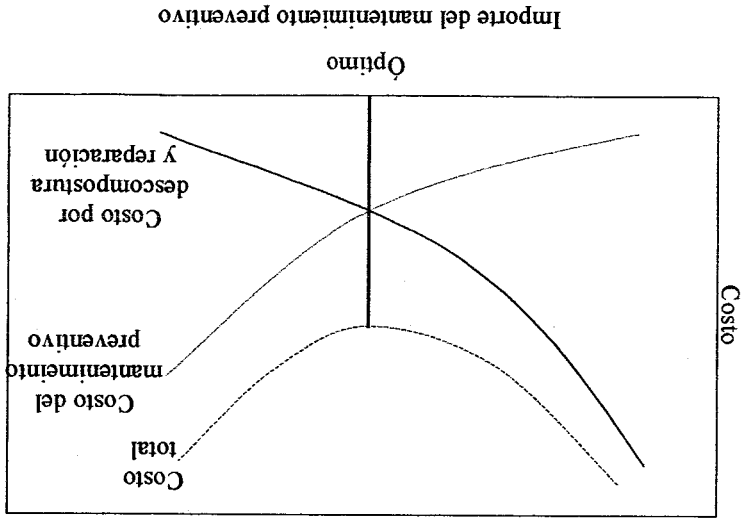


Figura 29. Costo total de mantenimiento en función de los esfuerzos de mantenimiento preventivo.

En la *figura 29* se observa que sin mantenimiento preventivo, las descomposturas y reparaciones tienen un costo tremendo. Además deben considerarse los costos ocultos, como la pérdida de producción y los sueldos mientras el equipo no funciona. Sin embargo, después de cierto punto, el costo del mantenimiento preventivo excede su beneficio. En enfoque debe concentrarse en buscar un balance entre ambos tipos de mantenimiento. La edad y condiciones de las instalaciones y el equipo, el grado de tecnología involucrada, el tipo de proceso productivo y otros factores similares, intervienen en la decisión de qué tanto mantenimiento preventivo es el deseable.

3.18.1 Mantenimiento preventivo

Su meta es reducir la incidencia de descomposturas o fallas en la planta o equipo y evitar los costos asociados. Estos costos incluyen pérdida de salidas, trabajadores ociosos, interrupciones en el calendario, lesiones, daños a otros equipos, productos o instalaciones; y reparaciones, que pueden provocar inventarios altos de partes de repuesto, equipo, herramienta de reparación y especialistas en mantenimiento.

El mantenimiento preventivo es *periódico*. Puede calendarizarse de acuerdo con la disponibilidad del personal de mantenimiento y evitar interferencias con los programas operativos. Los directivos suelen utilizar un calendario de mantenimiento preventivo combinando algo de lo siguiente:

1. El resultado de inspecciones planeadas que revelen la necesidad de mantenimiento.
2. De acuerdo con el calendario (a través del tiempo.)
3. Después de un determinado número de horas de operación.

La frecuencia del mantenimiento preventivo es un aspecto importante. A medida que el tiempo entre mantenimientos crece, el costo del mantenimiento preventivo decrece, mientras el riesgo y costo de descomposturas aumenta. La meta es balancear los dos costos para minimizar el costo total.

3.18.2 Mantenimiento Predictivo

Idealmente, el mantenimiento preventivo debe realizarse justamente antes de que la descompostura o falla ocurra, porque así resultará el mayor tiempo de uso posible de las instalaciones y equipo sin interrupciones. El mantenimiento predictivo intenta determinar cuándo realizar las actividades de mantenimiento preventivo

Mantenimiento predictivo: Intento de determinar cuándo es mejor realizar las actividades de mantenimiento preventivo.

Se basa en los registros históricos y análisis de datos técnicos para predecir cuándo podrá fallar una pieza del equipo. Mientras mejor sea la predicción de fallas, más efectivo será el mantenimiento preventivo. Los registros deben incluir información referente a fecha de instalación, horas de operación, fechas y tipos de seguros y de reparaciones de cada pieza del equipo.

3.18.3 Programas de descomposturas

El riesgo de descomposturas puede reducirse enormemente con un mantenimiento preventivo efectivo; sin embargo, aún ocurrirán fallas esporádicas. Aún las empresas con los mejores programas de mantenimiento preventivo, requieren un programa de descomposturas. Desde luego, las empresas que dependen menos del mantenimiento preventivo requieren formas más efectivas de enfrentar las descomposturas. Entre las mejores formas utilizadas para enfrentar las descomposturas, se tienen las siguientes:

- **Equipo de respaldo o en "stand by":** que rápidamente puede ponerse en operación.
- **Inventario de partes de repuesto:** que pueden instalarse cuando se requiera, evitando así invertir tiempo en ordenar piezas.
- **Operadores:** que estén preparados para realizar por lo menos reparaciones menores en sus equipos.
- **Personal de reparaciones:** entrenados y listos para diagnosticar y corregir problemas con el equipo.

3.18.4 Reemplazos

Cuando las descomposturas ocurren frecuentemente y/o son costosas, el directivo enfrenta un dilema en el cual los costos tienen un impacto muy importante. ¿Cuál es el costo de reemplazo comparado con el de continuar con el mantenimiento? A veces esta pregunta es difícil de contestar, especialmente cuando las fallas no pueden predecirse. Otro aspecto es el cambio tecnológico, un equipo nuevo puede tener características que favorezcan el reemplazo en lugar de continuar proporcionando los mantenimientos preventivo y correctivo. Por otro lado, sustituir equipo antiguo por uno nuevo puede causar interrupciones en el sistema, tal vez aun mayores que las causadas por las descomposturas. También es posible que el personal deba ser entrenado para operar el nuevo equipo. Debe tomarse en cuenta el pronóstico de demanda para usar el equipo actual o decidirse a adquirir uno nuevo.

3.19. "BENCHMARKING" COMPETITIVO

¿Cómo puede una empresa asegurarse que sus metas y sus objetivos son realistas? ¿Cómo puede saber cuánto debe mejorar para alcanzar a los competidores o mantenerse en el liderato? El *benchmarking competitivo* puede ayudar a responder estas preguntas.⁽²²⁾

➤ **Benchmarking:** es un estándar o punto de referencia contra el cual algo puede ser medido, evaluado o comparado.

➤ **Benchmarking competitivo:** involucra el análisis de desempeño y de las mejores prácticas de empresas de su clase. El desempeño de estas mejores empresas se convierte en una "cota" contra la cual otras empresas pueden comparar su propio desempeño y prácticas, aprovechándola, además, para mejorar.

En un *benchmarking* competitivo se mide el desempeño de otras empresas en el mismo sector productivo y el mejor se convierte en “*cota*” para la empresa que se esté evaluando. Con el estudio del “*mejor*”, la evaluada pretende descubrir cómo alcanzar el desempeño y las prácticas de la empresa acotada.

El *benchmarking* es un elemento esencial en los esfuerzos de la empresa por mejorar sus operaciones. Sin embargo, no es un proceso para exponer las debilidades de la empresa y poder castigar al responsable. Debe utilizarse para detectar áreas que puedan mejorarse, determinar cómo pueden mejorarse y al final de cuentas, para premiar a aquellos que inicien el cambio.

El beneficio potencial del *benchmarking* competitivo es sustancial. Además de que una empresa podrá reconocer y adoptar estándares de clase mundial, aprenderá cómo alcanzar esos estándares. Aunque las metas originales de la empresa cambien, los empleados sabrán que las nuevas metas son razonables y alcanzables.

El primer paso del *benchmarking* es elegir una o más áreas en las que la empresa no se esté destacando. Si hay varias áreas que requieran una mejora sustancial, se iniciará por las que tengan un mayor impacto.

Antes de que la empresa pueda comparar sus operaciones con los de la empresa cota, debe estudiar al detalle el área de interés. La empresa debe entender exactamente *cómo* y *qué tan bien* ejecuta sus tareas. Este análisis empieza con medidas cuantificables como calidad del servicio, satisfacción del cliente, tiempo de puesta en marcha de equipos y disponibilidad de los servicios. Algunas preguntas que pueden hacerse son:

- ¿Cuál es la naturaleza exacta del trabajo que desarrollamos?
- ¿Bajo qué restricciones estamos operando?
- ¿Qué vemos como nuestras fortalezas y debilidades?

Contando con esta información, ya sea que se decida elaborar un cuestionario y acudir a las empresas cota o buscar información en dependencias que manejan esta información ⁽²³⁾ se debe buscar respuesta a las preguntas siguientes:

- ¿Qué tanto mejor es la competencia?
- ¿Porqué es mejor?
- ¿Cuál es la verdadera fuente de sus fortalezas o ventajas competitivas?
- ¿Cómo manejan o evitan tareas o asuntos que a nosotros nos causan problemas?
- ¿Qué podemos aprender de ellos?
- ¿Cómo podemos aplicar lo que hemos aprendido?

⁽²³⁾ SECOFI, www.secofi.gob.mx

3.20. CONCLUSIONES DE CAPÍTULO

La dirección de operaciones es la administración de sistemas o procesos para crear bienes o proveer servicios. En el pasado, el término producción se enfocaba exclusivamente a la manufactura. En años recientes, el alcance de la producción se ha ampliado considerablemente, llegando a los servicios.

Las operaciones son las responsables de crear los bienes o servicios de la organización, utilizando insumos para proporcionar servicios mediante ciertos sistemas de transformación. El aseguramiento de que se proporciona el servicio deseado se obtiene mediante medidas de desempeño en ciertos puntos del proceso de transformación. Estas medidas se comparan con estándares establecidos con anterioridad, para determinar cuándo es necesaria una medida correctiva (control).

La esencia de la función de operaciones es agregar valor durante el proceso de transformación, el cual se mide con el precio que los consumidores están dispuestos a pagar por dicho bien o servicio.

El papel principal del ejecutivo de operaciones es planear y tomar decisiones, lo que lo lleva a ejercer una considerable influencia sobre el grado con el que se alcanzarán las metas y objetivos de la organización. Al tomar decisiones, los ejecutivos deben tomar en cuenta cómo afectarán a los *stakeholders* de la organización.

Las principales actividades del ejecutivo en operaciones tienen que ver con el aseguramiento de la productividad, la competitividad, el diseño de servicios y sus procesos, la planeación de la capacidad, la disposición de instalaciones, la medición del trabajo, la subcontratación (*outsourcing*), la calendarización de las operaciones, el mantenimiento y el *benchmarking* competitivo.

Sin duda todos estos puntos tienen una importancia fundamental dentro de las empresas, pero en su estudio particular, resulta evidente que no es exclusivo el uso de técnicas cuantitativas para lograr su control; todo lo contrario, la parte cualitativa tal vez reviste mayor importancia y el dominio de ambas partes resaltará la labor del ejecutivo de operaciones.

LAS TÉCNICAS CUANTITATIVAS APLICADAS EN LA OPTIMIZACIÓN OPERATIVA

CAPÍTULO IV

Como quedó establecido en el Capítulo I, el presente trabajo pretende mostrar la aplicación que tiene la investigación de operaciones en la optimización operativa de los centros de servicio automatiz. Como herramientas de la investigación de operaciones destacan las técnicas cuantitativas, dentro de las cuales, las que tienen aplicación directa en las operaciones de los centros de servicio automatiz, son el control y administración de inventarios, líneas de espera, ruta crítica y pronóstico.

4.1. MARCO TEÓRICO

Establece el conjunto de relaciones teórico-empíricas, como son conceptos, categorías, variables, indicadores e índices para darle coherencia a la problemática y ubicar el problema en su exacta dimensión. Una vez planteado el problema de estudio, y cuando se ha evaluado su relevancia y factibilidad, el siguiente paso consiste en sustentar teóricamente el estudio. Lo que habitualmente se llama elaborar el *marco teórico*. Esto implica analizar y exponer las teorías, enfoques técnicos, investigaciones y los antecedentes que en general se consideran útiles para encuadrar el estudio.⁽²⁴⁾

Una fuente importante para construir un marco teórico son las teorías.

Teoría: conjunto de proposiciones relacionadas sistemáticamente que especifican relaciones causales entre variables y que contribuyen a proporcionar respuestas teóricas a un problema en estudio.

Dentro de la principales funciones de las teorías destacan:

- **Explicar:** Decir porque, cómo y cuándo ocurre un fenómeno.
- **Sistematizar:** Dar orden al conocimiento sobre un fenómeno o realidad
- **Predicir:** Hacer inferencias a futuro sobre cómo se va a manifestar u ocurrir un fenómeno dadas ciertas condiciones.

4.2. CONTROL Y ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS

El control de inventarios representa una importante función administrativa y ha sido tratado exitosamente por los métodos cuantitativos. Sus conceptos se aplican a numerosas organizaciones, grandes y pequeñas, con resultados favorables; sin embargo, hay situaciones adicionales en los negocios donde la experiencia al controlar un inventario puede resultar extremadamente útil en la búsqueda de mejorar la toma de decisiones operativas.

Inventario: es una cantidad de bienes o materiales bajo control de una organización que se mantienen por un tiempo en forma improductiva, esperando su uso o venta. Es también un sistema regulador entre dos procesos o actividades denominadas oferta y demanda.

(24) Moreno, Cristina. <http://members.tripod.cl/UST/resumen1.html>

Sistema de inventario: conjunto de políticas y controles que monitorean los niveles del inventario y determinan los niveles que deben mantenerse, cuándo debe resurtirse y qué tan largas serán las órdenes.

Política de inventario: es un procedimiento que se pone en marcha para ayudar a los ejecutivos a responder las preguntas siguientes, con el objeto de manejar eficazmente los inventarios:

- a) ¿Cuánto debe ordenarse cuando el inventario requiera ser resurtido?
- b) ¿Cuándo se resurtirá el inventario?
- c) ¿Qué tan a menudo debe ordenarse?

El problema principal en inventarios surge cuando el ejecutivo debe fijar un *nivel mínimo*, en el cual las existencias queden reducidas a la cantidad prevista como adecuada para durar hasta que sea recibido un pedido y se halle en condiciones de ser utilizado.

Ante este problema, el ejecutivo tendrá dos alternativas inmediatas, aún cuando extremas:

- a) No almacenar nada, sino ir comprando conforme se vayan a utilizar los materiales (enfoque del *justo a tiempo* o JIT).
- b) Almacenar en grandes cantidades para hacer frente a cualquier demanda que él pudiera imaginar durante un período largo de tiempo.

Evidentemente ambas alternativas originan costos. En la primera, por los trastornos que sufra la producción por falta de materiales; en consecuencia, a medida que aumenten las cantidades almacenadas, disminuirán esos costos. En la segunda alternativa, los costos relacionados con el almacenamiento, aumentan en la medida que aumenta la cantidad de lo almacenado. El problema pues, será buscar aquella alternativa que minimice esos costos, lo cual sugiere la necesidad de determinar la relación entre la cantidad de lo almacenado y los costos implicados.

Al buscarse tal relación, se debe entender que los costos de oportunidad y de almacenamiento siempre tienen su contrapartida; esto es, mientras uno aumenta, su oponente disminuye. En otras palabras, conforme aumenta la cantidad de lo almacenado, los costos de sostenimiento (seguros, depreciación, antigüedad, deterioro, etc.) aumentan; pero los costos que una escasez de materiales originaría en la producción, disminuyen. Por el contrario, cuando estos costos aumentan debido a la poca cuantía de lo almacenado, los costos de sostenimiento se reducen. Entre esos dos extremos se debe buscar la existencia óptima cuyo costo de sostenimiento sea el mínimo, y además debe incluir:

1. Cantidad de la existencia de determinados materiales, suficiente para atender la demanda presente, suponiendo que la misma se conoce previamente.
2. Cantidad fijada como exigencia para cubrir posibles fluctuaciones en la demanda.
3. Cantidad determinada para corregir errores de predicciones anteriores.

Es evidente que la precisión del nivel de existencias más adecuado debe tener en cuenta situaciones especiales tales como las limitaciones de capital y de lugar de almacenamiento. A pesar de que el manejo de existencias presente muchos problemas, en virtud de que está sujeto a diversos factores, el ejecutivo debe buscar un sistema sincronizado e integrado a los programas de producción que incluya un control de existencias óptimo en los diferentes niveles de la producción.

La investigación de operaciones al estudiar la demanda, las condiciones de reaprovisionamiento, los trastornos debidos a la escasez de existencias, etc., responde a preguntas que el ejecutivo pueda plantearse al decidir sobre problemas de inventarios:

- ¿Cómo reducir los inventarios y ayudar a la función financiera?
- ¿Cómo evitar la escasez de existencias?
- ¿Cómo integrar el inventario óptimo?
- ¿Cómo determinar cuáles son las bases necesarias para controlar las existencias?

Hay varios modelos cuantitativos que pueden ser útiles en la toma de decisiones de este tipo:

- **Modelo de análisis ABC:** técnica para clasificar artículos de acuerdo a la regla 80-20 de Pareto.
- **Modelos deterministas de inventario:** se supone que la tasa de demanda de un artículo es constante o muy cercana a ser constante. Dentro de estos modelos destacan:

- Modelo de cantidad de orden económica (EOQ o *Economic Order Quantity*).
- Cantidades de descuento para el modelo EOQ.

- Modelo económico de producción en lotes.
- Modelo de inventario con escasez planeada.

- **Modelos probabilistas de inventario (o Estocásticos):** son aquellos en los cuales la demanda por un artículo fluctúa y solamente puede describirse en términos de probabilidades. Dentro de estos modelos destacan:

- Modelo de inventario de periodo simple con demanda probabilista.
- Modelo de cantidad de orden, punto de re-orden con demanda probabilista.
- Modelo de inventario con revisión periódica y con demanda probabilista.

- **Enfoque de Planeación de Requerimientos de Material (MRP o *Material Requirements Planning*):** es aplicable para la administración de inventarios de materia prima, ensambles y sub-ensambles cuya demanda es directamente dependiente de productos finales.

- **Filosofía del Manejo de Material Justo a Tiempo (JIT o *Just In Time*):** su objetivo primordial es eliminar todas las fuentes de desperdicio, incluyendo el inventario innecesario.

Dados los alcances del presente trabajo, interesan los dos primeros modelos que tienen relación directa con las operaciones de centros de servicio automatiz. La primera sirve para clasificar los artículos con mayor importancia y la segunda para garantizar su existencia al mínimo costo posible. Aunque la demanda real de artículos no será exactamente constante, las necesidades mensuales promediadas a lo largo de un año, se acercan mucho a una constante mensual.

Además, los artículos ordenados entran al inventario todos juntos en una misma fecha, lo cual cumple con las condiciones para poderlo considerar como un modelo de cantidad de orden económica, como se verá después.

4.2.1. Modelo de Análisis ABC

Es una técnica de clasificación de inventarios con varios artículos. Es muy útil para enfocar la atención del ejecutivo hacia los aspectos más importantes de cualquier sistema de inventarios con varios artículos.

Cualquier inventario importante está compuesto de más de una clase de artículos. Cada artículo en particular requiere ser controlado y administrado, pero es conveniente reconocer que no todos los artículos tienen la misma importancia para la empresa. El análisis ABC es una forma de clasificar artículos de acuerdo a ciertas medidas importantes. Una de dichas medidas y la más frecuentemente usada son las ventas anuales (en pesos) de cada artículo.

En la *figura 30* se muestra una típica curva ABC obtenida al clasificar cada grupo de artículos por su volumen de ventas (en orden decreciente) y después trazando las ventas acumuladas en pesos contra el número de artículos diferentes en el inventario. La tan bien conocida regla de Pareto (80-20) se demuestra en esta figura; el 20% de los artículos responden por el 80% de las ventas totales de la empresa.

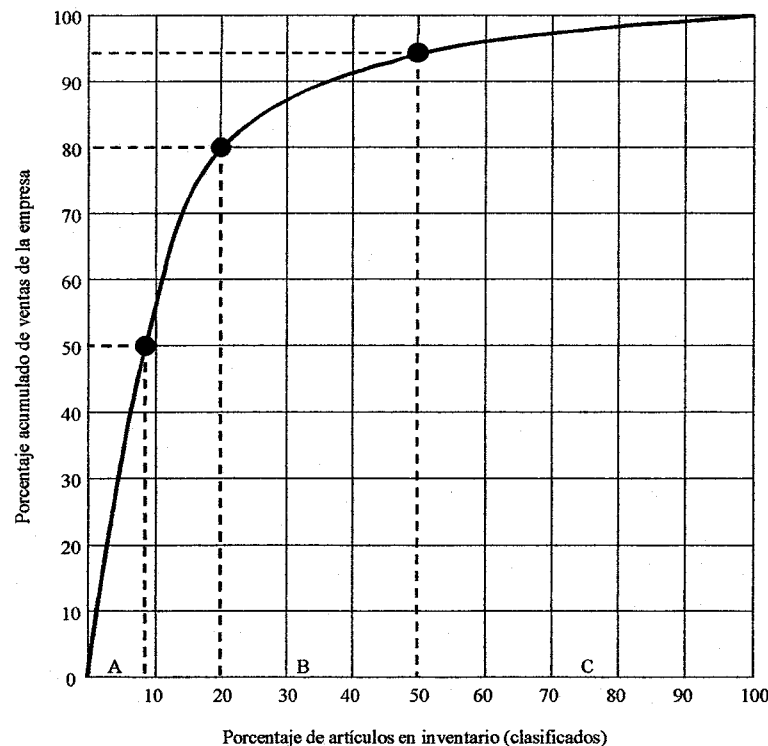


Figura 30. Ejemplo de análisis ABC.

La forma de cualquier curva ABC será similar a la de la *figura 30*; esto se debe a que los artículos están clasificados de acuerdo a su importancia en las ventas anuales, antes de acumularse.

➤ **Segundo:** A menudo la empresa tiene artículos que ordinariamente se clasificarían como artículos "C" bajo la medida de ventas en pesos, pero que son muy importantes para los clientes de la empresa (por ejemplo, piezas de repuesto para maquinaria compleja).

➤ **Primero:** Se relaciona con la medida de desempeño. Aunque las ventas en pesos es la medida más frecuentemente utilizada, casi siempre se debe a que este dato se encuentra disponible. Sin embargo, no debe basarse en el hecho de que el dato esté disponible para escogerlo como medida de desempeño. Dependiendo de la decisión que se deba tomar, la medida de desempeño debe elegirse como la escala que mejor mida la importancia de la decisión (por ejemplo, si la decisión involucra inversión en inventarios las ventas en pesos resultan adecuadas como medida de desempeño, pero si se trata de la capacidad de la empresa para cumplir con las órdenes de los clientes sin retraso, la utilidad será más recomendable).

Hay dos riesgos principales al utilizar el análisis ABC:

Así, un artículo puede tener categorías desde A1 hasta C9, pudiendo establecer nueve políticas de inventario diferentes.

Ventas Anuales	I	1	A
	II	2	B
	III	3	C
Nivel Crítico	I	4	7
	II	5	8
	III	6	9

Esta clasificación responde a un solo criterio: las ventas anuales; sin embargo, la empresa puede clasificar sus artículos utilizando multicitrios (ventas anuales y niveles críticos por ejemplo), pudiendo establecer políticas de inventario para cada categoría obtenida.

Como se aprecia en la figura 30, un artículo "A" será mucho más importante que uno "B", el cual a su vez será más importante que otro "C". Para propósitos ejecutivos, los artículos "A" recibirán el máximo análisis, monitoreo y revisión, mientras que los artículos "B" recibirán una razonable atención, pero menos que los artículos "A". Los artículos "C" representan muchos artículos diferentes que individualmente tienen ventas muy bajas, por lo que pueden manejarse más casualmente. Si se implementara una mejora en el control de inventarios de una empresa, inicialmente deberá enfocarse hacia los artículos "A".

- Artículos en la región "A": el 50% de las ventas totales.
- Artículos en la región "B": los artículos en medio de las regiones "A" y "C".
- Artículos en la región "C": el 50% de los artículos.

Los ejecutivos emplean la curva ABC para determinar en dónde se requiere un análisis más profundo y por el contrario, dónde no será necesario mejorar la exactitud e incurrir en mayores costos. El procedimiento común es dividir la curva en tres regiones o grupos, como sigue:

4.2.2. Modelo de cantidad de orden económica (EOQ)

Desarrollado por Ford Harris en 1915, el modelo de *cantidad de orden económica (EOQ)* calcula la mejor cantidad por ordenar minimizando los costos por establecer una orden y por mantener el inventario en bodega. Resulta aplicable cuando se cumplen las suposiciones siguientes:

- La tasa de demanda de un artículo es constante, o muy cercana a ser constante.
- La cantidad ordenada llega completa al inventario en un solo punto del tiempo y no hay restricciones respecto a su tamaño.
- No hay incertidumbre en la demanda, suministros y tiempos de entrega. No hay *stockouts* (falta de existencias).
- Solamente hay dos costos significativos: por establecer la orden y por mantener el inventario, los cuales además no varían.
- No hay descuentos.

Tasa constante de demanda: suposición que asume que un mismo número de unidades se toma del inventario en cada periodo de tiempo (5 unidades diarias, 25 unidades semanales, 100 unidades mensuales, etc.)

En la práctica, se encontrará que la situación real del inventario rara vez, o nunca, satisface exactamente las suposiciones del modelo. De modo que, en cualquier aplicación particular, el ejecutivo debe determinar si las suposiciones del modelo que se esté empleando, están lo suficientemente cercanas a la realidad.

Hay dos propósitos fundamentales de este modelo: establecer cuánto y cuándo ordenar.

Decisión de cuánto ordenar: Involucra la decisión de elegir una cantidad de orden que acerque dos compromisos:

- Mantener los inventarios al mínimo posible ordenando frecuentemente: puede provocar altos costos cada vez que se establezca una orden.
- Mantener altos inventarios y ordenar esporádicamente: puede provocar altos costos al mantener el inventario en bodega.

Para encontrar el compromiso óptimo entre estas alternativas en conflicto, se considerará un modelo matemático que muestre los costos totales como la suma de los costos de mantener el inventario en bodega más los costos de establecer la orden.⁽²⁵⁾

- **Costos de mantener el inventario en bodega:** son los costos asociados a mantener las existencias en bodega en un nivel determinado; estos costos dependen del tamaño del inventario por lo que son variables (seguros, impuestos, depreciación, obsolescencia, estropicios, deterioro, destrucción y costos de bodega como luz, clima, renta y seguridad). Se componen a su vez de otros costos:

⁽²⁵⁾ Aunque los especialistas en administración por costumbre se refieren a modelos de "*costos totales*" para sistemas de inventarios, estos modelos describen solamente los costos *variables* totales o los costos *relevantes* para la decisión que se esté considerando. Los costos que no sean afectados por la decisión de "*cuánto ordenar*" se consideran fijos o constantes y no se incluyen en el modelo.

- **Costo Financiero:** es el costo de la inversión monetaria en inventarios.
 - **Préstamo bancario:** la empresa incurre en intereses cobrados por la institución que le presta el dinero.
 - **Recursos propios:** se sufre un costo de oportunidad asociado a la falta de disponibilidad del dinero invertido en inventarios, puesto que impide ser utilizado en otras inversiones.
 - En cualquier caso, existe un costo por intereses debido al capital invertido en el inventario:
 - **Costo de Capital:** generalmente se expresa como un porcentaje de la cantidad de dinero invertido en el inventario.
 - **Otros costos:** existen otros costos de mantener el inventario en bodega, como son seguros, impuestos, rotura, robo y saturación de la bodega, que también dependen del valor del inventario. Generalmente se expresan como una tasa anual del valor del inventario.
- Se debe notar lo conveniente que resulta definir el costo de mantener un artículo en bodega como un porcentaje del valor del producto, porque es fácilmente transferible a otros productos.

➤ **Costos por establecer una orden:** Este costo se considera fijo, sin importar la cantidad ordenada, incluye la preparación de la orden de pedido, el procesamiento de dicha orden considerando sueldos (se calculan con el tiempo promedio que le lleve a un analista todo el proceso de pedido, multiplicado por el salario horario integrado del mismo), gastos de envío, teléfono, transporte, verificación de factura, recepción, etc. (se les asigna una cuota fija que se calcula mediante la división de los gastos totales que la organización gaste en estos rubros entre el número total de órdenes establecidas).

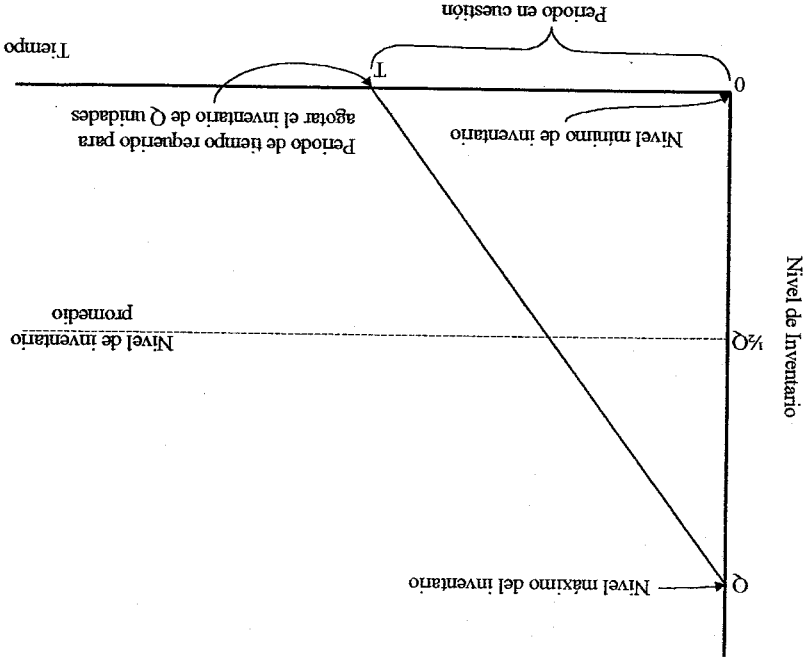


Figura 31. Nivel de inventario (Q)

Los costos de mantener el inventario en almacén, los costos por establecer una orden y la información de la demanda son los tres datos que se deben conocer antes de utilizar el modelo EOQ para poder construir a su vez el modelo de costos totales. Se empieza por definir Q como la cantidad ordenada a un proveedor. La decisión de “cuánto ordenar” involucra encontrar el valor de Q que minimice la suma de los costos de mantener el inventario en bodega más los costos de establecer una orden. Entonces, el nivel de inventario tendrá un valor máximo de Q unidades cuando la orden de tamaño Q se reciba del proveedor. La organización empieza a satisfacer las necesidades de los clientes utilizando los artículos del inventario, hasta que éste se reduce tanto, que llegará el momento de recibir otro embarque de Q unidades, como se muestra en la *figura 31*.

En la *figura 31* se observa un nivel de inventario promedio ($\frac{1}{2}Q$) para el periodo en cuestión. Esto es razonable toda vez que el máximo nivel de inventario es Q , el mínimo es *cero*, y el nivel de inventario declina en una tasa constante a lo largo del periodo.

La *figura 31* muestra también el patrón del inventario durante un ciclo de orden de largo T . A medida que el tiempo transcurre, el patrón se repite. El patrón completo del inventario se muestra en la *figura 32*. Si el inventario promedio en cada ciclo es $\frac{1}{2}Q$, el nivel promedio de inventario a lo largo de cualquier número de ciclos será también $\frac{1}{2}Q$.

El costo de mantener el inventario en bodega puede calcularse utilizando el nivel de inventario promedio. Es decir, puede calcularse este costo multiplicando el nivel de inventario promedio por el costo de mantener una unidad en inventario durante el periodo expuesto. El periodo expuesto depende del ejecutivo y puede ser de una semana, un mes, un año, etc. Sin embargo, la mayoría de las organizaciones expresan este costo en porcentaje anual, entonces:

$$C_h = I * C \quad (4.1)$$

Donde:

C_h = Costo anual de mantener una unidad en inventario.

I = Tasa (%) del costo de mantener el inventario en bodega un año.

C = Costo unitario de un artículo en el inventario.

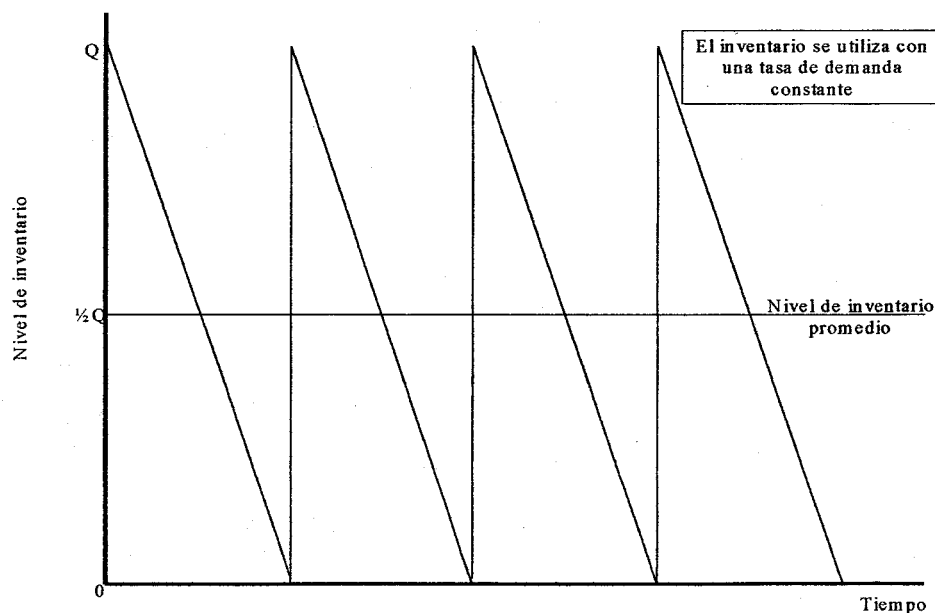
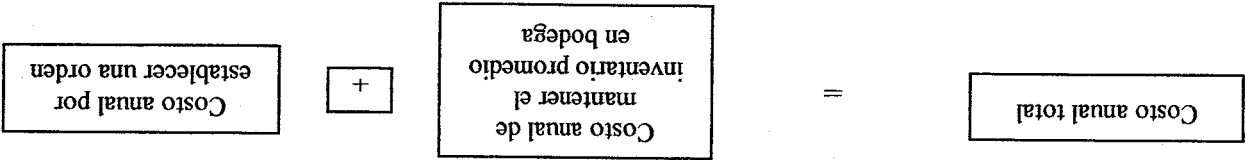


Figura 32. Patrón de inventario para un modelo EOQ

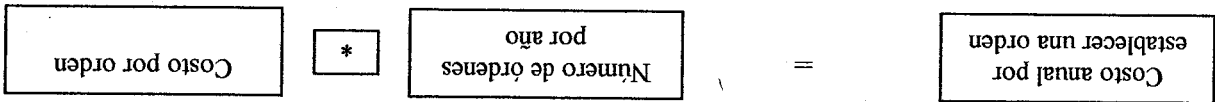
Ahora se tiene la posibilidad de expresar el costo total anual en función de *cuanto* debe ordenarse. El desarrollo de un modelo realista de costo total, es tal vez la más importante contribución de la investigación de operaciones a la toma de decisiones de inventarios. La *ecuación 4.5* es la ecuación general del costo total para situaciones de inventario en las cuales son válidas las suposiciones del modelo de cantidad de orden económica.

$$TC = \frac{1}{2} \bar{Q} C_h + \frac{D}{\bar{Q}} C_0 \quad (4.5)$$



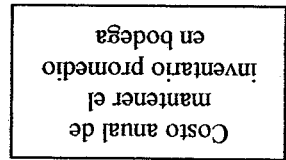
Entonces, el costo anual denotado como *TC*, puede expresarse de la manera siguiente:

$$= \left(\frac{D}{\bar{Q}} \right) C_0 \quad (4.4)$$



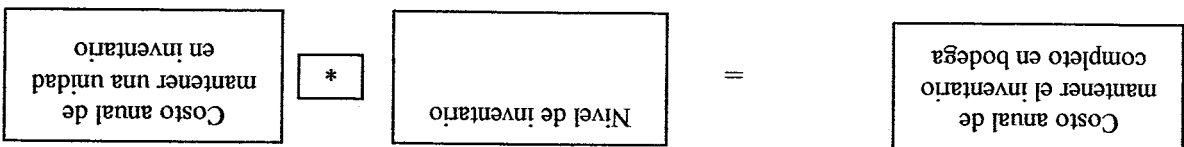
Para completar el modelo de costo total, se debe incluir el costo anual por colocar una orden. El objetivo es expresar el costo anual de establecer una orden en términos de la cantidad de orden \bar{Q} . La primera pregunta es *¿cuántas órdenes se van a establecer durante el año?* Se denota a *D* como la demanda anual del servicio. Se sabe que al ordenar \bar{Q} unidades cada vez que se establece una orden, se habrán generado D/\bar{Q} órdenes por año. Si C_0 es el costo por establecer una orden, la ecuación general para el costo anual de establecer una orden es:

$$= \frac{1}{2} \bar{Q} C_h \quad (4.3)$$



Evidentemente, no se tendrá a lo largo de todos los meses del año el mismo inventario completo \bar{Q} , se considera que la cantidad de artículos que se tendrán permanentemente en el inventario es el promedio del inventario completo, es decir: $1/2 \bar{Q}$. Luego, la *ecuación 4.2* se transforma en:

$$= \bar{Q} * C_h \quad (4.2)$$



La ecuación general para calcular el costo anual de mantener el inventario en bodega considerando el inventario completo de \bar{Q} unidades es:

La decisión de cuánto ordenar

El paso siguiente es encontrar la cantidad de orden Q que minimizará el costo total anual. Podría utilizarse la técnica de "prueba y error" para diferentes valores de Q hasta encontrar el mínimo costo total anual. El resultado de varias iteraciones de dicha técnica dará como resultado una gráfica similar a la mostrada en la *figura 33*. La ventaja de esta técnica es que resulta más sencillo de llevarse a cabo y proporcionar diferentes costos totales anuales para varias posibles cantidades de orden. La desventaja es que la técnica no proporciona un valor exacto de la cantidad de orden a mínimo costo, a menos de que se realicen muchas iteraciones.

En la *figura 33*, la mínima cantidad de orden que produce el mínimo costo total se denota por un tamaño de orden Q^* . Utilizando el cálculo diferencial se puede encontrar la cantidad de orden Q que minimice el costo total, obteniendo la derivada $\frac{dTC}{dQ}$, e igualando a cero el resultado para hallar el valor de Q^* . A partir de la *ecuación 4.5*, que es el costo total anual para un modelo *EOQ*, se tiene:

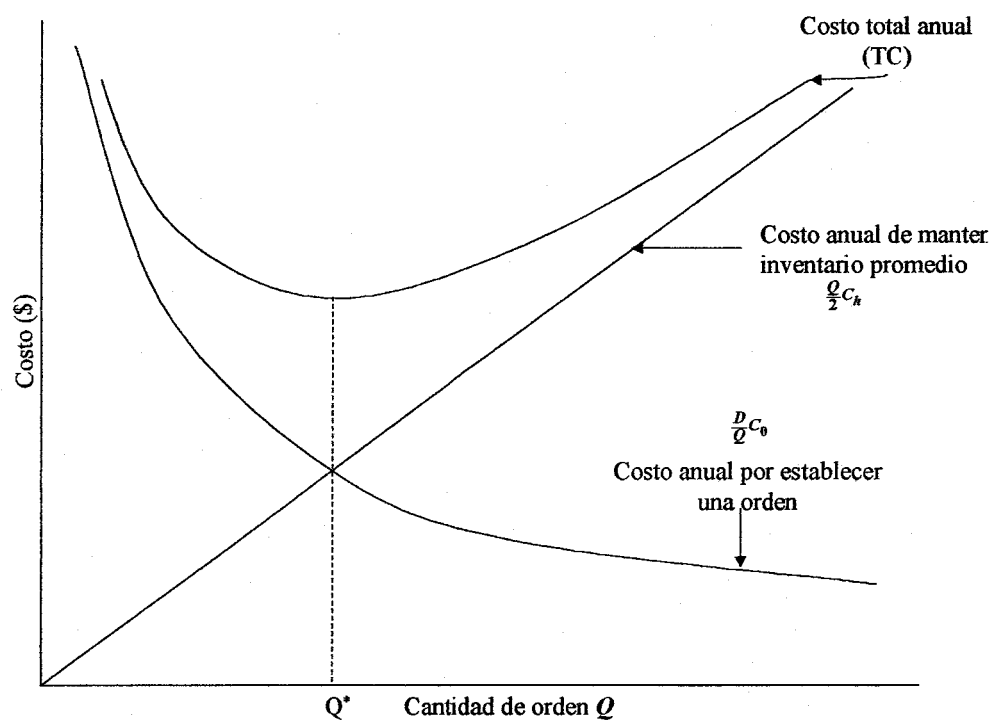


Figura 33. Costos del inventario

$$\frac{dTC}{dQ} = \frac{1}{2}C_h - \frac{D}{Q^2}C_o = 0 ; \frac{1}{2}C_h = \frac{D}{Q^2}C_o ; C_h Q^2 = 2DC_o ; Q^2 = \frac{2DC_o}{C_h} ; Q^* = \sqrt{\frac{2DC_o}{C_h}} \quad (4.6)$$

La segunda derivada es:

$$\frac{\partial^2 TC}{\partial Q^2} = \frac{2D}{Q^3}C_o$$

Puesto que el valor de la segunda derivada es mayor que cero para D , C_o y Q mayores que cero, entonces Q^* de la *ecuación 4.6* es la solución del mínimo costo, conocida como *fórmula de la cantidad de orden económica EOQ*.

Previamente, cuando se estableció la ecuación 4.2, fue definida la relación D/\bar{Q} como el número de órdenes que serán establecidas durante un año. Entonces, D/\bar{Q} es el número de órdenes que se establecerán al proveedor cada año. El número de órdenes establecida a lo largo de un determinado número de días laborables en el año, proporcionará el tiempo, en días laborables, al cabo de los cuales deberá establecerse una nueva orden. Esta cantidad de días laborables entre órdenes es lo que se conoce como *tiempo de ciclo*. La expresión general para el *tiempo de ciclo* (T), en días laborables, está dada por la ecuación 4.10:

Antes de responder a la pregunta de cuándo ordenar, debe definirse una relación más:

Tiempo de ciclo: periodo de tiempo laborable entre órdenes consecutivas.

m = plazo de entrega en días para una nueva orden

d = demanda diaria

R = punto de reorden

Donde:

$$R = d m$$

(4.9)

general del *punto de reorden* es la siguiente:

Entonces, se deberá ordenar un nuevo embarque al proveedor cuando el nivel del inventario alcance la cantidad de demanda durante el plazo de entrega. Para sistemas de inventarios que utilizan la suposición de tasa de demanda constante y un tiempo fijo de entrega por parte del proveedor, el *punto de reorden* es el mismo que la demanda durante el plazo de entrega. Para estos sistemas, la expresión

artículo multiplicada por el plazo de entrega del proveedor.

Demanda durante el plazo de entrega: es el producto de la demanda diaria esperada del

orden

Plazo de entrega: es el tiempo en el que un proveedor se compromete a entregar una nueva

Punto de reorden: la posición del inventario en la cual se debe establecer una nueva orden.

La decisión de cuándo ordenar se expresa en términos de *punto de reorden*.

bodega más la cantidad de inventario ordenada.

Posición del Inventario: para un artículo, se define como la cantidad de inventario existente en

este cuestionamiento, se requiere introducir el concepto de *posición del inventario*.

Ahora que se sabe cuánto ordenar, debe hacerse la pregunta de *¿cuándo ordenar?* Para responder a

La decisión de cuándo ordenar

$$C_m = \text{Intervalo promedio entre órdenes (en fracciones de año)}; C_m = \frac{C_p}{1} = \frac{D}{EOQ} = \sqrt{\frac{C_p D}{2C_o}} \quad (4.8)$$

$$C_p = \text{Número promedio de órdenes por año}; C_p = \frac{D}{EOQ} = \sqrt{\frac{DC_h}{2C_o}} \quad (4.7)$$

Una vez calculada EOQ, pueden utilizarse las ecuaciones 4.7 y 4.8 para encontrar respectivamente el número promedio de órdenes al año y el promedio de tiempo entre dichas órdenes:

$$T = \frac{\text{Días laborables al año}}{\text{Órdenes anuales}} ; T = \frac{\text{Días laborables al año}}{\frac{D}{Q^*}} ; T = \frac{\text{Días laborables al año} * Q^*}{D} \quad (4.10)$$

El modelo *EOQ* arroja una cantidad de orden recomendada, ¿es esta la decisión final, o el juicio del ejecutivo puede influir en el establecimiento de la política final de inventario? Aunque el modelo ha proporcionado una buena recomendación de cantidad de orden, no ha tomado en cuenta todos los aspectos de la situación del inventario. Como resultado, el ejecutivo podría modificar dicha recomendación final para reunir las características específicas de la situación de su inventario.

4.3. LINEAS DE ESPERA

Cuando un problema implica que se deben proporcionar medios suficientes para atender las necesidades de varios clientes que esperan algún tipo de servicio proporcionado por un número limitado de servidores y posteriormente se van, se está frente a un fenómeno de espera o lo que dentro de la investigación de operaciones se conoce como *líneas de espera* o *teoría de las colas*.

Sistema de espera: compuesto por clientes, líneas de espera, servidores y disciplinas de espera.

- **Clientes:** pueden ser personas, llamadas telefónicas, órdenes y requisiciones, paquetes, máquinas o cualquier otra cosa que llegue a las instalaciones requiriendo un servicio.
 - **Cantidad de clientes infinita:** cuando solamente se espera una pequeña parte de una gran población y el número de llegadas potenciales es independiente de las llegadas que ya se han dado en el sistema (supermercados, bancos, etc.)
 - **Cantidad de clientes finita:** cuando el número de llegadas potenciales es dependiente del número de clientes que están siendo atendidos o esperando ser atendidos (si hay una flota de 10 camiones y 2 requieren reparación, habrán 8 clientes potenciales para el mecánico).
- **Servidores:** son quienes proporcionan el servicio y pueden ser personas, máquinas, habitaciones, dinero, etc.
- **Disciplina de espera:** conjunto de reglas que se utilizan para determinar cuál cliente en la fila será atendido inmediatamente después (primera entrada-primera salida, menor tiempo de procesamiento, reservaciones primero, emergencias primero, etc.).

Un problema clásico que ayuda a entender la teoría de las líneas de espera es el que presenta una gasolinera. Esto es, mientras un automóvil carga combustible, otros esperan en fila para hacer lo mismo cuando les llegue su turno. En este caso, la preocupación del ejecutivo es encontrar alguna forma de reducir la longitud de la cola para evitar que los clientes se desesperen y se vayan a otras estaciones, pensando que éstas les darán un mejor servicio.

La teoría de las líneas de espera, al estudiar los problemas en que interviene, lo hace basándose en dos datos principales, que provienen de estudios de probabilidades:

- Promedio de llegadas de las personas o cosas.
- Promedio de la duración del servicio.

Puede prepararse un modelo matemático con esta información que muestre al ejecutivo la probabilidad de la duración de la espera o, lo que es lo mismo, la longitud de la cola. En el ejemplo de la gasolinera, la cola representa el número de automóviles que esperan servicio; en este caso, el ejecutivo está en la posibilidad de calcular el número óptimo de bombas de gasolina que proporcionen el mejor servicio a los clientes. Dentro de las empresas, este modelo de investigación de operaciones ayuda a resolver múltiples problemas referentes a circulación, transmisión, paros de máquina, espera de un cliente en una ventanilla o cajas receptoras, esperas de camiones en plataformas de carga, etc.

En estas y en muchas otras situaciones de líneas de espera, el tiempo transcurrido mientras se espera un servicio se considera un desperdicio. Añadir más cajeros, despachadores o servidores no siempre es la estrategia más económica para mejorar el servicio, por lo que la empresa requiere determinar formas para mantener los tiempos de espera dentro de límites tolerables.

Los modelos de líneas de espera se construyen con fórmulas y relaciones matemáticas que pueden utilizarse para determinar las características operativas (*medidas de desempeño*) de una línea de espera. Algunas de estas características operativas de interés son:

1. La probabilidad de que no haya unidades en el sistema.
2. El número promedio de unidades en la línea de espera.
3. El número promedio de unidades en el sistema (el número de unidades en la línea de espera más el número de unidades que están siendo atendidas).
4. El tiempo promedio que una unidad permanece en la línea de espera.
5. El tiempo promedio que una unidad permanece en el sistema (el tiempo de espera más el tiempo de servicio).
6. La probabilidad de que una unidad que llegue no tenga que esperar por el servicio.
7. La probabilidad de que hayan n unidades en el sistema.

Los ejecutivos que cuenten con esta información estarán mejor preparados para tomar decisiones que balanceen los niveles deseables de servicio y los costos de proporcionar el servicio.

4.3.1. Estructura de las líneas de espera

Aunque las empresas quisieran servir a cada cliente inmediatamente, a veces llegan más clientes de los que pueden manejar. En consecuencia, los clientes esperan en una línea o "cola" para ordenar y recibir su servicio. Esta situación preocupa a las empresas, en cuanto a que los métodos empleados para atender a sus clientes produzcan tiempos de espera excesivos. En consecuencia, realizan estudios para determinar el mejor método para reducir los tiempos de espera y mejorar el servicio.

➤ **Línea de espera con servidor único:** en este tipo de operaciones, un servidor toma la orden del cliente, determina el costo total, recibe el dinero y despacha la orden. Una vez que la orden del primer cliente se cumple, el servidor toma la orden del siguiente cliente que espera en la cola. Con esto se pretende expresar que cada cliente que entra a la empresa debe pasar a través de *un solo* canal para obtener el servicio. A medida que llegan más clientes que no pueden atenderse inmediatamente, van formando una cola y esperan a que el servidor se encuentre disponible. En la *figura 34* se muestra una línea de espera con servidor único.

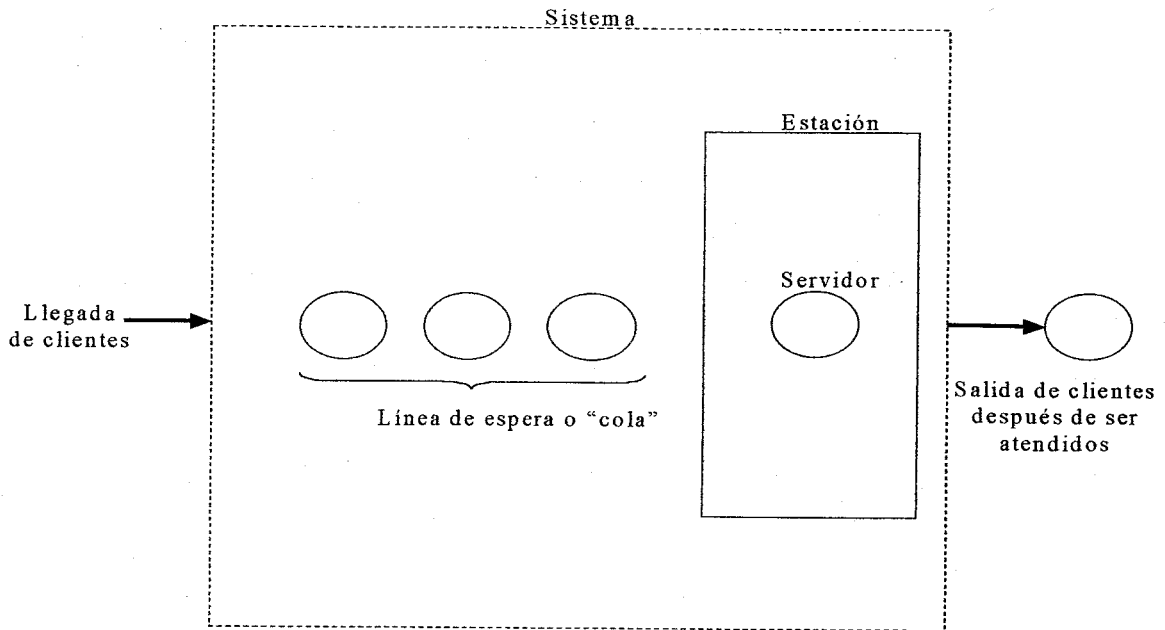


Figura 34. Línea de espera con servidor único

- **Distribución de las llegadas:** Cuando las llegadas no están predeterminadas, se requiere una función de probabilidad que determine el tiempo entre llegadas sucesivas en un periodo dado de tiempo. En muchas líneas de espera, las llegadas se presentan *aleatoriamente e independientemente* de otras llegadas, y no es posible predecir cuándo ocurrirá una llegada. Para estos casos, los especialistas han encontrado que la *Distribución de Probabilidad de Poisson* proporciona una buena descripción del patrón de llegadas.

Existen tres propiedades principales en la distribución de probabilidad de Poisson:

1. El número de llegadas que ocurren en cualquier intervalo de tiempo es independiente del número de llegadas que ocurren en cualquier otro intervalo de tiempo.
2. La probabilidad de que un cliente llegue durante un intervalo de tiempo es la misma para todos los intervalos de tiempo de la misma magnitud y es proporcional al tamaño de dicho intervalo de tiempo.
3. La probabilidad de que dos o más clientes lleguen durante un intervalo de tiempo se acerca a *ceró* a medida que dicho intervalo se reduce.

La función de probabilidad de Poisson que define la probabilidad de x número de llegadas en un periodo específico de tiempo es:

$$P(x) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!} \quad ; \quad \text{para } x = 1, 2, 3, \dots \quad (4.11)$$

Donde:

x = número de llegadas en un periodo de tiempo

λ = promedio o media de llegadas por periodo de tiempo

$e = 2.71828$

En la práctica, se puede registrar el número de llegadas reales en un periodo de tiempo de varios días o semanas y comparar la distribución de frecuencias del número observado de llegadas con la distribución de probabilidad de Poisson, para determinar si esta última proporciona una razonable aproximación a la distribución de llegadas.

➤ **Distribución de Tiempos de Servicio:** Tiempo de servicio es el tiempo que un cliente permanece en las instalaciones de la empresa a partir de que el servicio inicia. Los tiempos de servicio rara vez son constantes, porque el servicio solicitado de un cliente a otro puede variar considerablemente. Los especialistas han encontrado que si puede suponerse que el tiempo de servicio tenga o al menos se aproxime a una *distribución exponencial de probabilidad*, existen fórmulas disponibles para proporcionar información útil acerca de la operación de la línea de espera. Si es el caso, la probabilidad de que el tiempo de servicio sea menor o igual a un tiempo de duración t es:

(4.12)

$$P(\text{tiempo de servicio} \leq t) = 1 - e^{-\mu t}$$

Donde:

μ = número promedio o media de unidades que pueden atenderse por periodo de tiempo.

➤ **Disciplina en las colas:** define el orden en el cual se atiende a los clientes formados en la línea de espera. En la mayoría de los casos, los clientes son atendidos bajo el enfoque de "primeras entradas - primeras salidas" que consiste en atender a los clientes en el orden en que ellos se hayan formado en la fila. Esta disciplina se expresa como *FIFS* y será la empleada en el resto del Capítulo.

➤ **Operación sostenida:** cuando una empresa abre por la mañana, no hay clientes en el lugar. A este periodo de puesta en marcha se le llama *periodo transitorio*. Gradualmente, la actividad crece hasta llegar a un estado normal o de *operación sostenida*.

Existen varios modelos para resolver los problemas de líneas de espera que dependen del número de servidores, distribución de probabilidad de llegada y distribución de probabilidad de servicio:

1. Modelo con una estación de servicio, llegadas tipo Poisson y tiempo de servicio exponencial.
2. Modelo con múltiples estaciones de servicio, llegadas tipo Poisson y tiempo de servicio exponencial.
3. Modelo con una estación de servicio, llegadas tipo Poisson y tiempo de servicio arbitrario.
4. Modelo con múltiples estaciones de servicio, llegadas tipo Poisson, tiempo de servicio arbitrario y sin línea de espera.

Evidentemente, para el caso de los centros de servicio automatiz, los modelos que más se apegan a su situación particular son el primero y el segundo. En un centro de servicio automatiz pueden haber varias estaciones de servicio dedicadas a una sola actividad, o bien una sola estación dedicada a un solo servicio. En ambos casos, las llegadas se apegan al tipo Poisson y el tiempo de servicio, proporcionado por un manual de tiempos, sigue aproximadamente la distribución exponencial.

4.3.2. Modelo de líneas de espera con una sola estación de servicio, llegadas tipo Poisson y tiempo de servicio exponencial.

Se presentarán las fórmulas que pueden emplearse para determinar las características de operación para una línea de espera con un solo servidor. Dichas fórmulas solamente deben utilizarse en aquellos casos en los que las suposiciones siguientes sean razonables:

1. La línea de espera tiene un solo servidor.
2. Las llegadas siguen una distribución de probabilidad tipo Poisson.
3. El tiempo de servicio sigue una distribución de probabilidad tipo exponencial.
4. La disciplina para las "colas" es la de "primeras entradas – primeras salidas" (FCFS).

La metodología matemática utilizada para obtener las fórmulas es muy compleja. Puesto que el propósito de este trabajo no es proporcionar un desarrollo matemático, sino mostrar cómo las fórmulas pueden arrojar información valiosa acerca de las características operativas de las líneas de espera, las demostraciones matemáticas no serán un punto de discusión.

Características Operativas

Las fórmulas siguientes pueden usarse para determinar las características operativas de una línea de espera estable con llegadas tipo Poisson y tiempo de servicio exponencial, donde:

λ = la media o promedio de llegadas por periodo de tiempo (tasa media de llegadas).

μ = la media o promedio de servicios por unidad de tiempo (tasa media de servicio).

1. Probabilidad de que no hayan unidades en el sistema.

$$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu} \quad (4.13)$$

2. Promedio de unidades en la línea de espera.

$$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} \quad (4.14)$$

3. Número promedio de unidades en el sistema.

$$L = L_q + \frac{\lambda}{\mu} \quad (4.15)$$

4. Tiempo promedio que una unidad permanece en la línea de espera.

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} \quad (4.16)$$

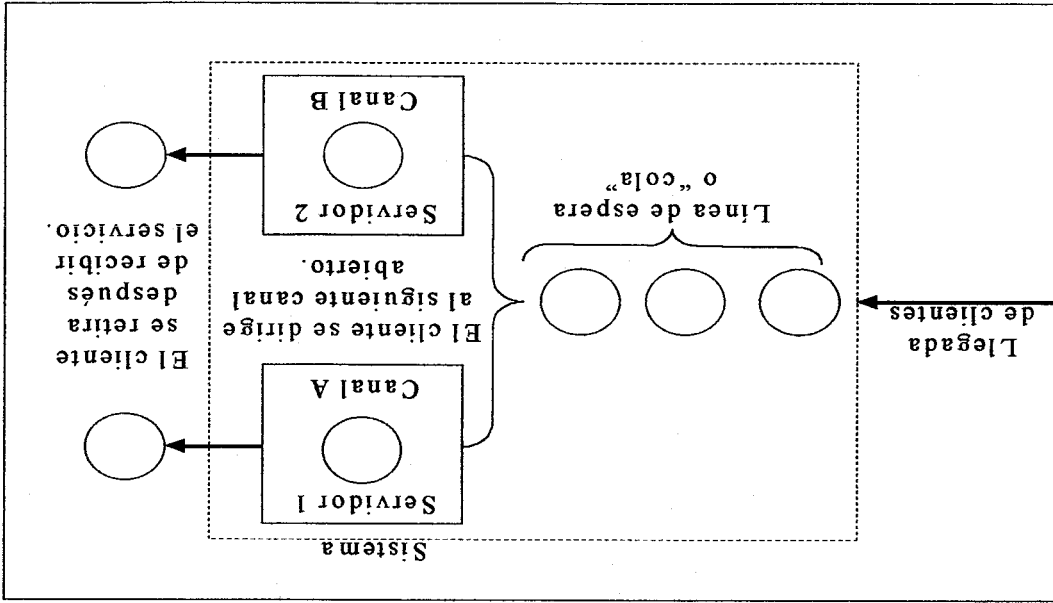
5. Tiempo promedio que una unidad permanece en el sistema.

$$W = W_q + \frac{1}{\mu} \quad (4.17)$$

6. La probabilidad de que una unidad que llegue tenga que esperar por el servicio.

$$P_w = \frac{\lambda}{\mu} \quad (4.18)$$

Figura 35. Línea de espera con dos servidores.



La figura 35 muestra un diagrama que explica una línea de espera con dos servidores.

Una línea de espera *multicanal* consiste en dos o más posiciones de servicio (*estaciones*) que, se asume, son idénticas en cuanto a la capacidad para ofrecer un servicio. En este modelo, los clientes que llegan esperan en una sola línea o "cola" y se van moviendo hacia la primera estación disponible para ser atendidos.

4.3.3. Modelo de líneas de espera con múltiples estaciones de servicio, llegadas tipo Poisson y tiempo de servicio exponencial.

Si esta condición no se presenta, la línea de espera continuará creciendo indefinidamente porque las instalaciones destinadas para el servicio no tendrán jamás la suficiente capacidad para atender el número de unidades que lleguen. En consecuencia, las ecuaciones 4.13 a 4.19 deben usarse únicamente en caso de que: $\mu > \lambda$.

Las características operativas mostradas en las ecuaciones 4.13 a 4.19 son aplicables solamente cuando la tasa media de servicio μ es mayor que la tasa media de llegadas λ ; en otras palabras, cuando $\frac{\mu}{\lambda} > 1$.

Los valores de la tasa promedio de llegadas λ y la tasa media de servicio μ son componentes muy importantes para determinar las características operativas de la línea de espera y siempre deberán expresarse en las mismas unidades (clientes por hora, etc.). La ecuación 4.18 muestra que la relación entre la media de llegadas y la media de servicio proporciona la probabilidad de que una unidad que llegue tenga que esperar debido a que las instalaciones están ocupadas. Por tanto, la relación $\frac{\lambda}{\mu}$: se le conoce a menudo como *factor de utilización* de la estación de servicio.

7. La probabilidad de que n unidades estén en el sistema.

$$P_n = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0$$

(4.19)

Se presentarán las fórmulas que pueden emplearse para determinar las características de operación de una línea de espera y con múltiples servidores. Dichas fórmulas solamente deben utilizarse en aquellos casos en los que las suposiciones siguientes sean razonables:

1. La línea de espera tiene dos o más estaciones.
2. Las llegadas siguen una distribución de probabilidad tipo Poisson.
3. El tiempo de servicio de cada estación sigue una distribución exponencial de probabilidad.
4. La tasa de promedio de servicio (μ) es la misma para cada estación.
5. Las llegadas se forman en una sola línea de espera y se mueven hacia la primera estación abierta para recibir el servicio.
6. La disciplina en la "cola" es la de "primeras entradas – primeras salidas" (FCFS).

Características Operativas

Las fórmulas siguientes pueden usarse para calcular las características operativas de modelos de líneas de espera estables y con varias estaciones, donde:

λ = tasa media de llegadas al sistema.

μ = tasa media de servicio para cada estación.

k = número de estaciones.

1. Probabilidad de que no hayan unidades en el sistema.

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{k-1} \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!} + \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k}{k!} \left(\frac{k\mu}{k\mu - \lambda}\right)} \quad (4.20)$$

2. Número promedio de unidades en la línea de espera.

$$L_q = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \lambda \mu}{(k-1)!(k\mu - \lambda)^2} P_0 \quad (4.21)$$

3. Número promedio de unidades en el sistema.

$$L = L_q + \frac{\lambda}{\mu} \quad (4.22)$$

4. Tiempo promedio que una unidad permanece en la línea de espera.

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} \quad (4.23)$$

5. Tiempo promedio que una unidad espera en el sistema.

$$W = W_q + \frac{1}{\mu} \quad (4.24)$$

La importancia de estas últimas ecuaciones, radica en que se aplican a cualquier modelo de líneas de espera, sin importar las distribuciones de llegada, o el tipo de distribución del tiempo de servicio.

$$W = Wq + \frac{1}{\mu} \quad (4.30)$$

Otra expresión general que se aplica a los modelos de líneas de espera es que el tiempo promedio en el sistema W , es igual al tiempo promedio en la línea de espera Wq , más el promedio del tiempo de servicio. Para un sistema con tasa de servicio promedio μ , el promedio o media del tiempo de servicio es $\frac{1}{\mu}$. Entonces, se tiene una relación general:

$$Lq = \lambda Wq \quad (4.29)$$

$$L = \lambda W \quad (4.28)$$

Existen varias relaciones entre estas cuatro características que se aplican a una gran variedad de sistemas de líneas de espera:

W = tiempo promedio que permanece una unidad en el sistema

Wq = tiempo promedio que permanece una unidad en la línea de espera

L = número promedio de unidades en el sistema

Lq = número promedio de unidades en la línea de espera

Con las fórmulas expuestas hasta ahora se pueden calcular las características operativas para líneas de espera con uno o varios servidores, llegadas tipo Poisson y tiempo de servicio exponencial. Las características operacionales que interesan ahora son:

Algunas relaciones generales para los modelos de líneas de espera.

$$k\mu > \lambda$$

Debido a que μ es la tasa media de servicio para cada estación, $k\mu$ es la tasa media de servicio para un sistema con *multicanales*. Estas fórmulas podrán aplicarse solamente en situaciones en las que la *tasa media de servicio* sea mayor que *la tasa media de llegadas*; es decir, son aplicable únicamente si:

$$P_n = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{k!} P_0 \quad ; \quad \text{para } n > k \quad (4.27)$$

$$P_n = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!} P_0 \quad ; \quad \text{para } n \leq k \quad (4.26)$$

7. Probabilidad de hayan n unidades en el sistema

$$P_w = \frac{1}{k} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \left(\frac{k\mu - \lambda}{k\mu}\right) P_0 \quad (4.25)$$

6. Probabilidad de que una unidad que llegue tenga que esperar.

4.3.4. Análisis económico de las líneas de espera.

Frecuentemente, las decisiones que involucran líneas de espera se fundamentan en evaluaciones subjetivas de las características operativas de dicha línea. Los modelos de líneas de espera que se han visto hasta ahora pueden utilizarse para determinar el número de estaciones que cumplirá con las metas de desempeño que se haya planteado un ejecutivo.

Por otro lado, el ejecutivo podría querer identificar el costo de operación del sistema de líneas de espera y después basar su decisión considerando el sistema diseñado que muestre los mínimos costos operativos, horarios o diarios. Antes de que un análisis económico de líneas de espera pueda llevarse a cabo, debe desarrollarse un modelo de costos totales que incluya el costo de espera y el costo de servicio.

Para desarrollar el modelo de costo total para una línea de espera, se inicia por definir la notación que será utilizada:

c_w = Costo de espera por periodo de tiempo para cada unidad.

L = Promedio de unidades en el sistema.

c_s = Costo de servicio por periodo de tiempo para cada estación.

k = número de estaciones.

TC = Costo total por periodo de tiempo.

El costo total es la suma del costo de espera más el costo de servicio; esto es:

$$TC = c_w L + c_s k \quad (4.31)$$

Para realizar un análisis económico de una línea de espera, se deben obtener estimaciones aceptables del costo de espera y del costo de servicio. Entre estos dos costos, el de espera es más complicado de obtener, porque no es un costo directo para la empresa. Sin embargo, si la empresa llegara a ignorarlo y permite largas líneas de espera, los clientes finalmente se irán a otro lado en busca de un mejor servicio. La empresa sufrirá de pérdidas de ventas y, en efecto, incurrirá en costos. Se puede calcular, por ejemplo, en términos de *costo de que el cliente espere un minuto por el servicio*.

El costo de servicio es relativamente más sencillo de obtener. Es el costo más importante asociado a la operación de cada estación de servicio. Se puede calcular, por ejemplo, sumando los conceptos de *salario del servidor y sus compensaciones, más otros costos directos asociados a la operación de la estación de servicio*.

La *figura 36* muestra la forma general de las curvas de costo en un análisis económico de líneas de espera. El costo de servicio se incrementa en la medida en que se incrementa el número de estaciones de servicio. Sin embargo, con más estaciones, el servicio es mejor. Como resultado, el costo y el tiempo de espera disminuyen, en la medida en que el número de estaciones aumenta. El número de estaciones que provocará la mejor aproximación al mínimo costo total, puede encontrarse evaluando el costo total para diferentes alternativas de diseño.

► **PERT:** (*Program Evaluation and Review Technique*) desarrollada en la Oficina de Proyectos Especiales de la marina de EU con la colaboración de Lockheed Aircraft y la firma de consultoría Booz, Allen y Hamilton en 1958 para planear y controlar el programa del misil Polaris. Resulta útil para planear, programar y controlar los recursos de que dispone, con el fin de obtener los resultados deseados.

Los proyectos largos y complejos, generalmente poseen un conjunto de actividades que son una combinación de "series" y "paralelos". Para los problemas complejos de investigación de operaciones, cuando las alternativas presentan gran dificultad en el manejo de los recursos, el ejecutivo puede contar, además de las técnicas tratadas hasta ahora, con otras dos que por sus similitudes más bien parecen una misma:

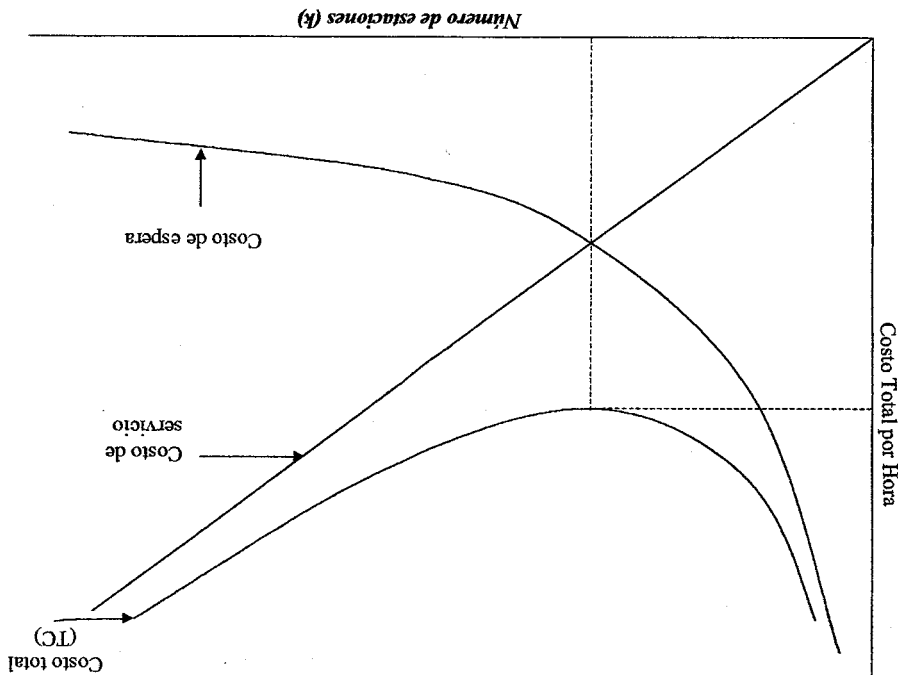
Actividad en paralelo: es aquella que puede realizarse simultáneamente con otra actividad (mientras el carpintero coloca las puertas de una casa, el electricista puede al mismo tiempo instalar las lámparas de la misma.)

Actividad en serie: es aquella que debe realizarse, necesariamente, una vez que la actividad que la antecede ha sido concluida (en una casa, deben construirse primero los muros para posteriormente colocar las ventanas.)

Ahora se presentarán un par de herramientas que sirven para administrar, planear y controlar proyectos que cuentan con varias actividades separadas que requieren ser coordinadas y realizadas en una secuencia u orden específico, para lograr el éxito del proyecto. Algunas de estas actividades pueden realizarse en serie y otras en paralelo.

4.4. RUTA CRÍTICA (PERT/CPM)

Figura 36. Forma general de curvas de costos totales, costos de espera y costo de servicio en modelos de líneas de espera.



- **CPM:** (*Critical Path Method*) desarrollado en 1950 por M.R. Walker de duPont y J. E. Kelly de Remington Rand para ayudar en la construcción y mantenimiento de plantas químicas. Es una forma de planeación de proyectos que tiene como fin el establecimiento de la ruta o camino crítico.

Tanto **PERT** como **CPM** buscan establecer una secuencia lógica de eventos (pasos para desarrollar un programa o proyecto) y su interrelación e interacción para señalar el camino crítico que indique la ruta forzada en la que no puede perderse ningún tiempo o de lo contrario se atrasa el proyecto.

Por medio de **PERT/CPM** el ejecutivo puede:

- Desarrollar un programa o proyecto en la forma más eficiente respecto a tiempo y costo del mismo.
- Establecer la secuencia lógica de los diferentes componentes y actividades del proyecto.
- Determinar las actividades críticas, o sea, aquellas en las que no debe perderse tiempo en virtud de que atrasarían el proyecto.
- Determinar los tiempos libres que tienen para su realización las actividades no críticas, mismas que pueden adelantarse o retrasarse hasta ciertos límites, sin afectar la duración del proyecto.
- Conocer anticipadamente los recursos necesarios para la realización del proyecto.
- Elegir la fecha o momento más conveniente para empezar y terminar un proyecto, de acuerdo a las necesidades y recursos de la empresa.
- Simular, desarrollar y comparar diversos cursos de acción para la realización de un proyecto.
- Definir de manera precisa las responsabilidades de quienes ejecutarán las actividades de un proyecto.
- Controlar el avance del proyecto, comparando lo planeado contra lo realizado.

Las técnicas destacan las actividades “*cuellos de botella*” en el proyecto, lo que permite al ejecutivo destinar más recursos a ellas o mantenerlas vigiladas a lo largo del proyecto. Para efectos de control después de que el proyecto ha iniciado, la técnica proporciona una forma de monitoreo y llama la atención cuando surgen actividades retrasadas que podrían causar el incumplimiento de la fecha de terminación del proyecto.

Información requerida

Con el objeto de poder usar el método PERT, hay dos tipos de información que se requieren conocer acerca de cada actividad del proyecto.

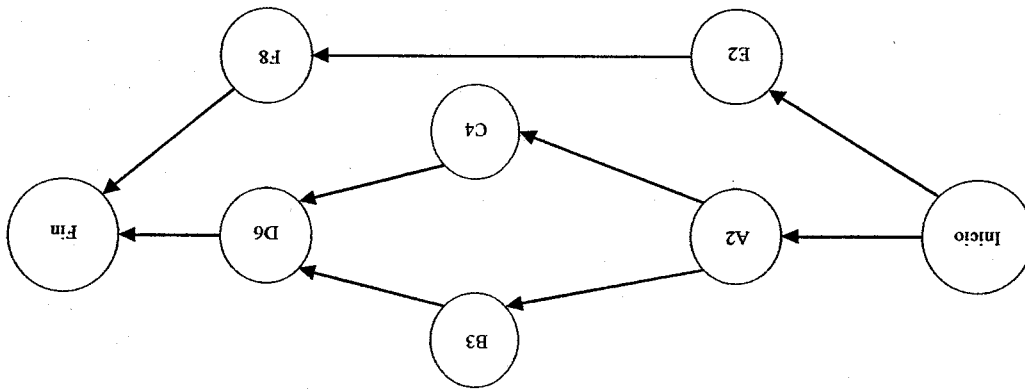
- **Requisito de secuencia:** conocer el grupo de actividades que deben terminarse antes de empezar cada una de las actividades específicas.
- **Tiempo estimado:** tiempo que durará cada actividad hasta terminarse.

Existen dos casos en el estudio de PERT/CPM que se distinguen por la duración de las actividades:

El tiempo de duración estimado para cada actividad se ha escrito dentro de los círculos que representan cada una de dichas actividades. Una vez que el diagrama de redes se concluye, puede utilizarse para desarrollar la ruta crítica del proyecto.

La tabla mostrada en la figura 37 contiene seis actividades que constituyen el proyecto, junto con los requisitos de secuencia y los correspondientes tiempos de duración para cada una de ellas. El predecesor inmediato de B es la actividad A, esto significa que la actividad A debe terminarse antes de que inicie la actividad B. La flecha que parte de la actividad A hacia la actividad B indica el requisito de secuencia del problema. Las actividades B y C deben terminarse ambas antes de que la actividad D pueda empezar.

Figura 37. Diagrama de redes



Actividad	Predecesores inmediatos	Tiempo Estimado (minutos)
A	Ninguna	2
B	A	3
C	A	4
D	B, C	6
E	Ninguna	2
F	E	8

En la figura 37 se muestra un diagrama de redes sencillo.

Diagrama de redes (o de precedencias): representación gráfica del proyecto completo. Cada actividad del proyecto se representa mediante un círculo y se utilizan flechas para indicar los requisitos de secuencia.

Dentro del alcance de este trabajo, quedan comprendidas las actividades cuya duración es conocida; por lo tanto, se presentará el primer caso únicamente.

1. Duración de la actividad conocida: el tiempo que se llevará cada actividad para terminarse es conocido.
2. Duración de la actividad desconocida: el tiempo que requerirá cada actividad para terminarse es incierto (variable aleatoria.)

4.4.1. La ruta crítica

Se requieren algunas definiciones:

Ruta: Secuencia de actividades conectadas (en la *figura 37*, solamente hay tres rutas posibles: *ABD* con 11 minutos de duración, *ACD* con 12 minutos y *EF* con 10 minutos).

Ruta Crítica: Es la ruta que tiene la mayor cantidad de tiempo asociado con ella (en la *figura 37*, es la ruta *ACD* con una duración de 12 minutos). La duración de la ruta crítica determina el tiempo mínimo en el cual el proyecto completo debe terminarse. Las actividades en la ruta crítica son los "cuellos de botella" del proyecto.

La ruta crítica es importante por varias razones:

1. El tiempo de terminación del proyecto no puede reducirse a menos que una o más actividades de la ruta crítica puedan terminarse en menos tiempo del inicialmente estimado.
2. Pone en evidencia aquellas actividades que deben realizarse más rápidamente si se pretende reducir el tiempo de duración del proyecto completo.
3. Cualquier retraso en actividades de la ruta crítica provocarán retrasos en la terminación del proyecto, mientras que los retrasos en actividades *no críticas* en realidad no retrasarán la terminación del proyecto.

En la *figura 37* el tiempo de terminación del proyecto es de 12 minutos; si se desea reducir este tiempo, se deberá reducir a su vez el tiempo de término en alguna de las tres actividades críticas (*A*, *C* o *D*). No se obtiene beneficio al reducir el tiempo de duración en las actividades *B*, *E* y *F*, puesto que no son críticas; asimismo, un retraso en la actividad *B* puede tolerarse, puesto que no tendrá efecto en el tiempo de término del proyecto. Por otro lado, cualquier retraso en las actividades *A*, *C* o *D* alargan directamente el tiempo de término del proyecto. Si la actividad *C* se retrasa 3 minutos, el proyecto tomará 15 minutos en lugar de los 12 inicialmente esperados para su término.

Localización de la ruta crítica

Una forma de encontrar la ruta crítica en una red se presenta a continuación, haciendo:

ES_i = Tiempo de inicio próximo para la actividad *i*.

EF_i = Tiempo de terminación próximo para la actividad *i*.

En donde:

Tiempo de inicio próximo de una actividad: es el tiempo más próximo posible en el cual puede empezar una actividad, asumiendo que todos sus predecesores también empiezan en el tiempo más próximo posible.

Tiempo de terminación próximo de una actividad: es la suma del tiempo de inicio próximo y el tiempo estimado para terminar la actividad. Representa el tiempo más próximo posible en el que una actividad puede terminarse, asumiendo que todas sus predecesores empezaron en sus tiempos más próximos.

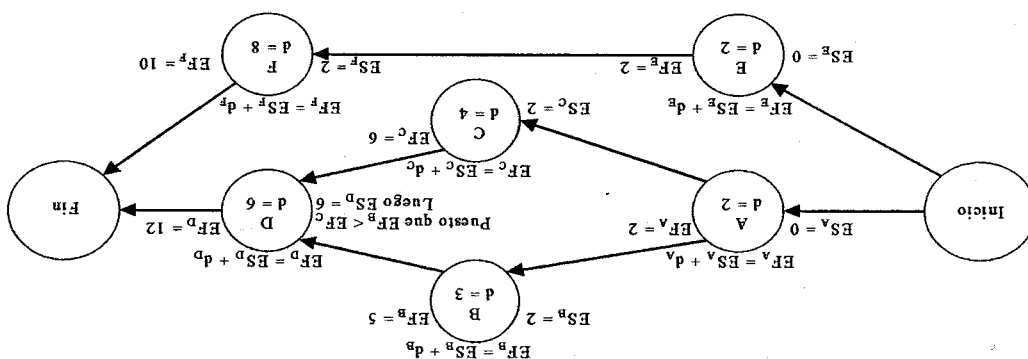
LF_i = Tiempo de término lejano para la actividad i .

LS_i = Tiempo de inicio lejano para la actividad i .

Continuando con la localización de la ruta crítica, se definen:

Las actividades A y E son las primeras, por lo que sus ES serán iguales a *cero*. Puesto que la actividad A dura 2 días, su EF será $(0+2=2)$. De la misma manera, el EF para la actividad E es 2. Luego, la ES para las actividades B y C es 2. La EF para B es $(2+3=5)$; y para C es $(4+2=6)$. Puesto que la actividad D requiere que tanto la C como la B estén terminadas para poder empezar, el ES de la actividad D será el mayor entre 5 y 6; es decir, $ES = 6$. El EF para D es $(6+6=12)$. El ES para la actividad F es 2 y el EF es $(2+8=10)$.

Figura 38. Tiempos de inicio y término próximos



Actividad	Predcesores	Tiempo Estimado (minutos)
A	Ninguna	2
B	A	3
C	A	4
D	B, C	6
E	Ninguna	2
F	E	8

La figura 38 contiene los valores de ES y EF del caso representado en la figura 37.

- Hágase la ES de la primera actividad igual a *cero*.
- Agregúese la duración de la primera actividad a su correspondiente ES , obteniendo la EF de la primera actividad.
- Considérese cualquier actividad para la cual su inmediata predecessora tenga sus valores de ES y EF .
- Igualése el ES de tal actividad al mayor de los valores EF de sus inmediatos predecessores, esto debido a que todos los predecessores deben estar terminados antes de que la actividad pueda empezar.
- Nuevamente se obtiene el EF añadiendo la duración de la actividad a su ES .

Los ES y EF para cada actividad en la red se obtienen como sigue:

En donde:

Tiempo de término lejano para una actividad: es el tiempo más lejano posible en el que puede terminarse una actividad sin retrasar el proyecto más allá de su límite, suponiendo que todas las actividades subsecuentes se realizan según se ha planeado.

Tiempo de inicio lejano para una actividad: es la diferencia entre el tiempo de término lejano y el tiempo estimado para terminar la actividad.

Para obtener el **LS** y **LF** de cada actividad, se empieza por el final del diagrama de red:

1. Igúalese el **LF** de la última actividad al valor **EF** de dicha actividad.
2. Réstese la duración de la última actividad del valor de **LF**, para obtener **LS**.
3. Considérese cualquier actividad para la cual todos sus inmediatos sucesores tengan valores de **LS** y **LF**.
4. El **LF** de tal actividad será igual al menor de los valores de **LS** de los inmediatos sucesores.
5. Obténgase **LS** restando la duración de la actividad de su valor **LF**.

La figura 39 contiene los tiempos **LS** y **LF** para las actividades mostradas en la figura 37, asumiendo que la tiempo límite del proyecto es de 12 minutos.

Actividad	Predecesores Inmediatos	Tiempo Estimado (minutos)
A	Ninguna	2
B	A	3
C	A	4
D	B,C	6
E	Ninguna	2
F	E	8

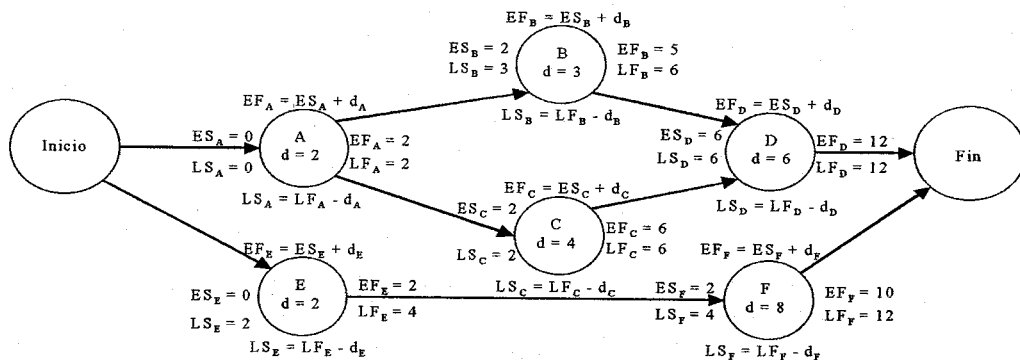


Figura 39. Tiempo Lejano de Inicio y Término.

Las actividades **D** y **F** son las últimas, así que el **LF** para **D** y **F** se iguala al tiempo límite del proyecto de 12 minutos. Puesto que la actividad **D** toma 6 minutos, el **LS** para la actividad **D** es $(12 - 6 = 6)$. La actividad **F** toma 8 minutos, por lo que **LS** para **F** es de $(12 - 8 = 4)$. El **LF** tanto para la actividad **B** y **C** es 6, puesto que ambos tienen el mismo sucesor. El **LS** para la actividad **B** es $(6 - 3 = 3)$, y el **LS** para la actividad **C** es $(6 - 4 = 2)$. El **LF** de la actividad **A** es el menor de los valores de **LS** de los inmediatos sucesores; se toma 2, porque $3 > 2$. Puesto que la actividad **A** toma 2 minutos, el **LS** de **A** es $(2 - 2 = 0)$. Finalmente, el **LF** de la actividad **E** es 4 y su **LS** es 2.

El programa *Microsoft Project* tenía incluido un excelente "tutorial" en línea, que fue una razón de su importante crecimiento en popularidad. Este paquete ayuda a programar, asignar y nivelar recursos, así como a controlar los costos produciendo reportes y presentaciones gráficas de alta calidad.

Debido a que dentro de los alcances de este trabajo no está incluido el desarrollo de proyectos complejos grandes, únicamente se menciona aquí la facilidad que estos programas ofrecen para la elaboración de gráficas de Gantt e impresión de rutas críticas. En el Capítulo VI serán presentados ambos tipos de reportes enfocados a la operación de centros de servicio automatiz.

En la década de los años 90 se observó una explosión en el interés por utilizar técnicas y conceptos de la administración de proyectos, lo que provocó un incremento paralelo en los *softwares* ofrecidos en el mercado. Se disponía de más de 100 programas y su uso aumentó exponencialmente, destacando entre ellos: *Microsoft Project for Windows*, *Primavera Project Planner*, *Time Line*, *Project Scheduler*, *Milestone*, *Schedule Publisher*, *Texim Project*, etc. Estos programas incluyen la generación de cartas de Gantt y la impresión de rutas críticas.

4.4.2. Microsoft PROJECT

La actividad *B* tiene holgura de un minuto, las actividades *E* y *F* tienen 2 minutos de holgura, y las actividades *A*, *C* y *D* no tienen holgura. Si el tiempo límite del proyecto se fija en un periodo igual al de la ruta crítica, entonces todas las actividades con holgura *ceró* deben aparecer en dicha ruta crítica, puesto que su definición implica que cualquier retraso en ellas retrasará el proyecto. A la inversa, cualquier actividad que tenga holgura puede retrasar su *ES* hasta una cantidad igual a la de su holgura, puesto que dicho retraso no tendrá efectos en la fecha de término del proyecto.

Figura 40. Holgura de las actividades (indistintamente LS-ES; 0; LF-EF).

Actividad	LS	ES	Holgura
A	0	0	0
B	3	2	1
C	2	2	0
D	6	6	0
E	2	0	2
F	4	2	2

Actividad	LF	EF	Holgura
A	2	2	0
B	6	5	1
C	6	6	0
D	12	12	0
E	4	2	2
F	12	10	2

Holgura: número de minutos que una actividad puede retrasarse sin obligar a todo el proyecto a retrasarse más allá de su fecha de término.

En el caso de la figura 39, se llegó a una duración del proyecto de 12 minutos, y en consecuencia su ruta crítica también dura 12 minutos; por lo tanto, la holgura de las actividades en la ruta crítica será de cero. En la figura 40 se muestran las holguras para cada actividad del proyecto.

Después de calcular *ES*, *EF*, *LS* y *LF* para cada actividad del proyecto, la holgura de cada actividad se calcula como la diferencia entre *LS* y *ES* de cada una (o equivalentemente, la diferencia entre *LF* y *EF*).

Holgura y ruta crítica

4.5. PRONÓSTICO

Los pronósticos son esenciales para la efectiva operación de las empresas. Permiten que diferentes departamentos trabajen juntos más “suavemente”. Aunque el dicho: “*los pronósticos siempre fallan*” es cierto, no tiene ningún sentido para la parte de manufactura de una empresa que planea vender 1 millón de computadoras este año, para ventas y mercadotecnia que planean vender 2 millones, y para finanzas y contabilidad que planean la venta de 0.5 millones.

Los pronósticos pueden tener diferentes niveles de agregación, a veces lo importante es proyectar la venta en dinero a lo largo de un año. Otras veces es necesario pronosticar la demanda a corto plazo de un servicio o refacción. El pronóstico resulta muy útil en empresas que tienen sistemas de inventarios y control de existencias, pues les sirve para atender la demanda futura.

Existen varios métodos para obtener pronósticos y su elección depende del origen de la información, misma que puede provenir de archivos del pasado o de técnicas estadísticas.

Métodos de series de tiempo: emplean información del pasado para estimar valores futuros.

Promedios móviles: promedio calculado en base a cierto número de datos puntuales del pasado.

Suavización exponencial: es útil para pronósticos de ventas. Utiliza una constante de suavización que afecta al dato puntual más reciente.

Con línea de tendencia: se utiliza cuando la suavización exponencial no se apega a valores con tendencia ascendente o descendente.

Con factores estacionales: cuando la demanda se apega a un comportamiento estacional (por temporadas).

Modelos de regresión: emplean la estadística para pronósticos trimestrales o anuales, o cuando no se dispone de información del pasado.

Modelos de regresión lineal simple: línea recta trazada entre una serie de datos puntuales.

Modelos de regresión múltiple: se emplea cuando hay más de una variable independiente.

De acuerdo con los objetivos del presente documento, el método de la suavización exponencial y el modelo de regresión lineal simple, son los que mejor se apegan a las necesidades del tema que se desarrolla. Por ese motivo, únicamente serán tratadas estas dos herramientas del pronóstico.

4.5.1. Suavización exponencial.

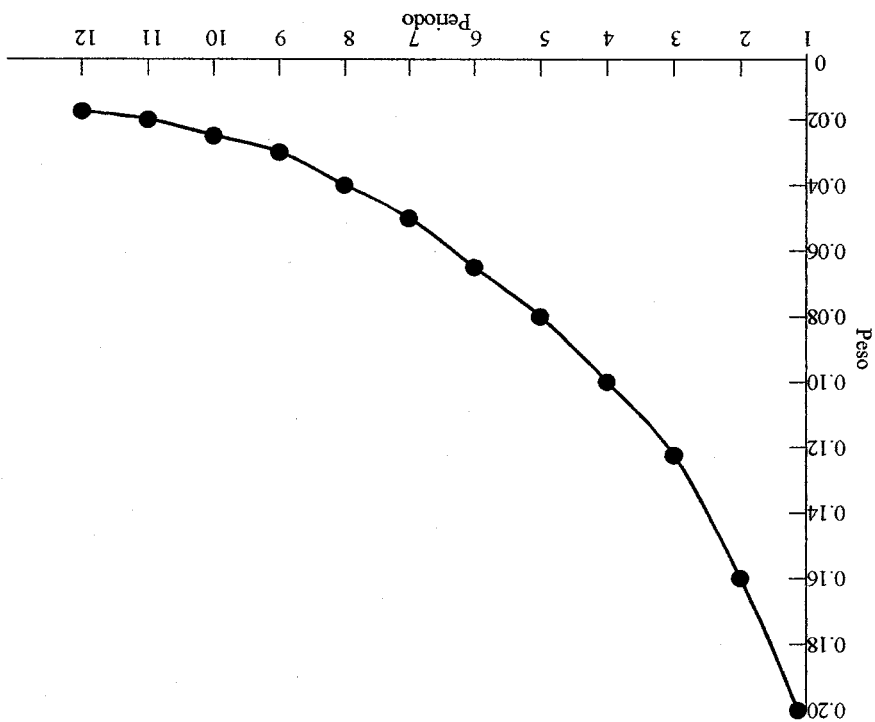
La suavización exponencial hace uso de una *constante de suavización* (α), la cual es un porcentaje del pronóstico afectado por el dato puntual más reciente. Si se elige una constante de suavización de 0.20, significa que el 20% del pronóstico afectará a los datos puntuales más antiguos y el 80% del pronóstico afectará a los datos puntuales más recientes. Con este valor de la constante de suavización, la ecuación básica de la suavización exponencial se expresa:

$$\text{Nuevo pronóstico} = \alpha(\text{datos puntuales más antiguos}) + (1-\alpha) (\text{pronóstico previo}) \quad (4.32)$$

(26) EXCEL incluye la posibilidad de realizar suavizaciones exponenciales para una sola ecuación. Clic en el menú *herramientas*, después en *análisis de datos* y finalmente en *suavización exponencial*. EXCEL utiliza el término *factor de suavización* (que es 1 menos la constante de suavización). Se dispone también de la opción de trazo de gráficas.

Puesto que la constante de suavización es 0.20, cuando un mes cualquiera (n) se presenta, inicia con un peso de 0.20. Un mes después, se obtiene un nuevo dato puntual (m), el peso de (n) queda en el pronóstico anterior, el pronóstico previo es multiplicado por 1 menos la constante de suavización o ($1 - 0.2 = 0.8$). Así, el peso original de 0.20 quedó multiplicado por 0.8, resultando 0.16 para el periodo siguiente. En los meses sucesivos, se repite la multiplicación por 0.8, lo que resulta en una curva descendente como la de la *figura 41*. Los pesos mostrados son exponencialmente descendentes, de ahí el nombre de suavización exponencial.

Figura 41. Pesos para datos del pasado (constante de suavización = 0.20)



Hay una razón para el extraño nombre de suavización exponencial. Resulta que a una observación actual se le va dando menor y menor peso a medida que el tiempo transcurre y que se acumulan datos más actualizados. La *figura 41* muestra cómo los pesos para cualquier dato puntual dado declinan a medida que el tiempo transcurre.

α = Constante de suavización

F_{t+1} = Pronóstico para el periodo $t+1$ (por ejemplo: ventas conocidas en el periodo t).

D_t = Ventas (o demanda) en el periodo t .

Donde:

$$F_{t+1} = \alpha D_t + (1 - \alpha) F_t$$

(4.33)

Los cálculos de la ecuación anterior se realizan más fácilmente en una *hoja de cálculo*.⁽²⁶⁾ Puede modificarse la *ecuación 4.32*, para traducirla en símbolos que serán más fáciles de manejar cuando se presenten modelos complejos. Considérese:

4.5.2. Modelo de regresión lineal simple.

Otra técnica para analizar datos y generar pronósticos involucra el uso de modelos de regresión. El modelo de regresión más simple ajusta una línea recta a través de una serie de datos puntuales. Por ejemplo, la *figura 42* muestra una línea de regresión a lo largo de 12 meses con relación a los clientes captados en dicho año. Asimismo, se muestra la línea de suavización exponencial, que para este caso con tendencia, no puede ser aplicada por permanecer siempre por debajo de los datos reales.

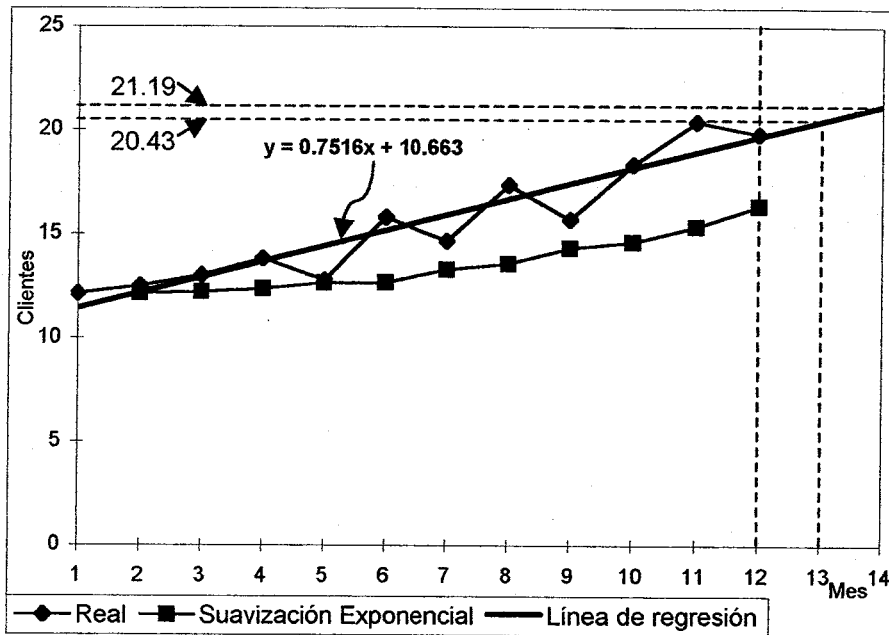


Figura 42. Regresión lineal y suavización exponencial.

El modelo de regresión ajusta una línea recta entre los datos reales. En los modelos simples de regresión lineal, hay una sola variable independiente (meses) y una variable dependiente (clientes) la cual debe pronosticarse. La forma general de la ecuación de un modelo de regresión lineal simple es:

$$Y_t = a + bX_t \quad (4.34)$$

Donde:

X_t = variable independiente (mes)

Y_t = variable dependiente (clientes)

a = se le llama *intercepción*

b = pendiente de la línea recta

El principio de la regresión lineal es que los coeficientes a y b se determinan para producir “*el mejor ajuste lineal*” de la línea a través de todos los datos puntuales.⁽²⁷⁾ En la *figura 42* se muestra la ecuación de la línea recta de regresión, donde:

$$a = 10.663 \quad ; \quad b = 0.7516$$

⁽²⁷⁾ El criterio para el ajuste se basa en minimizar la suma de los cuadrados de las desviaciones de la línea hacia las observaciones, de ahí que se emplee el nombre de *mínimos cuadrados*.

2. La variabilidad puede ser el principal culpable de la congestión: La cantidad de congestionamiento en un sistema de procesamiento, esta directamente relacionada con la cantidad de variabilidad en el tiempo de llegadas y de servicio. El ejecutivo puede mejorar significativamente la congestión, reduciendo dichas fuentes de variabilidad.

1. Hay una necesidad de planear el exceso de capacidad: los ejecutivos quisieran ver ocupadas sus instalaciones al 100%. Pero el tiempo de espera y la congestión hacen muy sensible el factor de carga del sistema particularmente cuando esta entre 70 y 80%. Por ello, se debe planear para que quede alguna capacidad de procesamiento disponible.

Lo más importante de los modelos de líneas de espera es que proporcionan intuición para aplicarse en una gran variedad de problemas de procesos. Los sistemas de procesamiento (líneas de espera) son parte importante de las operaciones en la mayoría de las empresas y organismos gubernamentales. Pueden representar flujos de personas a través de un sistema que les ofrece determinados servicios. La congestión en un componente significativo y costoso en la mayoría de estos sistemas. Como parte de esa intuición se pueden nombrar:

Bajo una demanda constante, la fórmula de la cantidad de orden económica (EOQ) minimizará el procesamiento de la orden y los costos por mantener el inventario. Es posible alguna desviación de la EOQ calculada, puesto que los costos totales no son muy sensibles al valor óptimo preciso.

ABC

El análisis ABC clasifica artículos basándose en el tamaño de su importancia. El ejecutivo puede enfocar su máxima atención a los artículos A e invertir menos esfuerzo en los artículos B y C. Tomar una muestra aleatoria de 200 artículos generalmente es la forma más sencilla de realizar el análisis

Las técnicas mencionadas en este Capítulo desde luego no son una panacea, sólo precisan y definen los problemas pero no los resuelven. Al ejecutivo le corresponde dar la solución por medio de sus decisiones basadas en la información objetiva, completa y precisa que estas técnicas le pueden proporcionar. El ejecutivo podrá esperar y exigir mucha información de la investigación de operaciones; sin embargo, hay limitaciones, tal vez no le informe porque su secretaria predilecta se le fue con el jefe del almacén.

4.6. CONCLUSIONES DE CAPITULO

Afortunadamente, existen hojas de cálculo que incorporan la solución de regresiones dentro de sus opciones de herramientas. Las hojas de cálculo proporcionan información muy generosa, incluyendo una evaluación de qué tan bien el modelo (la línea de regresión) ajusta los datos.

Al usar la regresión lineal con propósitos de pronóstico, es necesario elegir una serie de datos puntuales de los clientes en el periodo siguiente. En la figura 4.2 se observa que se tienen datos para los primeros 12 meses del año, pero la línea de regresión se extiende a los meses 13 y 14, proporcionando así los pronósticos de clientes de 20.43 en el mes 13 y 21.19 en el mes 14.

Estos resultados indican que la tendencia lineal ascendente de los clientes añade 0.75 clientes adicionales cada mes.

3. **Reunir puede conducir a mejoras importantes:** la reunión de recursos, con lo cual se pueden realizar servicios en instalaciones alternativas, pueden reducir significativamente la congestión. Hay muchas oportunidades de reunir recursos; por ejemplo dos mecánicos, uno especializado en motores y el otro en frenos, enfrentarán situaciones en que uno esté muy ocupado y el otro disponible. Con un entrenamiento adecuado, ambos pueden realizar los dos tipos de tareas, convirtiendo el sistema de una línea y un servidor, a una línea y dos servidores.
4. **Planificación:** otra fuente para hacer frente al congestionamiento es crear horarios, con fechas y tiempos.

Un diagrama de red muestra las diversas actividades de un proyecto, y utiliza flechas que indican qué tareas deben preceder a cuáles. Los tiempos *ES*, *LS*, *EF* y *LF* son los tiempos próximos y remotos de inicio y fin de las actividades. Los tiempos *ES* y *EF* se obtienen trabajando la red, empezando con la primera tarea. Para cada actividad, *ES* es mayor que el *EF* en todas las actividades precedentes, y *EF* es el *ES* más la duración de la actividad. La *EF* de la última tarea es el tiempo mínimo para terminar el proyecto. Los tiempos *LS* y *LF* se obtienen trabajando la red a la inversa. Para cada actividad, *LS* es el *LF* menos la duración de la actividad, y *LF* es el menor *LS* de las actividades inmediatas sucesoras. La holgura es la diferencia entre *ES* y *LS* para cada actividad. Las actividades con holgura *cero* están en la ruta crítica.

La suavización exponencial proporciona una forma mecánica de generar pronósticos a partir de los datos del pasado. Asigna pesos a los datos, haciendo más “*pesados*” los datos recientes. Los modelos de regresión ajustan líneas rectas a los datos del pasado. En contraste con los modelos de suavización exponencial, proporcionan el mismo peso a los datos tanto recientes como no tan recientes.

Una herramienta muy valiosa es el programa *Microsoft Project*, el cual permite obtener gráficas de Gantt e impresiones de ruta crítica de manera casi automática. Puesto que la aplicación completa de este programa queda fuera de los alcances del presente documento, en el Capítulo VI se presentarán ambos tipos de reportes enfocados a la operación de centros de servicio automotriz.

En el presente Capítulo se propone una metodología que reúne los conceptos expuestos en los cuatro Capítulos anteriores, para posteriormente aplicarla en el estudio de caso de un centro de servicio automotriz en operación y que enfrenta problemas operativos reales.

Se destaca la importante e interesante interacción que constituyen las técnicas heurísticas y cuantitativas al trabajar conjuntamente en la solución de problemas operativos. Evidentemente, la parte que lleva el mayor volumen de trabajo es la correspondiente a la formulación de la problemática, desde las indagaciones iniciales hasta la descripción de lo que se considera relevante en la forma de operar los centros de servicio automotriz.

Cabe hacer hincapié en que la aplicación de las técnicas cuantitativas cuenta con la valiosa ayuda de las computadoras y sus paquetes de sistemas, que hacen más rápida la solución de modelos matemáticos y permiten realizar velozmente una mayor cantidad de iteraciones para "probar" varias alternativas y acercarse a la mejor u óptima. Por otro lado, las técnicas heurísticas, al tener un carácter más "humano", prácticamente no utilizan los sistemas computacionales, basándose casi por completo en las relaciones interpersonales. Mientras que los modelos matemáticos son resueltos con precisión por los sistemas computacionales, como función de los datos numéricos que se les proporcionan como entrada, el trabajo humano se reduce a la interpretación numérica (*duro*). Por otro lado, las técnicas heurísticas se basan casi por completo en el trabajo humano e interpersonal (*suave*) y los sistemas de cómputo se utilizan muy poco.

El principal problema en la aplicación de modelos matemáticos no es la solución del modelo en sí, puesto que de eso se encargan las computadoras, sino la determinación de los datos de entrada que se le proporcionarán al modelo, porque de ello dependerá la utilidad de los resultados. Si se proporcionan datos imprecisos o poco confiables como entrada, las computadoras no podrán dar confianza a los resultados, por lo que éstos serán igualmente imprecisos y poco confiables.

El principal problema en la aplicación de modelos heurísticos o cualitativos, es poder llegar al consenso humano en cuanto a las causas y solución de una situación problemática que un grupo enfrenta en común. En estos casos interviene en sentimientos, percepciones, intereses, políticas, etc. que dificultan y complican, a veces demasiado, la formulación de un "plan" para atacar un problema. En ocasiones es demasiado el tiempo invertido y muy pobres los resultados.

Tal y como se mencionó en el Capítulo I, el esquema de metodología (ver figura 5) que entonces se presentó, ahora se enriquece con los conceptos y definiciones vistos en Capítulos anteriores. Como resultado, surge el diagrama mostrado en la figura 43 que muestra la metodología completa, objeto del presente trabajo, con la cual se resolverán problemas operativos.

Resulta evidente en el diagrama que la parte de la formulación de la problemática es la que lleva la mayor parte del trabajo. En efecto, definir el problema específico por resolver es la parte más tardada dentro de un proceso de solución ya que involucra una gran cantidad de tiempo en investigación acerca del centro de servicio y entrevistas con los *stakeholders*.

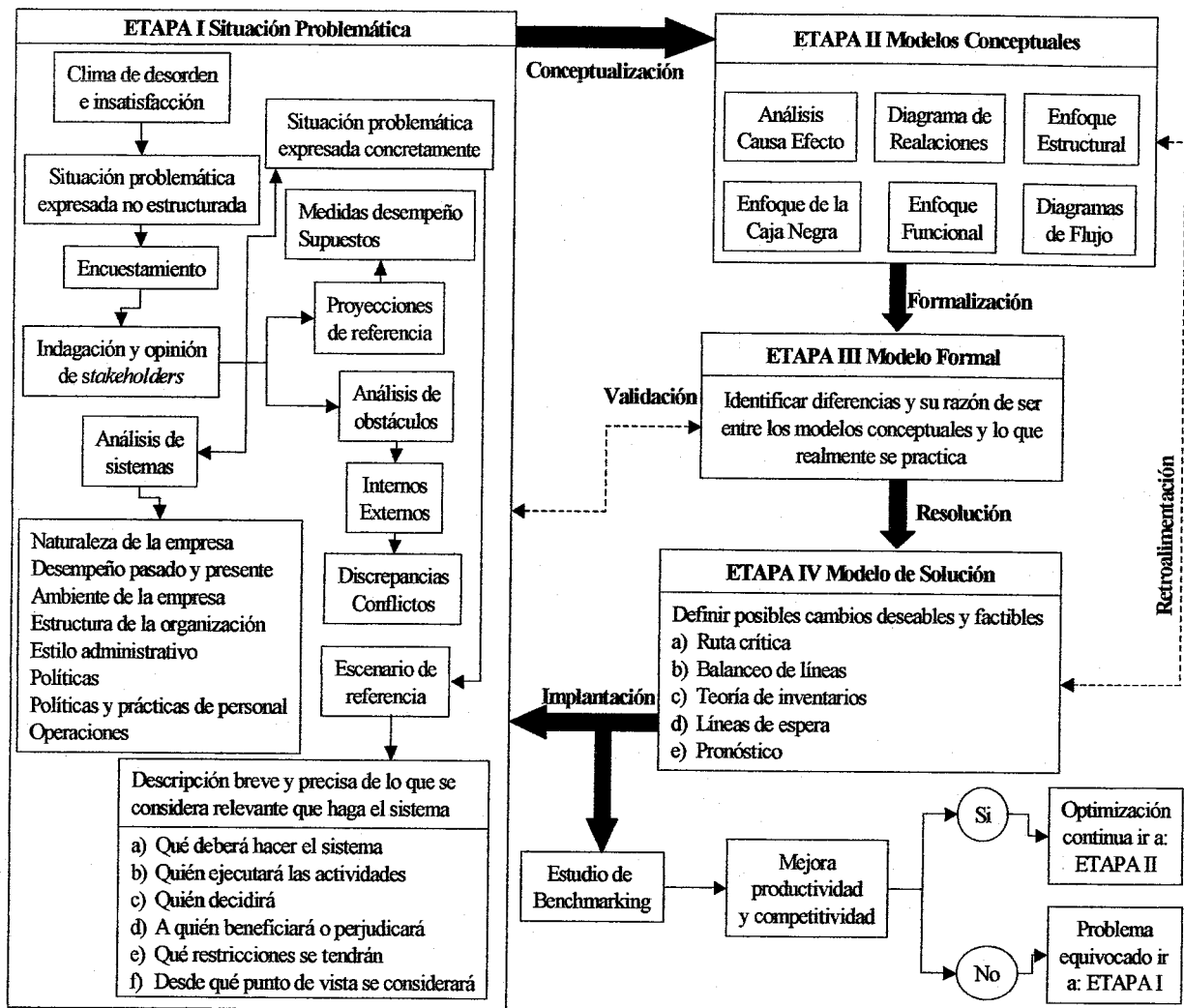


Figura 43. Metodología propuesta.

De la figura 43 se desprenden las cuatro etapas, que constituyen precisamente la metodología que se está proponiendo:

5.1. ETAPA I- FORMULACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

El clima de insatisfacción existe, puesto que todo el personal del centro de servicio sabe que el “negocio no anda bien”.

El problema operativo de los centros de servicio automotriz se percibe y expresa (plantea) a partir de manifestaciones últimas como la falta de productividad, congestionamiento del área de taller, falta de refacciones para realizar reparaciones, etc., formando una serie de pensamientos desorganizados y parciales que no son suficientes para explicar el porqué del problema.

Con el objeto de formular la problemática operativa, es conveniente iniciar por detectar las amenazas y oportunidades presentes y futuras interrelacionadas dentro de la misma problemática, para lo cual se realizan varios análisis que permiten conocer mejor la empresa:

Es una descripción de la naturaleza y estado actual de la empresa para la que se planifica. Debe abarcar los aspectos siguientes de la organización y su ambiente:

1. **Naturaleza de la empresa:** Identificar el tipo de empresa. Si dicha empresa es parte de una organización mayor, se deberá describir el tipo de empresa que es esa mayor organización y la función de la empresa en cuestión. La definición de la empresa debe ser lo suficientemente general para que abarque todos los servicios que ofrece (características del servicio, proceso, mercado, etc.)

2. **Desempeño pasado y presente:** Realizar un análisis general de ventas totales, rendimiento total, volumen de ventas, participación en el mercado, ganancias, rendimiento de la inversión y de los activos de la empresa.

3. **Ambiente de la empresa:** Identificar los reglamentos, leyes e impuestos potenciales que afectan a la empresa y los efectos que tienen en ésta. Identificar los grupos (personas o empresas) de intereses especiales que afectan o pueden llegar a afectar a la empresa, y la naturaleza de estos efectos. Describir los efectos del funcionamiento de la empresa sobre su ambiente físico y social. Identificar a los principales competidores por categoría de servicio. Obtener información acerca del tamaño de la competencia, su participación en los mercados y sus políticas de fijación de precios, calidad e innovación. Identificar los implicados (*stakeholders*) y clasificarlos por propiedades que afecten a la empresa.

Implicado (stakeholders): Cualquier individuo u organización no competidor que se ve afectado directamente por el funcionamiento y desempeño de la empresa (accionistas, proveedores, clientes, gobierno, sindicatos, etc.)

En el caso de los proveedores, deberán clasificarse de acuerdo a lo indispensable que resulten sus productos y/o servicios. Para lograrlo, se debe contar con información que refleje la cantidad, tamaño, localización, confiabilidad y dependencia de la empresa.

4. **Estructura de la empresa:** Mostrar gráficamente y en detalle la estructura administrativa actual. Describir minuciosamente las responsabilidades de cada unidad. Detectar traslapes de responsabilidades. Distinguir las diferencias entre la forma en que se supone que trabaja la empresa y la forma en que *lo hace en realidad*; es decir, describir también la empresa informal.

5. **Estilo administrativo:** Responder preguntas semejantes a:

- a. ¿Cómo se identifican problemas, se toman decisiones, se ponen en práctica y controlan?
- b. ¿Qué tipos de decisiones están centralizadas y cuales descentralizadas?
- c. ¿Los que tienen responsabilidades tienen la suficiente autoridad?
- d. ¿Quién es responsable de qué?
- e. ¿La administración es autocrática o participativa, formal o informal, y que gratificaciones tiene?
- f. ¿Qué tan efectiva es la comunicación descendente, ascendente u horizontal?

6. **Políticas:** Reconocer las políticas implícitas y explícitas que prevalecen en la empresa o le son impuestas. Esto se debe hacer para toda la empresa y para cada una de las unidades.
7. **Políticas y prácticas en cuanto al personal:** Describir las políticas y prácticas para la contratación, orientación de personal nuevo, nombramientos, nuevos nombramientos, compensaciones, capacitación y educación, ascensos, despidos, renuncias y pensiones en cada nivel. Identificar los beneficios e incentivos. Determinar la actitud del personal en todas las categorías y niveles hacia la empresa, el trabajo y el ambiente de trabajo.

El estudio inicial de las áreas mencionadas con anterioridad no necesita ser a fondo ni detallado; en este punto importa más la amplitud que la profundidad. En apego a los objetivos del presente trabajo, se enfocará la atención al aspecto número 8, que se refiere a las operaciones.

8. **Operacionales:** Deben prepararse una serie de diagramas de flujo y material descriptivo de apoyo relativos a los aspectos siguientes inherentes a las operaciones de la empresa:

- Preparar diagramas de flujo donde se muestren las fuentes y flujo de la información, instrucciones y material
 - En los diagramas iniciales se debe presentar cada paso del proceso (ver *figuras 44 y 45*). En esta etapa no es posible incluir demasiados detalles.
 - En cada local debe haber algún trabajo, se deben señalar los insumos de información, instrucciones, materiales o servicios y la capacidad o nivel actual de operaciones de cada unidad de trabajo.
 - Los diagramas de flujo iniciales deben consolidarse reuniendo todas las operaciones que se encuentren bajo el mismo control. Si una sola instrucción cubre una secuencia de pasos en los diagramas iniciales, éstos deben combinarse y recibir un nombre apropiado aunque queden implicadas diferentes unidades de la empresa (*figura 46*).

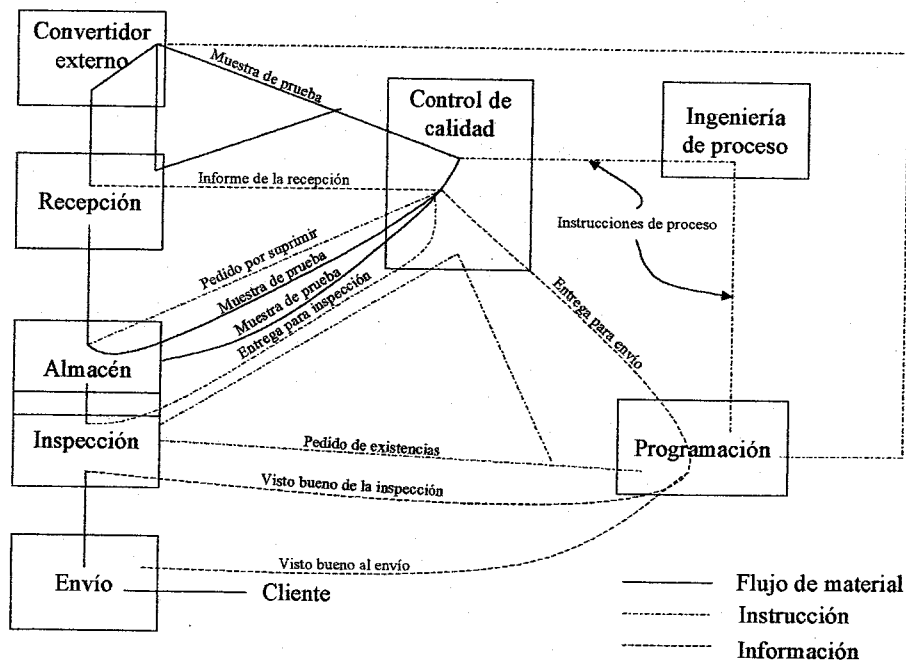


Figura 44. Notas iniciales en un análisis de sistemas.

Figura 45. Analisis de un sistema detallado

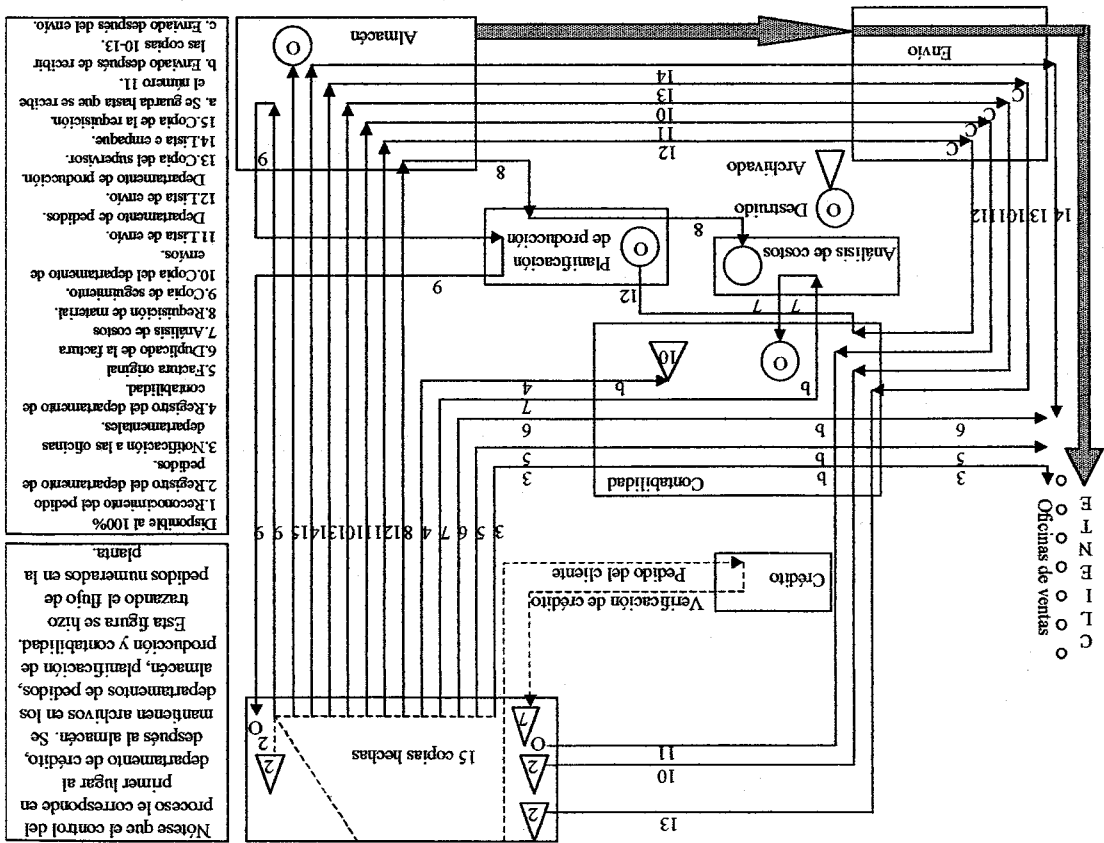
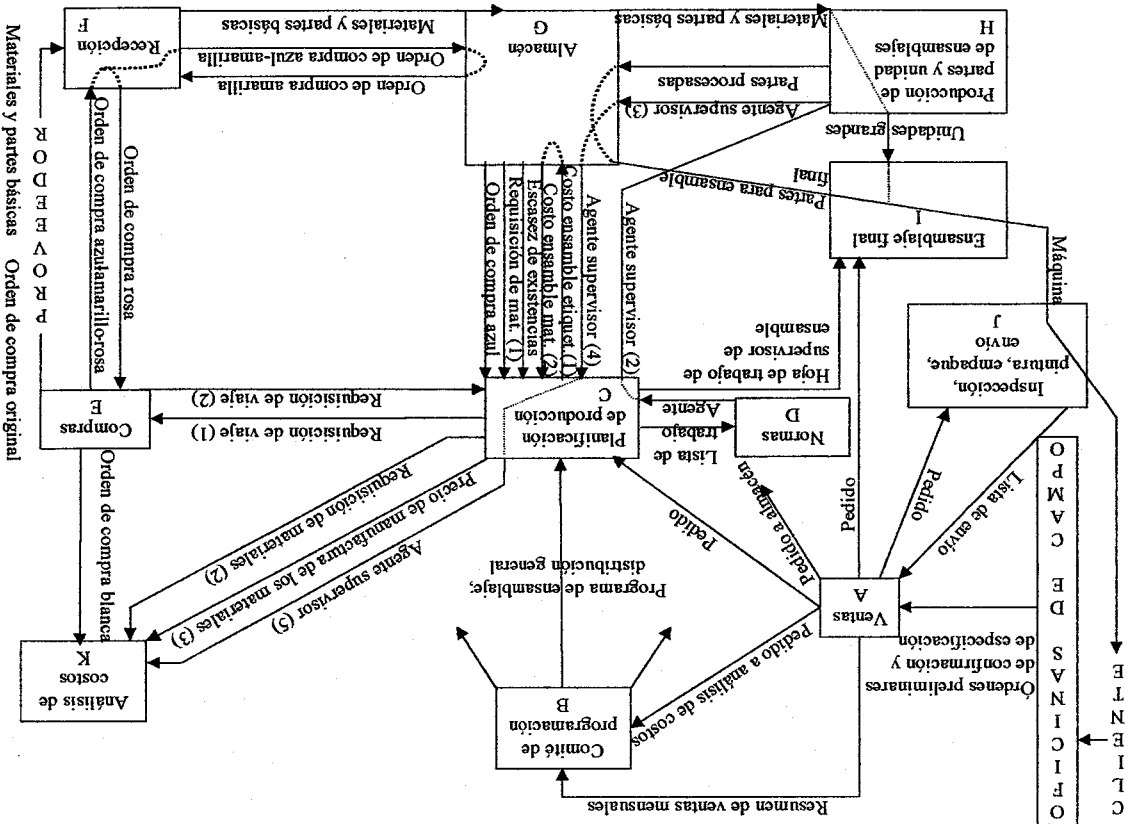


Figura 46. Ejemplo de un diagrama de flujo consolidado



5.1.2. Análisis de obstáculos

Es una identificación interna y externa de las restricciones impuestas que obstruyen el desarrollo de la empresa.

1. **Obstáculos Internos:** Existen dos tipos de dichos obstáculos; las discrepancias (diferencia entre lo que la empresa predica y lo que practica) y los conflictos.
 - a. **Discrepancias:** Se identifican utilizando técnicas heurísticas como la *lluvia de ideas* de la cual resultan las normas y la filosofía que prevalecen en la empresa. Dichas normas y filosofías se pueden relacionar con cualquiera de los temas mencionados en la sección de análisis de sistemas.
 - b. **Conflictos:** Son de diferentes tipos y deben buscarse al analizar los obstáculos.
 - i. **Conflictos entre individuos:** Se suscitan en cualquier grupo donde los miembros tienen mucha interacción. Algunos de dichos conflictos se deben a diferencias en personalidad, discrepancias entre objetivos, medios y distribución de recursos.
 - ii. **Conflictos entre individuos y la empresa o partes de ésta:** Se manifiestan en la insatisfacción de los empleados, el aislamiento y la moral baja. A niveles más bajos, estos conflictos se reflejan en ausentismo, retardos, accidentes, sabotajes, sindicalización, huelgas, etc.
 - iii. **Conflictos dentro de las unidades:** Se derivan al imponer las autoridades superiores objetivos contradictorios a las unidades. Si las unidades que reciben objetivos conflictivos no tienen criterios explícitos para lograr un equilibrio razonable entre los dos objetivos, el desempeño se ve afectado.
 - iv. **Conflictos entre unidades al mismo nivel:** Con frecuencia, se asignan objetivos a unidades al mismo nivel, los cuales las ponen en competencia.
 - v. **Conflictos entre unidades de diferentes niveles:** Muchas veces implican distribución de recursos o prácticas y políticas que llegan de la alta administración. La imposición de procedimientos de informe, contabilidad y administración que pueden ser efectivos en un nivel de la empresa, con frecuencia obstaculizan en niveles más bajos.
 - vi. **Conflictos dentro de la empresa total:** Se presentan cuando las empresas tienen objetivos contradictorios.
2. **Obstáculos externos:** Se deben identificar los conflictos potenciales y reales con los implicados externos: gobierno, comunidades, accionistas, proveedores, sindicatos, clientes y grupos de intereses especiales.

1. Establecer un horizonte futuro que abarque la misma cantidad de años que se tuvieron en cuenta en el pasado.
2. Resumir los principales indicadores de desempeño (pasado y extrapolado). Esta información se obtiene de las proyecciones de referencia.
3. Resumir las tendencias actuales relevantes en abastecimiento de recursos necesarios, comportamiento de la competencia, consumo y disposiciones gubernamentales.

Para preparar dicho escenario, puede utilizarse el procedimiento siguiente:

Un escenario puede revelar las crisis inherentes a las políticas y prácticas actuales; es decir, es una descripción de la crisis que enfrentaría la empresa si no aprende de sus experiencias y se adapta a los cambios en el medio.

Las proyecciones de referencia pueden combinarse con los resultados de los análisis de sistemas y obstáculos para formar un escenario del futuro de la empresa, si el comportamiento de ésta y su medio no tiene cambios significativos. Es en dicho escenario de referencia donde mejor se puede observar la problemática de la empresa.

5.1.4. Escenario de referencia

También deben estudiarse la disponibilidad de insumos críticos (materiales, instalaciones, personal, etc.) y la utilización de los productos de la empresa.

2. **Supuestos:** Rara vez se formulan en forma explícita, puesto que en ellos se basan las expectativas futuras de la empresa. Se obtienen al analizar las expectativas de la empresa. Una vez expuestos, pueden servir para preparar varias proyecciones y revelar sus consecuencias.

1. **Medidas de desempeño:** Las tendencias de las medidas de desempeño y las relaciones entre ellas, con frecuencia revelan problemas o crisis potenciales. Al estudiar las tendencias de estas medidas y compararlas con las de los principales competidores y las de la industria relacionada nacional (*benchmarking*), se puede ver si las tendencias están en línea. Cuando sea posible, se deben tener en cuenta por lo menos los datos de los pasados diez años y extrapolarse más o menos sobre la misma cantidad de años. Para realizar estas extrapolaciones se utiliza el pronóstico, el cual fue descrito en el Capítulo IV.

Es una extrapolación de una característica de desempeño de una empresa, sus partes o su ambiente desde su pasado reciente hacia el futuro, sin suponer cambios significativos en el comportamiento del sistema o su medio. No se trata de "pronósticos del futuro"; son proyecciones del tipo "qué pasa si". Mecánicamente, no es posible determinar las características corporativas y del ambiente en que hay que basarse para preparar las proyecciones de referencia. Por lo general, resulta más útil empezar con las medidas más importantes del desempeño empresarial y los supuestos críticos sobre el ambiente.

5.1.3. Proyecciones de Referencia

4. Elaborar un cuadro comparativo entre las tendencias y sus efectos en los indicadores de desempeño. Se debe indicar si el efecto será positivo, negativo o indiferente, y también si será fuerte, moderado o débil.
5. Ubicarse en el horizonte temporal futuro y redactar una descripción de la empresa y su ambiente para ese entonces y la forma en que lograría llegar hasta ahí. Dicha descripción deberá utilizar la información obtenida en los análisis de sistemas y obstáculos y de proyecciones de referencia.

El escenario de referencia es pues una historia prospectiva de la empresa en el horizonte futuro. No hay que olvidar que no es un pronóstico del futuro.

5.1.5. Encuestamiento

Paralelamente, se realizan encuestas para indagar y recabar las opiniones de los *stakeholders*, respecto a la situación problemática operativa que se presenta en el centro de servicio automotriz. Reuniendo esta información se llega a expresar concretamente la situación problemática y con ella, a su vez, a crear un escenario de referencia y la definición raíz del problema.

El encuestamiento puede resultar una buena forma de conseguir información o datos para que sean aprovechados por los modelos determinados. Estos cuestionarios deberán aplicarse a los responsables de las áreas operativas que cuenten con la información correspondiente.

Los pasos para aplicar una encuesta pueden resumirse de la manera siguiente:

1. Definir el propósito; ser específico.
2. Revisar los datos existentes; ¿es necesaria la encuesta?
3. Leer los reglamentos aplicables
4. Definir la hipótesis
5. Definir la población
6. Desarrollar la encuesta y el plan de muestreo
7. Desarrollar la carta de cubierta, las instrucciones y los compromisos de privacidad
8. Desarrollar las preguntas de la encuesta
9. Probar la encuesta
10. Editar y revisar el cuestionario
11. Obtener las aprobaciones requeridas
12. Encuestar; recolectar datos
13. Control de calidad; reducción de datos
14. Análisis e interpretación de resultados
15. Preparar un reporte para el (los) cliente (s)

CUANTITATIVO: Verificar y medir con números los aspectos objetivos como peso, precios, etc.

QUALITATIVO: Función de la percepción propia o la opinión de alguien más acerca de aspectos subjetivos (apreciar con los sentidos).

MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Resultado recomendable escuchar las opiniones subjetivas (información) de los expertos, para entender cual es la base que tienen para aportar los aspectos cuantitativos (datos) que se están buscando. Los diagramas mostrados en la *figura 47* pueden ayudar a uniformar el procedimiento de búsqueda de la información y evitar pérdidas de tiempo tratando de encontrar algo que no se necesita.

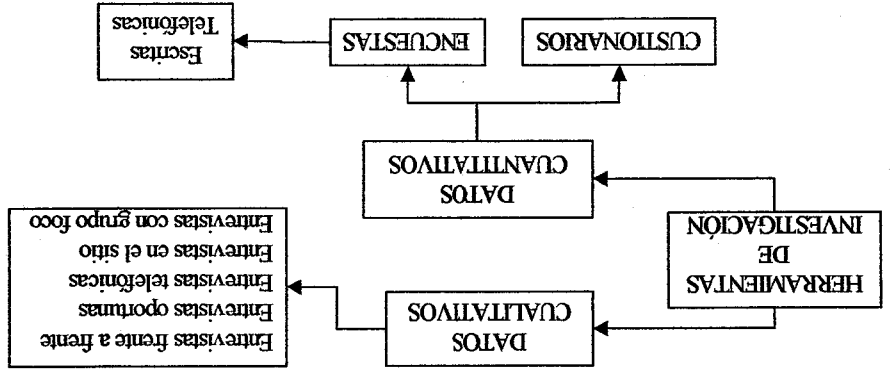
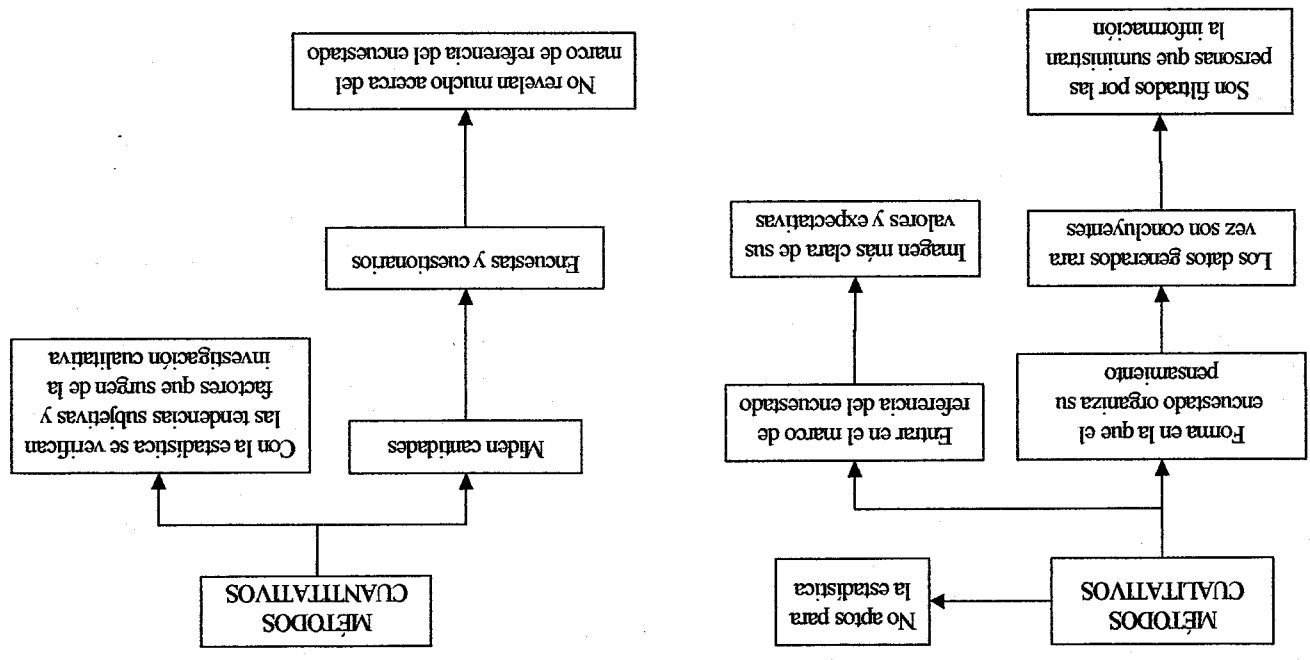


Figura 47. Procedimiento para la búsqueda de información (28)

5.2. ETAPA II.- MODELOS CONCEPTUALES

Una vez que se ha formulado la situación problemática se procede, mediante una postura de conceptualización o abstracción, a construir diagramas conceptuales que definan lo que *es* y lo que *debería hacer* el centro de servicio automotriz.

Como se mencionó en el Capítulo I, un modelo conceptual es una representación gráfica simplificada de la situación problemática, que se apoya en esquemas, notas e ideas mentales del analista, con el objeto de estructurar el problema, delimitar el área de interés y decidir qué aspectos son relevantes y cuáles no.

Lo que es el centro de servicio automotriz en su estado actual:

Diagramas de flujo, enfoque de la caja negra, enfoque estructural y enfoque funcional

5.2.1. El Enfoque de la Caja Negra

Realiza una breve descripción de la problemática, identifica las funciones del sistema asociadas con el problema en cuestión y define claramente la problemática. El centro de servicio automotriz es visto como un sistema que recibe insumos y los transforma en servicios. La representación gráfica de este modelo en el problema que nos ocupa se muestra en la *figura 48*.

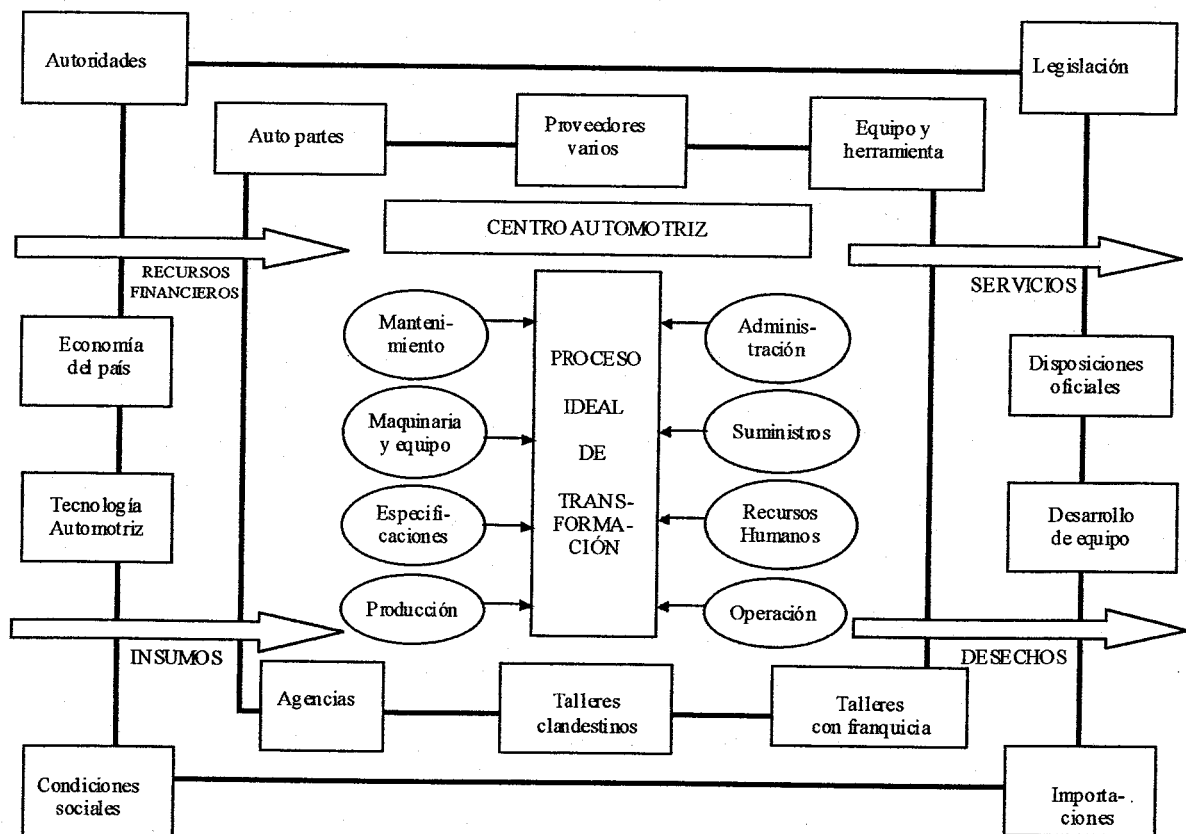


Figura 48. El modelo de la caja negra aplicado a los centros de servicio automotriz

1. Para cada año, ¿cual es la cantidad total de personas en cada categoría que se necesitará para utilizar los medios seleccionados con anterioridad?
 2. Para cada año, ¿cual es el número total de personas con que se espera disponer en cada categoría, considerando las políticas y prácticas de personal presentes?
 3. Para cada año, ¿qué diferencia hay entre las respuestas de las preguntas 1 y 2?
 4. ¿Cómo se cubrirán las diferencias positivas y en qué forma se manejarán las negativas?
- Las preguntas que deben hacerse en la planeación del personal son las siguientes:

Personal

Hay una serie de técnicas cuantitativas muy útiles para contestar estas interrogantes. La mayoría de ellas se encuentran en los manuales de investigación de operaciones, aunque han quedado fuera del alcance de este trabajo.

1. ¿Qué tan grande debe ser una planta o equipo?
2. ¿Dónde debe ubicarse la planta o el equipo a fin de minimizar los costos esperados de transporte de insumos?
3. ¿Cuándo se debe iniciar la construcción o adquisición?

Se deben plantear las preguntas siguientes:

Instalaciones y equipo

1. Encontrar sustitutos para el recurso necesario.
 2. Emplear la integración vertical.
 3. Rediseñar los servicios y procesos de modo que se reduzca la cantidad del recurso necesario.
- La escasez potencial y los altos costos de insumos pueden evitarse si se recurre a una de las medidas siguientes, o a todas ellas:

1. Puede haber dudas sobre su futura disponibilidad.
2. Aún cuando estén disponibles, el precio esperado puede ser tan alto que llegue a representar problemas.

Para calcular la necesidad de insumos se deben considerar dos factores:

Insumos (materiales, piezas, energía y servicios)

Una parte sobresaliente de este modelo es poder determinar qué recursos serán necesarios, cuándo, cómo y dónde se obtendrán los que no estén disponibles y en qué forma serán generados o adquiridos. Los cinco tipos de recursos son: insumos, instalaciones y equipo, personal, información y dinero.

La preparación de los estimados del total disponible requiere que se determine la cantidad de empleados que en la actualidad cubren cada categoría, para después estimar sus movimientos de entrada y salida a dicha categoría para cada año cubierto por el plan. Los movimientos de salida se deben a despidos, renunciaciones, jubilaciones, ascensos, reajustes o cancelación de plazas. Por lo tanto, se recomienda la tabla de transición mostrada en la *figura 49* para mostrar el movimiento esperado del personal de un año a otro. Los cambios a considerar se muestran en la última columna de la tabla.

Año _____

Categoría del personal	Cantidad disponible al inicio del año	Cantidad que se va durante el año				Cantidad transferida a				Cantidad transferida de ingreso	Cantidad disponible a fin de año	Cantidad necesaria a fin de año	Cantidad que se necesita para conseguir (+) o cantidad que se necesita suprimir (-)
		Despidos	Renunciaciones	Jubilados	Total	P ₁	P ₂	P _n	Total				
P ₁													
P ₂													
⋮													
P _n													
Total													

Figura 49. Tabla de planeación de requerimientos de personal

Información

No es posible planear la adquisición de información de la misma manera en que se hace para los otros recursos, porque la información difiere en diversas formas. Puede duplicarse casi sin ningún costo, no se deteriora ni se maltrata, pero puede llegar a ser obsoleta o irrelevante y es casi imposible anticipar las necesidades futuras. Por consiguiente, no se puede definir con exactitud qué se necesitará o se tendrá a fin de determinar cuáles serán las diferencias y en qué forma se cubrirán. Lo que se necesita es un *sistema de información* que pueda proporcionar la información necesaria.

El diseño de un sistema tal sobrepasa los límites de este trabajo, pero hay mucha información al respecto en otras fuentes.⁽²⁹⁾

Dinero

El dinero puede considerarse como un “*meta recurso*”, puesto que su único valor radica en su utilidad para obtener otros tipos de recursos.

Cada uno de los tipos de recursos necesarios, a excepción del dinero, pueden y deben dividirse en categorías. Por ejemplo, las instalaciones se pueden dividir en planta, oficinas, almacenes, etc.

⁽²⁹⁾ Mc Farlan y Mc Kenney 1982.

5.2. Especificación de las propiedades deseadas

Las propiedades deseadas de un sistema se pueden identificar en sesiones de "lluvia de ideas". Aunque más adelante, al aplicar la Técnica TKJ, se describirá la forma práctica de realizar una lluvia de ideas.

Lluvia de Ideas: No se debe restringir por consideraciones de viabilidad. Las propiedades que se especificquen deben ser las que los participantes consideraran que la empresa debería tener *ahora idealmente*. Hay que distinguir entre las propiedades acordadas por mayoría y las que implican grandes diferencias de opinión.

Las propiedades determinadas, pueden especificarse de manera sencilla utilizando la guía siguiente:

Insumos

a. ¿Qué se necesita?

b. ¿Se adquirirá de una fuente interna o externa?

c. ¿Para qué se adquieren estos recursos?

d. ¿De qué fuentes se deben adquirir y cómo?

El proceso Industrial.

e. ¿Quién debe ser dueño de la empresa y cual debe ser su función?

f. ¿Qué funciones, necesarias para la actividad de la empresa, deben ser provistas por la organización en sí y cuales deben adquirirse de fuentes externas?

g. ¿Cómo debe estructurarse y administrarse la empresa?

h. En forma particular, ¿qué políticas y prácticas hay que seguir en cuanto al personal con respecto a contratación, orientación, compensación e incentivos, beneficios, ascensos, desarrollo profesional, jubilaciones y separaciones?

i. ¿Cuál debe ser la naturaleza de los procesos de producción, y cómo deben ser diseñados y organizados?

Servicios.

j. ¿Qué servicios debe ofrecer la empresa y, en caso necesario, qué características especiales deben tener?

k. ¿En qué forma deben organizarse y realizarse los desarrollos internos de servicios?

l. ¿Cómo debe organizarse y realizarse la adquisición?

Mercados y clientes.

- m. ¿Qué tipo de clientes debe buscar la empresa?
- n. ¿En qué áreas del mercado?
- o. ¿Cómo deben venderse los servicios?
- p. ¿Cómo deben distribuirse los servicios?

El ambiente.

- q. ¿Cómo debe relacionarse la empresa con sus *stakeholders* (incluyendo gobierno y sindicatos) y la comunidad en que opera?
- r. ¿Cómo debe obtenerse y utilizarse la información sobre los puntos de vista de los *stakeholders* con respecto a la empresa?
- s. ¿Cómo se relacionará la empresa con los grupos de ecologistas, anticomunistas, etc.?

5.2.3. Enfoque Funcional

Estudia a los centros de servicio automotriz como un proceso; es decir, como a un conjunto de actividades requeridas para cumplir una función o propósito. Los enlaces corresponden a relaciones de dependencia lógica o bien flujos de información, instrucciones o materiales, tanto entre actividades como hacia el exterior del centro de servicio automotriz.

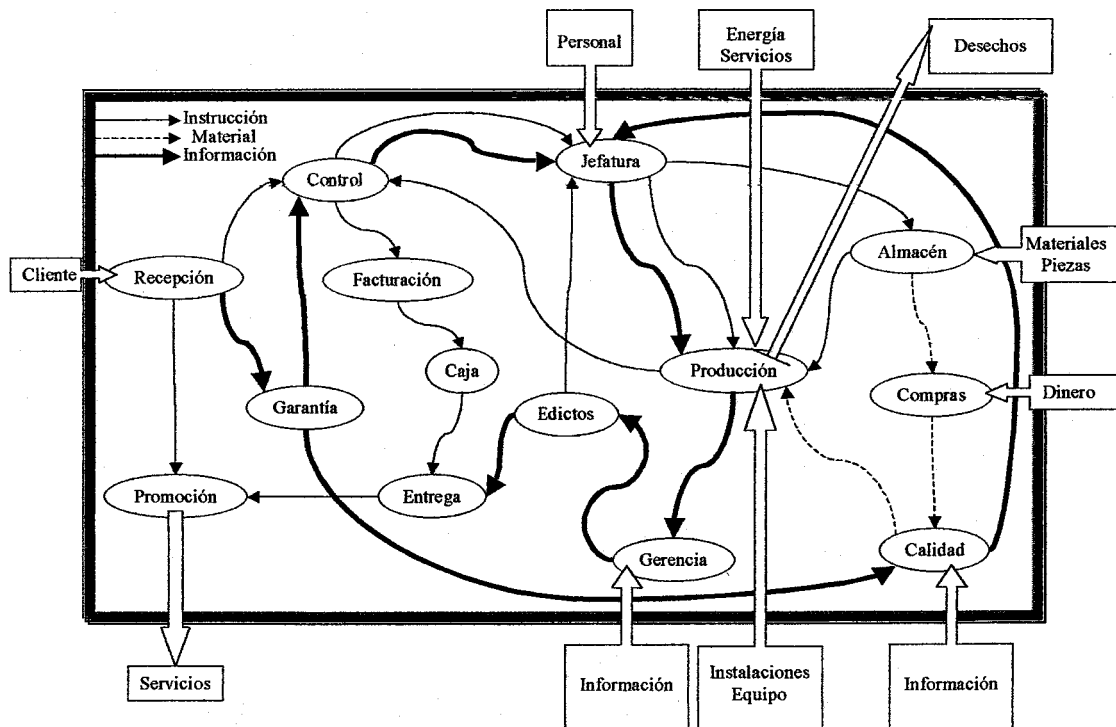


Figura 50. El modelo funcional en centros de servicio automotriz.

En la figura 50 se muestra el modelo funcional de un centro de servicio automotriz. Se aprecian las principales actividades, sus interrelaciones, sus entradas (insumos) y sus salidas (productos). Adicionalmente, estas actividades pueden desagregarse para mostrar a mayor detalle las sub-actividades de cada una de ellas y sus correspondientes interrelaciones.

5.2.4. Enfoque Estructural

Con este enfoque se representa el conjunto de elementos interconexos que estructuran al sistema llamado centro de *servicio automotriz* como una integridad. Dichos elementos son actividades componentes del propio centro de servicio. Por lo tanto, para conocer al centro de servicio automotriz, basta con identificar sus componentes, establecer su patrón de relaciones y reunir información acerca de su comportamiento como sistema total.

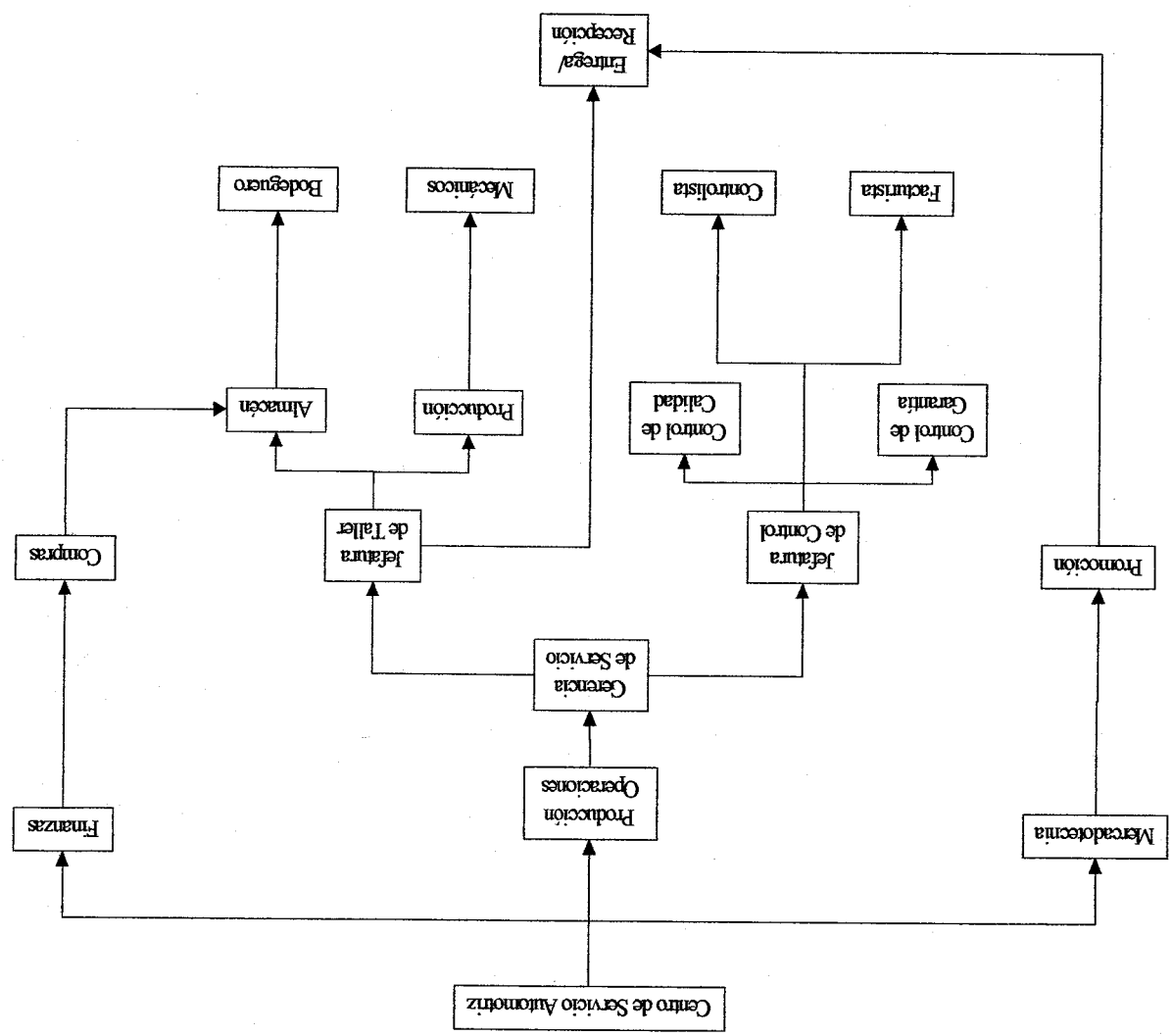


Figura 51. El modelo estructural en centros de servicio automotriz.

La figura 51 muestra el modelo estructural correspondiente a un centro de servicio automotriz. En él se aprecia la estructuración que las actividades internas dan al sistema denominado *operaciones* en centros de servicio automotriz. Las dependencias entre las actividades dejan claro el nivel de responsabilidad de cada área operativa de la empresa.

Lo que debería hacer el centro de servicio automotriz:

Diagrama de Ishikawa (causa-efecto) y diagrama de relaciones.

5.2.5. Análisis causa-efecto

Esta técnica es aplicable porque se intentan visualizar, identificar y analizar todas las causas posibles de un efecto particular. Dicho efecto generalmente es un problema relacionado con los procesos internos de operaciones en los centros de servicio automotriz.

Como propósito fundamental persigue la generación de listas de posibles causas de los problemas operativos que pueden presentarse en los centros de servicio automotriz. Esto conduce a la identificación inmediata de posibles causas principales y al señalamiento de acciones potenciales para remediarlas. El resultado de este diagrama será un mejor entendimiento del problema.

Cabe mencionar que el primer paso de esta técnica es idéntico al de la técnica TKJ, puesto que para identificar las causas principales se recurre a un grupo de *stakeholders* quienes, con sus opiniones, establecen la ruta de acción sobre la cual habrá que trabajar.

En la *figura 52* se muestra un diagrama causa-efecto, en el cual únicamente se presentan las causas de una problemática global operativa de un centro de servicio automotriz. Los efectos se indican del lado derecho del problema central, como se verá en el Capítulo siguiente. En la “*espin*a” de los métodos se muestran las operaciones de la empresa, sobre las cuales se ha estado desarrollando este documento.

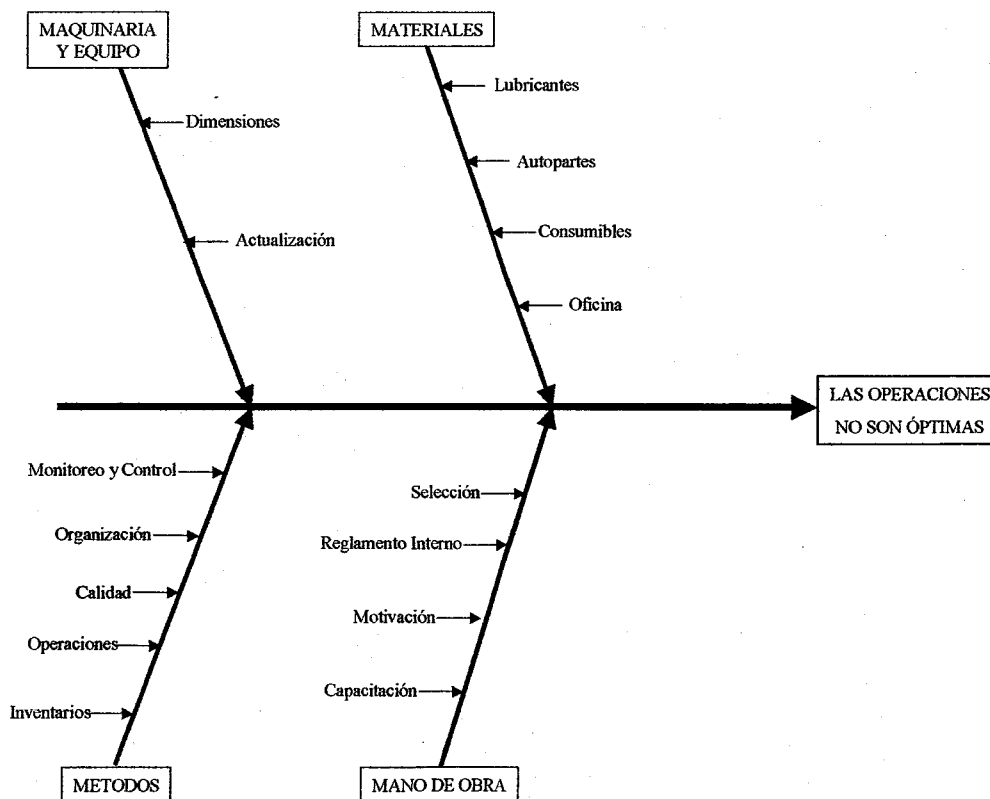


Figura 52. Diagrama causa-efecto aplicado a los centros de servicio automotriz.

En problemas de orden operativo resulta adecuado aplicar la regla de las 4M's que quieren decir: Mano de Obra, Métodos, Maquinaria y Materiales. Podría agregarse otra M del Medio Ambiente, para identificar las causas mayores que influyen en el problema, así como los efectos mayores que se derivan a causa de éste, lo cual ha quedado fuera del alcance del presente documento.

5.2.6. Diagrama de Relaciones

Es una herramienta complementaria del análisis causa-efecto. La participación de los *stakeholders* es necesaria para su construcción, que debe ser posterior a la construcción del diagrama causa-efecto. Permite aclarar, identificar, confirmar y seleccionar las causas más importantes que afectan la operatividad de los centros de servicio automatiz.

Ayuda a encontrar causas que con el diagrama causa-efecto resultaría más complicado hallar. Con este diagrama se logra un mejor análisis del problema. En la *figura 53* se muestra un diagrama de relaciones que presenta la problemática operativa en un centro de servicio automatiz, llegando a las causas principales que aparecen sombreadas en la figura.

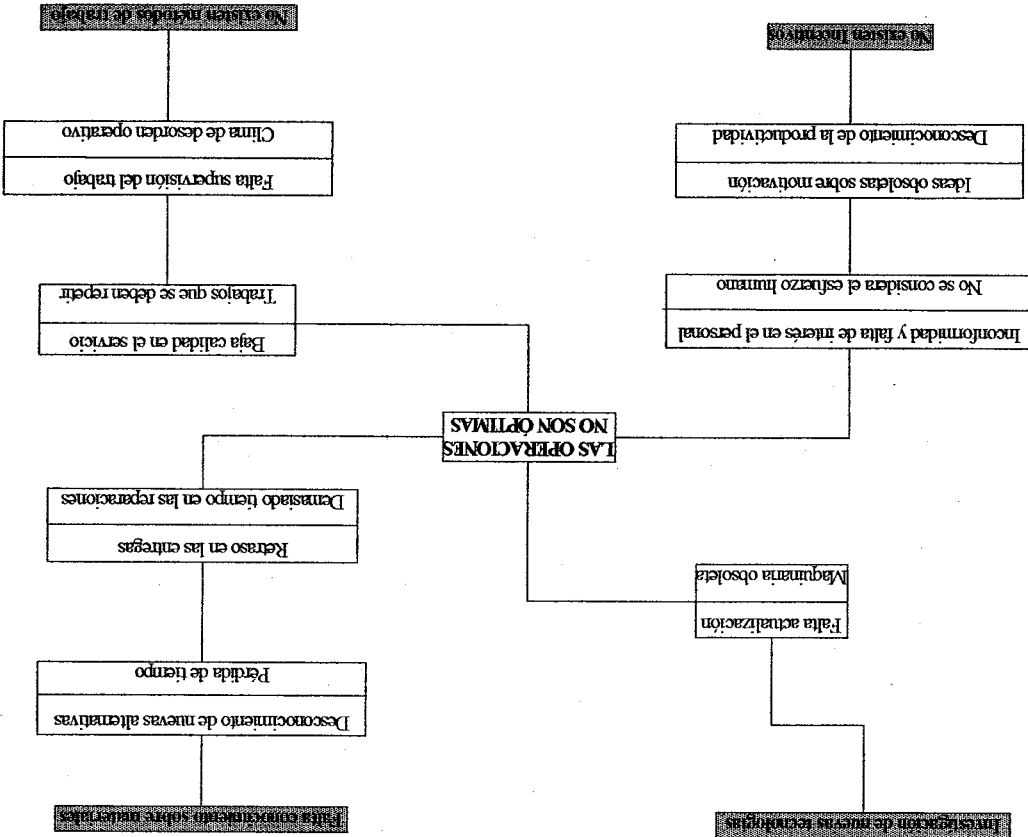


Figura 53. Diagrama de relaciones en problemas operativos de centros de servicio automatiz

Evidentemente, la figura anterior refleja la problemática operativa global, sin embargo, las causas que tienen que ver directamente con las operaciones son la producción y los inventarios, mismas que serán tratadas en el Capítulo III se presentaron los conceptos más importantes del mantenimiento y del estudio de tiempos, pero no se relacionan directamente con las operaciones. Por lo que respecta a los incentivos y a la calidad, ambos quedan fuera del alcance de este trabajo.

Cuando no se dispone de datos estadísticos que puedan ser utilizados por algún modelo cuantitativo, el modelo causa-efecto y el diagrama de relaciones son prácticamente las únicas herramientas disponibles para encontrar y confirmar causas de problemas.

5.2.7. Definición de problemas concretos por resolver

La elaboración de informes objetivos que describan las situaciones relacionadas con la problemática en el presente y en el pasado, pueden servir para encontrar indicios, "pistas" o "distingos" acerca del origen de los problemas.

Dentro de estos informes puede incluirse información referente al desempeño pasado y determinar si se presentó o no un "cambio" en el tiempo que desviara el desempeño pasado a un desempeño real (presente). En caso afirmativo, dicha desviación constituirá el problema por resolver, al localizarse una desviación entre lo que "debiera ser" y lo que "realmente es". La representación gráfica de esta situación se muestra en la figura 54.

Por otro lado, puede resultar que no se localice ningún cambio en el desempeño pasado y se determine que "siempre ha sido así"; en tal caso, estaremos tratando con un problema de arranque, que ha funcionado mal siempre y que ningún esfuerzo, si lo hubo, ha servido para remediarlo. En este caso, puede localizarse una desviación entre lo que "debió haber sido" con lo que "realmente es". La representación gráfica de un problema de arranque se muestra en la figura 55.

Como resultado, debe lograrse que los participantes expresen la situación problemática que ha de analizarse; en nuestro caso: *el centro de servicio automotriz no opera óptimamente*. Si bien esta frase no denota la definición raíz del problema, sí permite ubicar a todo el grupo de trabajo en un mismo contexto para analizar la situación. Si en algún momento la operación satisfizo el *debiera* y ya no es así, es que ha ocurrido un cambio. Al iniciarse la solución de problemas, no se sabe en qué consistió ni cuándo ocurrió.⁽³⁰⁾

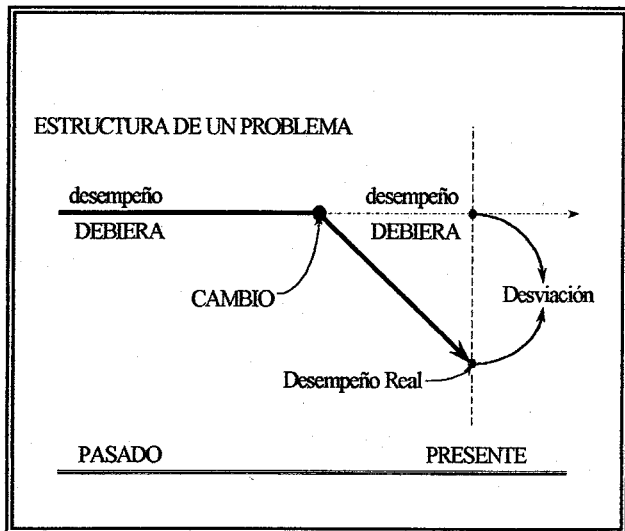


Figura 54. Estructura de un problema

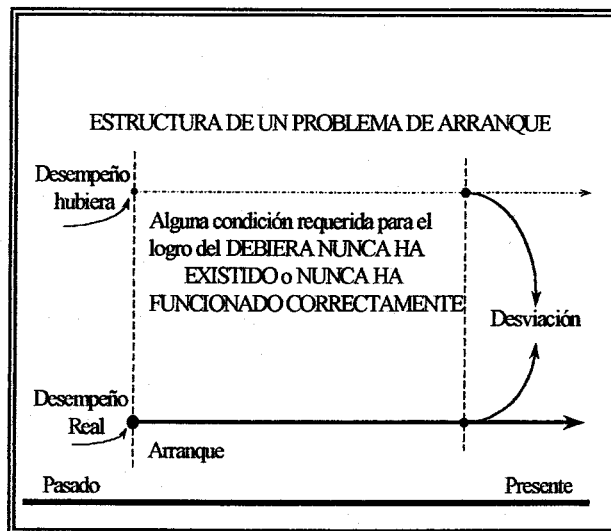


Figura 55. Problema de arranque

⁽³⁰⁾ Kepner Ch., Tregoe B., El Nuevo Directivo Racional, McGraw Hill, México 1999.

Antes de pasar a las *etapas III y IV* (parte cuantitativa) de la metodología, resulta conveniente presentar el contenido de la técnica TKJ. Como se ha mencionado, las *etapas I y II* son las que llevan la mayor parte del trabajo, porque en ellas se trata de llegar a definir concretamente el problema operativo por resolver. En este sentido, la técnica TKJ se introduce como un excelente auxiliar, puesto que con su metodología tan orientada al desarrollo práctico de estas dos primeras etapas, conduce a ahorros significativos de tiempo y a una alta efectividad de resultados.

Después de tener presente el enfoque práctico de la técnica TKJ, se dará paso a la proposición cuantitativa de la metodología.

Formulación del problema

1. El grupo de trabajo se integra con la participación de al menos un representante de cada grupo de personas involucradas en el problema. Se sugiere que el grupo de trabajo esté integrado por cinco, siete o un máximo de nueve miembros. Habrá un facilitador quien será la persona que dirigirá al grupo. Si el facilitador no tiene posibilidad de seleccionar a los miembros del grupo, es conveniente que previo al ejercicio tenga antecedentes mínimos de ellos.
2. El grupo se reúne en un local que permita el desarrollo de un ambiente tranquilo, se sientan en una mesa de preferencia circular y el facilitador explica las reglas que regirán la dinámica de trabajo. Posteriormente, se precisa el problema por analizarse. Para esto, es conveniente elaborar un informe objetivo de las situaciones presente y pasada relacionadas con el problema por analizar.
3. Se reparten tarjetas en blanco al grupo en las que cada participante anotará "hechos" que consideren más relevantes acerca del problema, atendiendo a las reglas siguientes:

- a. Anotar un solo "hecho" por tarjeta
- b. Deben ser "hechos" recientes, reales, relevantes, concretos y vivenciales, evitando emitir juicios.
- c. Contener la fecha y el lugar en el que se realizó el suceso y los nombres de las personas involucradas.
- d. Ser breves y comprensibles; sin generalizar.
- e. Evitar incluir causas, consecuencias o soluciones.
- f. Anotar el nombre o iniciales de quien escribe el "hecho".

Se sugiere que el número de tarjetas por participante sea de tres, cuatro o cinco si son nueve, siete o cinco participantes respectivamente. Los participantes mostrarán al facilitador las tarjetas para que las revise y verifique que cumplan con todas las reglas.

4. Las tarjetas se revuelven y se intercambian, no debiendo tocarle a un participante alguna de sus propias tarjetas. Se debe dar tiempo a que todos entiendan el contenido de las tarjetas asignadas, aclarando las dudas que surjan con el autor de la tarjeta.

5. Por turno, cada participante lee en voz alta cada una de sus tarjetas y las coloca en el centro de la mesa. Si alguno de los demás miembros tiene tarjetas con un contenido similar, las coloca junto a la que está en el centro de la mesa. Al final, existirán varios grupos de tarjetas y el 15% aproximadamente quedará sin reagruparse.

Si todas o la mayoría de las tarjetas quedaran en un solo grupo, significaría que el problema no está bien formulado, que la tarjeta no cumplió con las reglas establecidas o que se tiene perfectamente identificada la causa principal y en consecuencia, no tendría sentido aplicar la técnica. Por el contrario, si no existe agrupación de tarjetas o en su mayoría quedaron sin agrupar, significaría que los participantes desconocen el problema, el problema se presentó inadecuadamente o hay mala redacción en las tarjetas.

6. Cada conjunto de tarjetas se coloca en un sobre y se reparten estos entre los participantes. Cada uno de ellos propone una síntesis en unas cuantas palabras (el “hecho más profundo” que sea causa de las tarjetas analizadas). Las tarjetas aisladas no se analizan, cada una de ellas se introducen en otro sobre al cual se escribe como título el mismo problema que tiene escrita la tarjeta. Dichos sobres se reparten en el paso 7.

Los participantes analizarán cada una de las síntesis. El autor de cada síntesis la lee a los demás y después lee las tarjetas que analizó. Esto provocará un debate que se agotará cuando haya consenso entre los participantes y entonces la síntesis se anota en otra tarjeta en blanco y en el dorso de su sobre correspondiente. El título del sobre deberá ser el “hecho” esencial común de los “hechos” presentados en las tarjetas agrupadas. Por último, se introducen todas las tarjetas en el sobre y se cierra. La titulación de los sobres deberá obedecer las reglas siguientes:

- a. Ser la síntesis de los “hechos” agrupados; es decir, deberá ir a la raíz.
 - b. No ser la suma de los “hechos”, sino la esencia común de los mismos.
 - c. Ser sencillo y comprensible; sin generalizar.
 - d. Evitar dar soluciones
 - e. Escribirse en primera persona del plural (nosotros).
7. Una vez que los sobres han sido titulados, se reparten y se repiten los pasos 4, 5 y 6 hasta que queden solamente dos o tres agrupamientos en sus respectivos sobres titulados. Estos agrupamientos constituyen el resultado final y su síntesis representa la esencia o causa raíz del problema considerado.
 8. A continuación, los resultados se presentan en forma de diagrama de árbol, cuadro sinóptico o diagrama de Kawakita (ver figuras 56 y 57). Cada participante analizará el diagrama de manera individual y explicará al resto del grupo su interpretación. Finalmente, el grupo discutirá el diagrama y se pondrá el título general que identificará el problema.

Identificación y Diseño de la solución

9. El facilitador reparte nuevamente tarjetas en blanco (ver paso 3). Cada miembro, basado en el análisis de árbol o diagrama, identifica y escribe soluciones al problema formulado, y escribe en las nuevas tarjetas las acciones de solución. Las tarjetas se escriben bajo normas similares a las del paso 6.

En las figuras 58, 59 y 60 se describe en forma esquemática el procedimiento completo de la técnica, especificando los pasos en cada una de las tres etapas que lo forman.

12. Al finalizar, se integran los compromisos para el seguimiento y control del ejercicio realizado.

11. Como en el paso 9, cada miembro del grupo selecciona una o dos tarjetas de solución de segundo diagrama. Escribe en nuevas tarjetas los compromisos o acciones que realizará para concretar la solución propuesta a cada tarjeta. La tarjeta se escribe con el nombre y expresa brevemente la manera en que se realizará, el tiempo, los recursos que se consideren necesarios y las formas en que medirá el avance de las mismas.

Acciones de implantación y control

10. Se procede a intercambiarlas, agruparlas y a obtener la síntesis como en los pasos anteriores. Este proceso conduce a formar un diagrama de soluciones, similar en estructura al anterior. La diferencia estará en que el vértice del segundo árbol deberá ser la solución del vértice del primer árbol.

Figura 57. Representación de un diagrama de Kawakita

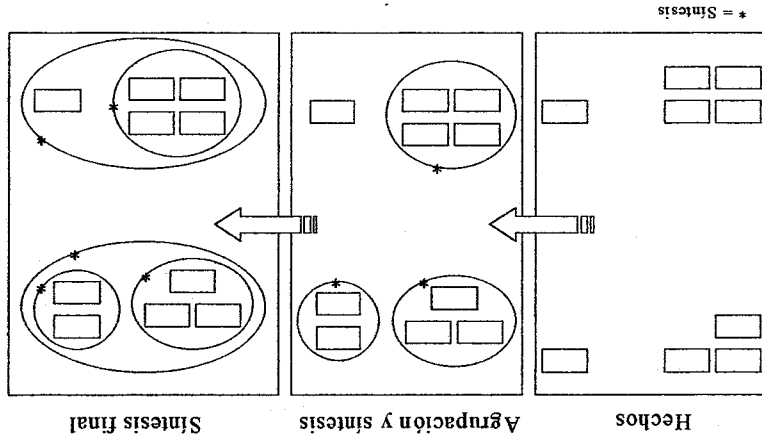
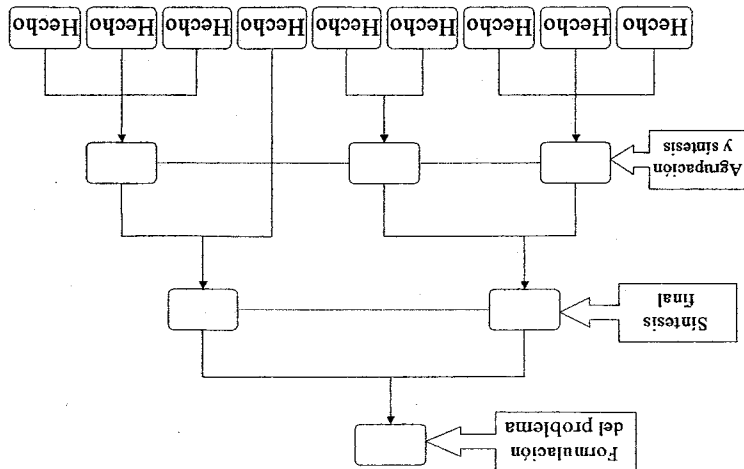


Figura 56. Representación de un diagrama de árbol de problemas



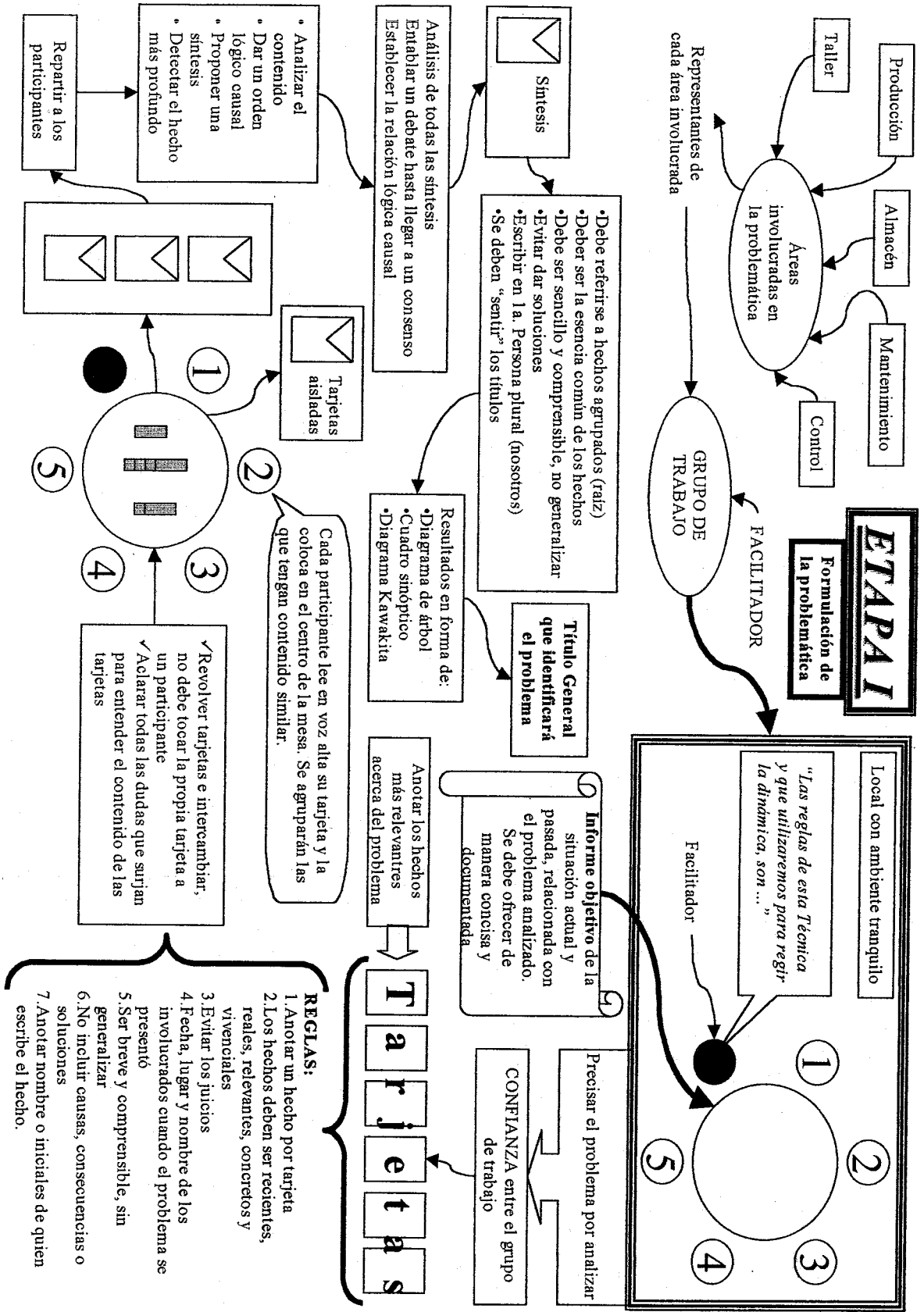


Figura 58. Primera etapa de la técnica TKJ

ETAPA II
Identificación y diseño de la solución

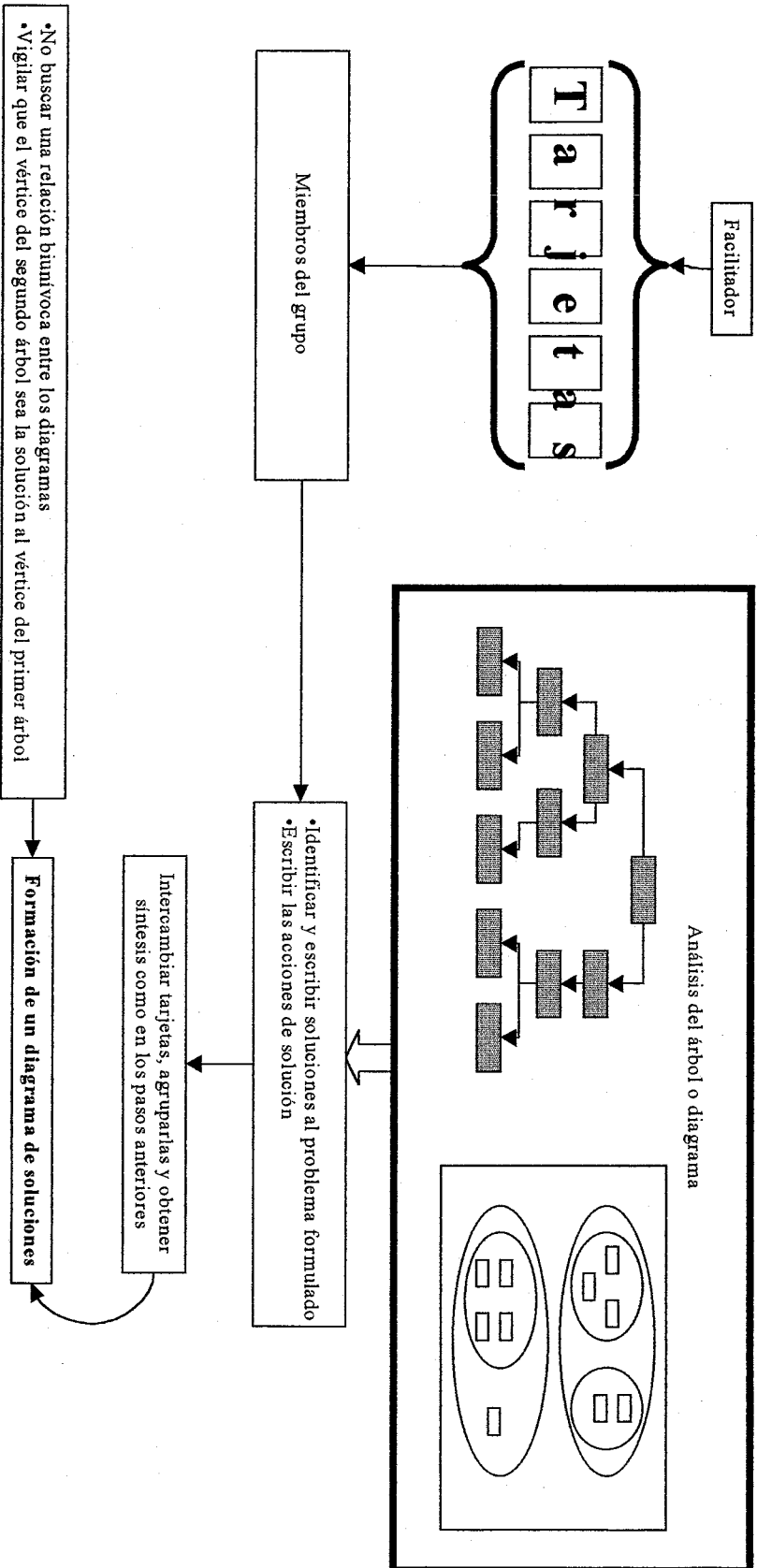


Figura 59. Segunda etapa de la técnica TKJ

ETAPA III
Acciones de implantación
y control

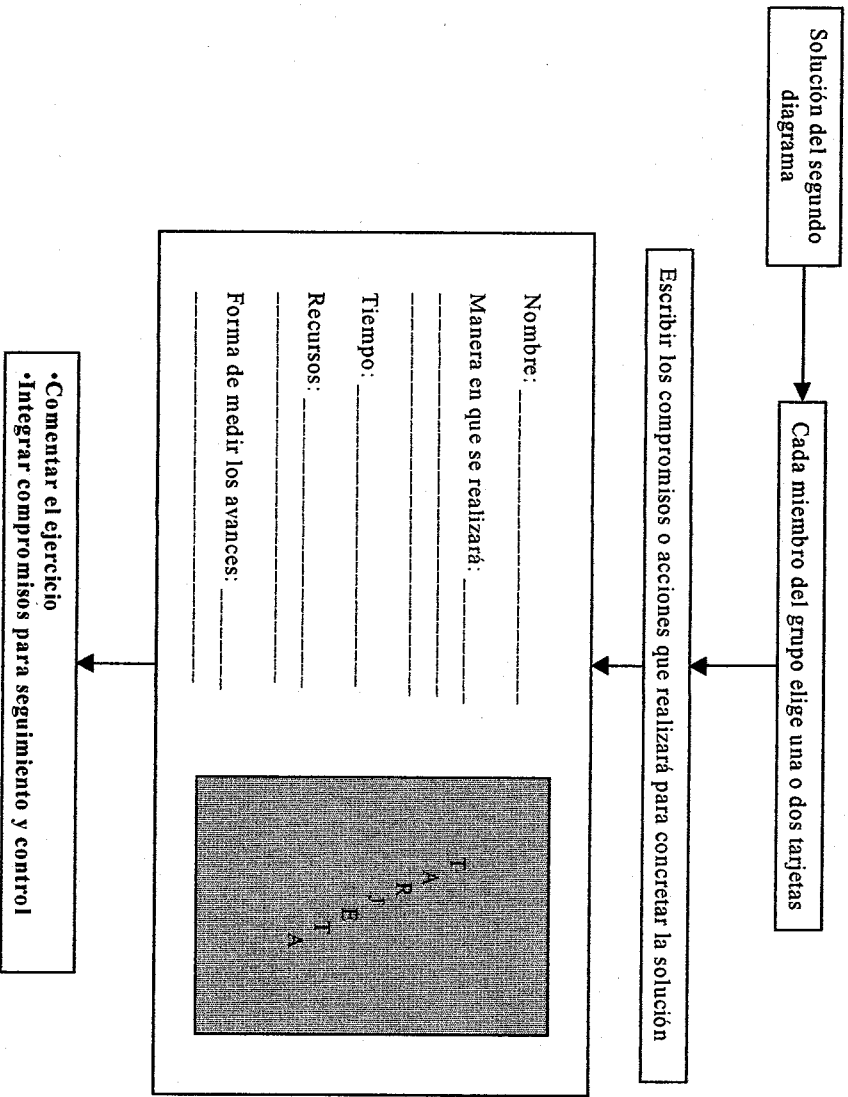


Figura 60. Tercera etapa de la técnica TKJ

En la medida de lo posible, deberá escribirse un hecho en cada tarjeta y un "hecho más profundo" en el rotulado de los sobres. Pensando en el árbol de problemas que se forma, si se escriben tarjetas con juicios o ambigüedades como: "mala administración, incompetencia, falta de compromiso, etc.", lo más probable es que cuando se llegue al nivel superior del árbol se rotularán sobres con el título "injusticia social", contra lo cual no se pueden tomar acciones concretas y operativas para resolverla.

Esta técnica solamente es útil cuando se presentan condiciones propias para que el grupo interactúe. Si existen fuertes conflictos entre la mayoría de los integrantes del grupo o entre sus objetivos, es preferible no emplearla, ya que difícilmente se logrará el consenso y pueden presentarse fuertes confrontaciones.

5.3. ETAPA III.- MODELO FORMAL

Una vez definido el problema operativo por resolver, deberán establecerse los modelos matemáticos que representen dicho problema y que serán aplicados para llegar a la solución del mismo, lo cual requiere, por ahora, establecer con la precisión posible el valor de las variables que serán utilizadas como entradas del modelo, así como las salidas esperadas.

Para establecer los valores mencionados, es necesario recabar todos los datos e información numérica relevante para la correcta aplicación de los modelos matemáticos. La fuente de esta información puede llegar a ser diversa, puesto que en el diseño de las operaciones intervienen varias instancias dentro del centro de servicio automotriz pero, definitivamente, lo más recomendable es acudir a los *stakeholders* quienes generalmente poseen los datos que se requieren.

En cualquier caso, cabe destacar que si la información debe ser calculada, es necesario recurrir a las técnicas cuantitativas adecuadas para su cálculo y asegurarse que los datos proporcionados por las fuentes de información sean confiables. Jamás se deberá perder de vista que si los datos de entrada proporcionados a los modelos no son confiables, los resultados tampoco lo serán y no tendrá mucho sentido invertir tiempo y recursos en obtener información mediocre.

5.3.1. Validación de la situación problemática con el modelo formal

Continuando con la presentación de la metodología mostrada en la *figura 43*, tanto los modelos conceptuales obtenidos en la *Etapa II* como los modelos matemáticos obtenidos en la *Etapa III*, deberán compararse con la situación problemática operativa expresada en la *Etapa I*. Como resultado de dicha comparación, quedará fija la estructura del problema, delimitada el área de interés y diferenciados los aspectos relevantes de aquellos que no lo son.

Cabe resaltar que al comparar lo que *es* y lo que *debería ser* el centro de servicio automotriz, resultarán evidentes ciertas diferencias de las cuales hay que llegar al conocimiento de su razón de ser. Estas diferencias se transformarán en cambios deseables y factibles cuyas propiedades tendrán que especificarse en función de los insumos, procesos, servicios, mercado, clientes y ambiente; en el caso de este trabajo, los cambios que se implantarán en el centro de servicio automotriz están relacionados exclusivamente con los aspectos de operaciones.

Debe incluirse en esta etapa una fase de prueba del modelo matemático y ajustarlo en caso de ser necesario. De manera simultánea a los ajustes del modelo, debe asegurarse que éste proporciona suficiente representación del problema, para lo cual conviene plantearse varias preguntas:

- ¿Fueron incorporados correctamente al modelo los factores e interrelaciones relevantes del problema?
- ¿Parece que el modelo proporcionará soluciones razonablemente prácticas?
- ¿Cuándo se apliquen los resultados a situaciones pasadas, la solución parece mejorar lo que se hizo entonces?

5.3.2. Diagramas de Árbol

Una forma sencilla de representar gráficamente las diferencias entre lo que *es* y lo que *debería ser* el centro automotriz se obtiene con la ayuda de la técnica TKJ que llega hasta la construcción de los diagramas de árbol de problemas y soluciones, mostrados en la *figura 61*.

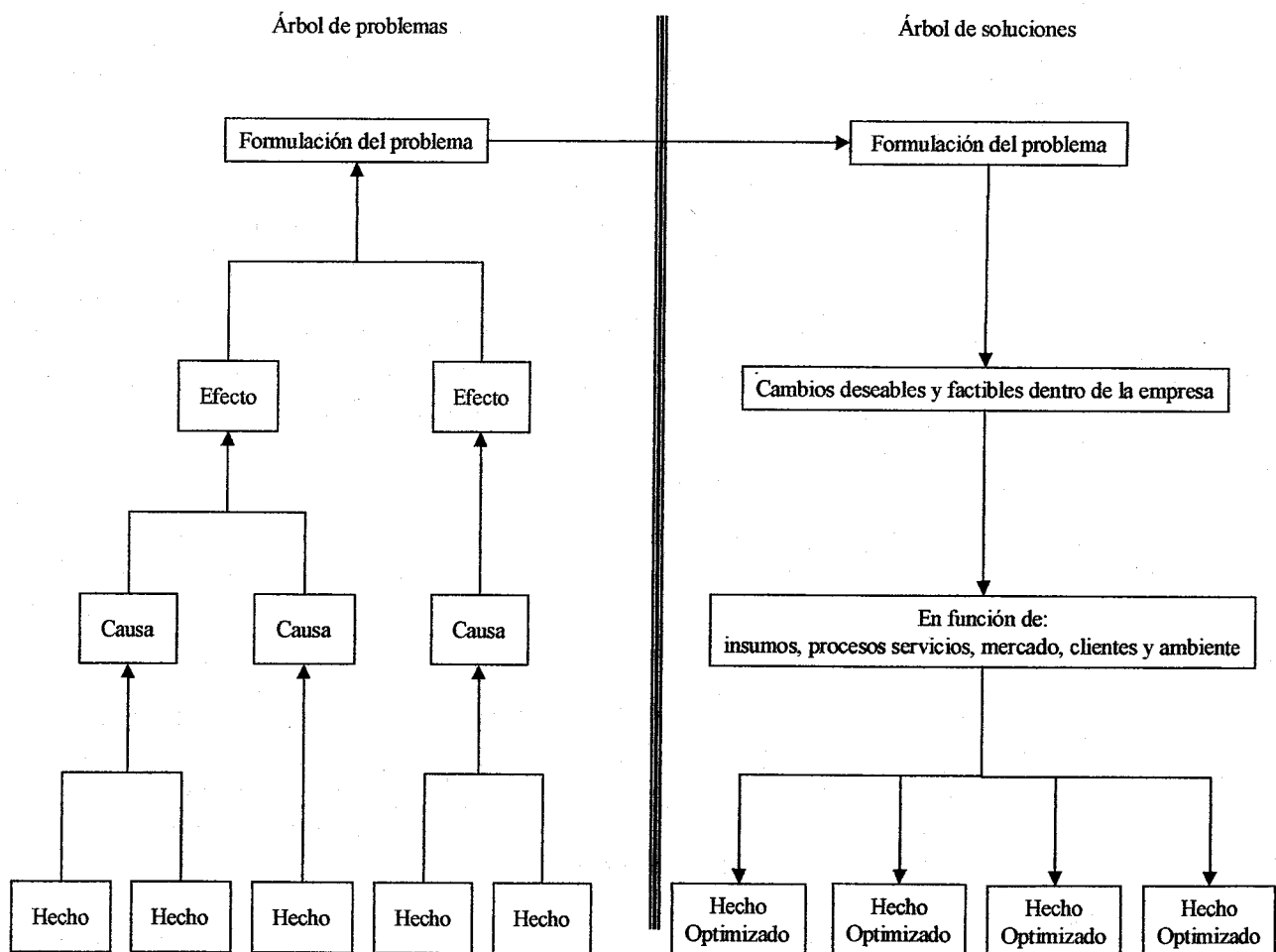


Figura 61. Árbol de problemas y árbol de soluciones

Debe destacarse que ambos árboles tienen el mismo vértice, la diferencia estriba en que el árbol de problemas se lee de manera ascendente, partiendo de los hechos y llegando al problema, mientras que el árbol de soluciones se lee en forma descendente, partiendo del problema y llegando a las soluciones. El árbol de soluciones tendrá entonces las flechas de dependencia invertidas (hacia abajo) y será la solución del árbol de problemas, el cual tiene las flechas de relación hacia arriba. Por lo tanto, no deberá buscarse una relación biunívoca entre ambos diagramas.

El árbol de soluciones así obtenido deberá compararse con la situación problemática expresada por los *stakeholders*. De dicha comparación surgirán o no diferencias. En caso de que se presenten diferencias, dadas las características del propio diagrama de árbol de soluciones, se podrán conocer sus razones de ser. Enseguida, se deberán establecer las propiedades deseadas en función de los insumos, procesos, servicios, mercado, clientes y ambiente.

Esta definición de propiedades deseadas llevará a establecer los cambios deseables y factibles que deberán realizarse dentro del centro de servicio automatiz.

5.4. ETAPA IV.- MODELO DE SOLUCIÓN

Con el avance logrado hasta ahora, se habrá definido claramente el problema por resolver, sus causas y sus efectos. El siguiente paso es obtener el modelo de solución del problema, tomando en cuenta insumos, instalaciones, equipo, personal, información y dinero.

Esta etapa se refiere a la aplicación de las técnicas cuantitativas, las cuales fueron tratadas en el Capítulo V, por primera vez dentro de la metodología propuesta en este documento. Como se vio en su oportunidad, las técnicas cuantitativas requieren utilizar paquetes de sistemas para poder construir un esquema de mejora u optimización continua. Se debe, entonces, determinar los paquetes de sistemas susceptibles de ser aplicados en la solución de modelos matemáticos a problemas operativos en centros de servicio automatiz, lo cual dependerá de la información y de los datos disponibles.

Hay una gran variedad de paquetes y software para poner en marcha la teoría de los modelos matemáticos que han sido presentados en este documento. La mayoría se encuentran disponibles en el mercado y algunos otros pueden ser "accesados" vía Internet a manera de demostración con opción a compra.

Las herramientas que ofrecen las opciones de EXCEL: *Analisis de Datos y Solver*, tienen una amplia aplicación en el *pronóstico y optimización* respectivamente. Ambas herramientas requieren información que se encuentra disponible en la mayoría de los centros de servicio automatiz, puesto que se refieren a clientes o servicios realizados por mes (inclusive por marca de automóvil), datos contables como ventas o costo de las ventas y datos operativos como productividad por mecanico o ventas de obra por hora de trabajo.

Otros paquetes como *Manager y Lindo*, cuentan con una gran variedad de herramientas, dentro de las cuales se pueden manejar la *lineas de espera* y los *inventarios*. Estos modelos utilizan también información relativamente sencilla de obtener, o en su defecto de calcular, dentro de un centro de servicio automatiz.

Finalmente, el paquete *Project* contiene una poderosa herramienta para el manejo de los modelos *PERT/CPM* con *cálculo de ruta crítica* y *diseño de gráficas de Gantt*. Al igual que los anteriores, requiere de información fácil de obtener o en su defecto de calcular.

Con la información recopilada de los *stakeholders* y los modelos matemáticos determinados, deberá procederse a probar y evaluar los resultados que se obtengan. Es muy probable que los modelos requieran nuevos ajustes en cuanto a las variables exógenas, variables de decisión y a las políticas y restricciones. A medida que se vayan realizando estos ajustes, las medidas de desempeño obtenidas se acercarán paulatinamente al punto óptimo.

5.5. IMPLANTACIÓN

Cuando la evaluación de los resultados de las pruebas de los modelos matemáticos resulten aceptables, deberá procederse a implantarlos directamente en los procesos operativos. Esta implantación con seguridad provocará cambios en la forma de operar el centro de servicio automotriz, por lo que será muy importante emitir recomendaciones, lineamientos, indicadores y límites operativos al personal responsable de cada área en cuanto a la nueva forma de trabajo y toma de decisiones.

Esta etapa debe incluir los compromisos y acciones que cada responsable de área realizará para concretar la solución propuesta. Tendrán que expresar también la manera en que lo conseguirán, los recursos que utilizarán y la forma en la que medirán el desempeño, para lo cual deberán:

- Establecer valores o parámetros con el objeto de que funcionen como indicadores de desempeño, o bien como límites operativos.
- Establecer los lineamientos operativos bajo los cuales la empresa deberá conducirse como resultado del estudio realizado.

Dentro de los lineamientos e indicadores de desempeño que regirán las operaciones dentro del centro de servicio automotriz, destacan los siguientes:

- Productividad
- Competitividad
- Diseño de servicios
- Proceso de servicios
- Diseño del proceso de servicios
- Planeación de la capacidad
- Distribución de Instalaciones
- Balanceo de líneas de servicio
- Medición del trabajo
- Subcontratación
- Calendarización de las operaciones de servicio
- Mantenimiento
- Reemplazos
- “Benchmarking” competitivo

Finalmente, se deberá estar seguro que el nuevo sistema operativo sea consistente con las recomendaciones.

5.6. SEGUIMIENTO Y CONTROL

Paralelamente a la implantación, deberán establecerse compromisos para el seguimiento y control operativos de las nuevas disposiciones que indicarán la manera en que el centro de servicio automatizado se conducirá a partir de la implementación de resultados.

Una parte importante del seguimiento es confirmar y estar seguros que el nuevo sistema operativo implantado sea consistente con las recomendaciones establecidas en el punto anterior. Asimismo, se debe dar seguimiento permanente a los indicadores de desempeño definidos y aplicar el control (con las medidas correspondientes) en caso de que dichos indicadores muestren desviaciones no deseadas.

5.7. CONCLUSIONES DE CAPÍTULO

Fue definida una metodología aplicable en la solución de problemas operativos dentro de los centros de servicio automatizado, utilizando una combinación de técnicas heurísticas y cuantitativas. Como resultado, pudo constatar que la parte más laboriosa dentro de la metodología y que corresponde a la formulación de la problemática, puede llevarse a mejor término utilizando técnicas heurísticas, mismas que prácticamente no hacen uso de computadoras ni de mayores cálculos matemáticos, concentrándose en un trabajo interpersonal más riguroso.

Por otro lado, las técnicas cuantitativas aplicadas a modelos matemáticos de investigación y dirección de operaciones, si se apoyan en este valioso aliado, haciendo su trabajo más preciso, confiable y rápido.

El punto de partida de la metodología es que la opinión de los directamente involucrados con la problemática, llamados *stakeholders*, en todo momento indican la dirección durante el trabajo de investigación.

Dentro de la metodología pueden apreciarse tres instancias de la Ingeniería de Sistemas: La aplicación en primer lugar de las técnicas heurísticas, la participación de las técnicas cuantitativas y la colaboración de la dirección de operaciones. Tomando como guía la técnica TKJ, la metodología propuesta se compuso de cuatro etapas y once pasos que van desde la integración del grupo de trabajo, hasta el seguimiento y control de los resultados.

Dentro de las cuatro etapas antes mencionados, destacan:

1. Formulación de la problemática, apoyada con el análisis de sistemas y de obstáculos, las proyecciones y escenarios de referencia, así como el encuestamiento.

2. Elaboración de modelos conceptuales, incluyendo el enfoque de la caja negra, los enfoques funcional y estructural, el análisis causa-efecto y el diagrama de relaciones hasta llegar a la definición del problema concreto por resolver mediante el estudio de desviaciones que detectan los orígenes de la problemática.

3. Elaboración de modelos formales que comprenden la validación de la situación problemática y los diagramas de árbol.

4. Aplicación de modelos de solución, donde destacan las técnicas cuantitativas y el uso de paquetes de sistemas que involucran varias herramientas computacionales disponibles en el mercado.

Finalmente, se explica el contenido de la implantación, seguimiento y control, para cerciorarse que la metodología y el uso de modelos, así como sus resultados han optimizado o por lo menos mejorado la operatividad del centro de servicio automotriz.

Se concluye que la metodología obtenida resulta sencilla de entender y con una importante aplicación práctica para detectar, definir y resolver problemas operativos, particularmente en centros de servicio automotriz. Dicha metodología utiliza modernos modelos matemáticos apoyados en sofisticados paquetes de sistemas para computadora, lo que le permite optimizar las decisiones y medir los resultados de su implantación mediante indicadores de desempeño confiables y precisos.

CAPITULO VI

ESTUDIO DE CASO

El presente Capítulo muestra la aplicación de la metodología definida en el Capítulo V a un caso real de un centro de servicio automotriz en funcionamiento y cuyas operaciones requieren optimizarse para enfrentar la competencia que le representan varios talleres tranquilizados que han penetrado su zona de influencia.

6.1. EL CENTRO DE SERVICIO AUTOMOTRIZ

El estudio de caso se refiere a un centro de servicio automotriz localizado al Oriente de la Ciudad de México en el Distrito Federal. La industria dominante en esta zona económica es la de manufactura en general. Los habitantes que viven dentro de dicha zona, pertenecen al nivel socioeconómico medio-bajo, aunque existen varios desarrollos habitacionales en forma de condominios horizontales y verticales cuya población se ajusta más al nivel socioeconómico media-alto.

El centro de servicio automotriz está constituido en un área de 900 m², según se aprecia en el croquis mostrado en la *figura 62*. Cuenta con un área efectiva para trabajos de servicio de 630 m² (70%) y 270 m² (30%) para áreas de servicios como bodega, almacén, estacionamientos, oficinas, recepción, seguridad, sanitarios, etc. El área de oficinas es una construcción de dos niveles, albergando a la Gerencia en el piso superior y al área administrativa en la planta baja. Asimismo, el área de seguridad cuenta con dos niveles, los sanitarios para trabajadores en el nivel superior y la seguridad y vigilancia en la planta baja.

El acceso al centro automotriz es por el lado Oriente y la salida se puede dar tanto por ese mismo lado, como por el lado Sur. Tiene colindancias hacia el Norte y Poniente con casas habitación y hacia el Sur y Oriente con vialidades.

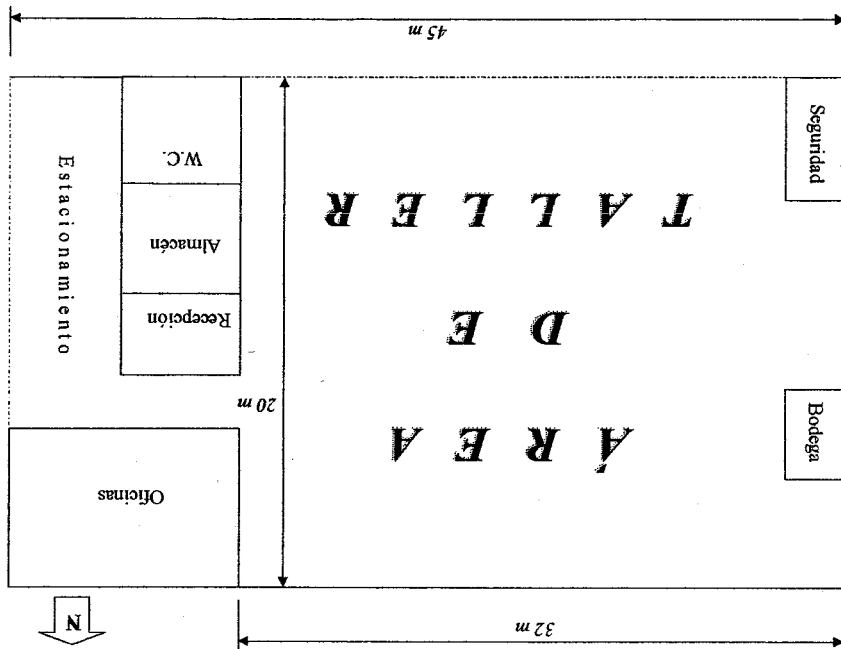


Figura 62. Croquis de instalaciones del centro de servicio automotriz.

La construcción del centro de servicio automotriz inició en mayo de 1987 y fue inaugurado en febrero de 1988, contando entonces con 450 m², correspondientes a la mitad Sur mostrada en la figura 62. La otra mitad (Norte) fue adquirida y acondicionada en diciembre de 1990, incorporándose al área de trabajo a principios de 1991.

Dentro del área de taller se encuentra localizado el equipo y maquinaria que se requieren para ofrecer el servicio, cuya relación se muestra en la figura 63.

Cantidad	Descripción	Cantidad	Descripción
4	Rampas de 4 toneladas	1	Alineadora computarizada
1	Balanceadora computarizada	2	Lavadoras de alta presión 2 H.P.
1	Laboratorio de diagnóstico automotriz	1	Analizador de 4 gases
1	Compresora de 5 H.P.	2	Gatos de patín de 1 tonelada
1	Prensa 4 toneladas	1	Cubeta inyectora de grasa
1	Cubeta surtidora de aceite 90	1	Conformadora de balatas
3	Tornillos de banco	1	Cargador de baterías
5	Llaves de impacto 3/4"	1	Planta eléctrica para soldar
1	Porta power	3	Esmeriles eléctricos manuales
2	Taladros industriales 1/2"	1	Equipo oxígeno-acetileno
1	Sierra circular	1	Aspiradora industrial
1	Equipo para pintura automotriz	1	Equipo para hojalatería
2	Garruchas 2 toneladas	8	Escaletas para automóvil
1	Boya lavadora de inyectores	2	Recibidores de aceite

Figura 63. Maquinaria y equipo utilizados en el centro de servicio automotriz

Evidentemente, además del equipo y maquinaria mencionados, se cuenta con herramienta manual de muy diversas características, como lo son: *autoclaves (milimétricos y estándar), pinzas (tulicatas, mecánicas, presión, puntas, pericas), desarmadores (planos, de cruz, estrella, allen), dados (milimétricos y estándar), machuelos, matracas, manerales, berbiquines, calibradores (bujías, aire, anillos, etc.), probadores (baterías, anticongelante, computadoras a bordo, etc.), manómetros, vacuómetros, multímetros, termómetros, opresores, lámparas de tiempo, limas, limatones, etc.*

Las áreas de bodega y almacén tienen la función de guardar y distribuir los materiales y refacciones necesarias para llevar acabo los servicios del centro de servicio. Dentro de los materiales utilizados con mayor frecuencia se tienen: *thinner, estopa, gasolina, grasas, tornillos, pijas, tuercas, rondanas, seguros, jerga, franela, chavetas, desengrasante, jabón, lijas, materiales de hojalatería y pintura, soldadura de electrodo y de latón, fundentes, brochas, plomos para balanceo, laines, etc.* Por otro lado, las refacciones que se almacenan son de diversos tipos predominando los *filtros (aceite, aire y gasolina), aceites (motor, transmisión y dirección) bujías, pastillas de freno disco y balatas de tambor, electrolitos, focos, juntas (homocinéticas, motor, etc.), fusibles, sensores, válvulas, termostatos, bulbos, switches, cables de bujía, tapas distribución, etc.* Finalmente, deben guardarse otro tipo de consumibles como: *equipo de seguridad, papelería, uniformes, artículos promocionales, herramientas para reposición, etc.*

El centro automotriz ofrece una gran diversidad de servicios, algunos realizados dentro de las propias instalaciones y otros subcontratados a proveedores externos (*outsourcing*), como se describe en la figura 64.

Desde el inicio de sus operaciones en 1988, el centro de servicio fue incrementando paulatinamente el número de clientes y en consecuencia el número de vehículos en servicio. Una vez saturadas las instalaciones, en 1990 se presentó la oportunidad de adquirir el terreno colindante, de exactamente las mismas dimensiones que el original, y después de algunos meses de remodelación y adaptación, empezó a prestar servicio en 1991. Después de tres años (1994), las instalaciones ampliadas fueron saturadas de nueva cuenta; sin embargo, la crisis económica nacional que sufrió México en ese año, impactó a las principales industrias clientes del centro de servicio, por lo que 1995 inició con una demanda tendiente a la baja. En ese año, los dos Gerentes aprovecharon el tiempo e iniciaron un

El centro de servicio es dirigido por un Gerente Administrativo y otro Gerente de Producción, los cuales reportan a un Consejo de Administración. El primero tiene las funciones de contabilidad, finanzas, mercadotecnia, ventas, servicio al cliente, recursos humanos, sistemas computacionales, proveedores, cuentas por cobrar y por pagar, compras, crédito, pronósticos, benchmarking, etc. Por otro lado, el segundo se encarga del control de taller, control de producción, almacenes, inventarios, bodega, seguridad interna y externa, garantías, calidad, capacidad, disposición, subcontratación (*outsourcing*), calendarización, mantenimiento de equipo e instalaciones, capacitación, investigación de nuevos productos y servicios, etc. Los Gerentes tienen el apoyo de siete coordinadores: control de personal, contabilidad y mercadotecnia en el área administrativa y jefe de taller, almacén, control y servicios generales en el área de producción. Los coordinadores reciben el apoyo de algunos auxiliares y finalmente se cuenta con una planta de veinte mecánicos entre maestros y ayudantes, así como cuatro personas de intendencia.

Las razones por las cuales no todos los servicios se realizan dentro del propio centro automotriz, se deben, entre otros, a los requisitos tecnológicos de maquinaria y equipo, baja demanda del servicio por parte de los clientes, falta de capacitación especializada, altos tiempos de almacenaje de vehículos, exclusividad del proveedor externo, etc.

Figura 64. Clasificación de servicios internos y externos ofrecidos.

Atención	Atención	Servicio	Atención
Atención	Interno	Frenos	Interno
Rectificados	Externo	Remachado	Externo
Lavado	Interno	Engrasado	Interno
Niveles	Interno	Eléctrico	Interno
Radiadores	Externo	Silenciadores	Externo
Verificación	Externo	Suspensión	Interno
Dirección	Interno	Transmisión cajas	Interno
Hojalatería	Interno	Pintura	Interno
Calibración inyectores	Externo	Tanque combustible	Externo
Vestiduras	Externo	Cristales	Interno
Alineación	Interno	Balaceo	Interno
Estética automotriz	Interno	Embragues	Interno
Diagnóstico motor	Interno	Pruebas electrónicas	Externo
Conductos de alta presión	Externo	Piezas especiales	Externo
Llantas y rines	Externo	Protección chasis	Interno
Reposición accesorios	Interno		

proyecto de reestructuración integral. Después de un estudio de beneficio-costos, decidieron eliminar aquellos servicios que demandaban los más altos consumos de tiempo y espacio de taller, y que a cambio producían los menores ingresos. El proyecto funcionó bien hasta que en 1998 las instalaciones se vieron nuevamente rebasadas. Para entonces empezaron a recibir observaciones de los clientes en cuanto a que el costo de los servicios que ofrecían los talleres franquiciados y los tiempos de espera para la entrega de unidades, eran menores que los del centro de servicio. Por primera vez en años, el centro de servicio empezó a resentir una baja en la demanda, misma que se prolongó hasta 1999, a pesar de los esfuerzos de los Gerentes y del todo el personal por reducir al mínimo posible el precio de venta y el tiempo de espera.

Después de analizar detalladamente la operación de los talleres franquiciados (estudio de benchmarking), encontraron que las operaciones internas se manejaban con un alto grado de efectividad; sin embargo, no comprendían los mecanismos utilizados para lograrlo. Por otro lado, advirtieron que los precios de los insumos se veían drásticamente reducidos al ser adquiridos por una empresa centralizadora quien a su vez los distribuía a sus afiliados (franquiciados). Los grandes volúmenes de compra garantizaban descuentos por parte de los proveedores, a los cuales difícilmente podría acceder el centro de servicio por sí solo.

El Gerente Administrativo asumió la responsabilidad de localizar e implementar alianzas estratégicas con otros centros de servicio independientes, con el fin de consolidar las órdenes de compra de cada uno de ellos en una sola y poder tener acceso a un mejor precio de insumos que beneficiara a todos los "aliados" en esta estrategia. La ventaja competitiva frente a sus aliados, consistiría en que el Gerente de Producción contactaría por su parte a especialistas en investigación de operaciones y planeación, que lo ayudaran a implementar políticas de dirección de operaciones tendientes a convertir al centro de servicio en un lugar altamente efectivo y rápido (flexible) para responder a las necesidades de sus clientes.

El Gerente Administrativo tendría que recurrir a otro tipo de *habilidades directivas* para convencer a su competencia de unirse entre ellos en beneficio de todos. En general, la ideología del micro y pequeño empresario mexicano en este sentido, es la de trabajar solo y hasta cierto punto "teme" compartir sus asuntos a causa de un equivocado sentimiento de *pérdida de control*. En el presente trabajo se dejaron fuera los resultados obtenidos por el Gerente Administrativo, toda vez que la parte de interés es el área operativa.

El Gerente de Producción contactó al autor del presente documento para elaborar un estudio correspondiente a la optimización de la parte operativa del centro de servicio. El camino a seguir sugerido por el autor, es el que fue presentado en el Capítulo V de este documento como Propuesta Metodológica. Con el fin de poder aplicar los conceptos presentados en los apartados correspondientes a las técnicas participativas, el autor se convirtió también en el *facilitador* de los grupos de trabajo.

Teniendo en mente la formación de grupos de trabajo y así poder identificar a los posibles promotores que con cierta capacitación pudieran apoyar al *facilitador*, éste se trasladó al centro de servicio y aplicó la encuesta mostrada en la *figura 65*, con el objeto de conocer varios aspectos relevantes del centro de servicio automotriz.

No	Responsable
1	Gerente de Producción
2	Jefe de Taller
3	Jefe de Almacén
4	Controlista
5	Encargado de Mantenimiento

El *facilitador* tuvo la oportunidad de elegir a los miembros del grupo de trabajo al cual dirigiría. Dichos integrantes fueron cinco personas designadas en función del grado de involucramiento directo en la problemática de las operaciones dentro del centro de servicio automotriz, además, en ese momento se encontraban trabajando directamente en él.

6.2.1. Integración del grupo de trabajo.

6.2. FORMULACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.

Figura 65. Actividades de importancia primordial al intervenir una empresa.

¿Quién es el cliente y cuál es su posición dentro del centro de servicio?	Es el Gerente de Producción y dentro de la empresa tiene la segunda posición más importante.
¿Cuáles son los resultados esperados de esta intervención?	Optimizar las Operaciones del centro de servicio automotriz.
¿Qué tanto apoyo se tiene del Consejo de Administración?	Todo parece indicar que es amplio, debido al enorme interés que muestra el centro de servicio por optimizar sus operaciones y recuperar el mercado que ha perdido al enfrentar a su competencia.
¿Son suficientes los recursos para llevar a cabo esta intervención y están disponibles?	SI.
¿Cuál es el tiempo concedido para llevar a cabo la intervención?	Suficiente, no está limitado.
¿Existe información confiable?	SI. Tanto el Gerente Administrativo como el de Producción han llevado y controlado bases de datos confiables.
¿Cuál es la estructura formal e informal de la empresa?	La formal existe y está representada mediante un organigrama. No se detecta alguna estructura informal.
¿Cuáles son los niveles de autoridad y los grupos de poder?	Los niveles de autoridad se ejercen verticalmente en forma piramidal. Existe un grupo de poder formado por el coordinador de almacenes y su personal, puesto que retrasan la entrega de materiales en ocasiones sin aparente justificación.
¿Cuál es la red de información formal y oculta?	La red de información formal está claramente establecida. El jefe de Taller encabeza la red oculta en cuanto a proveedores y clientes, administra las propinas y hace "arreglos" con los proveedores.

Para efectos del estudio que se está realizando, estas cinco personas fueron designadas como *stakeholders*. El grupo fue reunido en una sala de juntas apartada del ajetreo diario de las operaciones y dentro de este ambiente tranquilo, el *facilitador* procedió a explicar las reglas que regirían la dinámica de trabajo. Dentro de las principales se destacaron:

- Todos tenemos el mismo nivel de participación.
- Toda idea u opinión es importante.
- No descalifiquemos.
- Expresemos el malestar o bienestar.
- Hablemos en primera persona.
- Seamos breves en las exposiciones.
- Todos tendremos oportunidad de participar.
- Debemos ser claros en nuestra visión de las cosas.
- Trataremos de encontrar las causas del problema y después las superaremos.
- De alguna manera, todos participamos en las causas de los problemas.

6.2.2. Indagación y opinión de los stakeholders

El *facilitador* propuso a los *stakeholders* iniciar con el ordenamiento del problema. Cada uno de ellos tenían ideas desorganizadas y no relacionadas entre sí en cuanto a la problemática. Algunos hablaban de saturación del área de taller, otros de deficiencias en el resurtido de partes y refacciones, otros de fallas del equipo, algunos más sobre capacitación e inclusive hubo quienes mencionaron la falta de comunicación interna. Estos pensamientos aislados no contribuían a explicar claramente el porqué del problema operativo.

El *facilitador* aplicó una serie de análisis que llevarían al grupo a comprender mejor el problema, puesto que cada uno de sus integrantes conocería “algo” acerca del área del otro. El primer análisis realizado fue el de sistemas el cual pretende describir cómo es y cómo opera el centro de servicio y cuál es el estado actual del mismo. Sus resultados se muestran abreviados en la *figura 66*.

ANÁLISIS DE SISTEMAS	
Naturaleza del centro de servicio	El centro de servicio es una microempresa dedicada al mantenimiento integral y reparación general de vehículos automotores. Su mercado se enfoca principalmente a empresas ubicadas dentro de su radio de influencia, aunque también atiende automóviles particulares. Ofrece cualquier servicio relacionado con automotores, ya sea en sus propias instalaciones o bien en establecimientos subcontratados. Dependiendo del tipo de servicio que solicite el cliente, los procesos pueden variar considerablemente; sin embargo, se pueden destacar cuatro áreas fundamentales que permanecen invariables sin importar el servicio de que se trate: recepción, producción, control y entrega.

<p>Este punto se refiere básicamente al aspecto financiero, el cual no se está tratando en el presente trabajo. Sin embargo, en la introducción del estudio de caso se mencionaron ampliamente las situaciones pasada y presente del centro de servicio. El desempeño ha disminuido a partir de 1998, debido a la fuerte competencia que han representado las franquicias y a la imposibilidad de mejorar las operaciones. Dentro de su radio de influencia, la participación del centro de servicio en el mercado fue prácticamente exclusiva hasta 1997; pero, con el inicio de la penetración de franquicias, su participación empezó a reducirse paulatinamente a medida que aquellos proliferaban.</p>	<p>Desempeño pasado y presente</p>
<p>La parte de la legislación también queda fuera del alcance del presente trabajo. No se identifican grupos cuyos intereses afectarían al centro de servicio; sin embargo, este sí podría afectar al ambiente físico y social contaminando con residuos sólidos, ruidos, emisiones, congestión de vialidades, elevado tráfico en la zona, etc. Por otro lado, el centro de servicio es una fuente de empleo, su presencia trae seguridad en la zona y acerca los servicios y refacciones a los automovilistas del área. Se ha descrito el aspecto de competencia para las franquicias, pero también existen talleres informales y un par de competidores independientes de características similares a las del centro de servicio. Los competidores independientes tienen la debilidad de contar con instalaciones más reducidas y ofrecer menor variedad de servicios, aunque su calidad es buena. Los talleres informales son aún más reducidos y con pésima calidad. En forma gruesa, la división de participación en el mercado dentro de la zona se presenta como sigue: franquicias 55%, centro automotriz 20%, competencia leal 15%, competencia desleal: 10%. Mientras que la fijación de precios por parte de las franquicias se ve favorecida por el bajo costo de compra de materiales, refacciones y costos indirectos, los informales omiten pagar impuestos, prestaciones y derechos. Claramente, en ambos casos, los talleres independientes quedan en desventaja competitiva. En el centro de servicio, los precios se han fijado tradicionalmente con base en el prorrateo de los costos entre las horas de trabajo disponibles del personal operativo del taller. Este resultado se afecta por un porcentaje de utilidad y se multiplica por el número de horas que tarde un mecánico en completar un trabajo. En cuanto a los proveedores, existen refaccionarias cuyos servicios son indispensables para el centro de servicio dada su cercanía, condiciones de crédito y descuentos por volumen. Los servicios externos como frenos, radiadores, rectificadores, etc. se contratan con proveedores aledaños más que nada por la rapidez de respuesta que por el precio. La mayoría de los proveedores lo han sido durante años y rara vez se han considerado otras opciones que ofrezcan mejores condiciones. Se maneja el criterio "mas vale malo por conocido que bueno por conocer". Los <i>stakeholders</i>, con excepción del jefe de Taller, reconocen que hay muchos aspectos de los proveedores que no conocen.</p>	<p>Ambiente</p>
<p>Este aspecto se verá más adelante cuando sean presentados los modelos estructurales. En este punto quedó clara la diferencia entre la forma de trabajar del centro automotriz comparada con la de las franquicias. Se apreciaron varios "cuellos de botella" que entorpecían las operaciones en el área de taller. Demasiadas unidades permanecían sin trabajarse por periodos largos de tiempo. El personal parecía no estar ocupado durante toda la jornada laboral, a pesar de tener las unidades estacionadas. Este efecto no se observó en ningún taller franquiciado que se utilizó como modelo de <i>benchmarking</i>.</p>	<p>Estructura</p>

Estilo Administrativo	La mayoría de los problemas se identifican “ <i>sobre la marcha</i> ”. No existe un método de planeación que permita anticiparse a los problemas. En consecuencia, las decisiones se toman “ <i>al vapor</i> ” y se implantan de inmediato. Los métodos de control sobre las decisiones son escasos y poco efectivos, puesto que apenas se está terminando de resolver un problema cuando ya se presentaron uno o varios más. Las decisiones son tomadas directamente por el Gerente o en su defecto por alguno de los coordinadores. Debido a que el ritmo de trabajo que demandan las operaciones es muy dinámico, la comunicación interna parece lenta porque en la mayoría de los casos está desfasada con respecto a las operaciones.
Políticas	La empresa tiene la política de centralizar la mayoría de las decisiones que deben tomarse directamente con el Gerente quien en ocasiones está fuera de la empresa. Se lleva a cabo un extenso papeleo para garantizar el correcto cobro de órdenes de trabajo y la elaboración de facturas. Cada departamento ha implantado sus políticas individuales, a menudo desconocidas por los demás, lo que ha provocado duplicidad de funciones y contraposición de tareas. Este aspecto es más notable en el área de almacén, puesto que debido a la gran cantidad de políticas que deben seguirse, el suministro de materiales y refacciones resulta demasiado lento, lo cual se opone al interés del área de producción en cuanto a que esta función tiene que ser de las más rápidas y efectivas para no retrasar las líneas de servicio.
Políticas y prácticas con respecto al personal	Los mecanismos de contratación de personal se realizan mediante anuncios en periódicos o letreros físicos en el exterior del centro automotriz. Cuando algún interesado se presenta, se turna directamente con el coordinador de control de personal y en caso de cumplir con los requisitos primarios, se dirige al jefe de taller para su correspondiente evaluación técnica. Dependiendo del grado de especialización que tenga el nuevo obrero, se le asigna un espacio en la línea de servicio y un ayudante, o se manda como ayudante de algún maestro mecánico. Las compensaciones al personal se pagan en función de un salario mínimo fijo más un destajo o porcentaje de las ventas que logren colocar en una semana de trabajo. Los ayudantes reciben un porcentaje del porcentaje que cobre el maestro. La capacitación se otorga cuando algún ayudante muestre buen comportamiento o bien a maestros mecánicos cuando se trata de nueva tecnología. Esta capacitación puede ser interna o bien externa recurriendo a centros de educación para técnicos automotrices. Se ha elaborado un reglamento de trabajo interno, donde se especifican los derechos y obligaciones del patrón y trabajador. Con base a dicho reglamento se determinan los despidos, beneficios, incentivos y renunciaciones. En general, el personal se muestra contento en la empresa, pero también ven afectados sus intereses en el cobro de destajos al retrasarse demasiado la entrega de vehículos. Tampoco muestran mucho acuerdo en la política de la empresa de pagar el destajo en cuando el cliente pague la factura. En ocasiones tienen que esperar semanas para que el cliente recoja la unidad.
Operacionales	Con el objeto de describir de la mejor manera posible las operaciones del centro de servicio, se recurre a la elaboración de diagramas de flujo que muestran las fuentes y flujo de información, instrucciones y material (ver <i>figuras 67,68 y 69</i>)

Figura 66. Análisis de sistemas.

Figura 68. Analisis de un sistema detallado

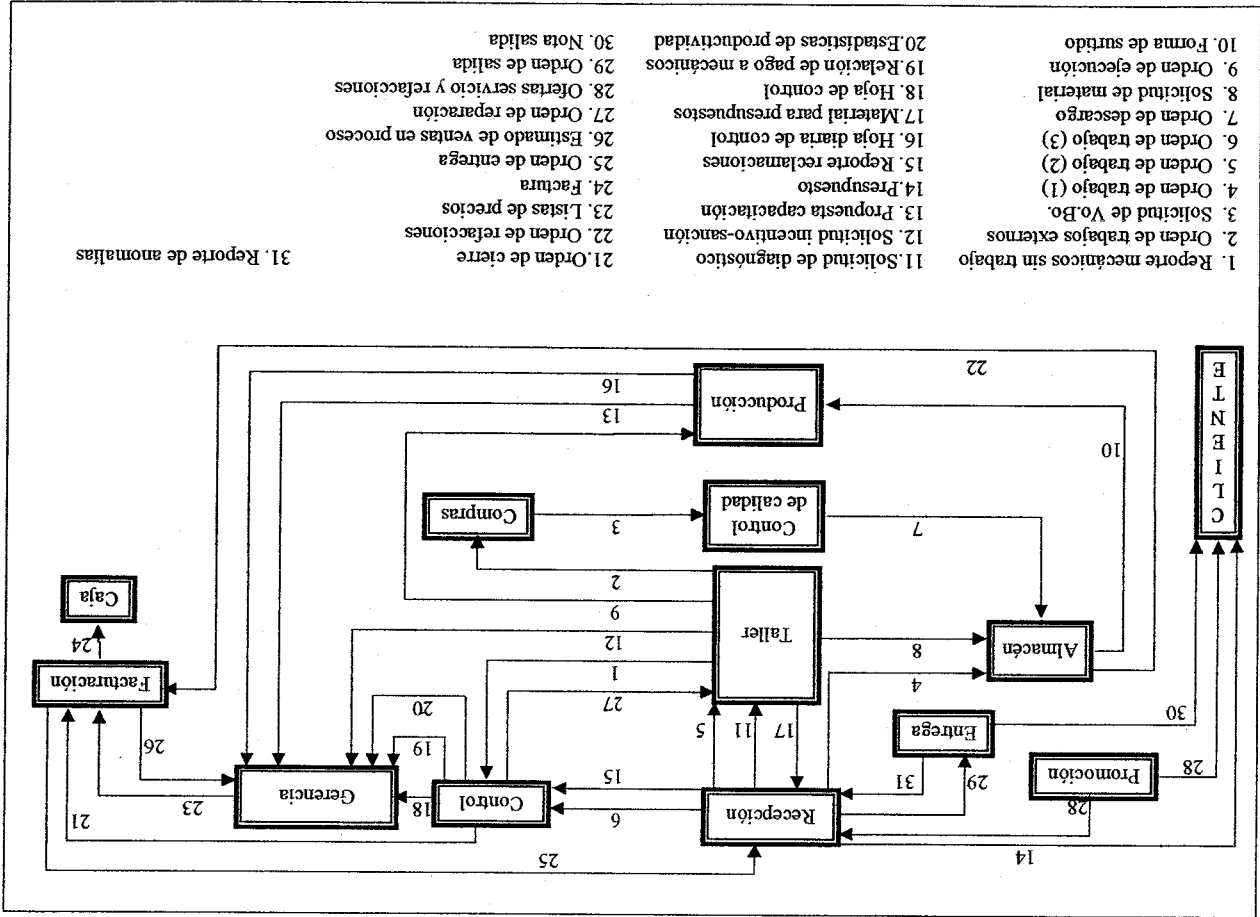
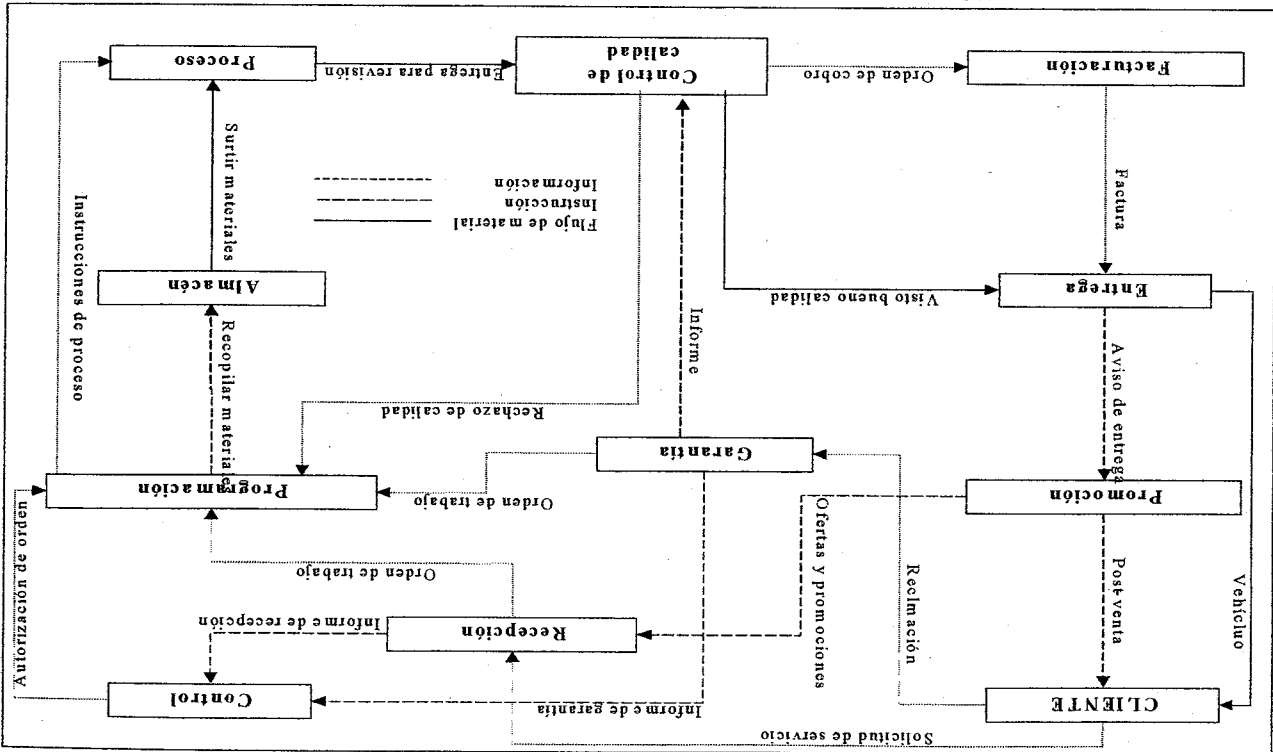


Figura 67. Notas iniciales en un analisis de sistemas.



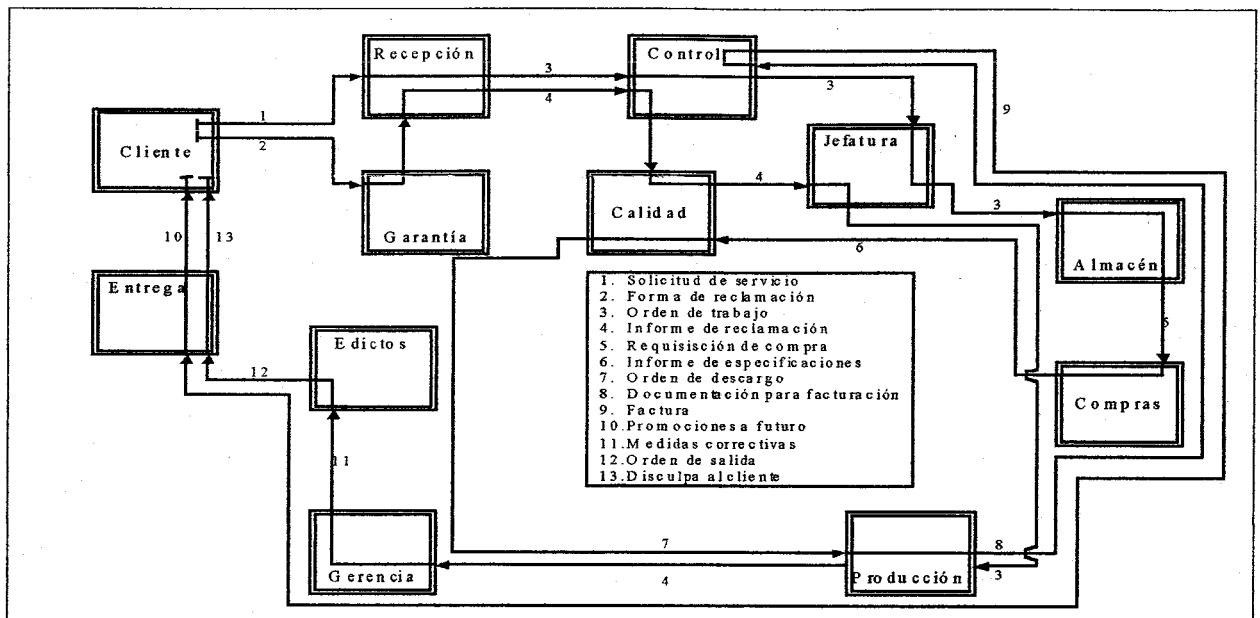


Figura 69. Ejemplo de un diagrama de flujo consolidado

El siguiente análisis que se realizó fue el de obstáculos y sus resultados se muestran abreviados en el cuadro de la figura 70. Este análisis pretende identificar las restricciones internas y externas que obstruyen el desarrollo del centro de servicio.

ANÁLISIS DE OBSTÁCULOS: Identificar restricciones que entorpecen las operaciones	
Obstáculos Internos	Se identifican las discrepancias y los conflictos.
Discrepancias	Revisando las normas y filosofía de la empresa, se encontraron varias discrepancias dentro de ellas. Para empezar, la filosofía es brindar un servicio rápido, confiable y a precio razonable. Si bien la parte de la confiabilidad se está cumpliendo, los componentes de rapidez y precio dejan mucho que desear. Las normas de ética dentro de la empresa indican que no podrán recibirse “propinas” por parte del personal que labore en el centro automotriz; sin embargo, este punto se ha estado ignorando desde hace tiempo, a todos los niveles, convirtiéndose en un verdadero “negocio adicional” este concepto. También se habló de que la maquinaria, el equipo y las instalaciones son herramientas imprescindibles para realizar el trabajo del taller de servicio; sin embargo, el grado de importancia de este rubro había decaído considerablemente en los últimos meses. Las normas de calidad que tradicionalmente se han exigido a los proveedores también se está pasando por alto, prefiriendo en algunos casos el material o refacciones más económicos.
Conflictos	Se encontraron los siguientes:
Conflictos entre individuos	Las “propinas” que por tradición, y en contra del reglamento, han estado recibiendo el personal de taller bajo la “administración” del jefe de taller, implican grandes desacuerdos entre las personas al momento de repartirlas. Algo similar sucede con la asignación de trabajo al personal, al parecer el trabajo más lucrativo se asigna a determinados grupos y el que no lo era tanto a otros. Se dijo que por parte del almacén se atendían con mayor rapidez las órdenes de material para ciertas personas, dejando para después las órdenes de otras.

Si el comportamiento operativo del centro de servicio no sufre cambios importantes, puede obtenerse un escenario de referencia que muestre la posible crisis que enfrentaría en un futuro, si no aprende de sus experiencias y se adapta a los cambios. En la *figura 72* se muestra el escenario de referencia al que llegaron los *stakeholders*.

Figura 71. Proyecciones de referencia

PROYECCIONES DE REFERENCIA	
Medidas de desempeño	Se obtuvieron medidas de desempeño de productividad del centro de servicio, y fueron comparadas con las estimadas de las franquicias. La productividad del centro de servicio resultó ser casi del 60% de la correspondiente a un taller franquiciado. Este <i>benchmarking</i> mostró también una tendencia hacia la baja en cuanto a unidades recibidas y atendidas mensualmente.
Supuestos	Los <i>stakeholders</i> establecieron el supuesto más importante de la manera siguiente: en la medida que las operaciones del taller de servicio sean optimizadas, el índice mensual de unidades entregadas crecerá y consecuentemente también lo hará el número de unidades recibidas y atendidas al mes. Esta optimización del tiempo llevará de la mano una reducción en los costos, por lo que será posible vender el servicio a un mejor precio. De esta manera podremos empezar a recuperar el mercado perdido y competir con los talleres franquiciados de manera más equitativa.

Posteriormente, se establecieron las proyecciones de referencia, cuyo fin es detectar los objetivos y las necesidades que no podrán cumplirse, a menos que se realicen cambios en las operaciones de la empresa. La *figura 71* muestra dichas proyecciones de referencia.

Figura 70. Análisis de obstáculos

Conflictos entre individuos y la empresa	No fue comentado algún caso o indicio de este tipo de conflictos.
Conflictos dentro de las unidades	No fue comentado algún caso o indicio de este tipo de conflictos.
Conflictos entre unidades al mismo nivel	Existe entre el área de producción y el área de almacén. La primera culpa a la segunda de "retrasar" su trabajo al tardar demasiado la entrega de refacciones. La segunda culpa a la primera de ser demasiado prepotente y exigente en su forma de pedir las cosas.
Conflictos entre unidades de diferentes niveles	No fue comentado algún caso o indicio de este tipo de conflictos.
Conflictos dentro de la empresa total	La pérdida paulatina de clientes ha provocado conflictos dentro de la empresa, al tratar de encontrar al causante, responsable o culpable de ello.
Obstáculos externos	Después de un consenso entre los participantes, no pudo ubicarse algún problema potencial externo que pudiera afectar las operaciones del centro de servicio. Todos acordaron que dicho impacto tiene mayor efecto en el área administrativa.

ESCENARIO DE REFERENCIA

Si dentro de los próximos tres años no somos capaces de optimizar nuestras operaciones, elevando la productividad del taller, incrementando el número de unidades recibidas y reduciendo el precio de venta del servicio, seguramente las franquicias nos desplazarán casi por completo del mercado al continuar absorbiéndolo. Por otro lado, si logramos dicha optimización, podemos pensar en competir equitativamente, duplicando aproximadamente nuestra participación actual en el mercado hasta llegar a niveles tentativos como: franquicias 45%, centro automotriz 40%; competencia leal 10%; competencia desleal 5%.

Figura 72. Escenario de referencia

6.2.3. Situación problemática expresada concretamente.

El equipo de trabajo empezó por elaborar informes ejecutivos que describieran las situaciones relacionadas con la problemática en el presente y en el pasado. En este contexto, el equipo de trabajo estuvo de acuerdo en el diagrama mostrado en la figura 73, donde se aprecia un "cambio" que ocurrió en 1998 cuando los clientes empezaron a externar sus inquietudes respecto al precio y tiempo del servicio. Este cambio es el punto de inflexión entre una situación pasada de *debiera ser* y otra que es lo que *realmente es*. La conclusión del análisis de este diagrama es la siguiente:

"Desde 1988 y hasta 1998, habíamos registrado un crecimiento prácticamente constante en cuanto a la cantidad de clientes y número de servicios mensuales realizados. Inclusive tuvimos que crecer en cuanto al área de trabajo y adecuar nuestras líneas de producción, eliminando servicios que demandaban demasiado espacio y tiempo. En 1998, con el auge de los talleres franquiciados, paulatinamente empezamos a perder mercado. Nuestros clientes nos daban a entender que si bien el servicio prestado era de calidad, el precio y el tiempo resultaban más elevados que los ofrecidos en un taller franquiciado. Desde entonces y hasta ahora hemos tratado por todos los medios a nuestro alcance de revertir esta situación, pero no lo hemos logrado. Por tal motivo, reconocemos nuestra debilidad y hemos recurrido a la asistencia profesional externa para poder resolver la parte del problema correspondiente al elevado tiempo de entrega de unidades, lo cual está dentro de nuestra área de interés que son las operaciones"

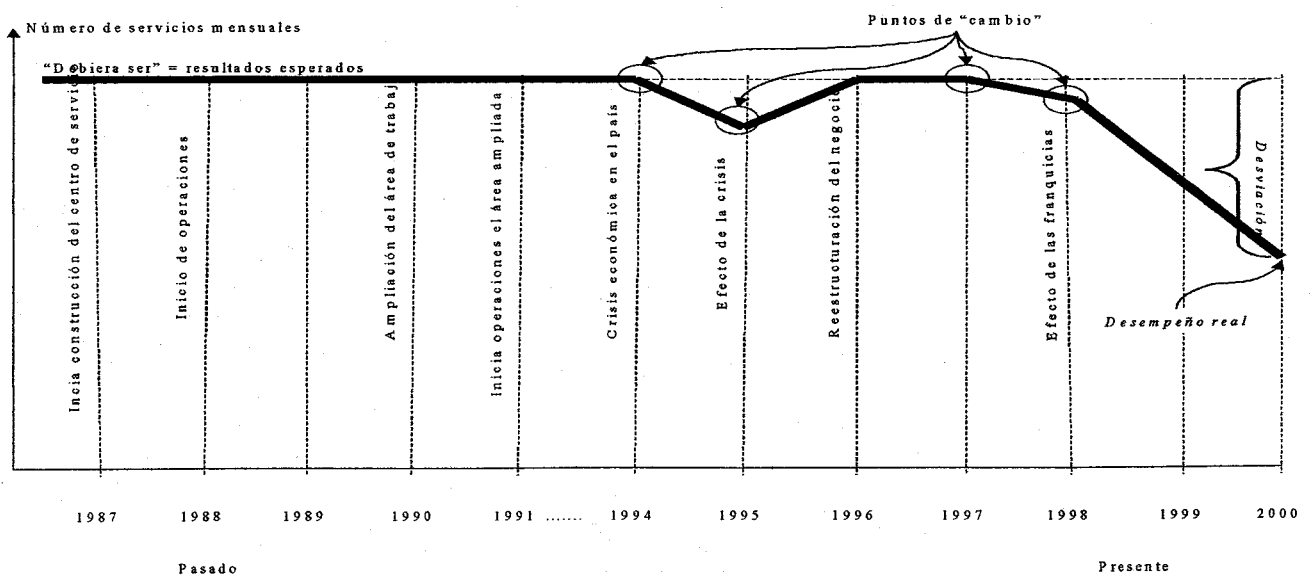


Figura 73. Estructura del problema apreciado en el tiempo.

Todos aquellos puntos donde las operaciones (servicios mensuales o número de unidades atendidas por mes) satisficieron el *deber ser* y después ya no fue así, indican que ocurrió un *cambio*. En el diagrama anterior, los *stakeholders* ubicaron dichos cambios en el tiempo, observando que de todos ellos el centro de servicio pudo recuperarse, excepto del último, que de hecho se había prolongado por demasiado tiempo. A cada cambio que fue determinado pudo encontrarse una causa general, respecto al último, "el efecto del *auge de las franquicias*"; el *facilitador* insistió a los *stakeholders* que comprendieran que este no podía considerarse como el problema por resolver, porque nada podían hacer por evitarlo.

El *facilitador* los invitó entonces a reflexionar acerca de la posible causa del problema que enfrenta el centro de servicio automotriz. De común acuerdo, los *stakeholders* decidieron reconocer y delimitar el problema alrededor de la afirmación siguiente:

"LAS OPERACIONES DENTRO DEL CENTRO DE SERVICIO NO SON ÓPTIMAS"

Esta afirmación llevó consigo a reconocer que a pesar de los esfuerzos realizados por cada uno de ellos, no habían podido encontrar el camino o metodología para competir contra las franquicias. Sabían que el tiempo de respuesta era mucho más rápido en las franquicias, pero no podían explicarse y tener clara la razón por la cual ellos no habían logrado alcanzar ese nivel de respuesta en la entrega de unidades a los clientes. Decidieron participar en la solución del problema porque les parecía un problema común y querían conocer la solución, si es que la había, y poder saber dónde habían fallado.

6.3. MODELOS CONCEPTUALES

El *facilitador* sugirió al grupo de trabajo realizar diagramas sencillos (modelos conceptuales) para representar de manera explícita el problema operativo del centro de servicio. Estos esquemas enriquecidos con las notas e ideas ayudaron a estructurar, delimitar y encontrar los factores importantes dentro del problema.

El primer diagrama realizado fue el conocido como enfoque de la "caja negra". Dicho diagrama se muestra en la *figura 74*, pero dirigido exclusivamente al aspecto operativo.

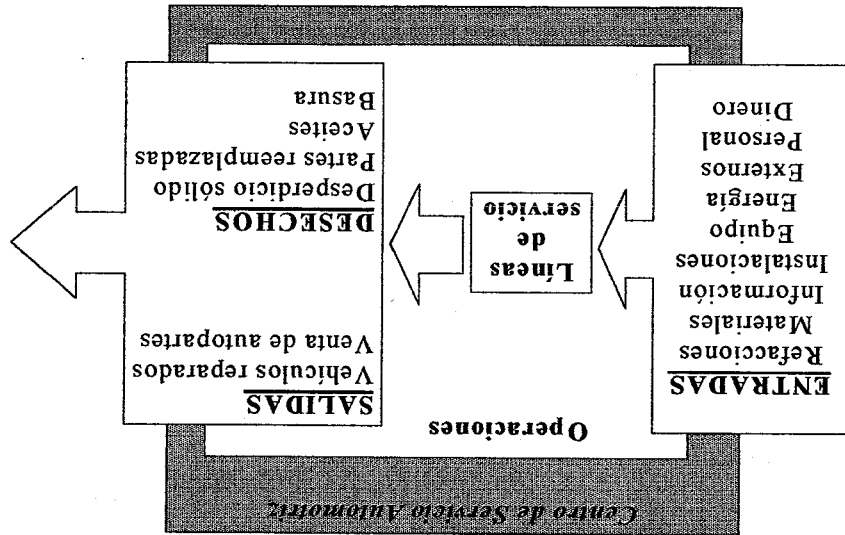


Figura 74. Caja negra de operaciones

De esta manera pudo formarse un cuadro que mostrara la desagregación de los conceptos de "entradas" en unidades más manejables y detalladas, como se muestra en la figura 75. Obviamente la tabla estará inconclusa hasta que se incluya la columna del precio de compra al proveedor. Ese trabajo corresponderá a quien coordine las compras, puesto que parte importante de sus funciones es localizar al mejor proveedor en base a las condiciones que ofrezca. Puesto que el objetivo del presente trabajo está enfocado a las operaciones, únicamente serán consideradas las cantidades en especie que puedan ser optimizadas para reducir los costos mensuales.

Tipo	Clasificación	División	Clase	Detalle	Cantidad/Mes	
Insumos	Materiales	Solventes	Thinner	Estándar	250 litros	
			Otros	Desicrustante	80 litros	
			Gasolina	Magna	50 litros	
				Premium	30 litros	
		Limpieza	Jarciería	Jerga	20 metros	
				Trapeador	2 piezas	
				Franela	10 metros	
				Cubeta	2 piezas	
				Escoba	3 piezas	
				Cepillo	2 piezas	
			Estopa	Primera	50 kilos	
				Segunda	20 kilos	
				Aceite	Monogrado 40	100 litros
					Multigrado 20W40	600 litros
		Multigrado 15W50	500 litros			
		Sintético	1,200 litros			
		ATF 220	100 litros			
		HD90	100 litros			
		HD140	50 litros			
		Aditivo	Bandas		15 tubos	
			Radiador		120 latas	
			Aceite		120 latas	
		Grasas	Copas	15 latas		
			Grafitada	30 latas		
			Homocinética	15 latas		
		Ferretería	Tornillería	Tornillo estándar	50 c/u	
				Tornillo milimétrico	50 c/u	
				Pijas	50 c/u	
				Tuerca estándar	50 c/u	
				Tuerca milimétrica	50 c/u	
				Rondanas	100 c/u	
			Seguros	Chavetas	100 c/u	
Balata	100 c/u					
Omega	100 c/u					
Plomos	Tipo "e"		100 c/u			
	Deportivos		50 c/u			
	Estándar		50 c/u			
Hojalatería	Soldadura		Adhesivos	50 c/u		
		6013	20 kilos			
		7018	5 kilos			
		Latón	20 kilos			
		Fundente	10 botes			
		Estaño	10 kilos			

	Externos		
	Energía		
	Relaciones		
		Eléctrico	Acumulador Universal 5 piezas
			Protector 20 botella
			Electrofito 50 botella
			Foco Todos 100 c/u
			Fusible Todos 50 c/u
			Chicote Todos 5 c/u
		Transmisión	Junta Caja 3 c/u
			Embrague Conjunto 5 c/u
			Cubrepolvo Caja 20 c/u
		Dirección	Caja 40 c/u
			Homocinética Rueda 40 c/u
		Suspensión	Amortiguador Delantero 100 juegos
			Trasero 100 juegos
		Lavado y Engrasado	Lustrador Líquido 100 litros
			Desengrasa Chasis 600 litros
			Motor 300 litros
			Todas 20 c/u
		Frenos	Líquido Hidráulico 20 litros
			Tornillería 10 c/u
			Balata Todas 15 c/u
			Pastilla Todas 15 c/u
			Junta Aceleración 10 c/u
			Valvula IAC 5 c/u
			PCV 200 c/u
		Afinación	Limpiador Contacto 100 bote
			Inyectores 400 bote
			Filtro Gas Todos 100 c/u
			Filtro Aire Todos 100 c/u
			Bujía Todas 400 c/u
			Laminas 5 c/u
			Brocha 3 c/u
		Consumibles	Pasta pulir 10 lata
			Cera 10 botella
			Masking Tape 20 pieza
			Universal 20 litros
			Grís 20 litros
			Rojo 20 litros
			Bianco 20 litros
			Grís 20 litros
			Rojo 20 litros
			Endurecedor 5 botella
		Aditivos	Transparente bicapa 10 litros
			Thinner acrílico 30 litros
			Esmeril 15 piezas
		Lijas	Agua 20 c/u
			Perfilador 4 gslon
		Pasta	Rellenadora 5 galon
			Acetileno 3 botellas
			Oxígeno 3 botellas
			Hierro colado
		Rectificados	Disco
		Tambor	
		Plato	
		Natural	
	Gas	Cia de Luz	
	Energía		

		Aluminio	-----	-----
	Tornos	Barrenos	-----	-----
		Piezas	-----	-----
	Verificación	Intensivo	-----	-----
		Particular	-----	-----
	Laboratorios	Diesel	-----	-----
		Fuel Injection	-----	-----
	Tapicerías	Vestidura	-----	-----
		Alfombra	-----	-----
		Toldo	-----	-----
	Llanteras	Llanta	-----	-----
		Rin	-----	-----
		Birlo	-----	-----

Figura 75. Desagregación de las entradas del modelo de la caja negra.

Debe resaltarse que esta relación no es extensiva. Únicamente contiene los parámetros más utilizados en este caso en particular. Evidentemente y dependiendo del giro de cada centro automotriz, la lista podrá incrementarse o reducirse. Normalmente, las listas de estos insumos rebasan los 3,000 conceptos.

En el caso de los centros de servicio automotriz prácticamente nunca se enfrenta el problema de la falta de disponibilidad de refacciones, materiales, energía y servicios. En particular, en la Ciudad de México existe una gran cantidad de proveedores que garantizan el suministro de dichos insumos. Asimismo, los precios no se comportan con altos grados de variación, por lo que no podrá pensarse en que este factor llegara a representar algún problema. De cualquier manera, el centro de servicio cuenta con una lista de proveedores permanentes y algunos emergentes por si llegaran a fallar los primeros. Las cifras mostradas son las cantidades que se han manejado tradicionalmente como existencias regulares en el almacén. Cuando este estudio se realizó, no se encontraron antecedentes formales de estudios de inventarios que acercaran las existencias del almacén al óptimo.

En cuanto a la maquinaria, no presenta problemas de obsolescencia, debido a que son mecanismos muy sencillos. Las compresoras, rampas, prensas, etc. son máquinas diseñadas para trabajo pesado que tienen una larga duración. Esta situación no se presenta en el caso del equipo. Debido al desarrollo tecnológico que la industria automotriz experimenta año con año, los equipos de diagnóstico de motores y de alineación y balanceo de ruedas, entre otros, deben actualizarse frecuentemente. Asimismo, hay marcas de automóviles que requieren de herramientas especiales para ciertos elementos de sus líneas de autos en particular. En México existe una gran variedad de proveedores de equipo para talleres automotrices que cuentan con la tecnología de punta requerida para actualizar o cambiar, si es el caso, los equipos y también para proveer las herramientas especiales que se requieran.

Por lo que toca al personal, los *stakeholders* prepararon la tabla siguiente, mostrada en la *figura 76*, que muestra esta situación esperada para el siguiente año, en función de la experiencia en cuanto al comportamiento del personal en años anteriores.

ESPECIFICACIONES DE PROPIEDADES DESEADAS	Insumos
Se requieran refacciones y materiales de calidad, adquiridos con oportunidad y bajo condiciones justas de crédito. Serán adquiridos externamente, puesto que no es posible, ni nuestro objetivo, fabricarlos internamente. Los insumos así adquiridos serán utilizados para proporcionar servicios y reparaciones a los vehículos de los clientes, así como para soportar las ventas al público en general que tiene nuestra refaccionaria. Deberán comprarse en refaccionarias y proveedores establecidos, bajo órdenes de pedido que provengan de un contable sistema computarizado de control de inventarios.	

Las especificaciones de propiedades deseadas son las que los *stakeholders* consideraron que el centro de servicio debería tener idealmente. En la *figura 77* se muestran estas especificaciones de manera sencilla y apegadas a la guía siguiente:

En cuanto a la información, se requieren actualizaciones respecto a las innovaciones técnicas incorporadas a los nuevos modelos de automóviles, las nuevas herramientas y equipos disponibles para el diagnóstico y reparación, así como los catálogos de refacciones y partes de cada modelo de vehículo. Toda esta información debe acompañarse de la lista de precios correspondiente, su vigencia y las condiciones de pago. Deben mantenerse actualizados los expedientes de las disposiciones oficiales en cuanto a reglamentos, verificaciones y trámites vigentes para el año en curso. Otro aspecto importante son los programas de cursos de actualización técnica que ofrecen distintas organizaciones para la capacitación del personal operativo. Es una realidad que los paquetes de sistemas que incluyen herramientas de investigación de operaciones y planeación para la solución de problemas evolucionan y se actualizan rápidamente, por tal motivo es importante contar con esta información también.

Esta tabla permite estimar los movimientos de entrada y salida del personal que actualmente ocupa cada categoría para el año cubierto por el plan. Los cambios se aprecian en la última columna de la derecha y se interpretan como la necesidad de contratar cuatro oficiales y quince ayudantes durante el año, pero ningún maestro mecánico puesto que la vacante disponible al renunciar uno de ellos fue cubierta por la promoción de un oficial.

Figura 76. Planeación de los requerimientos de personal

Número de empleados contratados por (+) o despedido (-) (g)=f-e	Número de empleados a fin de año (f)	Número de empleados disponibles a fin de año (e)=a-b-c+d	Número de empleados incorporados desde (d)	Número de empleados transferidos hacia				Número de empleados que salieron durante el año	Año: 2000	Número de empleados disponibles al principio del año (a)	Clase de empleo
				Maestro	Oficial	Ayudante	(c) TOTAL				
0	3	3	1	0	0	0	0	1	0	1	Maestro
4	7	3	2	1	0	0	1	5	4	0	Oficial
15	10	-5	0	2	2	0	2	13	11	0	Ayudante
19	20	1		3	0	0	3	19	16	0	TOTAL

Proceso de servicio	Los dueños del centro de servicio automotriz son los integrantes del consejo de administración. La función de los dueños debe encaminarse hacia el logro de alianzas estratégicas y a conseguir la asignación de un número creciente de contratos de servicios para los diferentes sectores productivos. Existen funciones internas que no pueden proveerse por el centro de servicio en sí y que requerirán cubrirse por medio de fuentes externas: la elaboración del presente estudio es una de ellas, pero también quedan comprendidas las de sistemas computacionales, tecnología, comunicaciones, etc. La estructuración del área operativa se definirá utilizando otras herramientas de planeación como el enfoque estructural. El proceso debe incluir un modelo de incentivos al personal de taller acorde a su productividad y apegado al reglamento. Éste deberá aplicarse en cualquier caso que se presente alguna falta o anomalía. Interesa que el personal operativo esté bien pagado, pero también que produzca utilidades crecientes para la empresa. El sistema de contratación podrá seguir siendo el mismo. El proceso debe adecuarse al tipo de servicios que el cliente solicite, para lo cual se requiere que nuestras líneas sean altamente flexibles y adaptables a las necesidades de trabajo cada día, e inclusive de cada hora.
Servicios	Mientras las instalaciones no estén saturadas, se continuarán ofreciendo los servicios que hasta ahora siempre han estado disponibles. Si la optimización resulta bien, es posible acercarse nuevamente a la saturación y entonces podrán eliminarse servicios que dejen menores utilidades y/o con un alto tiempo de desempeño. Por ningún motivo será permisible que las unidades en espera de refacciones o servicios externos invadan las áreas destinadas al servicio o reparaciones con flujo continuo y estable.
Mercados y clientes	Se buscan clientes que tengan la necesidad de controlar mediante calendarios y programas de mantenimiento preventivo y correctivo el servicio de sus flotillas de vehículos. Se realizarán campañas promocionales entre los clientes particulares, actuales y potenciales, que tradicionalmente han visto al centro de servicio como una empresa especializada en flotillas de transporte para aumentar la captación de este mercado.
Ambiente	En todo momento debe estar firme el propósito de escuchar a todos los implicados en el centro de servicio, sin importar al nivel en que se encuentren. Se considera importante cualquier punto de vista que pueda contribuir a mejorar las operaciones, la productividad, el desempeño, etc.

Figura 77. Especificaciones de propiedades deseadas

A continuación, el grupo de trabajo se dedicó a construir otros dos modelos bajo los enfoques de la funcionalidad y de la estructura. El primero, mostrado en la *figura 78*, tiene como objeto que los participantes estén de acuerdo en cuanto a los procesos operativos que deben seguirse dentro del centro de servicio. El segundo, mostrado en la *figura 79*, tiene por objeto conocer la parte operativa del centro de servicio, desde el punto de vista de las interrelaciones entre sus componentes.

Figura 79. Enfoque estructural aplicado al centro de servicio automotriz

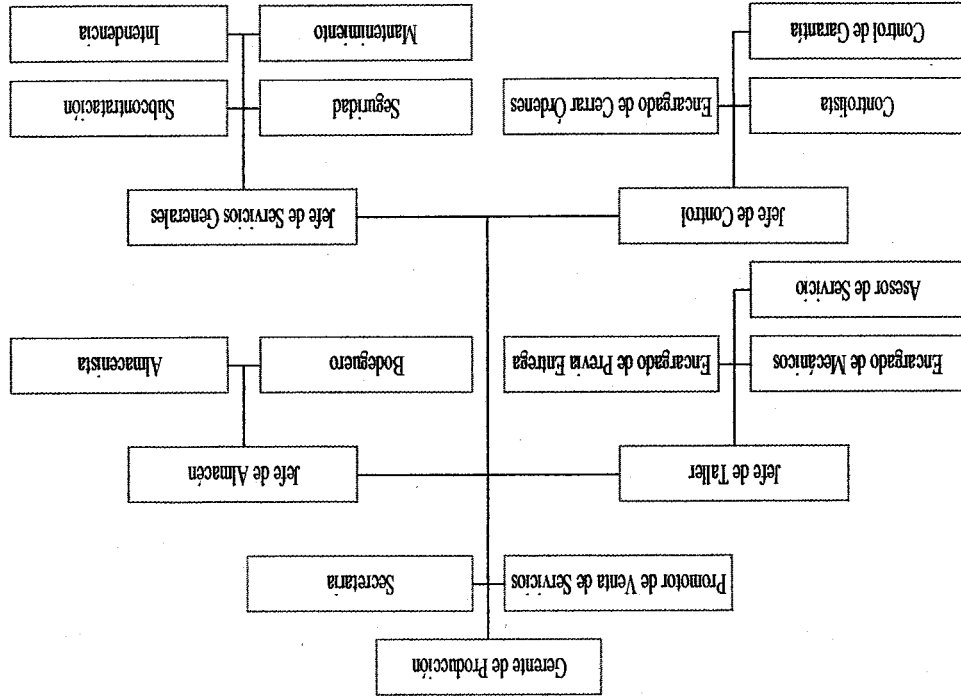
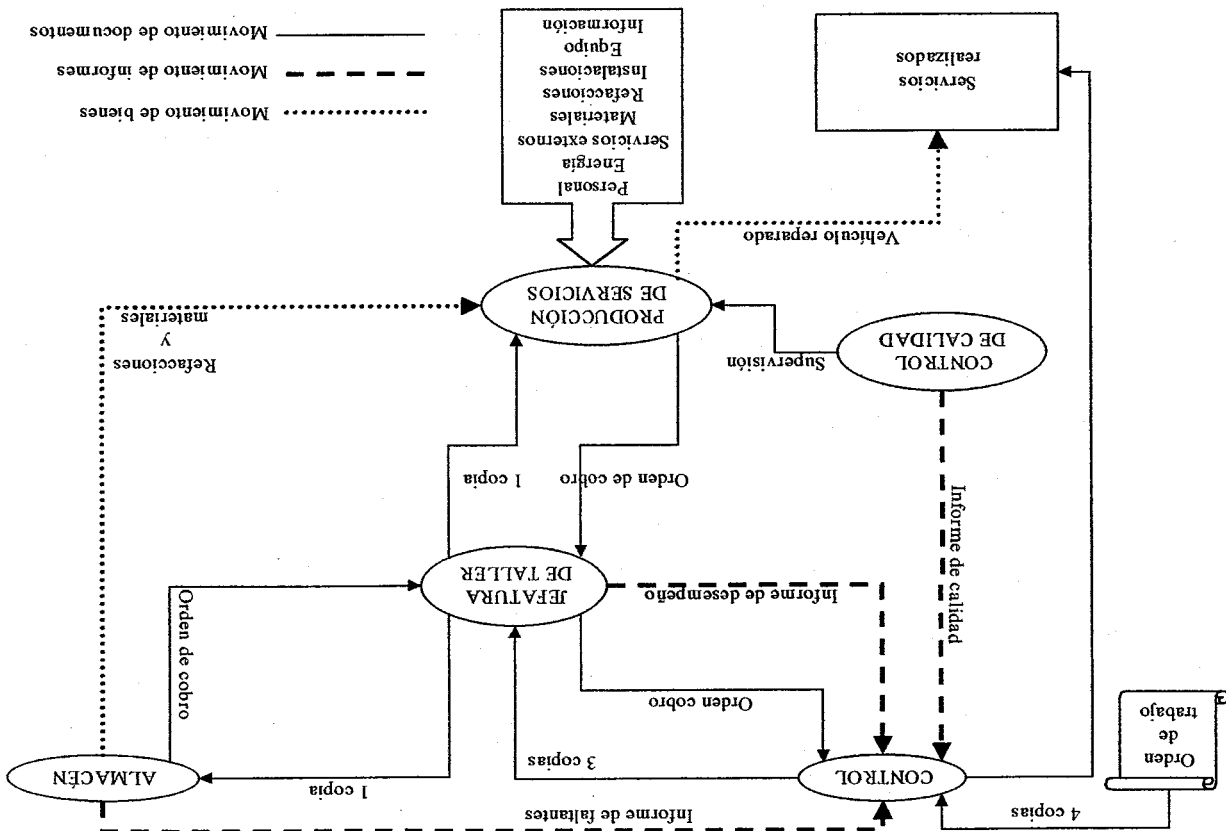


Figura 78. Enfoque funcional aplicado al centro de servicio automotriz



..... Movimiento de bienes
 - - - - - Movimiento de informes
 _____ Movimiento de documentos

En seguida, el *facilitador* indicó a los integrantes que daría inicio la aplicación de la técnica TKJ siguiendo los pasos y cumpliendo los requisitos descritos a detalle en el Capítulo V. Se repartieron cuatro tarjetas en blanco a cada participante y se les pidió a cada uno que escribiera los hechos que consideraran más relevantes acerca del problema. De esta tarea resultaron los 20 hechos mostrados en el cuadro de la *figura 80*:

a. El inventario se lleva "a mano"	b. Los trabajos se retrasan
c. Los trabajos se deben repetir frecuentemente	d. El taller se satura
e. La producción ha sido cada vez menor	f. Existe falta de interés en el personal
g. Fallan las existencias de refacciones y materiales	h. No hay datos estadísticos de los tiempos de servicio y reparación
i. Las reparaciones se llevan demasiado tiempo	j. Hay trabajos detenidos
k. No tenemos tiempo para revisar nuestro trabajo	l. Perdemos mucho tiempo en el taller
m. La maquinaria nos falla cuando menos lo esperamos	n. Las órdenes de compra se hacen al "sentimiento"
o. El personal no tiene motivación	p. Los accidentes dentro del taller han aumentado tanto en vehículos como en personal
q. No tenemos buena calidad de servicio	r. En el almacén hay lo que no necesitamos y no hay lo que necesitamos
s. En general, no controlamos el taller	t. Las ventas por servicio y reparación han disminuido

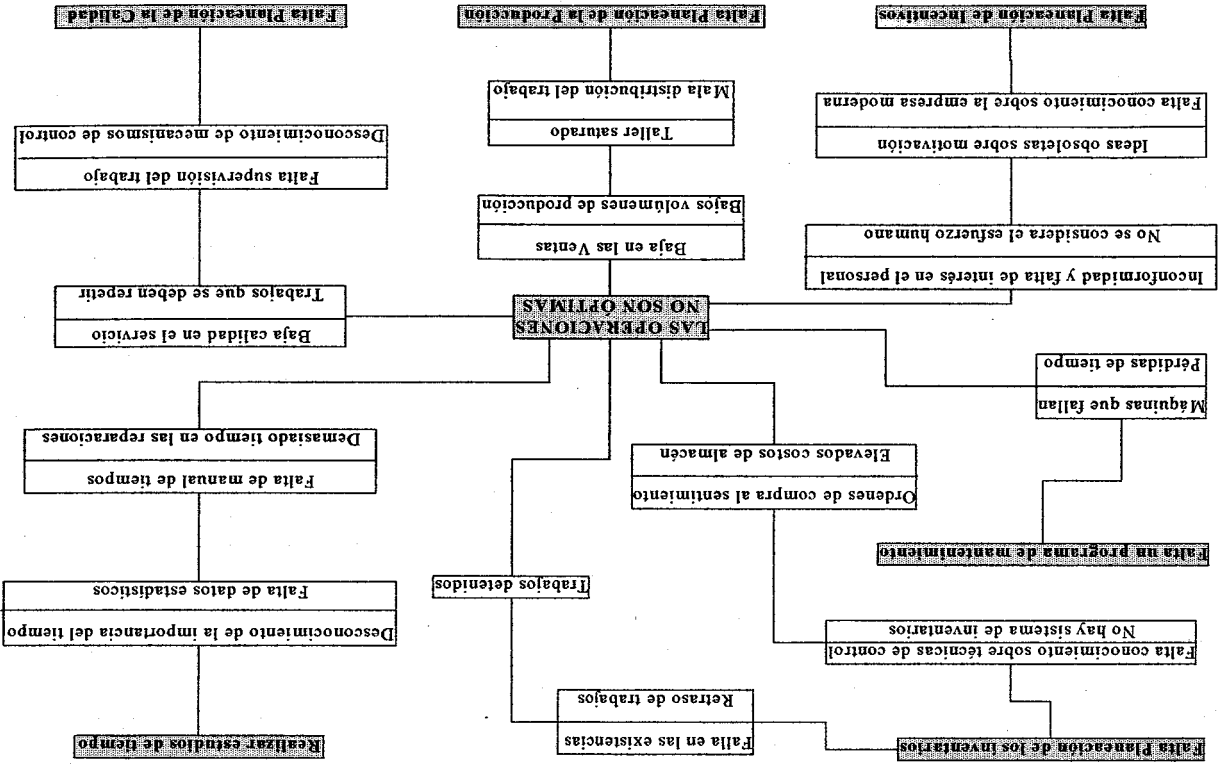
Figura 80. Hechos más relevantes acerca del problema operativo

El *facilitador* se aseguró que todos los hechos contenidos en las tarjetas fueran comprendidos por cada uno de los participantes, para lo cual solicitó al grupo que en caso de presentarse alguna duda, fuera aclarada de inmediato con el autor de la tarjeta correspondiente.

Procedió entonces a agrupar las tarjetas que tuvieran un contenido similar, para lo cual motivó al grupo a que se auxiliaran con la aplicación de otra técnica de planeación conocida como el diagrama causa-efecto. Dicho diagrama sirve para encontrar lo que corresponde a los agrupamientos de hechos en la técnica TKJ. El diagrama que resultó se muestra en la *figura 81* y a partir de él se pudo obtener la agrupación que resume las tarjetas en cuatro grupos; cada uno de los cuales recibió el nombre siguiente:

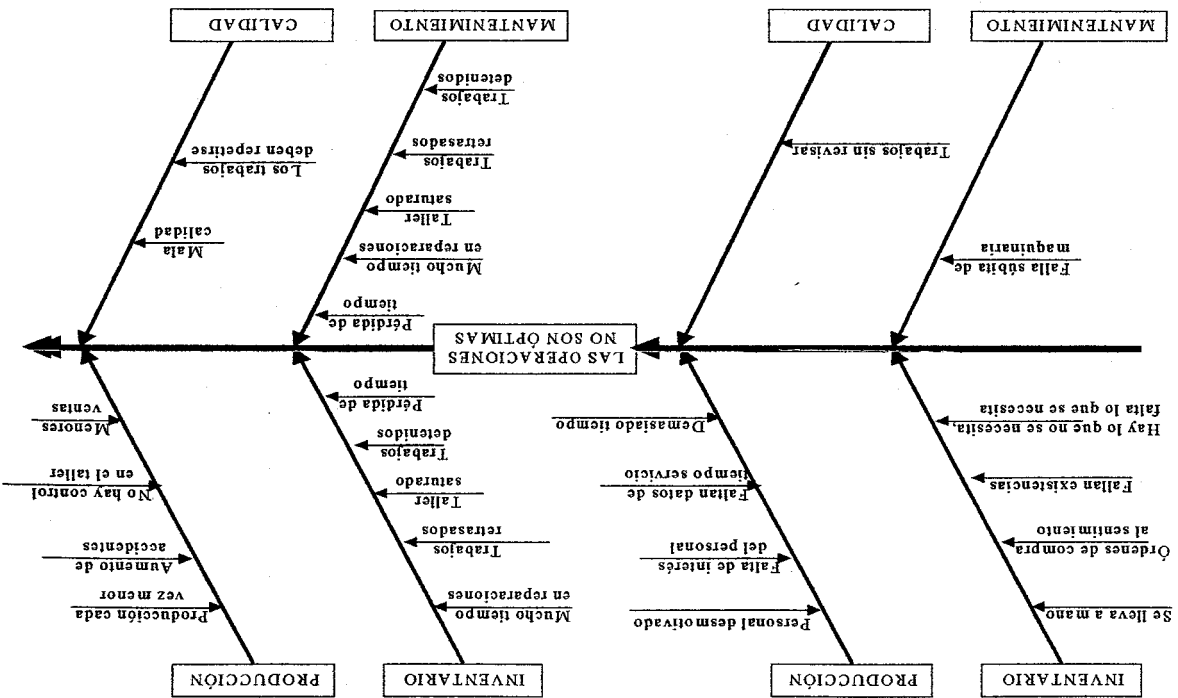
- **Falta planear los inventarios** Hechos: *a,b,d,g,i,j,l,n,r*
- **Falta planear la producción** Hechos: *e,f,h,o,p,s,t*
- **Falta programa de mantenimiento** Hechos: *b,d,i,j,l,m*
- **Falta un programa de calidad** Hechos: *c,k,q*

Figura 82. Diagrama de relaciones



Con el fin de poder apreciar con mejor detalle el diagrama causa-efecto realizado, el facilitador propuso a los participantes que se realizara el diagrama de relaciones, puesto que es el indicado cuando se trata de determinar lo que corresponde a la síntesis o causas raíz de problemas operativos. Así, obtuvieron el diagrama mostrado en la figura 82 siguiente.

Figura 81. Diagrama causa-efecto



Continuando con la aplicación de la técnica TKJ, se obtuvieron dos agrupamientos de hechos en sus respectivos sobres titulados. Los agrupamientos constituyen el resultado final y sus síntesis representan la *causa raíz* del problema operativo del centro de servicio automotriz. Estas causas raíz se definieron como:

- *Nuestro sistema de almacén es inoperante*
- *Nuestro sistema de producción es obsoleto*

Vale la pena aclarar que los participantes decidieron que el término *sistema de producción obsoleto* incluía a los inventarios, la producción y la calidad; de esta manera, procedieron a expresar los resultados en forma de diagrama de árbol de problemas. Cada participante analizó el problema de manera individual y explicó al resto del grupo su interpretación. El diagrama correspondiente se muestra en la *Figura 83* y sirvió para que el grupo de trabajo lo discutiera y asignaran un título general al problema operativo para identificarlo.

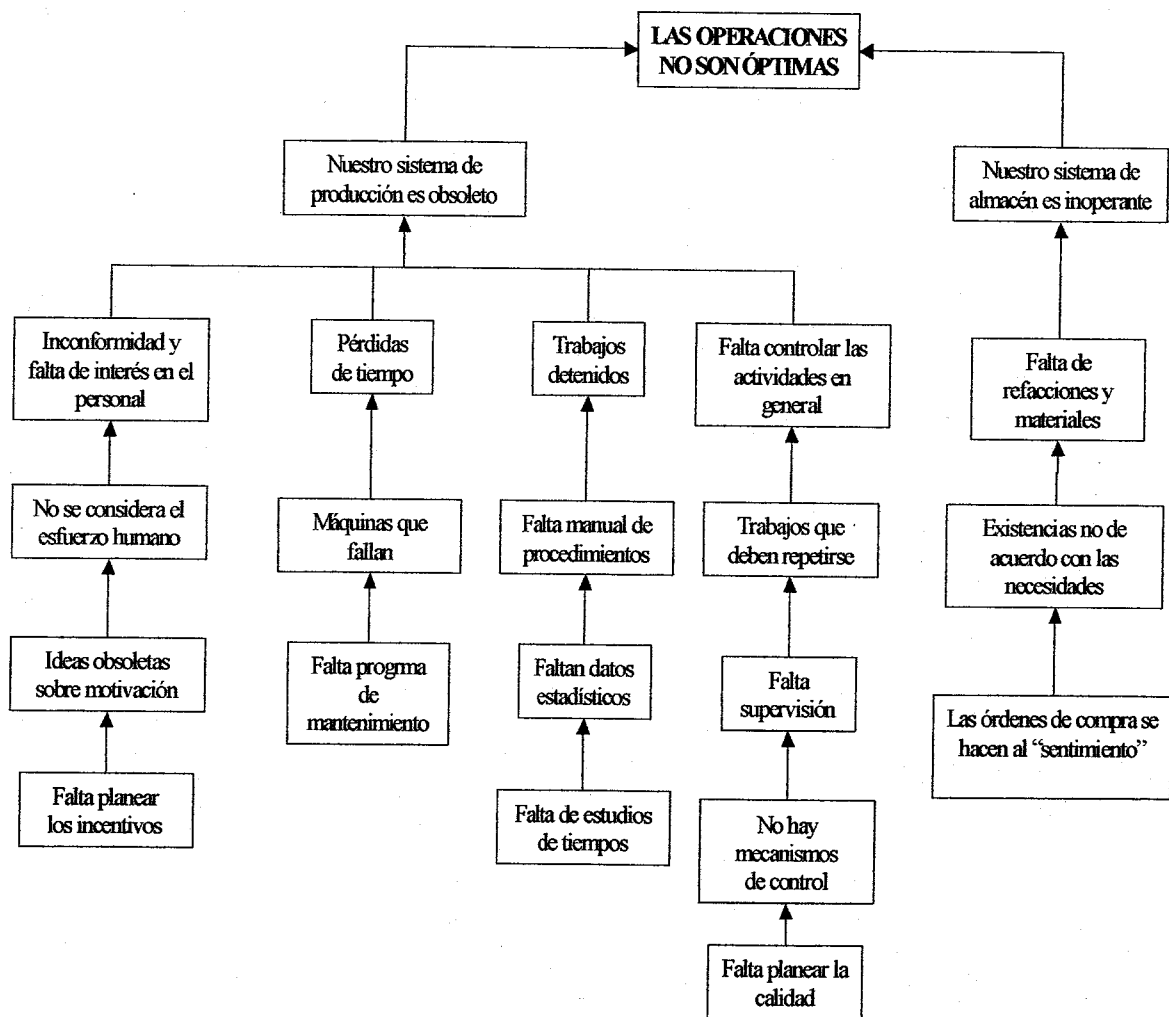


Figura 83. Diagrama de árbol de problemas operativos

Los participantes encontraron varios aspectos relacionados con los inventarios y con las operaciones que nunca se imaginaron que pudieran representar una causa de origen en la problemática del centro de servicio. El grupo en su totalidad reconoció y aceptó las causas encontradas y se enfocaron a ellas para encontrar la solución del problema.

6.4. MODELOS FORMALES

6.4.1. Identificación y diseño de la solución

Los participantes lograron, hasta ahora, definir claramente el problema por resolver, sus causas y sus efectos. A continuación, basándose en el diagrama de árbol de la problemática, procedieron a identificar soluciones para el problema formulado. El *facilitador* les repartió nuevamente tarjetas en blanco y los participantes, basándose en el diagrama de árbol de problemas, identificaron y escribieron en las nuevas tarjetas acciones de solución al problema formulado.

Después de intercambiar y agrupar las tarjetas, siguiendo los pasos de la técnica TKJ descritos en el Capítulo I, obtuvieron una síntesis con la que se formuló el árbol de soluciones, similar en estructura al árbol de la problemática, con la diferencia de que el vértice del segundo era la solución del vértice del primero. Dicho árbol de soluciones se muestra en la *figura 84*.

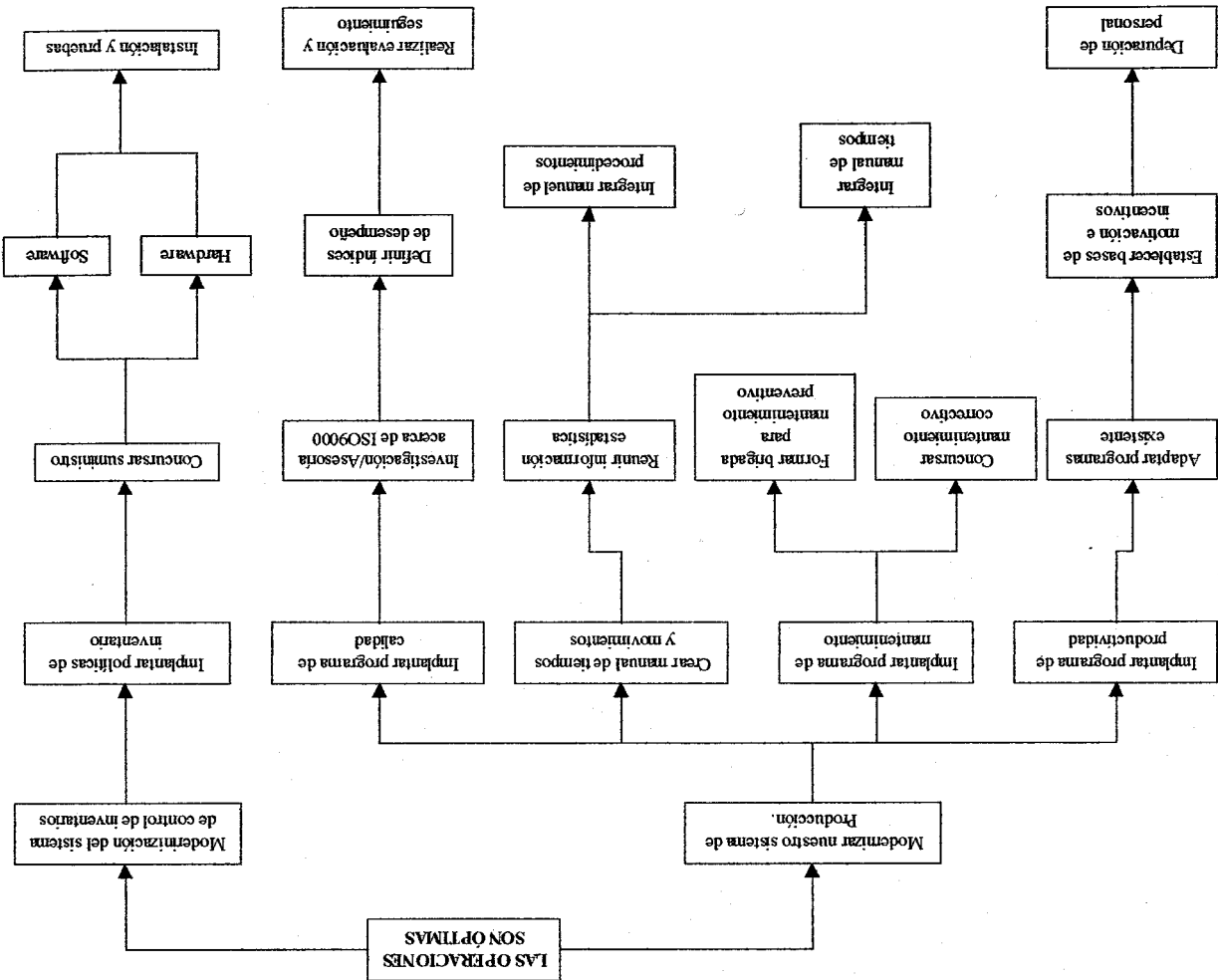


Figura 84. Diagrama de árbol de soluciones operativas

6.4.2. Validación de la situación problemática con el modelo formal

El árbol de soluciones no es el objetivo único. Deberá compararse con la problema formulada en el apartado 6.2. de este Capítulo. Como resultado de dicha comparación, los participantes notaron que las acciones de solución del diagrama de árbol repercutían directamente en ahorros de tiempo y en consecuencia en la reducción de costos. Esto llevaría a la posibilidad de reducir los precios de venta de servicios si a su vez los costos podían reducirse. Ambas inquietudes (tiempo y precio) fueron los puntos más importantes destacados por los *stakeholders* cuando definieron el problema por resolver. De esta manera, los participantes se convencieron que habían encontrado las causas de origen de los problemas y que deberían avocarse a implantar acciones de solución para, a su vez, llegar a la solución del problema operativo.

Varias de estas causas de origen no habían sido detectadas por los *stakeholders* en años pasados; por otro lado, aunque algunas de ellas sí habían sido detectadas, los participantes no contaban con los conocimientos para poder encontrar una solución. Habían recurrido a su experiencia y a supuestos, pero nunca a un procedimiento formal de solución.

6.4.3. Modelos Matemáticos

Las acciones mostradas en el árbol de soluciones fueron trabajadas nuevamente con el objeto de obtener una *síntesis de la solución*, la cual se muestra a continuación:

1. ***Concurraremos las actividades siguientes, pensando en contratar todos los requerimientos con un solo proveedor (de ser posible).***
 - *Suministro e instalación de equipo de cómputo e impresión, así como sus respectivos consumibles.*
 - *Suministro de programas de bases de datos, manejo de inventarios y control de almacenes.*
 - *Suministro de mantenimiento correctivo para la maquinaria y herramienta.*
2. ***Implantaremos programas operativos internos de:***
 - *Productividad, calidad, tiempos, movimientos, mantenimiento preventivo y procedimientos.*

Dentro de esta síntesis de solución, destacan dos acciones sobresalientes por realizar: los *concursos* y los *programas operativos*, los cuales se describen a continuación:

Concursos

Actividades de orden administrativo que persiguen la concertación con uno o varios proveedores de bienes y servicios, con el objeto de contratar el suministro e instalación de un moderno sistema de cómputo, equipos de impresión y sus respectivos consumibles, además del suministro de programas de bases de datos, manejo de inventarios y control de almacenes. Estos concursos se realizan mediante la presentación de propuestas por parte de varios proveedores, que después puedan ser evaluadas por los ejecutivos del centro de servicio sobre la base de la calidad, tiempo de entrega, formalidad del proveedor, garantía y precio.

Por otro lado, con relación al mantenimiento preventivo y correctivo para las instalaciones, maquinaria y equipo, será concursado con proveedores expertos en la materia con el objeto de que los mantengan en operación y garanticen el mayor tiempo posible de servicio y con el menor margen de falla.

Programas Operativos

Con respecto a los programas operativos internos que como parte de la solución se implantaron, el *facilitador* propuso como métodos formales (modelos matemáticos) los que, bajo su criterio, cumplieran con las exigencias de solución de los puntos 1 y 2 de la síntesis, así como la correspondiente información requerida. Cabe aclarar que algunos conceptos del punto 1 se refieren a actividades administrativas las cuales tendrían que trabajarse paralelamente al resto de los puntos de orden operativo; debido a los alcances del presente documento no serán mostradas.

- 1) **Manejo de inventarios y control de almacenes:** Fueron estudiados con dos modelos:
 - i) **Modelo de análisis ABC:** Se requiere conocer las ventas anuales (en pesos) de cada artículo que se maneje en el almacén y el número de artículos diferentes en el inventario.
 - ii) **Modelo de cantidad de orden económica (EOQ):** Indagar el costo anual de mantener una unidad en inventario, tasa (%) del costo de mantener el inventario en bodega al año, costo unitario de un artículo en el inventario, demanda anual del artículo, costo de establecer una orden, plazo de entrega de los proveedores y días laborables al año.
- 2) **Líneas de espera:** Se estudiaron con los modelos siguientes:
 - i) **Modelo de línea de espera con una sola estación de servicio, llegadas tipo Poisson y tiempo de espera exponencial:** Conocer la tasa media de llegadas, la tasa media de servicio y número de vehículos esperando servicio.
 - ii) **Modelo de líneas de espera con múltiples estaciones de servicio, llegadas tipo Poisson y tiempo de servicio exponencial:** Investigar el número de estaciones actualmente funcionando y los mismos parámetros del caso anterior.

- 3) **PERT/CPM:** Se estudiaron mediante el modelo siguiente:
 - i) **Ruta Crítica:** Conocer el grupo de actividades que deben terminarse antes de empezar cada una de las actividades específicas y el tiempo de duración de cada actividad hasta terminarse.

- 4) **Pronóstico:** Se aplicaron los modelos siguientes:
 - i) **Suavización Exponencial:** Determinar la constante de suavización, datos puntuales más antiguos, pronósticos previos y demanda mensual
 - ii) **Modelo de regresión lineal simple:** Contar con los registros de demanda de servicios en los 5 últimos años.

6.5. MODELOS DE SOLUCIÓN

6.5.1. Encuestamiento

En el punto anterior, fueron establecidos los modelos matemáticos que se emplearon para implantar las soluciones que fueron propuestas por los *stakeholders*. Asimismo, se establecieron los requerimientos de información y datos que tendrían que reunirse para poder desarrollar correctamente dichos modelos. Como ya se ha mencionado, el encuestamiento aplicado a los *stakeholders* encargados de las áreas operativas es una buena forma de conseguir esta información. Los resultados de la investigación de datos e información de los *stakeholders* se muestra a continuación.

6.5.2. Modelo de Análisis ABC:

Se requiere conocer las ventas anuales (en pesos) de cada artículo que se maneje en el almacén y el número de artículos diferentes en el inventario.

CONCEPTO	VENTA ANUAL	%	ARTÍCULOS	%
Afinación	643,560.00	22.06	892	18.78
Frenos	308,553.68	10.58	512	10.78
Lavado	181,341.26	6.22	102	2.16
Engrasado	81,355.26	2.79	171	3.59
Niveles	149,027.34	5.11	102	2.16
Eléctrico	73,673.20	2.53	512	10.78
Suspensión	157,551.61	5.40	239	5.03
Dirección	137,686.56	4.72	307	6.47
Transmisión	131,768.37	4.52	171	3.59
Hojalatería	223,738.28	7.67	444	9.34
Pintura	283,103.47	9.71	307	6.47
Alineación	67,911.41	2.33	102	2.16
Balanceo	71,570.47	2.45	239	5.03
Estética	150,551.25	5.16	239	5.03
Embrague	166,481.24	5.71	307	6.47
Protección chasis	89,023.01	3.05	102	2.16
TOTAL	2,916,896.41	100.00	4,751	100.00

Resultaría demasiado extenso presentar los resultados para cada uno de los conceptos mostrados en la tabla anterior. Por cuestiones de funcionalidad, serán representados únicamente los resultados correspondientes al concepto de afinación, en el entendido de que el resto de los conceptos se trataron tratarse de manera similar. La clasificación para el grupo de "afinación" es la siguiente:

Concepto	Ventas (Anual)	% de Ventas	Cantidad	% de Cantidad
Bujía 1	10,800	1.678	90	10.090
Bomba gas 5	10,800	1.678	2	0.224
Bomba gas 4	12,600	1.958	3	0.336
Bomba gas 3	2,880	0.448	2	0.224
Bomba gas 2	960	0.149	1	0.112
Bomba gas 1	1,440	0.224	2	0.224
Asiento aguja 2	60	0.009	1	0.112
Asiento aguja 1	120	0.019	2	0.224
Bujía 5	3,000	0.466	25	2.803
Bujía 4	7,200	1.119	60	6.726
Bujía 3	15,000	2.331	125	14.013
Bujía 2	6,000	0.932	50	5.605
Bujía 1	1,200	0.186	4	0.448
Junta carb 4	1,200	0.186	4	0.448
Kit Inyector 1	3,300	0.513	5	0.561
Kit Inyector 2	2,340	0.364	3	0.336
Kit Inyector 3	2,700	0.420	5	0.561
Kit Inyector 4	1,980	0.308	3	0.336
Kit Inyector 5	3,900	0.606	5	0.561
Kit Inyector 6	4,500	0.699	5	0.561
Kit Inyector 7	3,060	0.475	3	0.336
Kit Inyector 8	4,500	0.699	5	0.561
Kit Inyector 9	2,700	0.420	3	0.336
Lavador Inyector	21,600	3.356	60	6.726
Limpiaador contacto	2,700	0.420	15	1.682
Platino 1	1,800	0.280	10	1.121
Platino 2	900	0.140	5	0.561
Platino 3	1,440	0.224	8	0.897
Repuesto carbur 1	1,500	0.233	5	0.561
Repuesto carbur 2	3,360	0.522	8	0.897
Repuesto carbur 3	3,780	0.587	7	0.785
Repuesto carbur 4	5,400	0.839	10	1.121
Repuesto carbur 5	3,960	0.615	6	0.673
Rotor distrib 1	360	0.056	3	0.336
Rotor distrib 2	240	0.037	2	0.224
Rotor distrib 3	480	0.075	4	0.448
Rotor distrib 4	120	0.019	1	0.112
Rotor distrib 5	120	0.019	1	0.112
Sensor oxigeno 1	5,400	0.839	3	0.336
Sensor oxigeno 2	10,800	1.678	5	0.561
Sensor oxigeno 3	27,000	4.195	9	1.009
Sensor oxigeno 4	16,800	2.610	4	0.448
Sensor posición 1	6,000	0.932	2	0.224
Sensor posición 2	9,000	1.398	3	0.336

Concepto	Ventas (Anual)	% de Ventas	Cantidad	% de Cantidad
Asiento aguja 1	120	0.019	2	0.224
Asiento aguja 2	60	0.009	1	0.112
Bomba gas 1	1,440	0.224	2	0.224
Bomba gas 2	960	0.149	1	0.112
Bomba gas 3	2,880	0.448	2	0.224
Bomba gas 4	12,600	1.958	3	0.336
Bomba gas 5	10,800	1.678	2	0.224
Bujía 1	10,800	1.678	90	10.090
Cable bujía 5	660	0.103	1	0.112
Cable bujía 6	4,680	0.727	6	0.673
Condensador 1	1,200	0.186	10	1.121
Condensador 2	600	0.093	5	0.561
Condensador 3	960	0.149	8	0.897
Chicote aciel 1	720	0.112	4	0.448
Chicote aciel 2	600	0.093	2	0.224
Chicote aciel 3	420	0.065	1	0.112
Chicote aciel 4	2,160	0.336	4	0.448
Chicote aciel 5	1,320	0.205	2	0.224
Chicote aciel 6	2,340	0.364	3	0.336
Chicote aciel 7	1,800	0.280	2	0.224
Chicote aciel 8	1,020	0.158	1	0.112
Filtro Aire 1	1,440	0.224	8	0.897
Filtro Aire 10	1,500	0.233	5	0.561
Filtro Aire 2	3,360	0.522	8	0.897
Filtro Aire 3	900	0.140	5	0.561
Filtro Aire 4	2,400	0.373	8	0.897
Filtro Aire 5	2,100	0.326	5	0.561
Filtro Aire 6	900	0.140	5	0.561
Filtro Aire 7	1,500	0.233	5	0.561
Filtro Aire 8	3,360	0.522	8	0.897
Filtro Aire 9	900	0.140	5	0.561
Filtro Gas 1	1,500	0.233	5	0.561
Filtro Gas 10	1,440	0.224	8	0.897
Filtro Gas 2	3,360	0.522	8	0.897
Filtro Gas 3	900	0.140	5	0.561
Filtro Gas 4	2,400	0.373	8	0.897
Filtro Gas 5	2,100	0.326	5	0.561
Filtro Gas 6	4,320	0.671	8	0.897
Filtro Gas 7	3,300	0.513	5	0.561

Filtro Gas 8	3,900	0.606	5	0.561
Filtro Gas 9	4,500	0.699	5	0.561
Inyector 1	51,120	7.943	12	1.345
Inyector 2	51,120	7.943	12	1.345
Inyector 3	34,080	5.296	8	0.897
Inyector 4	76,680	11.915	18	2.018
Inyector 5	34,080	5.296	8	0.897
Junta carb 1	720	0.112	4	0.448
Junta carb 2	900	0.140	3	0.336
Junta carb 3	540	0.084	3	0.336
Válvula altimétri 2	600	0.093	2	0.224
Válvula IAC 1	19,800	3.077	3	0.336
Válvula IAC 2	10,800	1.678	2	0.224
Válvula IAC 3	23,400	3.636	3	0.336
Válvula IAC 4	12,600	1.958	3	0.336

Sensor posición 3	5,400	0.839	1	0.112
Tapa distrib 1	540	0.084	3	0.336
Tapa distrib 2	360	0.056	2	0.224
Tapa distrib 3	720	0.112	4	0.448
Tapa distrib 4	180	0.028	1	0.112
Tapa distrib 5	180	0.028	1	0.112
Termostato 1	600	0.093	2	0.224
Termostato 2	180	0.028	1	0.112
Tornillo Acelerador	120	0.019	2	0.224
Válvula altimétri 1	360	0.056	2	0.224
Válvula IAC 5	21,600	3.356	4	0.448
Válvula PCV 1	360	0.056	3	0.336
Válvula PCV 2	480	0.075	4	0.448
Válvula PCV 3	720	0.112	6	0.673
Válvula PCV 4	1,080	0.168	9	1.009

Los datos anteriores se ordenaron en forma descendente como función del volumen anual de ventas. Posteriormente, se construyeron las dos columnas de la extrema derecha que incluyen los resultados acumulados del volumen de ventas y de la cantidad de refacciones en el almacén, respectivamente.

Concepto	Ventas (Anual)	% de ventas	Cantidad	% de cantidad	% de ventas acumulado	% de cantidad acumulada
Inyector 4	76,680	11.91	18.00	2.02	11.91	2.02
Inyector 1	51,120	7.94	12.00	1.35	19.86	3.36
Inyector 2	51,120	7.94	12.00	1.35	27.80	4.71
Inyector 3	34,080	5.30	8.00	0.90	33.10	5.61
Inyector 5	34,080	5.30	8.00	0.90	38.39	6.50
Sensor oxígeno 3	27,000	4.20	9.00	1.01	42.59	7.51
Válvula IAC 3	23,400	3.64	3.00	0.34	46.22	7.85
Válvula IAC 5	21,600	3.36	4.00	0.45	49.58	8.30
Lavador Inyector	21,600	3.36	60.00	6.73	52.94	15.02
Válvula IAC 1	19,800	3.08	3.00	0.34	56.01	15.36
Sensor oxígeno 4	16,800	2.61	4.00	0.45	58.62	15.81
Bujía 3	15,000	2.33	125.00	14.01	60.95	29.82
Bomba gas 4	12,600	1.96	3.00	0.34	62.91	30.16
Válvula IAC 4	12,600	1.96	3.00	0.34	64.87	30.49
Bomba gas 5	10,800	1.68	2.00	0.22	66.55	30.72
Válvula IAC 2	10,800	1.68	2.00	0.22	68.23	30.94
Sensor oxígeno 2	10,800	1.68	5.00	0.56	69.90	31.50
Bujía 1	10,800	1.68	90.00	10.09	71.58	41.59
Sensor posición 2	9,000	1.40	3.00	0.34	72.98	41.93

Concepto	Ventas (Anual)	% de ventas	Cantidad	% de cantidad	% de ventas acumulado	% de cantidad acumulada
Filtro Gas 6	4,320	0.67	8.00	0.90	81.98	59.30
Repuesto carbur 5	3,960	0.62	6.00	0.67	82.59	59.98
Filtro Gas 8	3,900	0.61	5.00	0.56	83.20	60.54
Kit Inyector 5	3,900	0.61	5.00	0.56	83.81	61.10
Repuesto carbur 3	3,780	0.59	7.00	0.78	84.39	61.88
Filtro Aire 2	3,360	0.52	8.00	0.90	84.92	62.78
Filtro Aire 8	3,360	0.52	8.00	0.90	85.44	63.68
Filtro Gas 2	3,360	0.52	8.00	0.90	85.96	64.57
Repuesto carbur 2	3,360	0.52	8.00	0.90	86.48	65.47
Filtro Gas 7	3,300	0.51	5.00	0.56	86.99	66.03
Kit Inyector 1	3,300	0.51	5.00	0.56	87.51	66.59
Kit Inyector 7	3,060	0.48	3.00	0.34	87.98	66.93
Bujía 5	3,000	0.47	25.00	2.80	88.45	69.73
Bomba gas 3	2,880	0.45	2.00	0.22	88.90	69.96
Kit Inyector 9	2,700	0.42	3.00	0.34	89.32	70.29
Cable bujía 4	2,700	0.42	5.00	0.56	89.74	70.85
Kit Inyector 3	2,700	0.42	5.00	0.56	90.15	71.41
Limpiador contacto	2,700	0.42	15.00	1.68	90.57	73.09
Filtro Aire 4	2,400	0.37	8.00	0.90	90.95	73.99

Los resultados de la tabla anterior pueden visualizarse mejor en la *figura 85* siguiente:

Bujía 4	7,200	1.12	60.00	6.73	74.10	48.65
Sensor posición 1	6,000	0.93	2.00	0.22	75.03	48.88
Bujía 2	6,000	0.93	50.00	5.61	75.96	54.48
Sensor posición 3	5,400	0.84	1.00	0.11	76.80	54.60
Sensor oxígeno 1	5,400	0.84	3.00	0.34	77.64	54.93
Repuesto carburador 4	5,400	0.84	10.00	1.12	78.48	56.05
Cable bujía 6	4,680	0.73	6.00	0.67	79.21	56.73
Filtro Gas 9	4,500	0.70	5.00	0.56	79.91	57.29
Kit Inyector 6	4,500	0.70	5.00	0.56	80.61	57.85
Kit Inyector 8	4,500	0.70	5.00	0.56	81.31	58.41
Filtro Aire 7	1,500	0.23	5.00	0.56	94.37	79.93
Filtro Gas 1	1,500	0.23	5.00	0.56	94.60	80.49
Repuesto carburador 1	1,500	0.23	5.00	0.56	94.83	81.05
Bomba gas 1	1,440	0.22	2.00	0.22	95.06	81.28
Filtro Aire 1	1,440	0.22	8.00	0.90	95.28	82.17
Filtro Gas 10	1,440	0.22	8.00	0.90	95.51	83.07
Platino 3	1,440	0.22	8.00	0.90	95.73	83.97
Chicote aciel 5	1,320	0.21	2.00	0.22	95.94	84.19
Cable bujía 3	1,260	0.20	3.00	0.34	96.13	84.53
Cable bujía 1	1,260	0.20	7.00	0.78	96.33	85.31
Junta carb 4	1,200	0.19	4.00	0.45	96.51	85.76
Condensador 1	1,200	0.19	10.00	1.12	96.70	86.88
Válvula PCV 4	1,080	0.17	9.00	1.01	96.87	87.89
Chicote aciel 8	1,020	0.16	1.00	0.11	97.03	88.00
Bomba gas 2	960	0.15	1.00	0.11	97.18	88.12
Condensador 3	960	0.15	8.00	0.90	97.32	89.01
Junta carb 2	900	0.14	3.00	0.34	97.46	89.35
Filtro Aire 3	900	0.14	5.00	0.56	97.60	89.91
Filtro Aire 6	900	0.14	5.00	0.56	97.74	90.47
Filtro Aire 9	900	0.14	5.00	0.56	97.88	91.03
Filtro Gas 3	900	0.14	5.00	0.56	98.02	91.59
Platino 2	900	0.14	5.00	0.56	98.16	92.15
Chicote aciel 1	720	0.11	4.00	0.45	98.28	92.60
Junta carb 1	720	0.11	4.00	0.45	98.39	93.05
Tapa distrib 3	720	0.11	4.00	0.45	98.50	93.50
Filtro Gas 4	2,400	0.37	8.00	0.90	91.32	74.89
Chicote aciel 6	2,340	0.36	3.00	0.34	91.68	75.22
Kit Inyector 2	2,340	0.36	3.00	0.34	92.05	75.56
Chicote aciel 4	2,160	0.34	4.00	0.45	92.38	76.01
Filtro Aire 5	2,100	0.33	5.00	0.56	92.71	76.57
Filtro Gas 5	2,100	0.33	5.00	0.56	93.04	77.13
Kit Inyector 4	1,980	0.31	3.00	0.34	93.34	77.47
Chicote aciel 7	1,800	0.28	2.00	0.22	93.62	77.69
Platino 1	1,800	0.28	10.00	1.12	93.90	78.81
Filtro Aire 10	1,500	0.23	5.00	0.56	94.14	79.37
Válvula PCV 3	720	0.11	6.00	0.67	98.61	94.17
Cable bujía 5	660	0.10	1.00	0.11	98.71	94.28
Cable bujía 2	600	0.09	2.00	0.22	98.81	94.51
Chicote aciel 2	600	0.09	2.00	0.22	98.90	94.73
Termostato 1	600	0.09	2.00	0.22	98.99	94.96
Válvula alimétr 2	600	0.09	2.00	0.22	99.09	95.18
Condensador 2	600	0.09	5.00	0.56	99.18	95.74
Junta carb 3	540	0.08	3.00	0.34	99.26	96.08
Tapa distrib 1	540	0.08	3.00	0.34	99.35	96.41
Rotor distrib 3	480	0.07	4.00	0.45	99.42	96.86
Válvula PCV 2	480	0.07	4.00	0.45	99.50	97.31
Chicote aciel 3	420	0.07	1.00	0.11	99.56	97.42
Tapa distrib 2	360	0.06	2.00	0.22	99.62	97.65
Válvula alimétr 1	360	0.06	2.00	0.22	99.67	97.87
Rotor distrib 1	360	0.06	3.00	0.34	99.73	98.21
Válvula PCV 1	360	0.06	3.00	0.34	99.79	98.54
Rotor distrib 2	240	0.04	2.00	0.22	99.82	98.77
Tapa distrib 4	180	0.03	1.00	0.11	99.85	98.88
Tapa distrib 5	180	0.03	1.00	0.11	99.88	98.99
Termostato 2	180	0.03	1.00	0.11	99.91	99.10
Asiento aguja 1	180	0.03	3.00	0.34	99.93	99.44
Rotor distrib 4	120	0.02	1.00	0.11	99.95	99.55
Rotor distrib 5	120	0.02	1.00	0.11	99.97	99.66
Tomillo	120	0.02	2.00	0.22	99.99	99.89
Asiento aguja 2	60	0.01	1.00	0.11	100.00	100.00

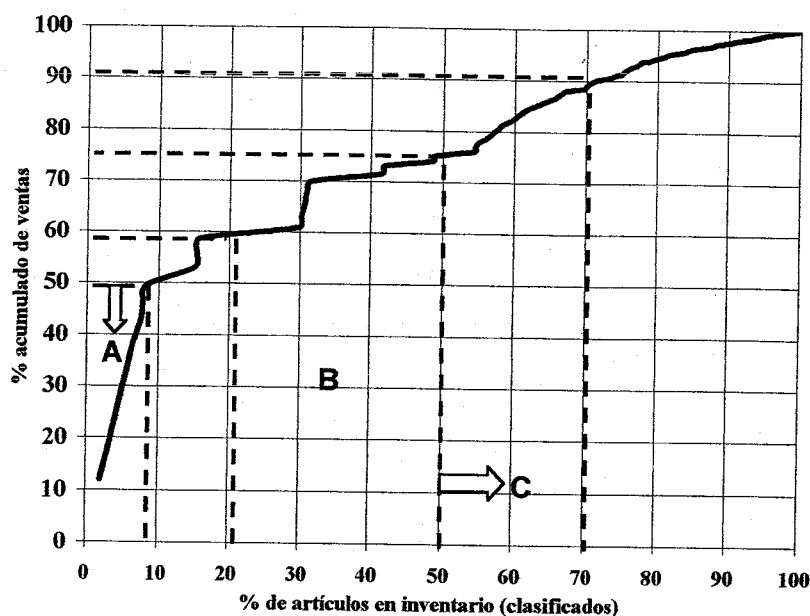


Figura 85. Representación gráfica del análisis ABC

Esta gráfica muestra cómo el 50% de las ventas de refacciones se realizan con el 9% de las refacciones almacenadas, que son las que quedan comprendidas en la región A. En este caso, la gráfica no coincide exactamente con la regla de Pareto de 80-20; sin embargo, está cercana a la relación 60-20 lo cual resulta adecuado. Otra relación interesante es que el 50% de las refacciones contenidas en el almacén contribuyen al 76% de las ventas totales anuales. Finalmente, se observa que el 90% de las ventas se logra con el 72% de las existencias de refacciones.

De acuerdo con esta gráfica, los artículos localizados en la región A deberán recibir la máxima atención y cuidado. Los artículos localizados en la región B serán importantes, pero requerirán una menor atención. El volumen fuerte de refacciones está en la región C y dada su poca colaboración en las ventas, requerirán mucha menor atención. Así, las refacciones más importantes dentro del almacén, según este análisis, serán las siguientes.

REGIÓN A	
Concepto	% de ventas Acumulado
Inyector 4	11.9
Inyector 1	19.9
Inyector 2	27.8
Inyector 3	33.1
Inyector 5	38.4
Sensor oxígeno 3	42.6
Válvula IAC 3	46.2
Válvula IAC 5	49.6

REGIÓN B	
Concepto	% de refacciones Acumulado
Lavador Inyector	15.0
Válvula IAC 1	15.4
Sensor Oxígeno 4	15.8
Bujía 3	29.8
Bomba gas 4	30.2
Válvula IAC 4	30.5
Bomba gas 5	30.7
Válvula IAC 2	30.9
Sensor de oxígeno 2	31.5
Bujía 1	41.6
Sensor de posición 2	41.9
Bujía 4	48.7
Sensor de posición 1	48.9

REGIÓN C
Concepto
Todos las demás refacciones no mencionados en las regiones A y B.

$$C \frac{\bar{Q}}{2} = \frac{1}{2} \bar{Q} C_h ; C \frac{\bar{Q}}{2} = \frac{1}{2} * 2.50 * \bar{Q} ; C \frac{\bar{Q}}{2} = \$1.25 \bar{Q} \text{ por el inventario promedio}$$

Puesto que no se tendrá el inventario completo durante todo el año, se utiliza la ecuación (4.3) para calcular el costo de mantener el inventario promedio al año:

$$C \bar{Q} = \bar{Q} * C_h ; C \bar{Q} = \bar{Q} * 2.50 ; C \bar{Q} = \$2.50 \bar{Q} \text{ por todo el inventario al año}$$

El costo anual de mantener el inventario completo en bodega se calcula con la ecuación (4.2):

Lo que significa una orden de 310 bujías cada 25 días calendario, aproximadamente.

$$C_m = 0.83 * 30 ; C_m = 25 \text{ días}$$

$$C_m = \frac{C_p}{12 \text{ meses}} ; C_m = \frac{10}{12} ; C_m = 0.83 \text{ órdenes por mes}$$

$$C_p = \frac{D}{\bar{Q}} ; C_p = \frac{3,000}{310} ; C_p = 9.68 ; C_p = 10 \text{ órdenes al año}$$

$$\bar{Q}^* = \sqrt{\frac{2DC_o}{C_h}} ; \bar{Q}^* = \sqrt{\frac{2 * 3,000 * 40}{2.50}} ; \bar{Q}^* = \$309.84 ; \bar{Q}^* \approx 310 \text{ bujías por orden}$$

A continuación se calcula el lote económico de orden, con la ecuación (4.6), que es la orden al menor costo posible y la cantidad de pedidos por año (C_p), para finalmente obtener la cantidad de órdenes mensuales (C_m):

$$C_h = I * C ; C_h = 0.25 * 10 ; C_h = \$2.50 \text{ por unidad al año}$$

Primero se debe conocer el costo de mantener una unidad en inventario al año. Se aplica la ecuación (4.1) vista en el Capítulo IV.

El procedimiento que se indica a continuación se repitió para cada artículo en el inventario.

Concepto	Parámetro
Demanda anual	3,000 bujías
Costo de establecer una orden	\$40.00 por orden
Plazo de entrega del proveedor	4 días
Días laborables al año	250 días
Costo unitario del artículo	\$10.00 por bujía
Tasa (%) de mantener el inventario en bodega al año	25%

Se tomó el caso de la bujía 3 y de la Gerencia Administrativa se obtuvieron los datos siguientes:

Se requieren conocer el costo anual de mantener una unidad en inventario, la tasa, en porcentaje, del costo de mantener el inventario en bodega al año, costo unitario de un artículo en el inventario, demanda anual del artículo, costo de establecer una orden, plazo de entrega del proveedor y días laborables al año.

6.5.3. Modelo de cantidad de orden económica

Continuando con el estudio de costos, falta incluir el costo anual por colocar una orden, para lo cual se emplea la *ecuación (4.4)*:

$$C_c = \left(\frac{D}{Q}\right)C_o \quad ; \quad C_c = \left(\frac{3,000}{Q}\right)40 \quad ; \quad C_c = \frac{120,000}{Q}$$

Finalmente, la *ecuación (4.5)* del costo total quedará expresada de la manera siguiente:

$$TC = \frac{1}{2}QC_h + \frac{D}{Q}C_o \quad ; \quad TC = \$1.25Q + \frac{120,000}{Q}$$

Los resultados de esta última ecuación fueron llevados a la gráfica mostrada en la *figura 86*, con el objeto de visualizar el comportamiento de los costos del inventario.

Q	$C_h = 1.25Q$	$C_c = \frac{120,000}{Q}$	TC
0.00	0.00		
100.00	125.00	1,200.00	1,325.00
200.00	250.00	600.00	850.00
300.00	375.00	400.00	775.00
400.00	500.00	300.00	800.00
500.00	625.00	240.00	865.00
600.00	750.00	200.00	950.00
700.00	875.00	171.43	1,046.43
800.00	1,000.00	150.00	1,150.00
900.00	1,125.00	133.33	1,258.33
1,000.00	1,250.00	120.00	1,370.00

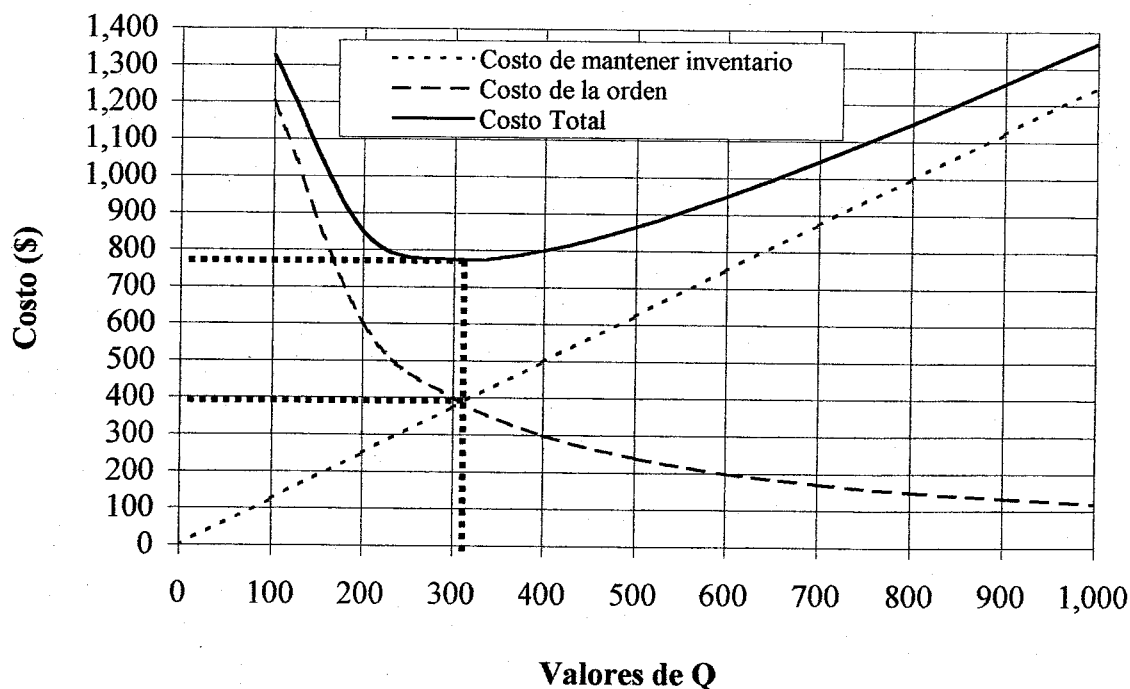


Figura 86. Costo total del inventario

Segun se puede apreciar en la figura 86, para una orden de 310 bujias se tendrán los costos siguientes:

$$C = \$1.25 * \bar{Q} \quad ; \quad C = \$1.25 * 310 \quad ; \quad C = \$387.50$$

$$C_c = \frac{120,000}{\bar{Q}} \quad ; \quad C_c = \frac{120,000}{310} \quad ; \quad C_c = \$387.10$$

$$CT = C - C_c + C_c \quad ; \quad CT = 387.50 + 387.10 \quad ; \quad CT = \$774.60$$

Pudo comprobarse que una orden de 310 bujias provoca los menores costos de establecer una orden y de mantener el inventario, por lo que en consecuencia el costo total también resulta menor.

Para concluir, se ha determinado la cantidad por ordenar, pero aún no se ha definido cuándo ordenar. Para ello, se inicia por encontrar el punto de reorden, que es la cantidad mínima de artículos que pueden existir en el almacén antes de que se ordene un nuevo pedido. Según la ecuación 4.9, primero se debe obtener la demanda diaria (d):

$$d = \frac{D}{\text{Dias Laborables}} \quad ; \quad d = \frac{3,000}{250} \quad ; \quad d = 12 \text{ bujias diarias}$$

$$R = d * m \quad ; \quad R = 12 * 4 \quad ; \quad R = 48 \text{ bujias en almacén para ordenar un nuevo pedido}$$

Por otro lado, el punto de reorden se establece en función del número de dias laborables que pueden pasar entre órdenes consecutivas. Para realizar este cálculo se recurre a la ecuación (4.10), así que:

$$T = \frac{\text{Dias laborables al año}}{\text{Órdenes anuales}} \quad ; \quad T = \frac{\text{Dias laborables al año}}{D} \quad ; \quad T = \frac{250 * 310}{3,000} \quad ; \quad T = 25.8 \quad ; \quad T \approx 26 \text{ dias}$$

El punto más conveniente para realizar una orden es cuando quedan 48 bujias en existencia en el almacén, o bien cuando hayan transcurrido 26 dias hábiles desde la última orden recibida.

Se implementó un modelo de optimización de programación lineal, que tuvo por objeto minimizar los costos totales del inventario en función de la cantidad de refacciones ordenadas. Este modelo se muestra a continuación, con los resultados proporcionados por la función *SOLVER* del menú *HERRAMIENTAS* del programa *EXCEL*.

	A	B	C	D	E	F	G
3	Datos						
4	D =	3,000	demanda/año				
5	C _o =	\$40.00	costo establecer orden				
6	C _h =	\$2.50	costo mantener una unidad				
7	m =	4	plazo entrega				
8	DL =	250	dias laborables				
9	Resultados						
10							
11	Q =	309.84	Cantidad ordenada				

Este cuadro de resultados proviene de las condiciones que se proporcionaron al modelo *SOLVER*, las cuales se muestran a continuación, así como de las fórmulas correspondientes a las celdas *G4*, *G6*, *G7* y *G8*. Debe mencionarse que los resultados confirman los obtenidos mediante el método tradicional, con pequeñas diferencias debidas al manejo de decimales.

Parámetros de Solver		G		Sujetas a las restricciones siguientes	
Celda Objetivo:	\$G\$8	4	= C7*C4/C8		\$G\$8 >= 1
Valor de la celda objetivo:	Min	5			\$C\$11 >= 1
Cambiando las celdas:	\$C\$11	6	= C5*C4/C11		
		7	= C6*C11/2		
		8	= SUMA(G6:G7)		
				Opciones de Solver	
				Asumir no negativos	

6.5.4. Modelo de una línea de espera con una sola estación de servicio, llegadas tipo Poisson y tiempo de espera exponencial.

Se requiere conocer la tasa media de llegada de clientes, la tasa media de servicio del centro de servicio y el número de vehículos esperando servicio.

De la misma manera que en el caso de los inventarios, para no hacer demasiado extenso el estudio, se considerará únicamente una sola estación de servicio, la de lavado y engrasado que es atendida por un lavador/lubricador y un ayudante. En dicha estación de servicio pueden presentarse automóviles con diferentes grados de suciedad, lo que implica diferentes tiempos de servicio de lavado. Después de la encuesta, se obtuvo la tabla siguiente con los datos de un día promedio de trabajo de dicha estación.

Cliente	Hora llegada	Servicio empieza	Duración servicio	Hora salida
1	9:05	9:05	70 minutos	10:15
2	9:20	10:15	75 minutos	11:30
3	9:30	11:30	60 minutos	12:30
4	10:10	12:30	80 minutos (+60 minutos comida)	14:50
5	10:40	14:50	55 minutos	15:45
6	11:40	15:45	60 minutos	16:45
7	12:35	16:45	75 minutos	18:00

Hora de llegada anterior minutos	Hora de llegada actual minutos	Tiempo entre llegadas minutos
-----	9:05	0:00
9:05	9:20	0:15
9:20	9:30	0:10
9:30	10:10	0:40
10:10	10:40	0:30
10:40	11:40	1:00
11:40	12:35	0:55
Horario de llegadas	3.50	horas
Clientes que llegan	7	clientes
Promedio de clientes que llegan en una hora	(λ) 2	clientes/hora
Tiempo esperado de llegadas	($\frac{1}{\lambda}$) 0.5	horas promedio por cliente

Horario de llegadas	8	horas
Clientes que llegan	7	clientes
(λ)	$= 7/8$	clientes por hora
$(\frac{1}{\lambda})$	$= 1/0.875$	horas promedio por cliente

El paso siguiente es obtener las medidas de desempeño de la línea de espera para el servicio de lavado y lubricación del centro de servicio. Se emplearon las ecuaciones (4.13) a (4.19) vistas en el Capítulo IV. La primera medida y que salta a la vista, es el factor de utilización $\frac{\mu}{\lambda} < 1$, en el caso del centro de servicio no se cumple, toda vez que la línea se restringe a 7 vehículos durante las primeras 3 horas y media del día, lo que implica una tasa muy alta de demanda que no permanece durante todo el día. Se recalculó el valor de λ considerando las 7 llegadas durante las 8 horas de trabajo disponibles del lavador/lubricador y su ayudante.

Duración servicio	Unidad
70	minutos
75	minutos
60	minutos
80	minutos
55	minutos
60	minutos
75	minutos
7.92	horas
7	servicios
(n)	Número esperado de servicios terminados por hora
0.88	servicios por hora
$(\frac{1}{n})$	Tiempo esperado de servicio
1.13	horas por servicio

La segunda tabla se obtuvo a partir de la primera y muestra el cálculo del tiempo esperado de llegadas $\frac{1}{\lambda}$ (o tasa media de llegada de clientes) para esta estación. Debe resaltarse que dentro de las 7 llegadas de clientes deben incluirse las de aquellos clientes que decidieron no esperar por el servicio porque deberían esperar demasado. En el caso del centro de servicio, el servicio completo de lavado y engrasado se acompaña de otras actividades por lo que se programa para realizarse durante varias horas o días. Debido a esto, los clientes generalmente no tienen que esperar por el automóvil. Cuando un automóvil entra a servicio, el tiempo que transcurre entre el principio y fin de dicho servicio se le conoce como *tiempo de servicio*. El servicio generalmente varía de un automóvil a otro, porque depende de ciertas características particulares de cada vehículo. En la tabla siguiente se muestra el cálculo de la tasa media de servicio.

Ahora la condición es diferente, porque la relación $\frac{\lambda}{\mu}$ ya es menor que 1 ($0.875/0.880 = 0.99432$), aunque muy cercana a la unidad. Esto indica que el factor de utilización de esta línea está "al tope" y que ya no es posible producir más bajo las mismas condiciones actuales. De cualquier manera se presentan a continuación las medidas de desempeño de este único servidor.

Tasa media de llegadas	Tasa media de servicio	Factor de utilización de la estación	Probabilidades de que no hayan unidades en la estación	Promedio de automóviles en la línea de espera	Promedio de automóviles en la estación	Tiempo promedio que la unidad permanece en la línea de espera	Tiempo promedio que un automóvil permanece en la estación	Probabilidad de que una unidad que llegue tenga que esperar por el servicio	Probabilidad de que "n" automóviles estén en la estación
(λ)	(μ)	$\frac{\lambda}{\mu}$	$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu}$	$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$	$L = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$	$W_q = \frac{L_q}{\lambda}$	$W = W_q + \frac{1}{\mu}$	$P_w = \frac{\lambda}{\mu}$	$P_n = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0$
0.875	0.884	0.99	0.01	94	95	107.44	108.57	0.99	$= (0.99)^n * 0.01$

Los resultados muestran una línea de espera larguísima y una estación de servicio saturada al máximo. Tomando como base estos resultados, se decidió repetir el estudio, pero ahora considerando dos estaciones de lavado y lubricación, con el fin de poder captar un mayor volumen de trabajo y relajar la estación de servicio actual.

6.5.5. Modelo de líneas de espera con múltiples estaciones de servicio, llegadas tipo Poisson y tiempo de servicio exponencial.

Se tomaron en cuenta los mismos datos del caso anterior, pero considerando dos estaciones de servicio. Recordando lo visto en el Capítulo IV, el procedimiento y las ecuaciones para determinar las medidas de desempeño son diferentes, resultando entonces que:

λ	0.875
μ	0.884
k	2
λ/μ	0.989583333
$\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k$	0.979275174
k!	2
L_q	0.320808563
P_0	0.337979094
L	1.310391896
W_q	0.366638358
W	1.497590739
P_w	0.327562427

Automóviles en línea de espera: 0

Probabilidad de que no hayan automóviles en el servicio de lavado: 34%

Promedio de automóviles en el servicio de lavado: 1

Tiempo promedio que un auto permanece en línea de espera: 22 minutos

Tiempo de espera que un automóvil permanece en el servicio: 90 minutos

Probabilidad de que un automóvil que llegue tenga que esperar: 33%

Ahora el servicio de lavado con dos lavadores/lubricadores y dos ayudantes parece demasiado relajado. La pregunta es entonces, ¿cuántos servicios diarios se pueden recibir de más para tener permanentemente ocupada la estación de lavado y lubricación, incluyendo a los dos lavadores y sus respectivos ayudantes? Se utilizó el cuadro anterior, hoja de EXCEL, que contiene las fórmulas vistas en el Capítulo IV para múltiples estaciones de servicio. Después de manipular los datos, se encuentra que aumentando el valor de λ en un 42%, se logra tener permanentemente tres unidades en el servicio, dos recibiendo y una haciendo "cola".

λ	1.2425
μ	0.884
k	2
λ/μ	1.405208333
$(\lambda/\mu)^k$	1.97461046
$k!$	2
Lq	1.36977981
P_0	0.174671153
L	2.775186315
Wq	1.102597973
W	2.233550354
P_w	0.579879487

Automóviles en línea de espera: 1

Probabilidad de que no hayan automóviles en el servicio de lavado: 17%

Promedio de automóviles en el servicio de lavado: 3

Tiempo promedio que un auto permanece en línea de espera: 66 minutos

Tiempo de espera que un automóvil permanece en el servicio: 134 minutos

Probabilidad de que un automóvil que llegue tenga que esperar: 58%

Los resultados se ven mejores, dentro de la estación de servicio de lavado permanecerán 3 automóviles, uno haciendo cola y dos recibiendo servicio; sin embargo, los tiempos de espera y de servicio se incrementan, pero son mejores que la situación original. Será más difícil encontrar la estación desocupada (17%) y será más probable que se tenga que esperar por el servicio (58%). El aspecto más importante, es que se puede aumentar la productividad del servicio y reducir considerablemente el tiempo de espera por vehículo.

La decisión de número de estaciones de servicio que conviene establecer, depende de un análisis económico; muchos servidores representan alto costo, pocos servidores provocan altos tiempos de espera. Hacer esperar a los clientes lleva consigo un costo de espera, especialmente si se trata de clientes internos, porque reducen la productividad. En el Capítulo IV se presentó la ecuación (4.31) para calcular el costo total. El costo de espera y el costo de servicio son dos parámetros que se consultaron con los *stakeholders*, quienes proporcionaron la información siguiente:

▪ Costo de espera = \$ 500.00 por hora

▪ Costo de servicio = \$ 200.00 por hora

A continuación, puede construirse una tabla en EXCEL que calcule el costo total en función de los costos de servicio y de espera, así como del número de servidores y el número esperado de automóviles en la estación de lavado y engrasado. Haciendo variar el número de estaciones, puede obtenerse una tabla que a su vez servirá para construir una gráfica que exprese la cantidad mínima de estaciones para obtener el mínimo costo total por estación.

A continuación se presenta dicha tabla que utiliza las fórmulas vistas en el Capítulo IV para el caso de varias estaciones de servicio.

Datos	
λ	0.875
μ	0.884
k	3.000
λ/μ	0.990
$k\mu/(k\mu - \lambda)$	1.492
$(\lambda/\mu)^k$	0.969

Resultados	
P_0	0.448
L	1.043
Lq	0.053
W	1.192
Wq	0.061

k	Costo servicio	Costo espera	Ct
1	200.00	47,020.41	47,220.41
1.5	300.00	877.71	1,177.71
2	400.00	655.20	1,055.20
3	600.00	521.38	1,121.38
4	800.00	499.06	1,299.06
5	1,000.00	495.40	1,495.40

Cs	\$200.00	(costo/servidor/unidad de tiempo)
Cw	\$500.00	(costo de espera/unidad de tiempo)
Costo servicio	\$600.00	
Costo espera	\$521.38	
Costo total	\$1,121.38	

Los cálculos mostrados en la columna izquierda corresponden a un valor de tres estaciones. Al cambiar este valor se obtiene la tabla de la derecha. Se incluyó un valor de 1.5 estación (que no es posible) con el fin de mostrar gráficamente el cambio en el costo total. Se observa que el menor costo corresponde a 2 *estaciones de servicio*. A continuación, se construyó la gráfica mostrada en la *figura 87* para observar los datos obtenidos.

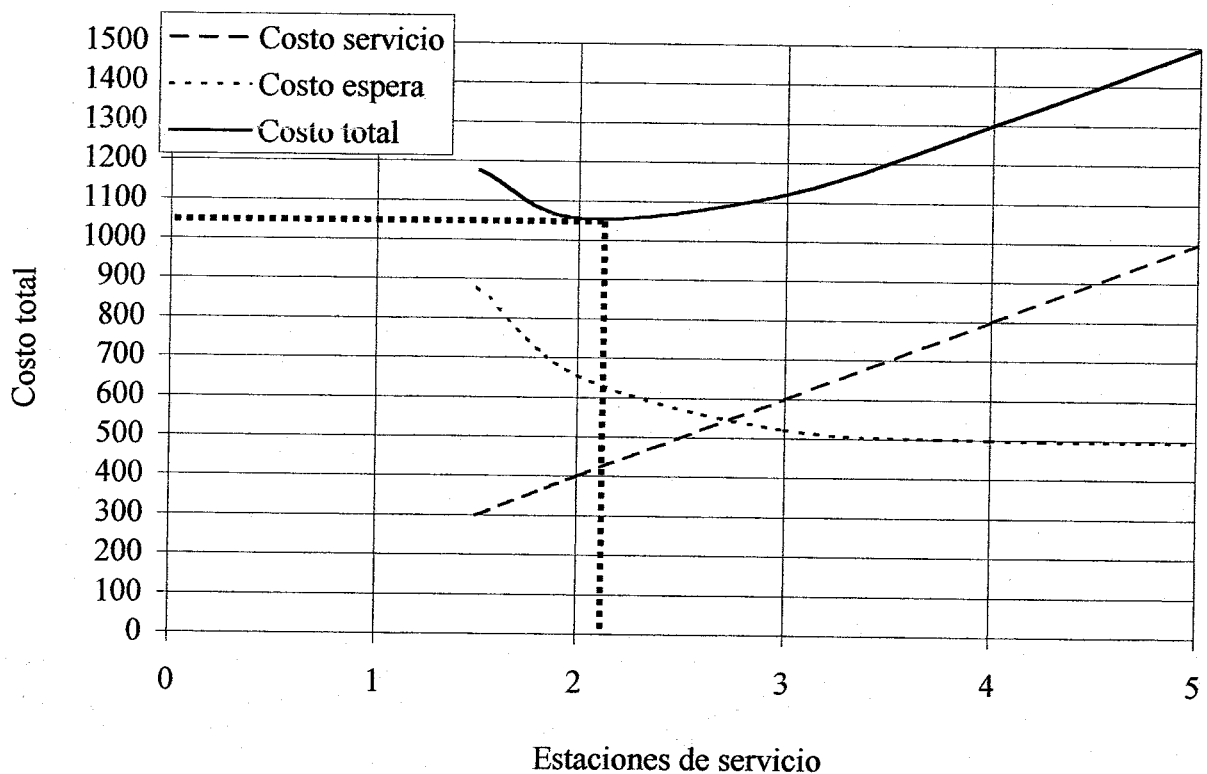


Figura 87. Costo total según número de estaciones

Según se aprecia en la *figura 87*, el mínimo costo está muy cercano a dos estaciones de servicio.

Los resultados obtenidos gráficamente se calcularon con exactitud, empleando un modelo de optimización. Nuevamente se recurrió a la herramienta SOLVER, la cual proporcionó los resultados siguientes:

	A	B	C	D	E	F	G
2	Resultados						
3	Datos						
4	λ	0.875	Tasa media de llegada	P0	0.345		
5	μ	0.884	Tasa media de servicio	L	1.238		
6	k	2.149	Número de estaciones	Lq	0.249		
7	λ/μ	0.990		W	1.415		
8	$kn/(kn - \lambda)$	1.854		Wq	0.284		
9	$(\lambda/\mu)^k$	0.978					
10							
11							
12							
13							
14	Cs	\$200.00	(costo/servidor/unidad de tiempo)	Dato			
15	Cw	\$500.00	(costo de espera/unidad de tiempo)	Dato			
16	Costo servicio	\$429.73					
17	Costo espera	\$619.14					
18	Costo total	\$1,048.88					
				C16+C17			
				C15*G5			
				C14*C6			

Parámetros de Solver	Celda Objetivo: \$C\$18
	Valor de la Celda Objetivo: Min
	Cambiando las celdas: \$C\$6

Opciones de Solver	Asumir no negativos
--------------------	---------------------

Sueltas a las siguientes restricciones	\$C\$6 >= 1
--	-------------

La alternativa óptima resultó instalar dos estaciones de servicio, lo cual provocará un costo total de \$1,050 aproximadamente, que es el mínimo posible.

6.5.6. Modelo de la Ruta Crítica

Se requiere conocer el grupo de actividades que deben terminarse antes de comenzar una de las actividades específicas y el tiempo de cada actividad hasta terminarse. Los stakeholders contestaron que el tiempo requerido por cada actividad hasta terminarse podía conocerse recurriendo al manual de tiempos y movimientos manejado por una agencia automotriz y que estaba disponible en el centro de servicio. Este manual condensa las actividades que deben llevarse a cabo para concluir una tarea y el tiempo estimado (muy cercano a la realidad) que requerirá cada actividad.

Para continuar proporcionando diversidad al caso en estudio, ahora se analizará un servicio completo de frenos (frenos generales), al cual aplicaremos el modelo de la ruta crítica. El primer paso fue obtener el procedimiento para realizar el servicio y después consultar el tiempo requerido para cada actividad en el manual de tiempos y movimientos.

ACTIVIDAD	NOTACIÓN	PROCESO INMEDIATO ANTERIOR	TIEMPO ESTIMADO (MINUTOS)
Desmontaje de ruedas	A	ninguna	6
Retirar tambores	B	A	8
Limpieza general	C	B	7
Inspección	D	C	10
Desmontaje discos	E	A	15
Rectificado discos y tambores	F	B, E	30
Solicitud material	G	D	20
Montaje balatas traseras	H	G	20
Montaje discos	I	F	10
Montaje balatas delanteras	J	I	15
Montaje tambores	K	F, H	10
Purgado general	L	J, K	20
Montaje ruedas	M	L	8
Ajuste general	N	M	10

Siguiendo el procedimiento descrito en el Capítulo IV correspondiente a la ruta crítica, se construyó el diagrama de redes mostrado en la figura 88.

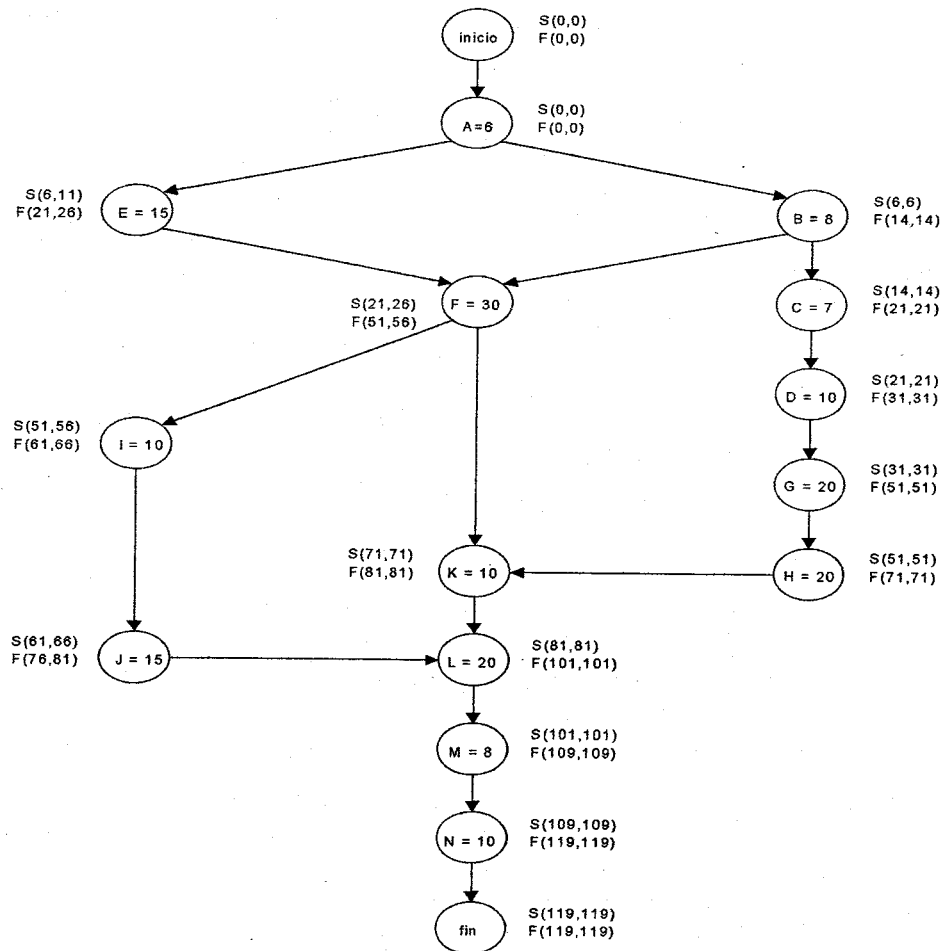


Figura 88. Diagrama de redes

En esta última tabla se muestran las fórmulas utilizadas para calcular los parámetros de la ruta crítica.

	D	F	G	H	I	J	K
3	D	ES	EF	LS	LF	HOLGURA	? CRITICA?
4	6	=D4+F4	=-4-D4	=-4-D4	=MIN(I5,I8)	=I4-G4	=SI(I4=0,"si","no")
5	8	=MAX(G4)	=D5+F5	=-5-D5	=MIN(G6,I9)	=-5-G5	=SI(I5=0,"si","no")
6	7	=MAX(G5)	=D6+F6	=-6-D6	=MIN(G7)	=-6-G6	=SI(I6=0,"si","no")
7	10	=MAX(G6)	=D7+F7	=-7-D7	=MIN(I10)	=-7-G7	=SI(I7=0,"si","no")
8	15	=MAX(G4)	=D8+F8	=-8-D8	=MIN(G9)	=-8-G8	=SI(I8=0,"si","no")
9	30	=MAX(G8,G5)	=D9+F9	=-9-D9	=MIN(I12,I14)	=-9-G9	=SI(I9=0,"si","no")
10	20	=MAX(G7)	=D10+F10	=-10-D10	=MIN(I11)	=-10-G10	=SI(I10=0,"si","no")
11	20	=MAX(G10)	=D11+F11	=-11-D11	=MIN(I14)	=-11-G11	=SI(I11=0,"si","no")
12	10	=MAX(G9)	=D12+F12	=-12-D12	=MIN(I13)	=-12-G12	=SI(I12=0,"si","no")
13	15	=MAX(G12)	=D13+F13	=-13-D13	=MIN(I15)	=-13-G13	=SI(I13=0,"si","no")
14	10	=MAX(G11,G9)	=D14+F14	=-14-D14	=MIN(I15)	=-14-G14	=SI(I14=0,"si","no")
15	20	=MAX(G13,G14)	=D15+F15	=-15-D15	=MIN(I16)	=-15-G15	=SI(I15=0,"si","no")
16	8	=MAX(G15)	=D16+F16	=-16-D16	=MIN(I17)	=-16-G16	=SI(I16=0,"si","no")
17	10	=MAX(G16)	=D17+F17	=-17-D17	=H19	=-17-G17	=SI(I17=0,"si","no")
18							
19							

Actividad	Descripción	Tiempo	ES	EF	LS	LF	Holgura ? Crítica?
A	Desmontar ruedas	6	0	6	0	6	0 si
B	Desmontar tambores	8	6	14	14	6	0 si
C	Limpieza general	7	14	21	14	21	0 si
D	Inspección	10	21	31	21	31	0 si
E	Desmontar discos	15	6	21	11	26	5 no
F	Rectificado discos y tambores	30	21	51	26	56	5 no
G	Solicitud material	20	31	51	31	51	0 si
H	Montaje balatas traseras	20	51	71	51	71	0 si
I	Montaje discos	10	51	61	56	66	5 no
J	Montaje balatas delanteras	15	61	76	66	81	5 no
K	Montaje tambores	10	71	81	71	81	0 si
L	Purgado general	20	81	101	81	101	0 si
M	Montaje ruedas	8	101	109	101	109	0 si
N	Ajuste general	10	109	119	109	119	0 si

La información del diagrama anterior se condensó en una tabla de EXCEL, cuyos resultados se muestran a continuación:

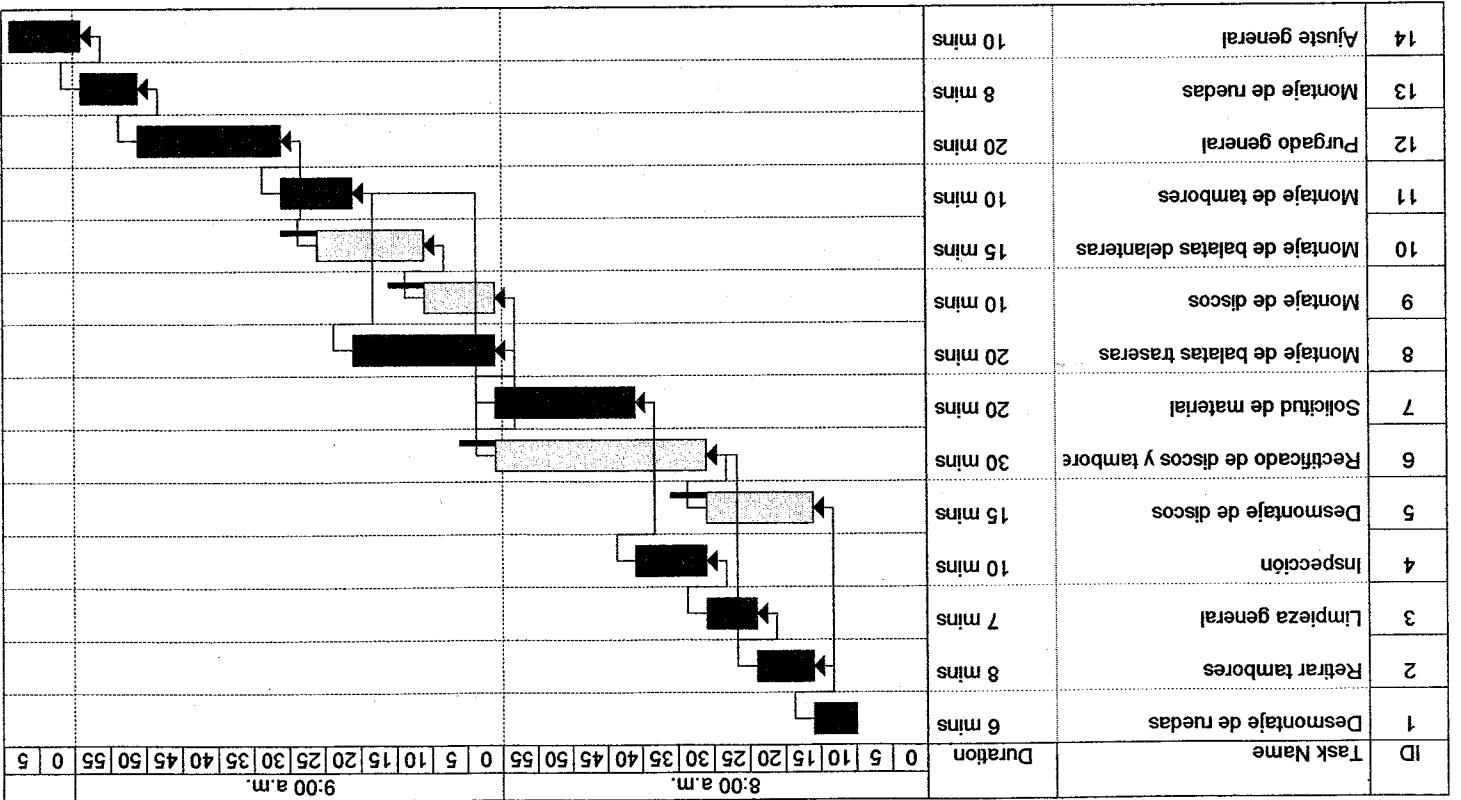
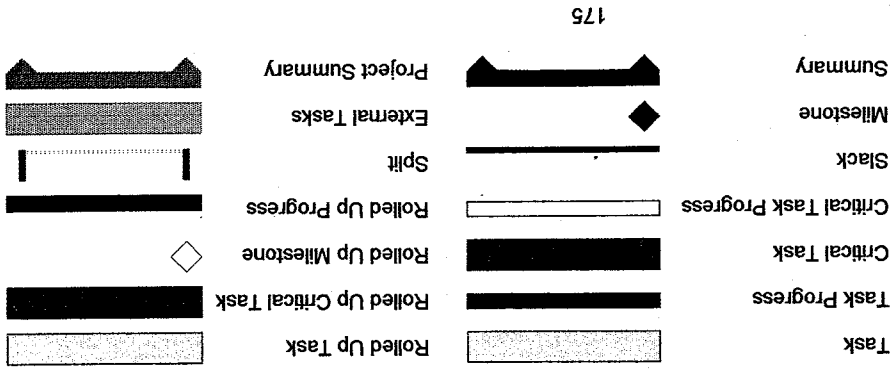
Evidentemente, la optimización del servicio de cambio de frenos dependerá de las modificaciones que se puedan realizar a los tiempos de realización de cada actividad. Los resultados anteriores muestran que hay cuatro actividades con holgura; es decir, con tiempo perdido. Lo anterior lleva a realizar un servicio general de frenos en 119 minutos (prácticamente 2 horas). Si se lograra optimizar el tiempo de rectificado a 25 minutos, la solicitud de material a 10 minutos, el purgado a 15 minutos, el montaje de ruedas a 5 minutos y el ajuste general a 9 minutos, resultaría que todas las actividades serían críticas y que el tiempo total del servicio se redujera a 100 minutos, lo que significa un 16% extra en la productividad. Estas suposiciones se muestran en la tabla siguiente:

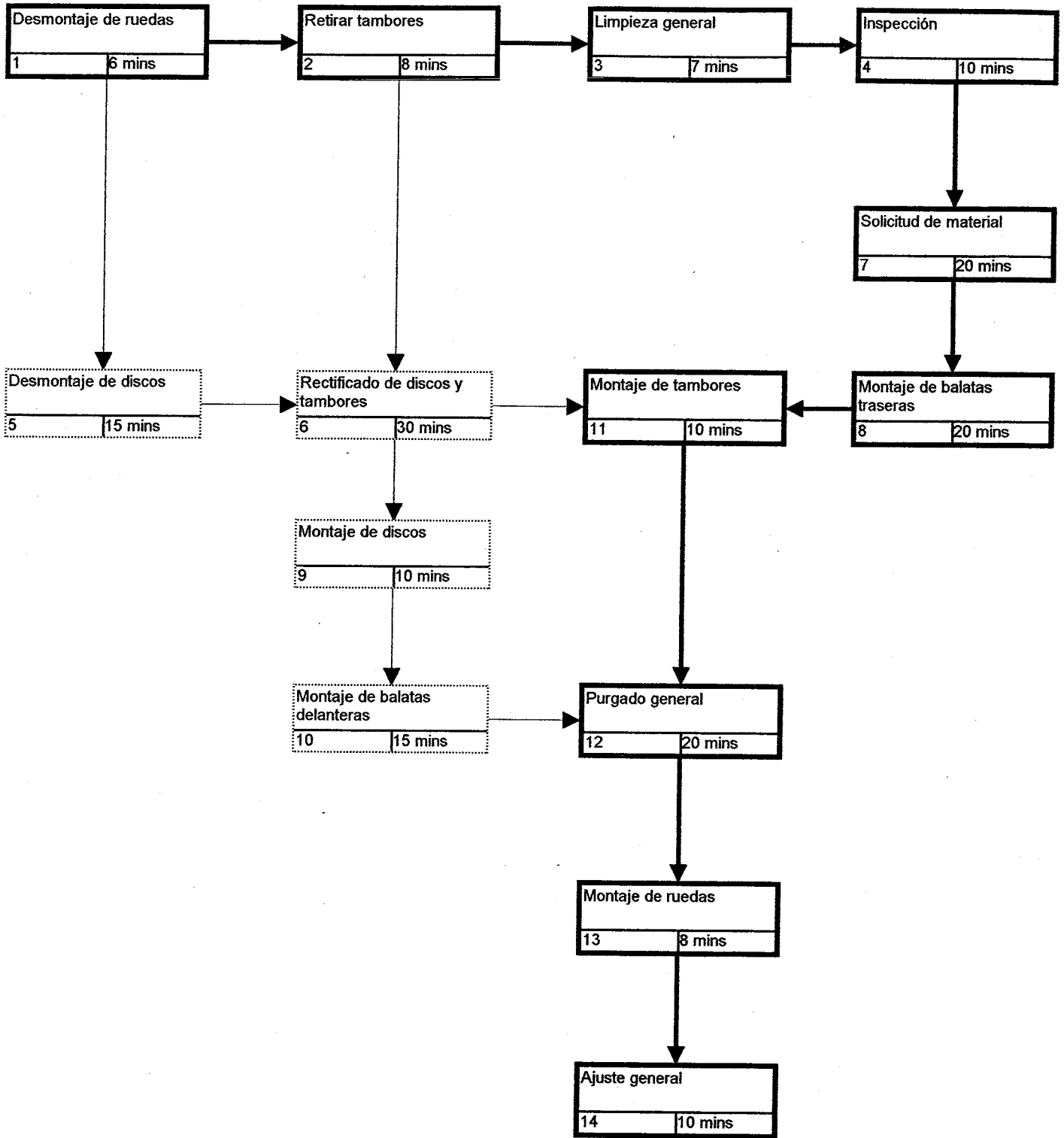
Actividad	Descripción	Tiempo	ES	EF	LS	LF	Holgura	¿Crítica?
A	Desmontar ruedas	6	0	6	0	6	0	si
B	Desmontar tambores	8	6	14	6	14	0	si
C	Limpieza general	7	14	21	14	21	0	si
D	Inspección	10	21	31	21	31	0	si
E	Desmontar discos	15	6	21	6	21	0	si
F	Rectificado discos y tambores	25	21	46	21	46	0	si
G	Solicitud material	10	31	41	31	41	0	si
H	Montaje balatas traseras	20	41	61	41	61	0	si
I	Montaje discos	10	46	56	46	56	0	si
J	Montaje balatas delanteras	15	56	71	56	71	0	si
K	Montaje tambores	10	61	71	61	71	0	si
L	Purgado general	15	71	86	71	86	0	si
M	Montaje ruedas	5	86	91	86	91	0	si
N	Ajuste general	9	91	100	91	100	0	si
Duración del servicio		100	minutos					

Otra herramienta que rápidamente construye diagramas de ruta crítica, así como diagramas de Gannt útiles para la programación de actividades es el programa PROJCTC. Basta con introducir los nombres de las actividades, la duración de cada una de ellas y la escala de tiempo en la que se desea trabajar, y el programa automáticamente produce estos diagramas (ver *figuras 89 y 90*).

PROJECT puede utilizarse para proyectar tareas o actividades simples, pero también otras de mucha mayor complejidad. El *facilitador* hizo la sugerencia de introducir un paquete de servicio completo que fuera promocionado como oferta en el centro automotriz. Este paquete incluiría los servicios de: afinación, frenos, lavado y lubricación, alineación y balanceo, etc. y utilizaría esta herramienta para programar todas las actividades e inclusive el avance que se tendría por unidad en un día de trabajo de 8 horas.

Fue posible estudiar el tiempo por actividad, tanto el directamente relacionado con la tarea (montaje, desmontaje, etc.) como el indirectamente relacionado (pedir piezas, esperar trabajos externos, etc.), y se redujo al máximo el tiempo de ejecución de cada una de ellas. Esto trajo como consecuencia una optimización del proceso, al reducir los tiempos de las operaciones y proporcionar un incremento en la productividad, al producir más automóviles servidos en menos tiempo. La ruta crítica es también un excelente auxiliar para ordenar las tareas que componen una actividad, pues permite visualizar la secuencia lógica en la que deben realizarse los servicios.





6.5.7. Suavización Exponencial

Se requiere conocer la constante de suavización, los datos puntuales más antiguos, pronósticos previos y la demanda mensual.

Después de consultar a los *stakeholders*, se obtuvo la tabla siguiente relacionada con la demanda del servicio del centro automotriz en los últimos 30 meses.

Mes	Demanda	Mes	Demanda
1	215	16	202
2	245	17	234
3	256	18	232
4	224	19	154
5	226	20	173
6	264	21	176
7	255	22	134
8	202	23	174
9	265	24	181
10	241	25	133
11	245	26	154
12	195	27	152
13	221	28	101
14	180	29	140
15	175	30	85

Esta tabla se representó gráficamente de manera siguiente, como se muestra en la *figura 91*.

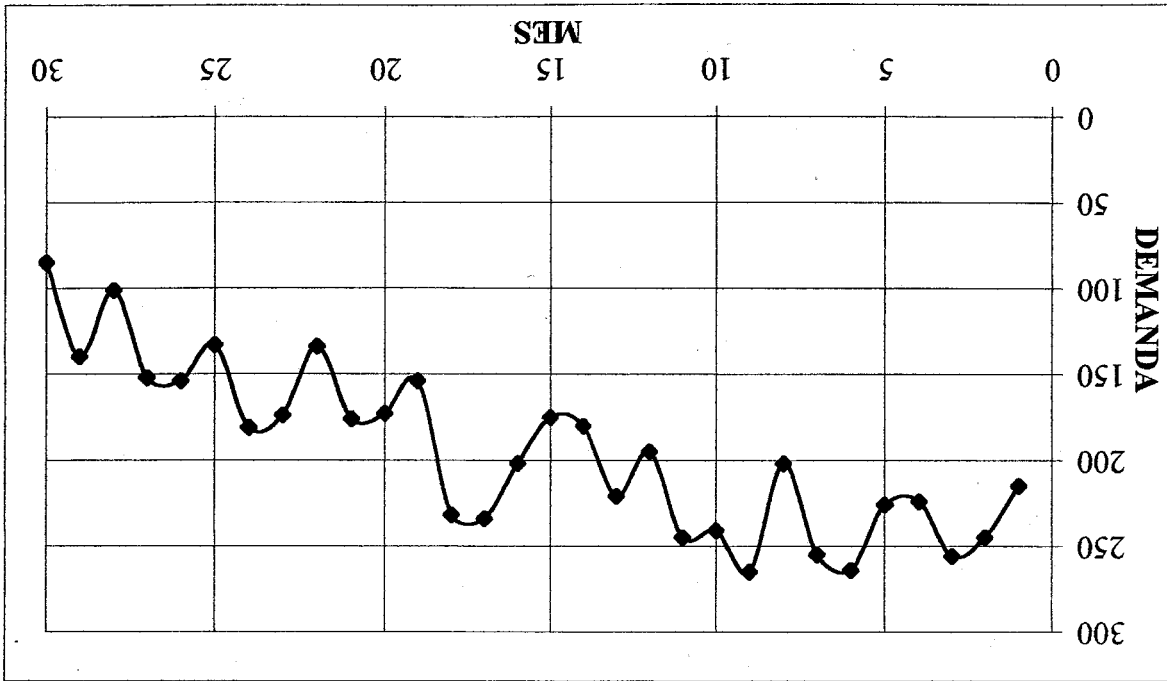


Figura 91. Comportamiento de la demanda

La *figura 91* muestra la tendencia a la baja que ha tenido la demanda del servicio automotriz desde hace prácticamente 3 años y medio. Puede incluirse una “línea de tendencia” que mostrará, aproximadamente, el futuro de la demanda en el centro de servicio, en caso de que las cosas no cambien y todo siga igual, ver *figura 92*.

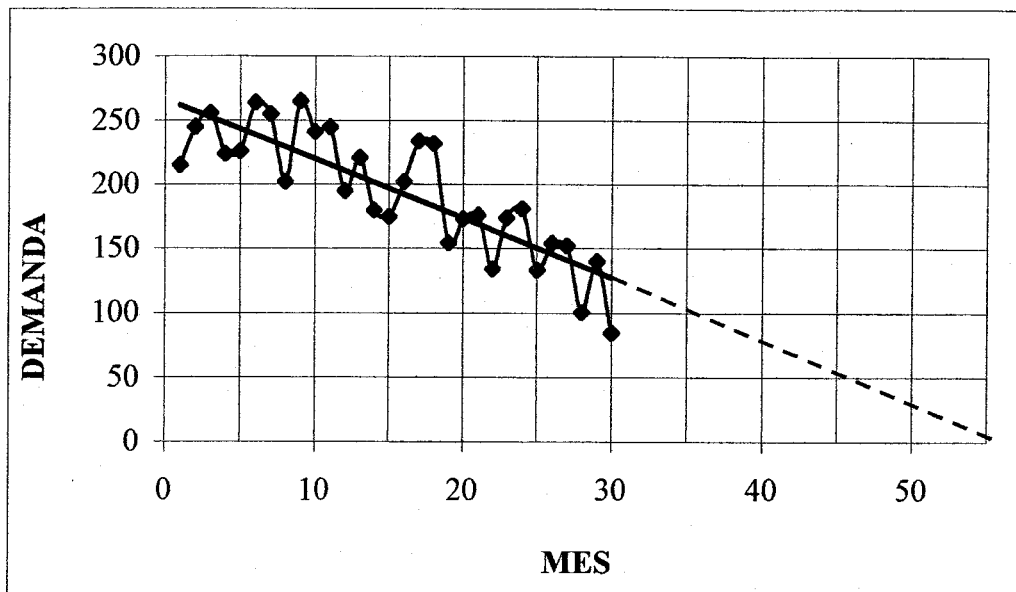
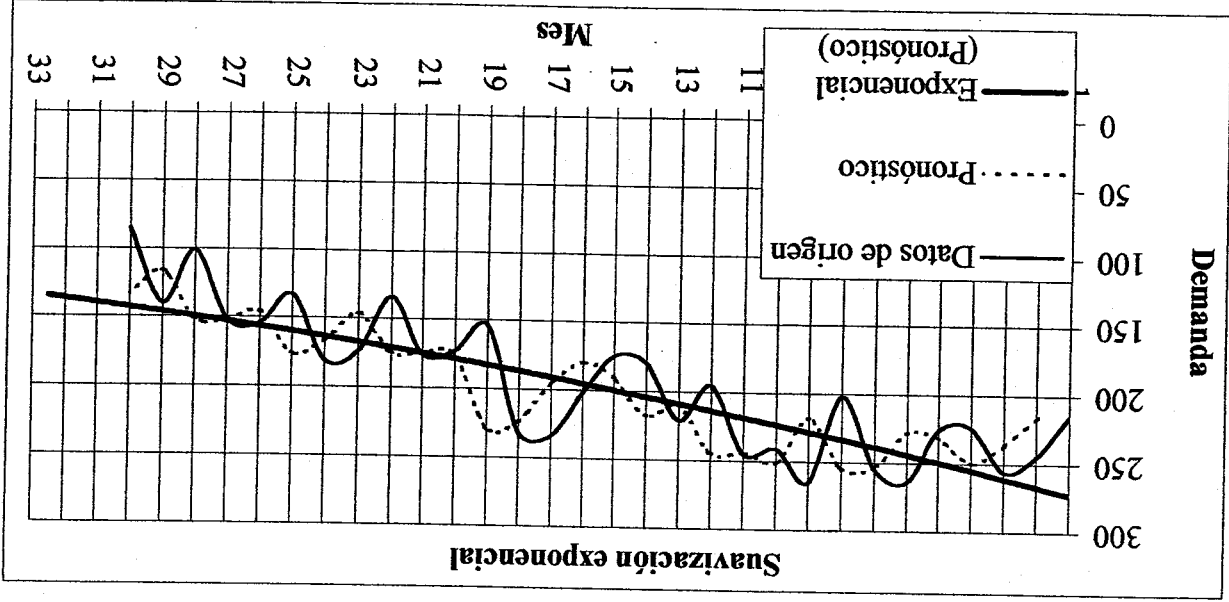


Figura 92. Línea de tendencia de la demanda

En la *figura 92* se aprecia que, de seguir así, el centro automotriz perderá todo el mercado en dos años más; es decir, la demanda será de cero. Existen varios métodos, menos burdos, de realizar pronósticos; uno de ellos es el de *promedios móviles ponderados*. En la tabla siguiente se muestran dichos promedios para dos periodos: de tres meses y de 9 meses.

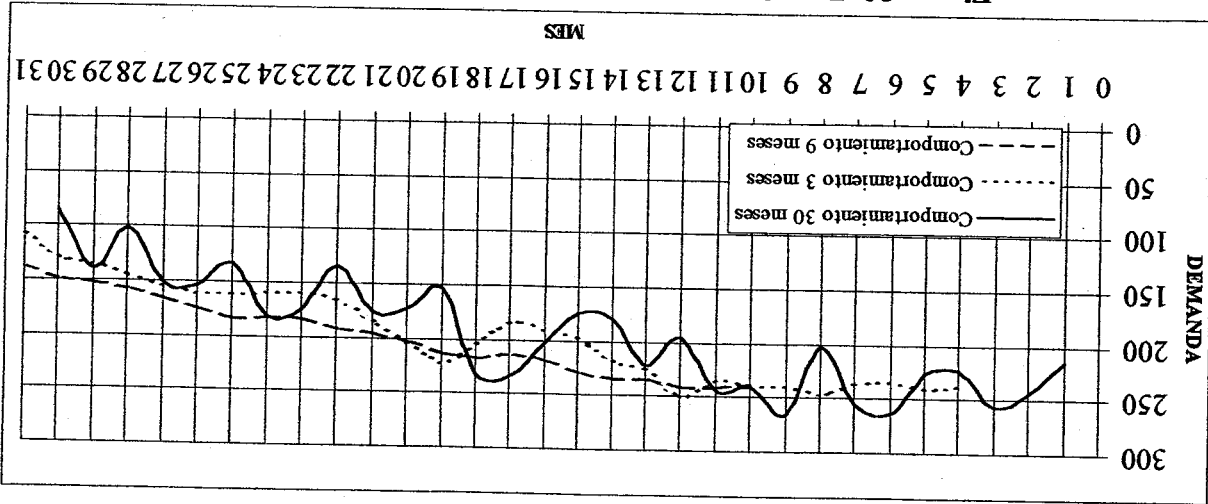
Mes	Demanda	3 meses	9 meses
1	215		
2	245		
3	256		
4	224	239	
5	226	242	
6	264	235	
7	255	238	
8	202	248	
9	265	240	
10	241	241	239
11	245	236	242
12	195	250	242
13	221	227	235
14	180	220	235
15	175	199	230
16	202	192	220
17	234	186	214
18	232	204	218
19	154	223	214
20	173	207	204
21	176	186	196
22	134	168	194
23	174	161	184
24	181	161	184
25	133	163	184
26	154	163	177
27	152	156	168
28	101	146	159
29	140	136	153
30	85	131	149
31		109	139

Figura 94. Suavización exponencial de EXCEL



El método de la suavización exponencial modifica el método de los promedios móviles ponderados asignando un mayor "peso" a los valores más recientes de una serie de tiempo y progresivamente menor a los valores más antiguos. El programa EXCEL cuenta con una rutina dentro del menú herramientas, llamado *análisis de datos*. Dentro de dicha rutina, existe un análisis dedicado a la suavización exponencial. Puede obtenerse la curva de pronóstico y solicitar que incluya una línea de tendencia, como se muestra en la figura 94.

Figura 93. Pronóstico con promedios móviles ponderados



Entonces, es posible construir una gráfica que muestre todas estas tendencias, como se aprecia en la figura 93.

3 meses $239 = \text{SUMA}(B2:B4)/3$

9 meses $239 = \text{SUMA}(B2:B10)/9$

Si la columna *Demanda* fuera la columna *B* de una tabla de EXCEL, las fórmulas para obtener el primer elemento de las columnas "3 meses" y "9 meses" son, respectivamente:

Cabe mencionar que este análisis solicita que se asigne un valor a la *constante de suavización* (α). Un valor adecuado para dicha constante puede variar entre 0.2 y 0.3. Estos valores indican que el pronóstico actual debe ajustarse entre un 20% y un 30% del error en el pronóstico anterior. Las constantes mayores generan una respuesta más rápida, pero pueden producir proyecciones erróneas, mientras que las constantes más pequeñas pueden dar como resultado retrasos prolongados en los valores pronosticados.

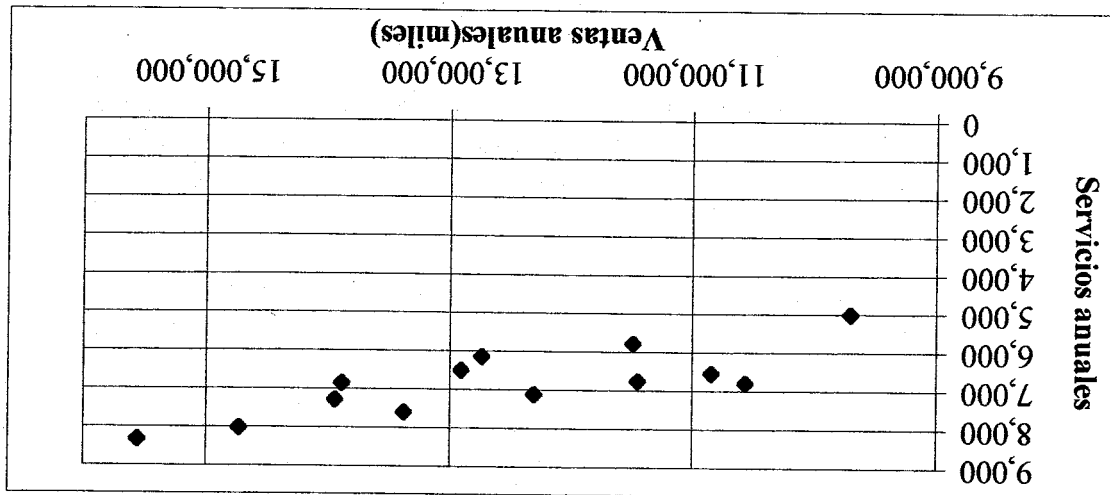
Otra forma de analizar datos históricos para generar pronósticos es la *regla del 25%*. Esta regla resulta útil cuando se tiene un dato que sobresale de los demás en un determinado periodo y en forma muy cercana a ser constante. En este caso, se solicitaron los datos del consumo de una nueva marca de bujía durante los últimos 3 meses y se proporcionaron los siguientes:

	B	C	D	E				
2	Semana	Consumo	Pronóstico	Error	Semana	Consumo	Pronóstico	Error
3	1	341			1	341		
4	2	324	341	17	2	324	=C3	=ABS(C4-D4)
5	3	329	324	5	3	329	=C4	=ABS(C5-D5)
6	4	414	411	3	4	414	=C5*1.25	=ABS(C6-D6)
7	5	363	331	32	5	363	=C6/1.25	=ABS(C7-D7)
8	6	353	363	10	6	353	=C7	=ABS(C8-D8)
9	7	390	353	37	7	390	=C8	=ABS(C9-D9)
10	8	436	488	52	8	436	=C9*1.25	=ABS(C10-D10)
11	9	349	349	0	9	349	=C10/1.25	=ABS(C11-D11)
12	10	341	349	8	10	341	=C11	=ABS(C12-D12)
13	11	398	341	57	11	398	=C12	=ABS(C13-D13)
14	12	483	498	15	12	483	=C13*1.25	=ABS(C14-D14)
15	13		386		13		=C14/1.25	
16								
17	Desviación absoluta promedio			21	Desviación absoluta promedio			=PROMEDIO(E4:E14)
18	Promedio de consumo			377	Promedio de consumo			=PROMEDIO(C3:C14)
19	% de error			6%	% de error			=E17/E18

Además de mostrar la tabla con los datos procesados, se muestran las correspondientes fórmulas de EXCEL aplicadas, suponiendo que la columna del consumo sea *C* y la del pronóstico la *D*, en las cuales se puede constatar la aplicación de este método. Solamente se hace la aclaración que la desviación absoluta promedio es una medición de la confiabilidad del pronóstico. En este caso, dicha desviación es de apenas el 6%, lo cual resulta aceptable.

Finalmente, en la *figura 95* se presenta la gráfica que contiene los resultados de este análisis. Puede apreciarse que en la extrema derecha se muestra el pronóstico para el último periodo. En este caso, la demanda crece casi de manera constante las cuartas semanas de cada mes. La opinión de los *stakeholders* es que en dicha semana aumenta el consumo de bujías, debido a que aumentan las afinaciones al acercarse el fin del periodo mensual de verificación de automóviles.

Figura 96. Gráfica de dispersión de datos



La representación gráfica de estos puntos se muestra en la figura 96:

Año	Ventas	Servicios
1993	14,740,203	8,024
1992	13,383,802	7,613
1991	12,305,231	7,121
1990	11,450,409	6,767
1989	10,846,430	6,558
1988	10,567,280	6,809

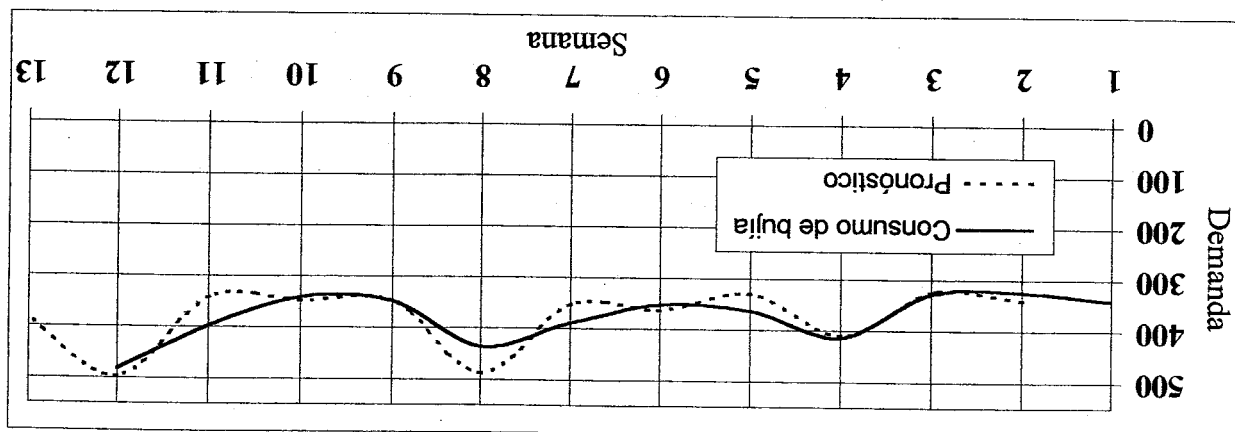
Año	Ventas	Servicios
2000	9,704,018	5,012
1999	11,489,516	5,791
1998	12,737,814	6,148
1997	13,904,405	6,860
1996	12,910,964	6,511
1995	13,959,939	7,294
1994	15,560,402	8,326

Al consultar a los *stakeholders*, se obtuvo la información siguiente:

Para aplicar este modelo, se utilizaron datos históricos que relacionan dos variables. Se investigó la relación entre el volumen de las ventas (en pesos) y el volumen de vehículos reparados (en unidades) mensualmente. Se estudió también el efecto que una de dichas variables provoca en la otra, al cambiar de valor (aumento o disminución) y viceversa.

6.5.8. Modelo de Regresión Lineal Simple

Figura 95. Pronóstico con la regla del 25%



La gráfica de la *figura 96* fue modificada para mostrar tanto la línea de tendencia como su correspondiente ecuación, obteniendo la gráfica de la *figura 97*.

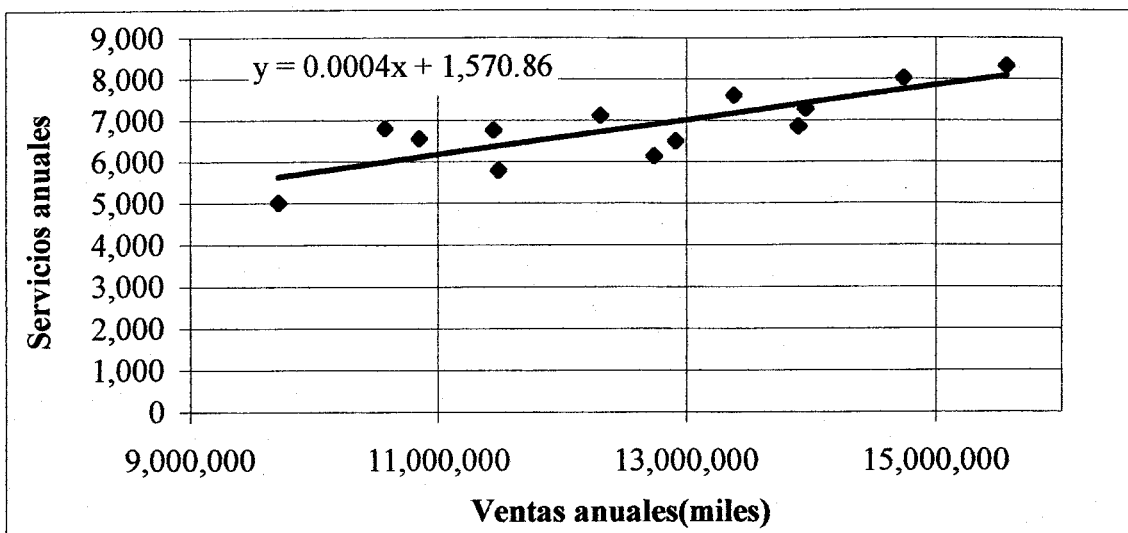


Figura 97. Línea de tendencia de datos dispersos

Ahora, la ecuación de la recta obtenida puede ayudar para realizar el pronóstico de una variable, en función de la otra. Se construyó una hoja de EXCEL que muestra la forma de hacerlo:

Periodo de tiempo	Variable Independiente	Variable Dependiente	Estimado	Error Estimado	Cuadrado del Error
1	9,704,018	5,012	5,630	617	381,066
2	11,489,516	5,791	6,377	585	342,733
3	12,737,814	6,148	6,899	751	564,070
4	13,904,405	6,860	7,387	527	277,713
5	12,910,964	6,511	6,971	460	211,819
6	13,959,939	7,294	7,410	116	13,506
7	15,560,402	8,326	8,079	246	60,662
8	14,740,203	8,024	7,736	288	82,884
9	13,383,802	7,613	7,169	444	197,359
10	12,305,231	7,121	6,718	403	162,713
11	11,450,409	6,767	6,360	407	165,826
12	10,846,430	6,558	6,108	450	202,640
13	10,567,280	6,809	5,991	818	669,176

Línea de regresión

$$y = a + bx$$

a = 1,570.8678
b = 0.0004

Estimador

Si x = 16,000,000
entonces y = 8,263

Esta tabla muestra el número de unidades que tendrían que repararse anualmente (8,263), para alcanzar un nivel de ventas de \$16'000,000, correspondiente al nivel de ventas que se tenía en 1994. Es decir, haciendo variar la celda que contiene el estimador "si x", se obtiene el comportamiento de la variable "entonces y", lo cual se interpreta como: "si quiero vender X cantidad de dinero, debo reparar Y cantidad de automóviles".

Quedó claro que ninguna solución quedaría en manos de una sola persona, sino que sería responsabilidad de todo el grupo llevarla hasta sus últimas consecuencias, como se resume en el cuadro de la figura 98.

Los compromisos asumidos se plasman en los formatos presentados en la Figura 60. Finalmente, los participantes acordaron que la manera de dar seguimiento y control a estos acuerdos sería mediante juntas o reuniones periódicas, en las que cada uno de ellos expondrían sus avances o nuevos problemas que se fueran detectando durante la implementación.

- Nombre del participante
- Manera en que realizará las acciones
- Recursos necesarios
- Forma de medir los avances

Retomando el diagrama de árbol de soluciones operativas visto en el punto 4 del presente Capítulo, cada participante elegirá una o varias de las soluciones mostradas en dicho diagrama y se comprometerá a poner en marcha las acciones propuestas. Este compromiso queda por escrito en nuevas tarjetas que incluyen:

Acciones de Implementación y Control

6.6. ACCIONES DE IMPLEMENTACIÓN Y CONTROL.

	E	F	G	H	I	J
4	=ABS(D4+E4)	=ABS(D4-E4)	=POTENCIA(F4,2)			
5	=ABS(D5-E5)	=ABS(D5-E5)	=POTENCIA(F5,2)		a =INTERSECCION.EJE(D4:D16,C4:C16)	
6	=ABS(D6-E6)	=ABS(D6-E6)	=POTENCIA(F6,2)		b =PENDIENTE(D4:D16,C4:C16)	
7	=ABS(D7-E7)	=ABS(D7-E7)	=POTENCIA(F7,2)			
8	=ABS(D8-E8)	=ABS(D8-E8)	=POTENCIA(F8,2)			
9	=ABS(D9-E9)	=ABS(D9-E9)	=POTENCIA(F9,2)			
10	=ABS(D10-E10)	=ABS(D10-E10)	=POTENCIA(F10,2)	Si x =	16000000	
11	=ABS(D11-E11)	=ABS(D11-E11)	=POTENCIA(F11,2)	entonces y =	=f5+f6*J10	
12	=ABS(D12-E12)	=ABS(D12-E12)	=POTENCIA(F12,2)			
13	=ABS(D13-E13)	=ABS(D13-E13)	=POTENCIA(F13,2)			
14	=ABS(D14-E14)	=ABS(D14-E14)	=POTENCIA(F14,2)			
15	=ABS(D15-E15)	=ABS(D15-E15)	=POTENCIA(F15,2)			
16	=ABS(D16-E16)	=ABS(D16-E16)	=POTENCIA(F16,2)			

El contenido de la hoja de EXCEL que produce los resultados de la tabla anterior se muestra a continuación. Ahí pueden apreciarse las fórmulas utilizadas y se puede constatar lo eficientes que resultan para problemas de este tipo.

SOLUCIONES	ACCIONES
Incentivar y motivar a nuestro personal, reconociendo el esfuerzo y productividad que cada uno de ellos demuestre en su trabajo.	<p>Aplicaremos los programas estandarizados de productividad y los iremos mejorando con el tiempo.</p> <p>Protegeremos a nuestros empleados haciendo más seguras las áreas de trabajo.</p> <p>Ofreceremos como incentivo el dinero y como motivador la capacitación y los días económicos.</p> <p>Depuraremos nuestro personal para que permanezcan únicamente aquellos que se comprometan íntegramente con nuestra nueva filosofía de trabajo.</p> <p>Aceptaremos que ninguna idea es mala y que tenemos la obligación de escuchar a nuestros empleados.</p> <p>Evaluaremos a nuestro personal con justicia y equidad, sin anteponer a su desempeño otros intereses.</p>
Establecer un programa de mantenimiento preventivo y correctivo (interno y externo).	<p>Contactaremos empresas externas que se hagan cargo, mediante un contrato, del mantenimiento más especializado de nuestra maquinaria y equipo.</p> <p>Implantaremos una brigada de mantenimiento preventivo que esté al pendiente del funcionamiento y apariencia de nuestra maquinaria.</p>
Realizar un estudio de tiempos y movimientos.	<p>Obtendremos la información estadística que nos indique cuánto tiempo debe durar una reparación o servicio determinado.</p> <p>Integraremos el manual de tiempos y el de procedimientos para que sepamos cuánto debe durar una reparación y qué características o rasgos distintivos le debemos dar.</p> <p>Nos preocuparemos por que todo el personal operativo lo conozca y domine.</p> <p>Haremos evaluaciones periódicas acerca del dominio de dicho manual.</p>
Elaborar un manual de procedimientos.	<p>Invertiremos recursos para determinar los procedimientos que deberán seguirse desde que un cliente llegue hasta que se retire.</p> <p>Nos apegaremos, sin excepción, a dicho manual.</p>
Implantar un sistema de calidad basado en la norma ISO9000.	<p>Investigaremos acerca de la ISO9000.</p> <p>Paulatinamente iremos incorporando estos patrones a nuestro servicio.</p> <p>Definiremos los índices de desempeño que nos indiquen que estamos cambiando para bien.</p>
Adquirir equipo de cómputo y paquetes de sistemas para controlar el almacén y los inventarios.	<p>Concuraremos el suministro e instalación de equipos de cómputo.</p> <p>Concuraremos el suministro de software y de los consumibles</p>

Figura 98. Acciones de solución

6.7. APLICACIÓN DE LA DIRECCIÓN DE OPERACIONES

No todas las acciones de solución mostradas en la *figura 96* están relacionadas con las actividades operativas del centro de servicio. De hecho, serán pasadas por alto la segunda de ellas que habla de la formación de una brigada interna de mantenimiento, la quinta que se relaciona con la implementación de un sistema de calidad ISO9000, así como la sexta relacionada con la adquisición del equipo de cómputo, el software y los consumibles.

Dentro de las acciones de solución restantes (primera, tercera y cuarta) hay conceptos que tienen una influencia secundaria en las operaciones del centro de servicio, por lo que también se omitirá su discusión en el presente trabajo. De hecho, el estudio de caso continuará centrándose en las acciones siguientes, que son las directamente relacionadas con las cuestiones operativas del centro de servicio:

- "Incentivaremos al personal en función de la productividad y el esfuerzo individual"
- "Con información estadística replantearemos el manual de tiempos de duración de servicios"

El común denominador de estas dos acciones, es que están relacionadas directamente con la productividad. La primera con la productividad de la mano de obra y la segunda con la productividad de la capacidad instalada, la disposición de instalaciones, el *outsourcing* y el mantenimiento. Esta productividad conjunta puede someterse a un estudio de *benchmarking* competitivo, que no es el objeto del presente documento, para determinar el grado de productividad que se tiene en el centro de servicio como unidad de negocio en comparación con otros talleres tranquilizados, agencias, etc.

De acuerdo con lo visto en el Capítulo III, productividad significa el *uso productivo de los recursos* del centro de servicio automotriz. Se expresa por medio de índices que contienen la medición de las *salidas* con relación a las *entradas* utilizadas para producirías.

6.7.1. Productividad de los trabajadores

Después de investigar en diversas fuentes, el *facilitador* propuso a los integrantes responsables tomar en cuenta el método *PEPS* (Programa de Eficiencia y Productividad del Servicio)⁽³¹⁾ introducido por Ford Motor Company, puesto que se ajusta plenamente a las nuevas necesidades de productividad pretendidas en el centro de servicio automotriz. Este método, entre otras cosas permite:

1. Organizar todas la operaciones que lleguen al taller de acuerdo con la habilidad de cada mecánico.
2. Asignar el trabajo con un mínimo de demora.
3. Saber cuánto de la carga de trabajo general podrá terminarse el mismo día y cuántas tendrán que esperar por uno o varios días más.
4. Terminar en menos tiempo la misma cantidad de reparaciones que ahora se realizan en un solo día.

5. Establecer un sistema de citas y así tener menos tiempo los vehículos en el taller, comprometiendo a una hora determinada la entrega.
6. Dar por resultado clientes más satisfechos, menor confusión y congestión en el taller, y una carga de trabajo que mantendrá ocupados a los mecánicos en proporción al volumen de trabajo que se recibe.

Por otro lado, como cualquier método o técnica, también presenta desventajas:

1. No genera directamente trabajo adicional a la reparación.
2. No atrae directamente más clientes.
3. No convierte directamente a los malos mecánicos en empleados eficientes.
4. No convierte en un buen controlista a una persona que no pueda adaptarse a los principios básicos del sistema.
5. No convierte en excelente a un mal Gerente de Servicio.

Se detectaron otros beneficios adicionales que consisten en:

1. El sistema está dirigido hacia la meta de agilizar la entrega de las reparaciones que llegan al taller mediante la asignación organizada del trabajo y prosecución del mismo.
2. Al terminar rápidamente las reparaciones se logra manejar un mayor volumen de trabajo, ganando los beneficios que ofrece el sistema mejorando la eficiencia general del taller.
3. El sistema ayudará a manejar un mayor tráfico de clientes.
4. Proporciona a los mecánicos la oportunidad de producir más mano de obra, reduciendo al máximo el tiempo que se pierde entre un trabajo y otro.
5. Permite al controlista mantener ocupados a todos los mecánicos.
6. Proporciona excelentes controles para todas las facetas de las operaciones de servicio y llama la atención del Gerente de Servicio hacia los factores de rendimiento, ventas y costos.

El método inicia con la definición de varios conceptos que se utilizan en *PEPS* y que se contemplan en la Dirección de Operaciones.

Hora Reloj: Es una medida de tiempo compuesta por un periodo de 60 minutos. Sirve para fijarse un número determinado de actividades que se llevarán a cabo en un día, teniendo como referencia las horas que marca un reloj convencional.

Hora Reloj Presente: Es el número de horas reloj en que está disponible un mecánico para desarrollar un trabajo.

Hora Tarifa: Determina cuánto tiempo se empleará para efectuar una operación, el cobro correspondiente al cliente y el pago al mecánico.

Como pudo apreciarse, los tiempos y las operaciones juegan un papel muy importante en esta técnica. Estos dos conceptos tendrían entonces que representarse en el *manual de tiempos y movimientos*, mismo que tendría las características siguientes:

- Esperó demasiado tiempo en el mostrador de refacciones.
- El cliente tardó mucho tiempo en autorizar la reparación.
- El controlista tardó mucho tiempo en asignarle otro trabajo.
- Encontró vehículos mal estacionados que provocaron tardanza para localizarlos.

Existen varios motivos por los que un mecánico puede no alcanzar el 120% de eficiencia y por lo tanto la productividad que de él se espera. La investigación realizada mostró que dentro de los principales motivos destacan que el mecánico encontró problemas como:

- Es el número de horas tarifa producidas por un mecánico, tomado en cuenta como base de comparación el número total de horas de trabajo disponible (*horas potenciales*).
- La productividad del mecánico se mide sobre la base de horas reloj disponibles multiplicadas por 1.2 (*factor de eficiencia*), lo que da por resultado las horas tarifa que se pueden producir (*horas tarifa potenciales*).

Productividad: También existen varios parámetros que definen la productividad en los talleres de servicio automotriz:

Lo anterior indica que a nivel nacional en 1.0 horas reloj se podrá desempeñar un trabajo de 1.2 horas tarifa. Es decir, se trabaja con un *factor de eficiencia de 1.2 o 120%*.

$$\frac{1.2 \text{ horas tarifa}}{1.0 \text{ horas reloj}} = 120\% \text{ de Eficiencia promedio (Factor de Eficiencia)}$$

Según los estudios realizados por Ford Motor Company, un mecánico mexicano promedio tiene un grado de capacidad de realizar una operación equivalente a 1.2 horas tarifa en 1.0 horas reloj; entonces:

$$\frac{\text{Horas Tarifa}}{\text{Horas Reloj}} = \text{Eficiencia}$$

- Se adquiere con el paso del tiempo y se desarrolla con la práctica de adquirir habilidad y destreza en el trabajo que se desempeña.
- Siempre se evaluará en base a tiempo.
- Se mide en porcentaje, como la relación entre la realización de un trabajo en un tiempo determinado:

Eficiencia: Se contempla desde el punto de vista de varios aspectos:

- a. Comprende todas las actividades repetitivas que se efectúan en el taller, así como el tiempo tarifa correspondiente a cada una de ellas.
- b. Permite conocer el tiempo aproximado para efectuar una operación.
- c. Permite programar el trabajo de cada mecánico al conocer los tiempos de cada operación.
- d. Mide la productividad del personal en función de la productividad alcanzada, medida en horas tarifa.
- e. Determina la cantidad a pagar al mecánico por operación (reparación o servicio) efectuada y de la misma forma la cantidad a cobrar al cliente por dicha operación.
- f. Es el elemento donde se estructuran las políticas de pagos y cobros del taller de servicio.

Continuando con el estudio de caso, fue analizada la productividad de un mecánico afinador y su ayudante, aplicando el método PEPS. De dicho estudio se desprende la posibilidad de incentivar a estas personas, tomando en cuenta sus niveles de productividad. Se obtuvo la información siguiente que muestra las actividades realizadas por este equipo de trabajo en una semana:

	Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado	
	Servicios	Horas Tarifa	Servicios	Horas Tarifa	Servicios	Horas Tarifa	Servicios	Horas Tarifa	Servicios	Horas Tarifa	Servicios	Horas Tarifa
Afinación convencional	3	3	3	3	4	3	2	3	3	3	2	3
Afinación fuel injection	2	4	1	4	1	4	0	0	2	4	1	4
Lavado de inyectores	1	2	0	0	1	2	0	0	2	2	0	0
Número de servicios	6	19	4	13	6	18	2	6	7	21	3	10

Esta tabla de producción se resumió en el cuadro siguiente:

Servicio	Número de Servicios	Horas Tarifa	Horas Tarifa Producidas
Afinación convencional	17	3	51
Afinación fuel injection	7	4	28
Lavado de inyectores	4	2	8
TOTALES	28		87

Tomando en cuenta que la producción semanal en este caso fue relativamente baja y que ni el mecánico ni su ayudante faltaron o llegaron tarde en toda la semana, el método *PEPS* indica los resultados siguientes:

Horas Presente: lunes a viernes de 9:00 hrs. a 18:00 hrs. (menos una hora de comida) y sábados de 9:00 hrs. a 14:00 hrs.

8 horas * 5 días = 40 horas
 5 horas * 1 día = 5 horas
Horas Presente = 45 horas

Operación	Capacidad	Estandarización
Afinación	1 / 1 hora	1.00 / hora
Frenos	1 / 2 horas	0.50 / hora
Hojalatería/Pintura	1 / 4 horas	0.25 / hora
Suspensión	1 / 3 horas	0.33 / hora
TOTAL		2.08 / hora

Aunque para todos los casos de varias líneas de servicio que alimentan a una sola se realizó un análisis similar, se mostrará el correspondiente a la línea de *servicio de entrega*. El primer paso consistió en obtener de los *sakkeholders* la tasa promedio de entrega de unidades de cada una de ellas. Los resultados se muestran a continuación:

En el estudio de caso que se presenta, se hará referencia a cuatro líneas de servicio: afinación, frenos, hojalatería/pintura y suspensión. Estas cuatro líneas, al final de sus procesos entregan las unidades a otra estación de servicio conocida como *servicio de entrega*. En esta última, se lava la carrocería, se aspiran los interiores y se realiza una inspección de rutina general al vehículo, para posteriormente ser entregado al cliente.

6.7.2. Productividad de las instalaciones

$$\$1,128 * 0.4 = \$451.20 \text{ semanales}$$

Se estableció que el pago correspondiente al ayudante sería del 40% del pago otorgado al mecánico; en el estudio de caso:

TOTAL DEL PAGO SEMANAL AL MECÁNICO		\$1,128	
Horas tarifa producidas en la semana	\$ por hora producida	Horas tarifa producidas	Pago semanal
Las primeras y hasta 54 horas	12	54	648
De las 55 hasta las 81 horas	14	27	378
A partir de las 82 horas	17	6	102

La etapa siguiente consiste en establecer un tabulador de pago por hora tarifa producida. Por consenso, los participantes acordaron fijar el tabulador que se muestra a continuación:

Los resultados anteriores indican que el trabajo del mecánico que se está analizando tuvo una eficiencia del 193% que no es malo por estar arriba del 120%. Por otro lado, su productividad resultó del 161%, que también resulta ser bastante bueno por estar arriba del promedio de las agencias a nivel nacional que está alrededor del 140%; sin embargo, debe destacarse que hay agencias cuya productividad llega al 320% por mecánico.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Horas Tarifa Producidas}}{\text{Horas Presente} * 1.2} = \frac{87}{45 * 1.2} = 161\%$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Horas Tarifa Producidas}}{\text{Horas Presente}} = \frac{87}{45} = 193\%$$

En cuanto a la línea de *servicio de entrega*, la tasa promedio de unidades terminadas es la que se muestra a continuación:

Operación	Capacidad unidades/hora	Estandarización unidades/hora
Servicio de Entrega	1 / 0.75 hora	1.33 / hora
	TOTAL	1.33 / hora

Resultó sencillo comprobar que la línea de *servicio de entrega* no podía atender a la totalidad de vehículos suministrados por las cuatro líneas de servicio. Esto provocaba que se formara una línea de espera (cola o cuello de botella) a razón de:

$$2.08 - 1.33 = 0.75 \text{ unidades por hora}$$

Dado que un día normal de trabajo consta de 8 horas laborables, entonces al final del día habían rezagadas:

$$0.75 \text{ unidades por hora} * 8 \text{ horas} = 6 \text{ unidades diarias}$$

Puesto que las cuatro líneas de servicio proporcionaban 2.08 unidades por hora, diariamente se tenían en total:

$$2.08 \text{ unidades por hora} * 8 \text{ horas} = 16.64 \approx 17 \text{ unidades diarias}$$

De estas 17 unidades, se retrasaban 6 unidades por falta de servicio de entrega. Este cuello de botella reducía la entrega de unidades en un 35% de la capacidad del servicio.

Este problema se había minimizado dentro del centro de servicio, porque las unidades retrasadas el día anterior se atendían a primera hora del día siguiente, mientras que las cuatro líneas de servicio se encontraban en proceso de trabajo en las unidades. A medio día empezaban a entregar las primeras unidades y para entonces, la línea de servicio de entrega ya había terminado con las del día anterior. Si bien operativamente no representaba mayor conflicto, aquí se encontraron 6 automóviles retrasados que pudieron ser devueltos con más de medio día de anticipación a sus dueños.

La solución propuesta fue mantener permanentemente una línea de servicio de entrega en operación, y a partir de las 12:00 horas activar una segunda línea. La productividad combinada de ambas líneas transformaron el servicio de entrega en:

Operación	Capacidad unidades/hora	Estandarización unidades/hora	Acumulación unidades
Servicio de entrega 9:00 a 12:00 horas	1 / 0.750 hora	1.33 / hora	4.0 unidades
Servicio de entrega 12:00 18:00 horas	1 / 0.375 hora	2.66 / hora	13.3 unidades
	TOTAL		17.3 unidades

En el cálculo de la cantidad de unidades atendidas entre las 12:00 y las 18:00 horas, se descontó una hora de comida del personal. Con los resultados obtenidos, la capacidad de la línea resultó de 17.3 unidades al día y la demanda diaria del servicio de 16.6 unidades, por lo que resultó un factor de seguridad del 4%.

6.8. CONCLUSIONES DE CAPÍTULO

Se ha presentado una situación real de un centro de servicio automatiz en operación. Fueron descritas tanto su situación, como sus características. Su problemática empezó a analizarse bajo el enfoque de las técnicas heurísticas, integrando al grupo de trabajo, definiendo el problema específico por resolver y ordenando el problema de manera que resultara más sencilla y práctica su solución.

La técnica TKJ mostró su poderosa aplicación, haciendo interactuar al grupo de trabajo en la búsqueda del logro de un objetivo común. Cuando se logra visualizar un problema desde muy diversos puntos de vista, no solamente el administrativo o el operativo, la solución parece más precisa, toda vez que un mayor grupo de personas se avocan a una sola tarea en común, para lo cual requieren tener una visión amplia de la situación.

Se construyeron modelos conceptuales para representar gráficamente y sencillamente las situaciones que se presentan en el centro de servicio. Haciendo uso de ellos, se llegó a identificar y diseñar una solución para el problema. Esta solución queda compuesta de varias actividades, cuya soluciones parciales proporcionan la solución del problema central.

Los modelos matemáticos tienen una gran aplicación en estas actividades de solución, por lo que, a partir de encuestas realizadas a los *stakeholders*, se reunió la información y datos suficientes y necesarios para desarrollar estos modelos cuantitativos. Se optimizaron los inventarios, las líneas de servicio, las tareas que conforman las actividades de los servicios y se aprendió a estimar al futuro situaciones de demanda, partes, componentes, ventas y servicios.

Finalmente, fueron establecidas las acciones de implementación y control que sería adoptadas en el centro de servicio, para lograr la optimización de sus operaciones. El resumen de soluciones y acciones contiene, además de los aspectos técnicos de optimización, una gran variedad de actividades administrativas que deberán realizarse en conjunto con las primeras para poder alcanzar los resultados esperados. Esto comprueba que la optimización de las operaciones no se reduce al trabajo técnico exclusivo, sino que toma la participación importante del aspecto humano en la integración de soluciones.

CONCLUSIONES GENERALES

EL ANALISTA DE INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

Dirigir una organización u operación compleja, tal como un centro de servicio automatizado, requiere coordinación precisa de materiales, máquinas y gente. Los analistas de investigación de operaciones ayudan a coordinar y operar de la manera más eficiente estos recursos (que por su valor se consideran escasos) aplicando métodos científicos y principios matemáticos a los problemas organizacionales.

Los analistas de investigación de operaciones son solucionadores de problemas. Los problemas que atacan se relacionan en su mayoría con las organizaciones de negocios: estrategia, pronósticos, distribución de recursos, disposición de medios, control de inventarios, calendarización de personal y sistemas de distribución. El método que utilizan involucra un modelo matemático (conjunto de ecuaciones) que explica la manera en que ocurren las cosas dentro de la organización. Dicho modelo es una representación simplificada que permite al analista dividir los sistemas en partes, asignar valores numéricos a cada componente y examinar las relaciones matemáticas entre ellos. Estos valores pueden ser alterados para determinar qué ocurriría bajo diferentes circunstancias, lo que hace extensivo el uso de los recursos computacionales en su trabajo. La mayoría de los modelos matemáticos son tan complicados que sólo una computadora los puede resolver eficientemente.

Sin considerar la estructura de la organización, la investigación de operaciones vincula un conjunto similar de procedimientos. Los administradores comienzan el proceso describiendo los síntomas de una situación problemática al analista, quien se avoca a definir concretamente el problema por resolver, el cual puede ser de naturaleza general o específica. Después, el analista aprende lo más posible acerca del problema; lo divide en pequeños componentes y lo investiga para acumular toda la información disponible acerca de cada una de esas partes. Esta investigación requiere consultar a un gran número de personas relacionadas directamente con la situación problemática (*stakeholders*).

Con esta información, el analista selecciona los valores para las variables requeridas y alimenta a una computadora, la cual realiza los cálculos necesarios para producir los resultados. El analista presenta el trabajo final a la administración además de ciertas recomendaciones basadas en los resultados de los análisis. Para la toma final de decisiones se requerirán corridas adicionales basadas en diferentes suposiciones. Una vez que se toma una decisión, el analista trabaja para asegurar su instrumentación.

Los analistas de investigación de operaciones se requieren en la mayoría de las empresas manufactureras, químicas, metal mecánicas y de equipo de transporte, así como en empresas que proveen servicios de transporte, telecomunicaciones, bancos, agencias de seguros y servicios públicos. Algunos analistas trabajan en agencias de consultoría que desarrollan aplicaciones de investigación de operaciones para empresas medianas o pequeñas que no tienen personal de este tipo.

Debido a la importancia que esta cobrando el análisis cuantitativo en la toma de decisiones y a la cada vez mayor disponibilidad de recursos computacionales con las capacidades requeridas para correr aplicaciones de investigación de operaciones a muy bajos costos, un mayor número de empresas está usando técnicas cuantitativas para mejorar su productividad, eficiencia operativa, reducir costos y aumentar utilidades. Esto ha permitido que hasta las pequeñas empresas se interesen por la investigación de operaciones.

PERSPECTIVA DE LOS CENTROS DE SERVICIO AUTOMOTRIZ

Los centros de servicio automotriz forman parte del conjunto de las micro y pequeñas empresas nacionales, ubicándose dentro de los sectores económicos del comercio y los servicios. Dentro del sector comercio, porque compran y venden refacciones automotrices nacionales y de importación; dentro del sector servicios, porque venden reparaciones y mantenimiento de vehículos automotrices.

Debido al contexto globalizador actual, las micro y pequeñas industrias mexicanas han sufrido un fuerte impacto económico con la entrada de poderosos competidores extranjeros al mercado nacional. Estas nuevas empresas traen consigo la moderna filosofía de negocios que contempla: excelencia en el servicio, calidad total, servicio al cliente, justo a tiempo, control de precios, productividad, competitividad y la dirección de operaciones. El micro y pequeño empresario mexicano promedio, muestra grandes deficiencias técnicas y administrativas en lo que a estas disciplinas se refiere. Por un lado se encuentran inmersos en su esfuerzo por prolongar la existencia de sus empresas y por otro los términos mencionados resultan casi por completo desconocidos para ellos.

Las empresas extranjeras que han llegado a nuestro país se han organizado en *franquicias*. Este esquema contempla la formación de una empresa *centralizadora* y varias *filiales* alrededor de ella. Desde luego la primera subsiste con las aportaciones de las segundas. La empresa centralizadora se hace responsable de las funciones de: contabilidad, legal, recursos humanos, finanzas, compras, desarrollo tecnológico, mercadotecnia, inversiones, etc. de sus filiales, las cuales se dedican casi por completo a la producción y ventas. Un esquema simplificado de la operación de las franquicias se muestra en la *figura 99* siguiente:

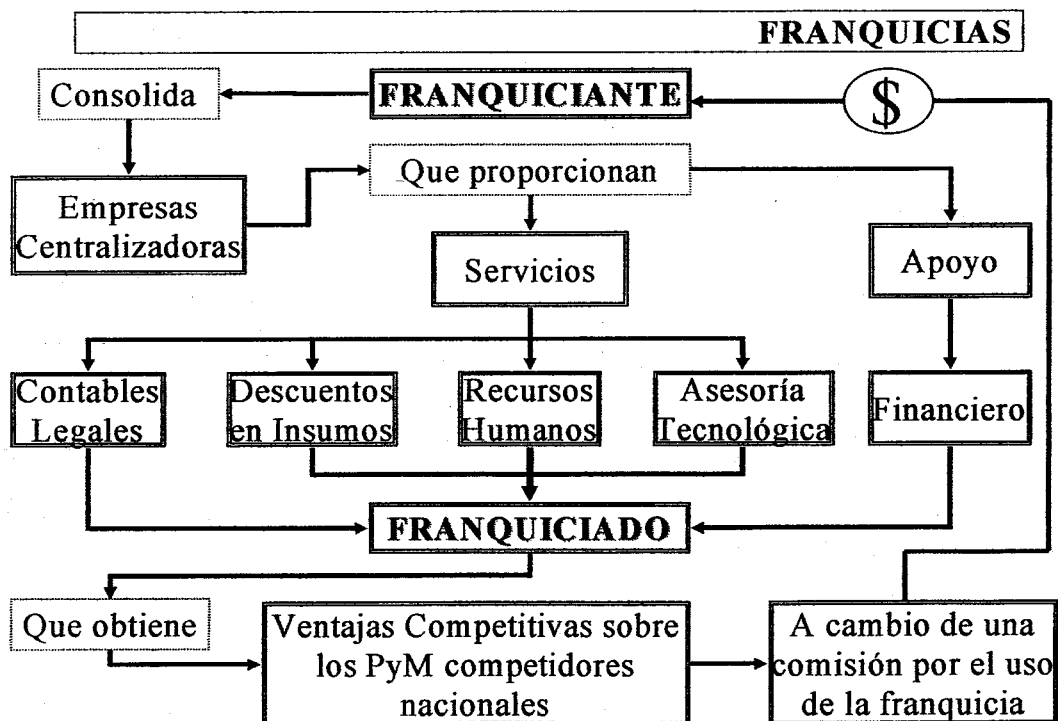


Figura 99. Esquema simplificado de la operación de las franquicias.

Evidentemente, el micro y pequeño empresario mexicano debe ser muchísimo más versátil y controlar casi personalmente todos los aspectos que no son críticos en un taller franquiciado. Además de las funciones de producción y ventas, el empresario nacional asumirá el resto de las funciones reduciendo considerablemente su tiempo disponible para la empresa. Por otro lado, sin importar el esfuerzo realizado por el empresario, un taller franquiciado obtiene mejores precios de sus proveedores de insumos, debido a que la empresa centralizadora compra por volumen fuerte, con atractivos descuentos, para todas sus filiales. Con la ayuda de la centralizadora, las filiales se evitan la inversión en sostener almacenes, lo que les permite acercarse mucho a la teoría de *justo a tiempo*, que reduce aun más los costos al eliminar casi por completo los inventarios y almacenes.

Por nombrar otras desventajas con las cuales están compitiendo los empresarios mexicanos dedicados a los centros de servicio automotriz, cabe destacar la presencia de agencias concesionadas (que condicionan la garantía de los automóviles nuevos para asegurar períodos cada vez más largos de servicio), los talleres clandestinos (que al margen de la ley proporcionan servicios a menor precio y calidad) y otros talleres particulares establecidos (que compiten por el mismo y cada vez más reducido mercado). El empresario mexicano, si quiere que su empresa sobreviva, deberá romper con sus paradigmas y reconocer que además de la excelencia en las operaciones, requiere de la alianza estratégica con otros empresarios en condiciones similares a las de él, para lograr ventajas competitivas claras.

TÉCNICAS HEURÍSTICAS

Los asuntos técnicos, en particular los operativos, tradicionalmente han sido resueltos utilizando técnicas duras o cuantitativas, porque ese ha sido el enfoque que la mayoría de los centros de estudios superiores y de posgrado han dado a los ingenieros que preparan. Los ingenieros relegan en sus estudios los aspectos de las relaciones humanas, sociedad y trabajo en equipo, a cambio de aprender las herramientas cuantitativas para la solución numérica de los problemas. Poco a poco se han dado cuenta que en ocasiones resuelven problemas que no son el problema principal o *raíz*, con la consecuente pérdida de tiempo y recursos que esto implica.

El interés fundamental del autor en este trabajo, fue definir una metodología que contemplara a las técnicas suaves o heurísticas como valiosas herramientas de apoyo en la detección de problemas operativos, mediante la participación activa de las personas directamente involucradas en los problemas (*stakeholders*), con el objeto de acortar los pasos de las metodologías de investigación de operaciones y garantizar el trazo de la línea de acción más corta hacia la solución de problemas operativos. Se presentaron diversas técnicas heurísticas, que pueden aplicarse todas o no, dependiendo del problema con el que se esté tratando. Fueron expuestas las técnicas para ordenar problemas en su conjunto, para formular problemáticas y para definir problemas concretos por resolver, todas ellas partiendo de las relaciones interpersonales participativas como herramienta de acción.

Para ordenar el problema se propusieron la metodología de los sistemas suaves y el modelo del diamante, que convergieron en la elaboración de modelos conceptuales para definir lo que *es* el centro de servicio en su estado actual y lo que *debería ser*. Estos modelos representan de manera sencilla y gráfica las situaciones problemáticas ya estructuradas, resultando más conveniente la participación de los grupos de trabajo, porque sus aportaciones pueden incluirse rápidamente en dichos modelos. Se abrió con mayor facilidad la posibilidad de la discusión y aportación de ideas. Permitieron localizar con mayor facilidad las causas de los problemas y las interrelaciones entre ellos.

Como herramienta para definir el problema concreto por resolver, el autor propuso el uso de la técnica TKJ por considerar que es la que reúne prácticamente a todas las etapas de las técnicas suaves. El componente fundamental es la participación de los *stakeholders* en todo el proceso y etapas de la técnica. Se obtiene cierta seguridad en cuanto a que efectivamente se están buscando las causas reales de los problemas y el camino andado llevará a soluciones efectivas. Esta técnica abarca desde la formulación de la problemática, hasta la definición de acciones de implementación y control, pasando por la identificación y diseño de la solución.

INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

Se establecieron los principios de la investigación de operaciones o ciencia de la administración. Esta disciplina pretende distribuir eficazmente los recursos que estén limitados, para lo cual requiere de la participación de grupos multidisciplinarios que dominen, interactuando juntos, los diversos ámbitos de las operaciones. La investigación de operaciones proporciona los procesos o procedimientos que ayudan a resolver problemas, para lo cual utiliza otro tipo de modelos, llamados matemáticos, los cuales extraen la esencia operativa del problema y lo resuelven utilizando técnicas cuantitativas. En esta parte resulta conveniente resaltar el sentido de abstracción que debe estar siempre presente como parte del *ingenio* de los ingenieros. Cada vez más, los ingenieros pierden su capacidad de abstracción de la realidad, lo cual les impide utilizar otras virtudes como el raciocinio, la meditación, el ingenio y la valoración subjetiva. Desde luego, los que aún puedan abstraerse, si después no logran aterrizar sus conclusiones en el *mundo real*, sus propuestas pueden quedar como simples idealizaciones. Tan importante es poder abstraerse, como después poder materializar los conceptos idealizados.

Brevemente se expusieron los inicios, evolución y características sobresalientes de la investigación de operaciones. Dentro de estas últimas, fueron descritos los pasos del método científico en la investigación de operaciones. Cabe destacar que el punto referente a *definir el problema*, prácticamente parte del hecho que dicho problema ya es conocido y no deja claro el papel que debería desempeñar el analista de operaciones si tal problema fuera desconocido. Es precisamente por esta debilidad que el autor propone incluir las técnicas heurísticas en la definición de problemas.

Se discutieron los modelos matemáticos y algunas de las clases de ellos. También se establecieron sus componentes y las relaciones que establecen dichos componentes entre ellos. Se presentó una metodología para la solución de modelos matemáticos, dentro de la cual invariablemente queda incluida la computadora y sus paquetes de sistemas.

DIRECCIÓN DE OPERACIONES

Con el objeto de mostrar un panorama general de la nueva tendencia mundial hacia la dirección de operaciones, se describió la forma en que esta disciplina interviene directamente en las organizaciones. La dirección de operaciones empieza por ordenar y discriminar los elementos componentes de un centro de servicio, para identificar claramente cuáles son entradas, cuáles salidas y cuáles procesos. Estos procesos transforman o convierten *entradas*, a las cuales les agrega valor, para producir *salidas*. Se establecieron las diferencias de las operaciones en sus dos vertientes, la producción de manufacturas y la producción de servicios.

Existe un panorama general que debe estar presente dentro de la visión del analista de operaciones, desde luego las técnicas cuantitativas como componente técnico de su formación, pero también el enfoque de sistemas donde el todo es más importante que la suma de las partes. La ética, la conveniencia y las prioridades son los otros aspectos importante en su formación. Dentro de la dirección de operaciones, los conceptos de productividad, competitividad, diseño y proceso de servicios, capacidad, instalaciones, balanceo de líneas, medición del trabajo, *outsourcing*, calendarización, mantenimiento y *benchmarking*, son términos que en la actualidad deben ser conocidos y comprendidos por todos los empresarios que pretendan competir a un nivel de moderna empresa. Pasarios por alto es negar la existencia real de un mercado globalizado y altamente competitivo.

Quedo establecido que existe una diferencia fundamental entre la investigación y dirección de operaciones. La segunda es de carácter administrativo y emplea las herramientas de la primera, con carácter puramente técnico, para resolver problemas operativos tipo.

TÉCNICAS CUANTITATIVAS

Son precisamente las herramientas de la investigación de operaciones. Dentro de las áreas operativas de un centro de servicio automotriz, existen ciertas actividades que pueden optimizar los procesos de servicio, tanto hacia clientes internos como externos. Dentro de dichas actividades destacan el manejo y control de inventarios, las líneas de espera, la ruta crítica y el pronóstico. Para todos estas actividades, existen técnicas cuantitativas de optimización que mediante el uso de modelos matemáticos y con la ayuda de computadoras y programas, rápidamente provocan soluciones alternativas modificando las condiciones originales de la situación problemática, lo que permite ampliar enormemente el campo de acción del *decisor*. Cada técnica fue expuesta en cuanto a su teoría y se presentaron, a excepción de la ruta crítica, algunas variantes de cada una de ellas. En los inventarios, el modelo de análisis ABC y el modelo de cantidad económica de orden. En las líneas de espera los modelos de líneas de espera con una y con varias estaciones de servicio, llegadas tipo Poisson y tiempo de espera exponencial y en el pronóstico el modelo de suavización exponencial y el modelo de regresión simple.

PROPUESTA METODOLÓGICA

Este Capítulo contiene otro más de los objetivos específicos del presente documento y sin duda el más interesante, puesto que muestra la metodología propuesta por el autor para enfrentar problemas operativos tipo presentes en los centros de servicio automotriz, utilizando conjuntamente las técnicas heurísticas y las cuantitativas.

Quedo establecido que la mayor parte del trabajo en la solución de problemas operativos tiene que ver con las técnicas heurísticas y consiste en formular concretamente la problemática por resolver. Además, se resaltó que para lograr esta formulación del problema, la participación de los sistemas computacionales y de las técnicas cuantitativas es escasa, puesto que las técnicas heurísticas se basan casi por completo en el trabajo de participación interpersonal. Precisamente este trabajo tan "*humano*" representa la principal debilidad de las técnicas heurísticas, puesto que implica llegar al consenso de las personas en cuanto a las causas y solución de un problema, teniendo que superar situaciones tan subjetivas como sentimientos, comportamientos, percepciones, etc.

Se resaltó la importancia monumental que implica la participación de los *stakeholders*, como personas directamente involucradas en la situación problemática, así como la no menos importante actividad del encuestamiento para obtener de los *stakeholders* la información específica de interés, para resolver la problemática operativa.

La metodología que se propone en este Capítulo, implica llevar a cabo el cumplimiento de cuatro etapas: situación problemática, modelos conceptuales, modelos formales y modelos de solución. Se incluyen, además, otras dos actividades secundarias que son: validación y retroalimentación. La metodología completa implica formular la situación problemática y conceptualizarla mediante modelos, para posteriormente formalizarlos. Antes de pasar a la solución del problema, los modelos formalizados deberán validar la situación problemática. Cuando se establecen los modelos que darán solución al problema, hay que asegurarse que retroalimentan a los modelos conceptuales, para finalmente pasar a la implantación de resultados en la situación problemática. Mediante estudios de *benchmarking*, se determina si de esta implantación surge una mejora en la productividad y competitividad; en caso afirmativo, se estará frente a una posible situación de mejora operativa continua; de lo contrario, seguramente el problema planteado es el equivocado y habrá que regresar al principio y repetir la metodología nuevamente.

Puede parecer que en el desarrollo de la propuesta metodológica se incluyen aspectos muy extensos y que quedan fuera de la parte operativa de los problemas; sin embargo, el autor considera que para poder atacar problemas operativos, es necesario tener una visión amplia de la situación que prevalece dentro de los centros de servicio automotriz. Así, tanto los análisis de sistemas y de obstáculos, como las proyecciones y escenario de referencia ayudan a tener una percepción muy amplia de la empresa, necesaria para poder resolver posteriormente los problemas operativos.

Se mostró cómo el enfoque de la caja negra, las especificaciones de las propiedades deseadas y los enfoques funcional y estructural se dedican a definir lo que *es* el centro de servicio automotriz en su estado actual y por otro lado, el análisis causa-efecto, el diagrama de relaciones, la definición del problema concreto por resolver y la técnica TKJ especifican lo que *debería hacer* el centro de servicio automotriz.

Cuando se definen los modelos formales y los modelos de solución, es cuando por primera vez durante la metodología propuesta se incluyen a las técnicas cuantitativas. Los modelos formales establecen los tipos de modelos cuantitativos que podrían utilizarse y la correspondiente información que sería requerida para su aplicación, para lo cual se resalta la importante contribución de los árboles de decisión. Finalmente, los modelos de solución requieren necesariamente del uso de sistemas computacionales para poder llegar mediante iteraciones a la solución mejor u óptima del problema. El aspecto que en este sentido se reasaltó fue la necesidad de poder proporcionar datos de entrada valiosos y representativos, para obtener resultados igualmente útiles. De otro modo, aún la computadora y sistema más sofisticado, no podrán dar credibilidad a los resultados, si los datos de entrada no son fidedignos y confiables.

En la parte final del Capítulo se menciona la manera de establecer y aplicar los mecanismos de implantación, seguimiento y control, para lo cual es necesario definir los indicadores de desempeño como puntos de referencia del grado de impacto que lleguen a tener los cambios operativos implantados en el centro de servicio automotriz.

La última parte de este documento, incluyó un estudio de caso en donde se aplicó la metodología propuesta a un centro de servicio automotriz en funcionamiento y susceptible de ser mejorado en cuanto a sus operaciones. Se describieron sus características (ubicación, entorno, dimensiones, y distribución), equipo, servicios disponibles, organización, personal, cronología y actividades internas de primordial importancia, mismas que permitieron conocer al cliente, resultados esperados, apoyo del consejo de administración, disponibilidad de recursos, tiempo para la intervención, información, estructura y niveles de autoridad. Con esta descripción se adquirió un conocimiento suficientemente profundo de los aspectos generales internos del centro de servicio. A continuación se aplicaron las cuatro etapas de la metodología propuesta.

En primer lugar se formó el grupo de trabajo integrado por 5 personas relacionadas directamente con las operaciones del centro de servicio (*stakeholders*) y un *facilitador* (papel asumido por el autor del presente trabajo). Inmediatamente después, y con la participación de los *stakeholders*, se realizó un análisis de sistemas para conocer la naturaleza, desempeños pasado y presente, ambiente, estructura, estilo administrativo, políticas, prácticas con respecto al personal y operaciones del centro de servicio. Este análisis permitió generar varios diagramas de flujo, a partir de los cuales se llegó, mediante consenso, al resumen mostrado en la *figura 100*. En este diagrama se aprecian las etapas por las cuales debe pasar todo cliente (persona o vehículo) que llega al centro de servicio automotriz. En él se muestran también los posibles puntos de falla que podrían presentarse durante el proceso de servicio, así como las soluciones o medidas inmediatas de solución (*poka-yokes*). Cabe aclarar que este diagrama de flujo no existía antes de que se interviniera el centro de servicio y que con su construcción se logró que los *stakeholders* adquirieran un mayor conocimiento acerca de las áreas de desempeño de los demás, las cuales, hasta entonces, se habían mantenido independientes y aisladas lo cual las mantenían fuera del alcance del personal ajeno al departamento en cuestión.

A continuación se procedió a detectar los obstáculos internos y externos que se presentan en el centro de servicio automotriz, así como las discrepancias y conflictos internos correspondientes, sobresaliendo que la rapidez y precio del servicio no podían equipararse con los ofrecidos por talleres tranquilizados, el manejo de propinas, la calidad de los proveedores, los conflictos entre las áreas de almacén y producción, así como el efecto en el personal por la pérdida paulatina y progresiva de clientes. Se concluyó este análisis con el establecimiento de las proyecciones y escenario de referencia, los cuales mostraron el futuro del centro de servicio en caso de adoptarse las medidas de desempeño y los supuestos determinados por los *stakeholders*. Este futuro demostró que sería posible recuperar el 45% del mercado total de la zona de influencia, el cual resultó significativamente mayor al 20% que se estimaba como cautivo a la fecha del estudio.

La realización de este análisis permitió a los *stakeholders* definir el problema específico por resolver: LAS OPERACIONES DENTRO DEL CENTRO DE SERVICIO NO SON OPTIMAS. Esta afirmación tuvo el apoyo del comportamiento de la demanda por los servicios del centro de servicio a lo largo del tiempo (13 años), según lo mostró el estudio de estructura del problema.

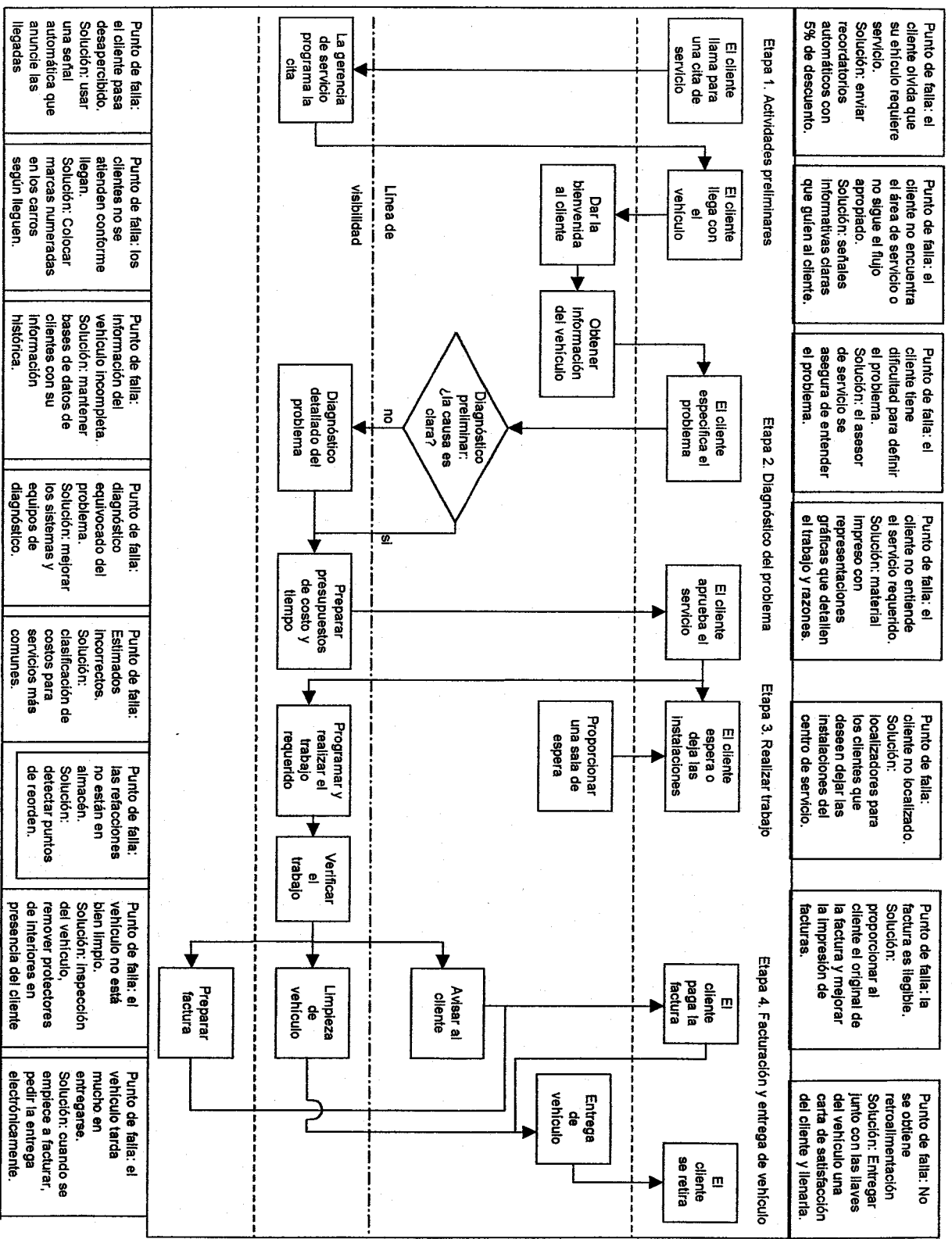


Figura 100. Resumen de diagrama de flujo.

Una vez definido el problema específico por resolver, se puso en marcha la segunda etapa de la metodología que consistió en construir los modelos conceptuales. Con el modelo de la caja negra se especificaron las entradas (materiales, maquinaria, personal e información), sistema de transformación (proceso de servicio), salidas (servicios), desechos y el entorno controlable (mercados, clientes y ambiente) por el centro de servicio. Los modelos funcional y estructural permitieron ubicar a los participantes en el proceso de servicio y en la interacción de los departamentos de la parte operativa del centro de servicio. Con el apoyo de los tres modelos anteriores, se aplicó la técnica TKJ derivando en la construcción de los diagramas de causa-efecto y de relaciones que permitieron obtener seis causas raíz de los problemas operativos: falta de planeación de inventarios, mantenimiento, incentivos, producción, calidad y falta de un programa de tiempos y movimientos. Estas seis causas raíz se representaron gráficamente en un diagrama de árbol de problemas operativos.

La tercera etapa de la metodología consistió en identificar las diferencias entre los modelos conceptuales y lo que se estaba realizando en el centro de servicio en ese tiempo. Así, se obtuvo un diagrama de árbol de soluciones que daba respuesta a las deficiencias especificadas en el diagrama de árbol de problemas. Los *stakeholders* llegaron al acuerdo de concursar las actividades de instalación de equipo de cómputo, consumibles, programas para el manejo de bases de datos inventarios y control de almacenes, así como el suministro del mantenimiento correctivo para la maquinaria y herramienta. Por otro lado, la implantación de las soluciones inherentes al personal, manuales de tiempos y movimientos, creación de brigada de mantenimiento preventivo y los programas de calidad fue pasada por alto, puesto que rebasó los objetivos del presente documento ya que no queda comprendida dentro de la parte operativa del centro de servicio. En la parte final de esta etapa, el *facilitador* propuso utilizar para la solución de los problemas operativos detectados, varios modelos matemáticos que a su juicio podían desarrollarse con la información y recursos de sistemas (cómputo) disponibles en el centro de servicio; es decir, manejo de inventarios (análisis ABC y EOO), líneas de espera (una sola y múltiples estaciones de servicio), PERT/CPM (ruta crítica) y pronóstico (suavización exponencial y regresión lineal).

Finalmente, previo encuestamiento y obtención de la información correspondiente, en la cuarta etapa de la metodología se construyeron los modelos matemáticos que resolvieron las situaciones operativas presentes en el centro de servicio automatiz en ese momento. Así, se optimizaron los inventarios mediante la clasificación de sus artículos, la determinación de *cuánto* y *cuándo* ordenar otro pedido y la cantidad de orden que minimiza los costos del inventario. Se determinó el número de estaciones de servicio requeridas para una determinada demanda y el costo mínimo que implicaría cada una de ellas. Dentro de los procesos de servicios, se estudió la manera de detectar las actividades que pueden llegar a ser críticas y evitar su retraso para no convertir en *cuello de botella* una estación de servicio. Se utilizaron varios modelos de pronóstico para proyectar la demanda, las ventas y los servicios, así como las relaciones entre ellos. Para la construcción de dichos modelos, se recurrió al programa EXCEL de Microsoft y particularmente a la herramienta SOLVER que permite automáticamente proporcionar el máximo o mínimo óptimo de una cifra en análisis.

A continuación, se presentan cuadros comparativos y gráficas que muestran las condiciones operativas *antes y después* observadas en el centro de servicio a partir de la aplicación de la metodología propuesta en el presente estudio. Cabe aclarar que varias de estas condiciones no pudieron compararse cuantitativamente, puesto que no se encontraron datos anteriores en el centro de servicio que lo permitieran.

El modelo de análisis ABC arrojó como resultado que debería tenerse primordial cuidado con los artículos de afinación mostrados en el cuadro siguiente. Sin embargo, antes de la aplicación de la metodología, no se contaba con ningún mecanismo o control para vigilar la existencia de los artículos que por su valor en el inventario revestían una mayor importancia. Simplemente, se ordenaban al "sentimiento" del personal lo cual provocaba faltantes de refacciones claves para el óptimo desempeño del inventario.

ANTES		DESPUÉS	
REGIÓN A		REGIÓN A	
Concepto	% de ventas acumulado	Concepto	% de ventas acumulado
		Inyector 4	11.9
		Inyector 1	19.9
		Inyector 2	27.8
NO SE ENCONTRARON DATOS ANTERIORES QUE PERMITIERAN REALIZAR ESTE COMPARATIVO		Inyector 3	33.1
		Inyector 5	38.4
		Sensor de oxígeno 3	42.6
		Válvula IAC 3	46.2
		Válvula IAC 5	49.6

Una encuesta al personal reveló que prestaban mayor atención a artículos tales como bujías, filtros y aceites, dejando para prácticamente en su momento de utilización el pedido de las refacciones descritas en la tabla anterior. El criterio se basaba en el grado de movimiento y en el costo de compra de las refacciones.

Respecto al modelo de cantidad de orden económica, se detectaron serias diferencias entre los resultados que por tradición se habían obtenido en el centro de servicio y lo proporcionados por la metodología. La causa principal, se debió a la falta de un criterio para ordenar refacciones, tanto en tiempo como en cantidad, con el consecuente aumento del costo del inventario. A continuación se muestran los resultados para la bujía 3:

Concepto	Parámetro	Indicador	Antes	Después
Demanda anual	3,000 piezas	Piezas por orden	450	310
Costo de establecer una orden	\$40.00	Órdenes al año	6.67	9.68
Plazo de entrega del proveedor	4 días	Órdenes por mes	0.56	0.81
Días laborables al año	250	Costo total inventario	\$829.17	\$774.60
Costo unitario del artículo	\$10.00	Demanda diaria piezas	12	12
Tasa de mantener el inventario en bodega al año	25%	Punto reorden días	37.5	26
		Punto reorden piezas	48	48

Los resultados mostrados indican que antes se realizaban 7 ordenes de 450 bujías al año, con un costo anual de \$830 y teniendo que reordenar cada 38 días hábiles. Después de aplicar la metodología, se realizarán 10 ordenes de 310 bujías al año, con un costo anual de \$775 y teniendo que reordenar cada 26 días hábiles. Si bien por un lado aumenta el número de ordenes anuales, por otro lado disminuye la cantidad mensual a ordenar (con un beneficio financiero) y además se abaten los costos del inventario en más o menos un 7%. Considerando que el movimiento anual del almacén en dinero es de prácticamente \$3'000,000.00, puede esperarse un ahorro superior a los \$200,000.00 anuales por este concepto.

muestra a continuación:

El modelo de la ruta crítica se aplicó en el servicio de frenos generales. Se obtuvo como resultado que durante este servicio, cuatro de las catorce actividades permanecían como *no críticas* y tenía una duración de 119 minutos en total. Sin embargo, utilizando este modelo se maximizó la velocidad del servicio, detectando primero las actividades no críticas y reduciendo después la duración de cada una de ellas mediante el mejoramiento de la productividad de los mecánicos. El cuadro comparativo se

Aunque en cuanto a costo resultó más barato tener dos estaciones de servicio y no aumentar la tasa de llegadas, desde el punto de vista de las utilidades resultó más rentable mantener dos estaciones y aumentar la tasa de llegadas en 42%. En el primer caso, las estaciones permanecían ocupadas con un solo vehículo recibiendo servicio en promedio. Sin embargo, en el segundo caso permanentemente se obtuvieron dos autos recibiendo servicio y uno más en línea de espera. A pesar de que los tiempos en línea de espera y de permanencia en el servicio aumentan en el segundo caso con relación al primero, éstos se mantienen dentro de los parámetros normales de espera y duración de servicio.

DESPUES			ANTES			
Citas	Dos Citas	Dos estaciones y +42% de clientes	Citas	Una estación	estación	
8	8	8	3.5	8	8	
10	7	7	7	7	7	
1.24	0.88	0.88	2	0.88	0.88	
0.81	1.14	1.14	0.5	1.14	1.14	
7.92	7.92	7.92	7.92	7.92	7.92	
Horas de servicio al día						
Servicios terminados por hora	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	
Tiempo esperado de servicio (horas)	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	
Factor de utilización	0.50	0.50	2.27	0.99	0.50	
Probabilidad de que NO hayan autos en la estación	17%	34%	1%	1%	17%	
Automóviles en línea de espera	1	0	94	0	1	
Automóviles en la estación	3	1	95	1	3	
Tiempo en línea de espera (minutos)	66	22	6,446	22	66	
Tiempo de permanencia en la estación (minutos)	134	90	6,514	90	134	
Probabilidad de que un auto que llegue tenga que esperar por el servicio	58%	33%	99%	33%	58%	
Costo servicio	400	400	200	400	400	
Costo espera	1,500	500	47,500	500	1,500	
Costo total	1,900	900	49,500	900	1,900	
			NO ADMISIBLE POR QUE EL FACTOR DE UTILIZACION ES > 1			

Por lo que corresponde al modelo de líneas de espera, las condiciones del lavado y engrasado presentaban una alta saturación del servicio durante las primeras 3.5 horas de la mañana. Con una adecuada programación por citas, se logró evitar la saturación del servicio; sin embargo, no podía recibirse trabajo adicional puesto que la línea de servicio permanecía "a tope" todo el día. Entonces, se abrió una estación de servicio adicional, que bajo las mismas condiciones de demanda permaneció muy relajada, por lo que permitió aumentar la tasa de llegadas de clientes en 42%, lo que hizo más rentable el servicio.

CONCEPTO	ANTES	DESPUÉS
Número de actividades	14	14
Duración del servicio en minutos	119	100
Actividades críticas	4	0
Servicios realizados por día	4	5

Puede apreciarse que el tiempo de este servicio se redujo en 19 minutos, lo que representa un 16% de mejora en la productividad de los trabajadores. Mientras que antes de aplicar la metodología de producían 4 servicios de frenos generales diariamente, después de su aplicación, se aumentó a 5 servicios diarios sin tener que disponer de mayores recursos.

En cuanto a los modelos de pronóstico, cabe aclarar que con anterioridad a la aplicación de la metodología propuesta, no se conocían ni utilizaban en el centro de servicio mecanismos formales para pronóstico de eventos; si acaso, se elaboraban estimaciones burdas de los acontecimientos por suceder. El *facilitador* se vio en la necesidad de prácticamente enseñar a utilizar esta herramienta a los *stakeholders* para poder realizar pronósticos de ventas, cantidad de materiales, demanda, etc. la cual resultó de sumo interés y utilidad para del centro de servicio. Era totalmente desconocido para el personal el uso de las funciones gráficas de EXCEL que relacionan tablas de datos con representaciones gráficas y más aún las funciones de TENDENCIA y SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL con que cuenta este programa.

La etapa final del estudio de caso contempló la aplicación de la dirección de operaciones. En primer lugar se trató el aspecto de la productividad de los trabajadores, para el cual se propuso un método de evaluación llamado *PEPS*, el cual implica una mayor productividad, con el consecuente incremento en las ventas de servicios y refacciones, así como los salarios de los mecánicos. Se mostró la manera de utilizar la productividad como factor de cálculo de incentivos.

CONCEPTO	ANTES	DESPUÉS
Número de mecánicos	10	9
Número de ayudantes	10	8
Servicios semanales promedio	28	33
Sueldo semanal por mecánico promedio	\$1,128	\$1,465
Eficiencia	193%	239%
Productividad	161%	199%
Ausentismo (días por mes)	2.6	1.9

Los resultados mostrados en la tabla anterior, corresponden a seis meses después de haber puesto en marcha la metodología propuesta. Destaca la reducción del número de personal y sin embargo, se observa una mejora en todos los aspectos: aumento en los servicios realizados a la semana, mejora en la productividad y eficiencia, reducción del ausentismo y un incremento en los salarios de los trabajadores. Evidentemente, las cifras anteriores demuestran un crecimiento en las utilidades del centro de servicio. El estado de ánimo de los mecánicos era más alentador, puesto que el trabajo que antes realizaban diez personas, ahora se repartía entre nueve y, proporcionalmente, los ingresos que antes se repartía entre diez, ahora se hacía entre nueve. El mismo personal tomaba ahora como parte de su responsabilidad el que no hubieran áreas de trabajo bloqueadas u ociosas, y presionaban al controlista y al jefe de taller para que se les asignara su trabajo más rápido que antes. Asimismo, se notó un mayor cuidado con las herramientas y maquinaria, con el fin de evitar en la medida de lo posible las fallas súbitas por mal uso o abuso de ellas.

Los resultados a los que nos referimos son de muy corto plazo, queda pendiente corroborar y adecuar el efecto de estas acciones con el tiempo. Además, no se conocen los resultados de las negociaciones que le Gerente Administrativo ha estado realizando por su cuenta, tratando de establecer alianzas estratégicas y reducir los costos de los insumos. En la medida que las operaciones se optimicen cada vez un poco más y las condiciones administrativas lo permitan, el centro de servicio automatiz tiene amplias posibilidades de resurgir y empezar a recuperar a sus antiguos clientes.

Las instalaciones se despejaron, los inventarios se redujeron, los servicios se realizaron más rápido y los ingresos del centro de servicio y de su personal mostraron una mejora. Mejoría no debida todavía al aumento de las ventas, sino a la reducción de costos.

Con la aplicación de la metodología propuesta en el presente estudio, el centro de servicio estudiado pudo ser mejorado en prácticamente todas las cuestiones operativas en que fue intervenido. Muchos de los resultados, aunque obvios, nunca habían llamado la atención de los *stakeholders*. Estaban acostumbrados a una situación de hace muchos años y no habían pensado que tal vez pudiera funcionar mejor.

COMENTARIOS FINALES

Antes de aplicar la metodología, se acumulaban cerca de 6 carros diarios por la falta de servicio de entrega. Después de realizar el estudio de productividad, se tomó la decisión de introducir un segundo turno para el servicio de entrega entre las 12:00 y las 18:00 horas. De esta manera, el rezago se convirtió en cero y por primera vez en la historia del centro de servicio de trabajaba con un margen de seguridad del 4%.

CONCEPTO		
ANTES	DESPUES	
Unidades/hora suministradas al servicio de entrega	2.08	2.08
Capacidad por hora del servicio de entrega	1.33	2.22
Unidades rezagadas por día	6	0
Factor de seguridad	0%	4%

En segundo lugar, se procedió a estudiar la productividad de las instalaciones. Se demostró cómo las instalaciones para el servicio de entrega llegan a bloquearse formando un *cuello de botella* al acumular un cierto número de automóviles ociosos, por el simple hecho de que *"siempre ha sido así"*. Al tener capacidad de programación y con la implementación de alternativas temporales de refuerzo (algo muy poco usado en México) se agiliza la entrega de unidades a sus dueños, sin necesidad de estar perdiendo espacio de trabajo valioso.

- 16) Como Reducir los Costos de su Negocio. Peter D. Brunt. Ventura Ediciones S.A. de C.V. México 1991.
- 17) Costos I. Introducción al Estudio de la Contabilidad y Control de los Costos Industriales. Cristóbal del Río González. ECASA. México 1985.
- 18) Como promover su Empresa y sus Productos. Un manual práctico de Relaciones Públicas para el Empresario. Panorama Editorial. México 1992.
- 19) Presupuestos. Planificación y Control de Utilidades. Glenn A. Welsch, Ronald W. Hilton, Paul N. Gordon. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. México 1990.
- 20) Modelos Cuantitativos para Administración. K. Roscoe Davis, Patrick G. McKeown. Grupo Editorial Iberoamericana. México 1986.
- 21) Investigación de Operaciones. Richard Bronson. Mc Graw-Hill. México 1998.
- 22) El Nuevo Directivo Racional. Analisis de Problemas y Toma de Decisiones. Charles H. Kepner, Benjamin B. Tregoe. Mc Graw-Hill. México 1999.
- 23) Las Finanzas en la Empresa. Información Analisis, Recursos y Planeación. Joaquín Moreno Fernández. Instituto Mexicano de Contadores Públicos, A.C., México 1997.
- 24) Quantitative Analysis for Management / Charles P. Bonini, Warren H. Hausman, Harold Bierman. Irwin Book Team. United States 1997.
- 25) La Eficiencia Administrativa. 20 actividades para lograrla (un manual de entrenamiento). Mike Lewis y Graham Kelly. Editorial Norma, S.A. Bogota Colombia 1989.
- 26) Teoría y Problemas de Publicidad. Herbert F. Holtje. McGraw-Hill. México 1987.
- 27) La Asignación Óptima de Recursos Económicos. L.V. Kantorovich. Editorial Ariel, S.A. Barcelona España 1968.
- 28) Matemáticas Financieras. Benjamin de la Cueva G. Universidad Nacional Autónoma de México. México 1971.
- 29) Trampas en la Toma de Decisiones. Diez barreras para una brillante toma de decisiones y cómo superarlas. J. Edward Russo y Paul J.H. Schoemaker. Instituto de Contadores Públicos, A.C. México 1989.
- 30) Matemáticas Financieras. A. Diaz Mata, V.M. Aguilera Gómez. McGraw-Hill. México 1988.
- 31) El Nuevo Espíritu del Empresario. Espíritu que engrandece. Lawrence M. Miller. Editores Asociados Mexicanos, S.A. México 1989.
- 32) Como destruir una Empresa en 12 meses ... o antes. Errores y omisiones en la dirección. Luis Castañeda. Ediciones Poder. México 1992.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Los Primeros Pasos al Mundo Empresarial. David Ibarra Valdés. Editorial Limusa, S.A. de C.V. México 1991.
- 2) Ingeniería de Servicios, Para crear clientes satisfechos y lograr ventajas competitivas sustanciales y sostenibles. Luis R. Picazo Manríquez y Fabián Martínez Villegas. McGraw-Hill. Mexico 1991.
- 3) La Excelencia en el Servicio. Cómo identificar y satisfacer las expectativas y necesidades del cliente. Karl Albrecht y Lawrence J. Bradford. LEGIS Editores, S.A. de C.V. Bogotá, Colombia 1990.
- 4) Mercadeo de Servicios. Una guía práctica. John Courtis. Ventura Ediciones, S.A. México 1989.
- 5) Administración, Contabilidad y Costos. José E. Ocampo Sámano y Alejandro Garrido Sánchez. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, división de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Departamento de Ingeniería Industrial. México 1982.
- 6) La Empresa y su Medio. Raymond E. Glos, Richard D. Steade, James R. Lowry. Grupo Editorial Iberoamérica S.A. México 1983.
- 7) Tu Futuro en tu Propio Negocio. Salvador García Liñan. Editorial PAX México, Librería Carlos Césarman, S.A. México 1988.
- 8) Cómo Iniciar un Nuevo Negocio. Creación, marcha y permanencia. Gregory F. Kishel y Patricia Gunter Kishel. Editorial Limusa. México 1990.
- 9) Economía de la Pequeña Empresa. Hacia una economía de redes como alternativa empresarial para el desarrollo. Clemente Ruiz Durán. Editorial Planeta Mexicana, S.A. de C.V. México 1995.
- 10) Calidad en el Trabajo. Guía Personal de Estándares Profesionales. Diane Bone y Rick Griggs. Grupo Editorial Iberoamérica. México 1992.
- 11) La Satisfacción del Cliente. La Otra Mitad de su Trabajo. Dru Scott, Ph.D. Grupo Editorial Iberoamérica. México 1992.
- 12) Dirección de los Servicios de Calidad al Cliente. William B. Martin, Ph.D., Grupo Editorial Iberoamérica. México 1992.
- 13) Cómo Comprender los Estados Financieros. Guía Práctica de Aplicaciones Financieras para Gerentes no Financieros. James O. Gill. Grupo Editorial Iberoamérica. México 1992.
- 14) Almacenes. Planeación, Organización y Control. Alfonso García Cantú. Editorial Trillas. México 1989.
- 15) El Ejecutivo en la Empresa Moderna. Fabián Martínez Villegas. Editorial PAC, S.A. de C.V. México.

- 33) 13 Errores Fatales en que Incurren los Gerentes (y cómo evitarlos). W. Steven Brown. Editorial Norma, S.A. México 1986.
- 34) Matemáticas Financieras. Frank Ayres, Jr. McGraw-Hill. México 1989.
- 35) Matemáticas para Administración y Economía. Ernest F. Haussler, Jr. y Richard S. Paul. Grupo Editorial Iberoamérica, S.A. México 1987.
- 36) Matemáticas y Métodos Cuantitativos, para Comercio y Economía. Stephen P. Shao. South-Western Publishing Co. Ohio E.U.A. 1978.
- 37) Memoria de Operación. Centro Automotriz GUIMSA. Aportación Personal.
- 38) Programa de Eficiencia y Productividad en los Servicios. Ford Motor Company, México. Interpretación Personal.
- 39) International Business, a managerial perspective, Second Edition. Rick W. Griffin y Michael W. Pustay. Addison-Wesley Publishing Inc., U.S.A. 1998.
- 40) Planificación de la Empresa del Futuro, Russell L. Ackoff, México Limusa 1986.
- 41) Dirección por Servicio, Joan Gimbra, Rafael Arana de la Garza, McGraw Hill, México 1990.
- 42) Operations Management for competitive advantage, Chase B. Richard, Aquilano J. Nicholas, Jacobs F. Robert, McKraw-Hill/Irwin, United States 2001.
- 43) Production Operations Management, Stevenson J. William, McGraw Hill, United States 1999.
- 44) Production and Operations Management, total quality and responsiveness, Noori Hamid, Radford Russell, McGraw Hill, United States 1995.
- 45) Introduction to Management Science, Hillier S. Frederick, Hillier S. Mark, Lieberman J. Gerald, McGraw-Hill, United States 2000.
- 46) Contemporary Management, Jones R. Gareth, George M. Jennifer, Hill W.L. Charles, McGraw-Hill, United States 1998.