

01168



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**“UN SISTEMA PARA EL DISEÑO DE INVENTARIOS:
EL CASO DE UNA MICROEMPRESA DISTRIBUIDORA
DE INSTRUMENTOS PARA LA MEDICIÓN DE
FLUIDOS”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA
(INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES)**

PRESENTA:

MAYRA ELIZONDO CORTES

DIRECTOR: DR. RICARDO ACEVES GARCÍA



CIUDAD UNIVERSITARIA,

2000



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

AGRADECIMIENTOS

*A mis papás, Elvira y Ronald,
por todo lo que siempre me han querido,
por estar siempre a mi lado apoyándome,
y por hacer de mí, el ser humano feliz
e independiente que soy.*

*A mis hermanos, Nadia y Francisco,
porque son parte de mí,
y porque sé muy bien
lo mucho que me quieren.*

*A toda la familia Cortés Ríos y derivados,
mis abuelos, tíos, primos, sobrinos y cuñados.
Porque formo parte de ella y porque me ha dado
varios de los momentos más felices de mi vida.*

*Al Dr. Ricardo Aceves García,
por su apoyo, valoración y ejemplo.*

*A mis amigos, por todo el afecto
que me han dado siempre.*

*A todos, con todo mi amor, y porque el
darles mi cariño es ciertamente
una de las razones de mi vida.*

*Agradezco muy especialmente, la valiosa colaboración en el
desarrollo de este trabajo a:*

*Beatriz Flores Gheno y
Francisco Elizondo Cortés.*

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| Introducción | 1 |
| I. Marco contextual | 4 |
| 1.1 La micro, pequeña y mediana empresa mexicana | 4 |
| 1.2 La optimización de las operaciones como posibilidad competitiva | 13 |
| II. Formulación de la problemática | 21 |
| 2.1 La microempresa mexicana Metroflux S.A. y su problemática | 21 |
| 2.2 Necesidades de la compañía | 30 |
| 2.3 Alternativas de solución | 33 |
| III. Propuesta de solución | 36 |
| 3.1 Análisis y selección de alternativas | 36 |
| 3.2 Diseño de la propuesta | 39 |
| 3.3 Captura o importación de datos | 50 |
| 3.4 Análisis de datos | 50 |
| 3.5 Selección del método de pronóstico | 53 |
| 3.6 Monitoreo del pronóstico | 54 |
| 3.6.1 Señales de rastreo | 54 |
| 3.6.2 Gráficas de control | 54 |
| 3.7 Interfaz con LINGO | 55 |
| 3.8 Presentación de resultados | 57 |
| 3.9 Construcción de escenarios | 57 |
| IV. Desarrollo del software | 60 |
| 4.1 Diseño | 60 |
| 4.1.1 El lenguaje de programación Delphi | 61 |
| 4.1.2 Pantallas | 65 |
| 4.2 Pruebas | 73 |
| 4.3 Puesta en marcha | 80 |
| V. Resultados, conclusiones y extensiones | 83 |
| 5.1 Resultados | 83 |
| 5.2 Conclusiones y extensiones | 95 |
| Bibliografía | 98 |
| Anexos | |



Introducción

*“Para mí la educación significa formar creadores,
aun cuando las creaciones de una persona
sean limitadas en comparación con las de otra. Pero
hay que hacer innovadores, inventores, no conformistas”.*
J. PLAGET

Una de las finalidades primordiales de la Ingeniería es la solución de problemas. Desafortunadamente existe un gran conflicto cuando se desea llevar al ámbito de lo real, las teorías y técnicas que pueden adecuarse a la solución de situaciones problemáticas. El papel del investigador operativo como especialista en Ingeniería, debe ser, de quien logre “bajar” dichos conocimientos que parecen estar en un nivel ajeno e inalcanzable, a la realidad cotidiana de los tomadores de decisiones que actúan en innumerables posibilidades de campos de acción. Dicha tarea no es nada sencilla. Debe existir un respaldo teórico suficientemente fuerte, cierto grado de experiencia, creatividad, audacia, sensibilidad, sentido común, actitud de servicio, entre otras. Parece de inicio fantasioso, sin embargo, de alguna manera, las mencionadas son precisamente algunas de las cualidades con que debe contar un egresado del posgrado en Ingeniería de nuestra máxima casa de estudios.

El presente trabajo desarrolla la manera de dar solución a un problema real planteado por la cía. Metroflux S.A. Una microempresa mexicana en operación, que se dedica a la distribución de instrumentos para la medición de fluidos en la industria química. Las micro, pequeñas y medianas empresas (MPME's) mexicanas, constituyen un subsector de nuestra economía, que juega un papel sumamente importante, debido a la generación de un gran número de empleos, así como la distribución del ingreso. Además tiene un alto potencial de desarrollo y posibilidades competitivas, debido a sus peculiares características de dinamismo y flexibilidad. A pesar de ello, las MPME's, enfrentan una compleja problemática que involucra factores tales como: apertura comercial no planificada, falta de estímulos fiscales, escasa incorporación de la tecnología, sistemas de administración deficientes, etc., y el apoyo que el gobierno presta a este subsector, es definitivamente insuficiente.

Uno de los obstáculos principales, que detienen el crecimiento de las MPME's, es la falta de recursos para inversión en proyectos de desarrollo. Por lo cual se hace necesario, encontrar, estrategias alternativas para lograr que dichas empresas sean



competitivas. La competitividad resulta de esencial importancia en el contexto actual de globalización comercial, ya que una empresa, sea cual fuere su dimensión o actividad, y que cumpla con dicha característica, será capaz de adaptarse a los cambios, aprender de los obstáculos, aprovechar las oportunidades y reconocer las amenazas. Esto es, le proporcionará habilidades de sobrevivencia en el inestable, sorpresivo y cambiante entorno económico mexicano. Es importante considerar, que la optimización de operaciones, es una disciplina que aporta un amplio y poderoso conjunto de herramientas, que fortalecen las habilidades mencionadas, encaminadas a la competitividad de las empresas y organizaciones.

De tal suerte, es necesario dirigir, todos los esfuerzos necesarios, al auge de las MPME's mexicanas, contribuyendo así, finalmente al desarrollo de la economía de todo el país.

En particular, para el caso de la empresa, Metroflux S.A., la gerencia ha decidido ampliar su mercado incluyendo una línea de producto adicional a los productos que ya maneja. Para ello requiere hacer ajustes en los recursos destinados a la compra de inventarios de los demás productos. De tal forma, la gerencia de Metroflux S.A. ha solicitado ayuda para la solución de dicho problema, el cual supone, tendrá un mejor resultado, si se aplican técnicas de la optimización de operaciones.

Así, el objetivo del presente trabajo es dar solución al problema del diseño óptimo de inventarios, para la elaboración adecuada de órdenes de compra de productos, y conocer los recursos monetarios necesarios que deben ser destinados a la satisfacción de las demandas pronosticadas, pudiendo así, planear la asignación de recursos para el manejo de líneas de productos nuevos. La anterior se podrá lograr, por medio de un sistema de cómputo elaborado en el lenguaje de programación DELPHI, que haciendo uso de técnicas de pronóstico y de programación entera, esta última a través de una interfaz con un paquete de propósito específico, apoyará a la gerencia de la cía., en la toma de decisiones para el diseño de sus inventarios.

El contenido del trabajo presentado se describe a continuación.

En el capítulo I, Marco contextual, se presenta la situación actual de la micro, pequeña y mediana empresas mexicanas, subsector que juega un papel importante en la economía nacional y que presenta una especial y compleja problemática. A este subsector pertenece la empresa Metroflux S.A.

El capítulo II, Formulación de la problemática, presenta de manera específica la problemática planteada. Lo anterior gracias al marco contextual expuesto, y a la utilización de la investigación de campo, como principal medio de integración de la



información. Con base en la formulación de la problemática, que en este punto quedará totalmente clara, se proponen varias alternativas de solución.

En el capítulo III, las alternativas propuestas, serán analizadas en cuanto a su factibilidad y se elegirá una de ellas. A partir de ello, se describirá el diseño de la propuesta, esto es, lo que se espera tener como producto final, la manera en que serán utilizadas las técnicas de I. de O. (Pronósticos y P.E.) en la solución del problema, y en general, la forma en que trabajará el software construido.

En el capítulo IV se desarrollará, utilizando la ingeniería de software, el sistema de cómputo propuesto. Se presentarán los resultados del diseño de pantallas, diagramas de bloque, diagramas de flujo, así como el resultado obtenido de la codificación del programa, que se correrá, se revisará y detectarán errores hasta depurarlo por completo. Como ya se mencionó, en la realización de estas actividades se involucran conceptos propios de la ingeniería de software, la cual es válida para el desarrollo de cualquier tipo de sistema de cómputo. Así mismo, este capítulo contendrá el manual del usuario y la puesta en marcha de la solución. Se contará para ese momento, con datos reales del desempeño de la solución en la práctica, para poder hacer una comparación, y de esa forma enriquecer el trabajo con las experiencias adquiridas.

Finalmente el capítulo V presentará los resultados obtenidos a través de la utilización del software. Estos resultados incluyen, los pronósticos calculados, así como los datos finales para la elaboración de órdenes de compra e información de recursos monetarios necesarios, por parte de la gerencia de la compañía. En este capítulo se presentarán también las conclusiones y extensiones del presente trabajo.

Como puede comprenderse, el trabajo de tesis presentado, muestra la forma en que un problema específico fue resuelto. La manera en que los conocimientos adquiridos en la maestría en Ingeniería orientada a Investigación de Operaciones, apoyaron a la solución de dicho problema. Es mi deseo que este trabajo sea de provecho para apreciar las posibilidades de aplicación de las apasionantes técnicas de la I. de O., así como sembrar en lo posible el gusto por su estudio y utilización. Es una obligación, no sólo del investigador operativo, sino del egresado de cualquier otra área, poner sus conocimientos, creatividad y habilidades al servicio de la sociedad y de la vida misma, principales valores inculcados en todo momento, por nuestra máxima casa de estudios, la Universidad Nacional Autónoma de México.



I. Marco contextual

*“El conocimiento es de dos tipos.
Conocemos un sujeto nosotros mismos,
o, sabemos dónde podemos encontrar
información sobre él”.*
SAMUEL JOHNSON

1.1 La micro, pequeña y mediana empresa mexicana

Promover y apoyar a la micro, pequeña y mediana empresa se ha convertido actualmente en un punto de interés para el gobierno y la sociedad, principalmente debido al impacto de ese subsector en el empleo y en la distribución del ingreso.

Existe información estadística que muestra, a pesar de los pronósticos basados en las economías de escala y producción masiva, que los pequeños negocios forman parte medular de la economía globalizada, debido a sus particulares características de dinamismo y flexibilidad.

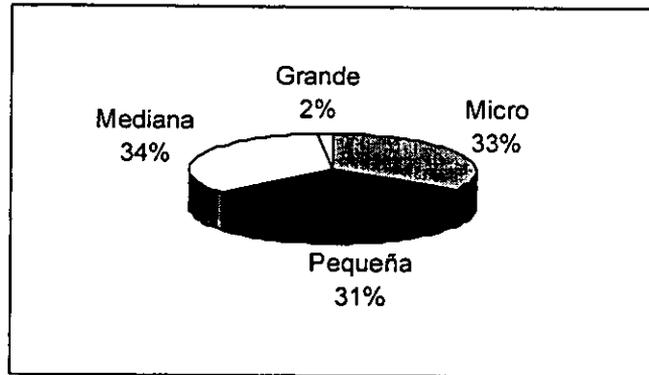
Las micro, pequeñas y medianas empresas son formas específicas de organización económica en actividades agropecuarias, industriales, comerciales y de servicios que combinan capital, trabajo y medios de producción para obtener un bien o servicio destinado a la satisfacción de necesidades de los diferentes sectores de la actividad económica y del mercado consumidor. Su clasificación obedece a criterios como el volumen de ventas y el número de personal ocupado. Es posible, sin embargo, para una definición más precisa, que puede llegar a ser útil en el desarrollo de estudios de este tipo de industrias, considerar criterios cualitativos como: el tipo de tecnología y producción, tecnología utilizada, tipo de estructura organizacional, escolaridad del propietario, capital de inversión, etc.

Información generada por la Cámara Nacional de la Industria de la Transformación (1994), reporta que la industria nacional está conformada por:

- ▣ 33.33% de micro empresa
- ▣ 30.69% de pequeña empresa

■ 34.39% de mediana empresa

Como puede verse, en total, el 98.41% de la industria nacional pertenece al subsector que nos ocupa. Esta situación puede observarse en la figura 1.1.



Micro, pequeñas y medianas empresas del contexto nacional

Fig. 1.1

La Secretaría de Comercio y Fomento Industrial utiliza para la definición y clasificación de este subsector a las variables: no. de empleados y no. de establecimientos. Además, divide en tres sectores: industria, comercio y servicios. Según el diario oficial de la federación, del 30 de marzo de 1999, la estratificación de empresas micro, pequeña y mediana es como sigue:

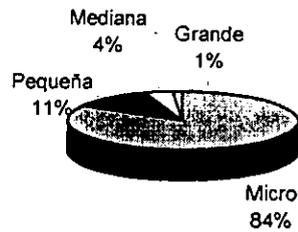
CLASIFICACIÓN POR NÚMERO DE EMPLEADOS

| Tamaño | Sector Industria | Sector Comercio | Sector Servicios |
|---------|------------------|-----------------|------------------|
| MICRO | 0-30 | 0-5 | 0-20 |
| PEQUEÑA | 31-100 | 6-20 | 21-50 |
| MEDIANA | 101-500 | 21-100 | 51-100 |
| GRANDE | 501 en adelante | 101 en adelante | 101 en adelante |

La estructura total de la industria, el comercio y los servicios se puede ver en las siguientes gráficas, figura 1.2 (fuente: Instituto Mexicano del Seguro Social, diciembre 1999):

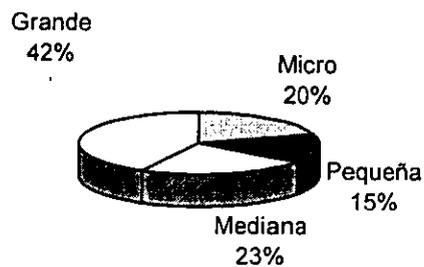


ESTRUCTURA TOTAL DE LA INDUSTRIA, EL COMERCIO Y LOS SERVICIOS



ESTABLECIMIENTOS

Total: 736 mil establecimientos



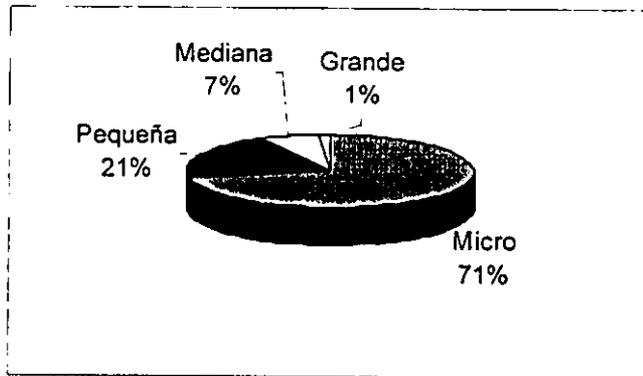
EMPLEOS

Total: 11.6 millones de empleos

Fig. 1.2

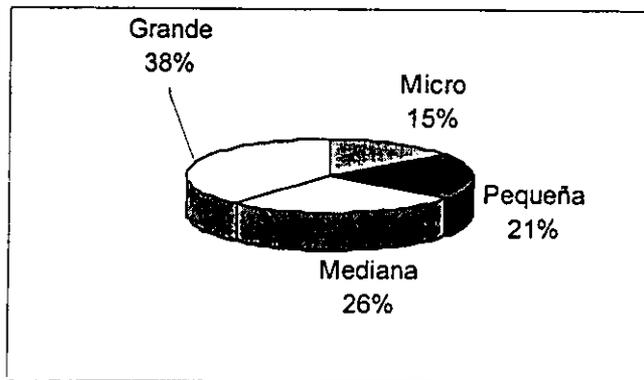
En particular para el sector comercio, se tienen los datos observados en la figura 1.3 (fuente: Instituto Mexicano del Seguro Social, diciembre 1999):

ESTRUCTURA TOTAL DEL COMERCIO



ESTABLECIMIENTOS

Total: 277 mil establecimientos



EMPLEOS

Total: 2.9 millones de empleos

Fig. 1.3

Según datos de la Confederación de Cámaras Industriales (Concamin), 97 por ciento de las empresas de México son micro, pequeñas y medianas, mismas que emplean a 42 por ciento de los trabajadores del sector manufacturero, que representan alrededor de 2 millones de mexicanos.

En países en vías de desarrollo, como es el caso de México, este tipo de empresas son una forma de subsistencia, articulada con la economía popular que excepcionalmente



se vinculan al sector moderno como agente innovador. Sin embargo, las estadísticas muestran que existe una gran cantidad de micro, pequeñas y medianas empresas, que pueden llegar a formar parte de las grandes empresas y aun a competir con ellas. Según informaciones de SECOFI, las micro, pequeñas y medianas empresas (MPME's) son uno de los sectores de crecimiento más dinámico en el país y pueden competir "exitosamente" en mercados cada vez más exigentes.

Dadas las situaciones mencionadas, es evidente la importancia que tienen las MPME's en la economía nacional. Sin embargo son muchos y muy variados los factores que hacen que el subsector mencionado esté sumergido en una compleja problemática.

En el entorno contextual en el cual existen todas las empresas mexicanas, esto es, grandes, medianas, pequeñas y micros, la política económica del país crea situaciones tales como: devaluaciones sexenales, inflación, deficiente infraestructura regional (carreteras, aeropuertos, sistemas de comunicación, infraestructura y servicios), bajo nivel de agremiación y representatividad, globalización comercial no planificada, políticas de aranceles y competencia muy desventajosa.

Dentro del marco del subsector en el entorno fiscal actual, cuyo enfoque principal es la recaudación de impuestos, se deja de lado aspectos como la promoción de empleos y el fomento a la inversión y al ahorro, por lo que el resultado es falta de competitividad a nivel internacional y freno al crecimiento económico. Es importante considerar que la Cámara Nacional de la Industria de la Transformación (Canacintra), la Confederación Patronal de la República Mexicana (Coparmex) y la Asociación Nacional de la Industria de la Transformación (ANIT), coinciden en que el modelo fiscal vigente inhibe la actividad productiva, promueve la evasión del fisco y es un elemento que incrementa la desaparición de pequeñas y medianas empresas.

A su vez el financiamiento privado en México atraviesa una de sus etapas más críticas, que se prolonga desde 1982, y por ello ha colocado a casi 3 millones de micro, pequeños y medianos empresarios en una situación de "sobrevivencia", pues sólo privilegia a las industria extranjeras o a las orientadas a la exportación y desprecia a las pequeñas y medianas (Pymes) que representan, por lo menos, el 90 por ciento de la actividad económica en México.

Cifras publicadas por la Encuesta de Micronegocios que realizaron el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y la Secretaría del Trabajo, demuestran que la escasez de crédito que ha enfrentado el empresariado mexicano en los últimos cinco años provocó que durante 1996, de casi 3 millones de apoyos solicitados, sólo 37 mil 695 acudieron a los bancos con resultados nada positivos; 21



mil 804 lo hicieron a cajas de ahorro; un millón 879 mil 861 echó mano de ahorros personales o vendió parte de sus bienes; 538 mil 309 solicitaron apoyo a familiares o amigos; 197 mil 687 utilizó sus liquidaciones de trabajos anteriores; 28 mil 888 recurrieron a pagos anticipados, y 87 mil 74 se financió por pago a proveedores.

Otras situaciones inmersas en el entorno del subsector son la excesiva burocracia para acceder a los créditos correspondientes, la falta de garantías y avales para satisfacer los requisitos bancarios, altas tasas de impuestos, el desconocimiento de programas de apoyo, excesiva regulación gubernamental en las áreas ambiental, de higiene y de seguridad, así como en la contratación de Seguro Social para el personal, falta de vinculación con otras firmas que podría ser provechosa, falta de manejo de información oportuna, competencia desleal a causa de la difícil situación económica.

Dentro del entorno del subsector, pueden también considerarse a los proveedores y a los consumidores finales. Entre los problemas que el subsector enfrenta, relacionados con sus proveedores están: la limitada capacidad de negociación debida a la escala de compra, que suele ser baja, límites desventajosos en los plazos de pago y el alto costo y requisitos de inventario que presenta la adquisición de distribuciones. Por parte de los consumidores finales se encuentran conflictos como: falta de pago oportuno, dificultad en la formación de carteras de clientes debida a la gran competencia, restringida participación en los mercados locales y aún más en el de exportación.

A diferencia de las variables mencionadas, que en general son variables del medio ambiente, incontrolables para el empresario, existe otro conjunto de ellas, que en la mayoría de los casos definen el desarrollo de las empresas, y para las cuales el director o dueño de la empresa tiene un mayor control. El tipo de problemas que pueden presentarse entonces, al interior de la empresa misma, son relacionados con los actores, los procesos y la estructura.

Los actores, son los agentes cuya función es responsabilizarse por los procesos (manufactura, administración, dirección, etc.). Problemas como falta de formación de cuerpos directivos para reconocer y solucionar organizadamente los problemas internos de la empresa, conllevan a la falta de un proceso para la toma de decisiones y a la incompetencia para la sensibilidad necesaria en el trato con la mano de obra directa y mandos intermedios.

El proceso es la manera como se lleva a cabo la transformación de insumos en productos, entre sus problemas más notables se encuentran: monitoreo inadecuado de la calidad, tendencia a la improvisación, limitadas condiciones de higiene y seguridad,



deficientes procesos de administración, resultado de la falta de sistemas de administración y al ineficiente manejo de recursos.

La estructura de la organización se refiere a los elementos “fijos” de la empresa, tales como instalaciones, maquinaria, estructura organizacional, etc.). Sus problemas más comunes se refieren a los bajos niveles de organización y gestión, que dan como resultado la duplicidad de funciones, excesivas cargas de trabajo, entidades con funciones no definidas. Otro importante problema, que sin embargo está vinculado con el anterior es la obsolescencia de la maquinaria y el equipo, que generalmente requieren de grandes inversiones monetarias.

La figura 1.4 muestra gráficamente las problemática mencionadas.



Problemática de la micro, pequeña y mediana empresa

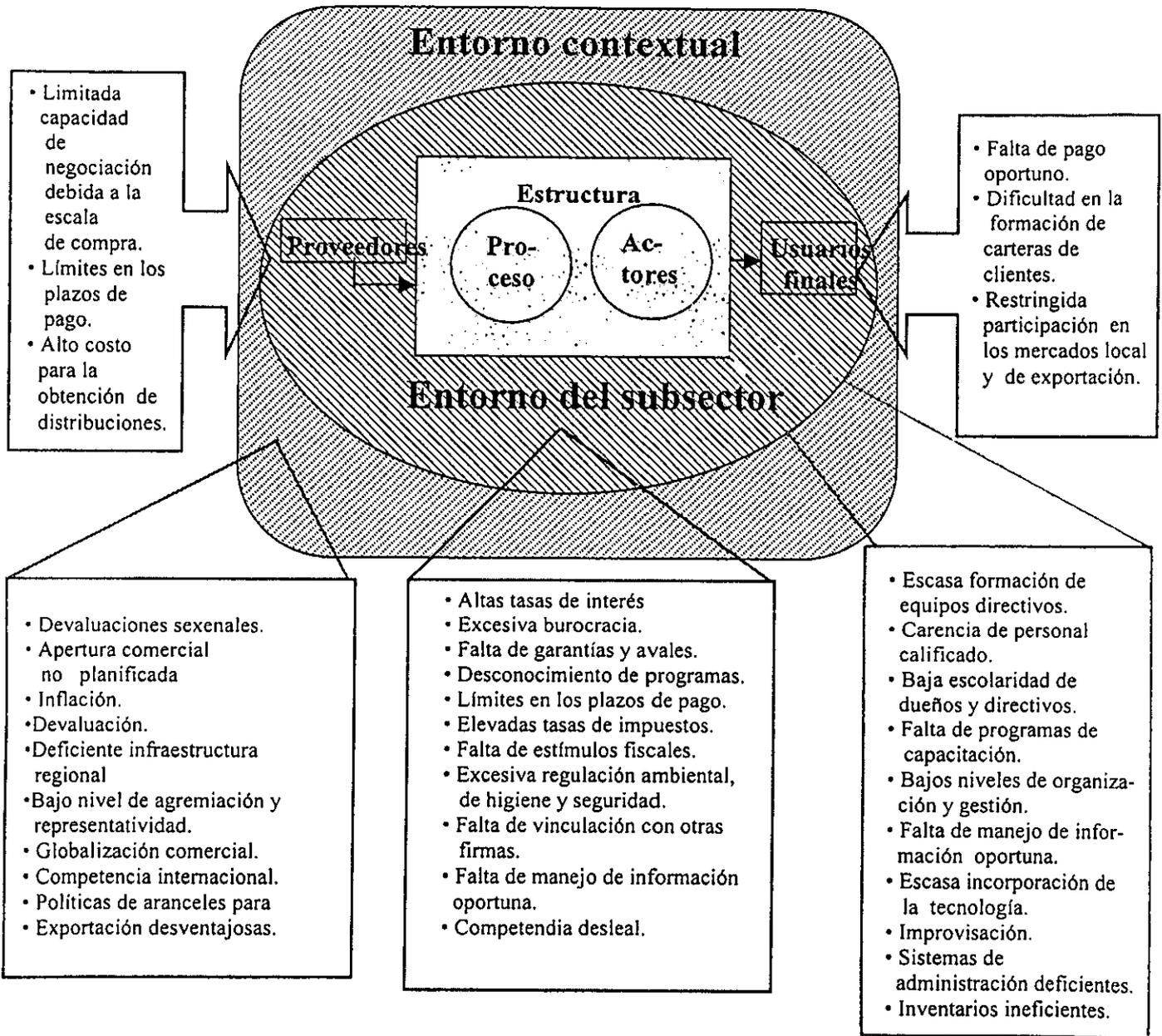


Fig. 1.4



A pesar de las quejas del sector empresarial por la ruptura de cadenas productivas, la falta de financiamiento y la contracción del mercado interno, la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (Secofi) asegura, con base en cifras del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), que de diciembre de 1995 a noviembre de 1999 el número de micro, pequeñas y medianas empresas ha crecido a una tasa anual de 11.5 por ciento y el empleo que éstas generan ha aumentado 10.1 por ciento al año.

En este punto es importante señalar por una parte, el importante papel de las MPME's en la generación de empleos y en la economía nacional, contra las problemáticas que enfrenta. De esta forma se hace evidente la necesidad de que tanto el sector público como privado creen, promuevan y fortalezcan proyectos que tengan como propósito implantar y adaptar políticas y estrategias que permitan su desarrollo, competitividad e integración con el gran sector moderno de la empresa nacional.

Todas las empresas, cualesquiera que sea su giro o tamaño, se encuentran inmersas en un entorno de competencia. La estrategia competitiva permite a la organización adaptarse y aprender de los obstáculos y oportunidades del medio ambiente, con base en su capacidad de respuesta.

La competitividad de este tipo de empresas depende de tres factores: la competitividad del país (que incluye la estabilidad macroeconómica, el acceso a mercados internacionales y la regulación); la infraestructura regional (carreteras, aeropuertos, sistemas de comunicación, infraestructura y servicios), y la competitividad de cada empresa, que tiene que ver con niveles de capacitación, desarrollo tecnológico, calidad de productos y servicios, vinculación con otras firmas y manejo de información oportuna.

La participación del gobierno, es necesaria en los tres niveles; y para ello, la SECOFI ofrece a los empresarios asesoría e información para vincularse con otras empresas y con dependencias gubernamentales. Entre los programas que la Secofi ha desarrollado para "apoyar" a las pequeñas y medianas empresas, la mayoría se limitan a ofrecer información, asesoría, bases de datos en Internet. A las MPME's, la Secofi ofrece tres programas: el "sistema de evaluación de indicadores de competitividad", que permite a los microempresarios que usen Internet conocer su posición competitiva en México y en el resto del mundo; el "sistema informático de consulta y autodiagnóstico para las micro, pequeñas y medianas empresas", para evaluar mediante un autodiagnóstico



distintos aspectos, y el "sistema de información sobre tendencias de mercado", "promoción de la capacitación" y "programas de apoyo" .

A pesar de todo ello, el auxilio brindado no es suficiente y por ello es vital que se dé el apoyo tecnológico necesario, a las micro, pequeñas y medianas empresas, de la mejor calidad a bajos precios. Encaminado a este objetivo, la Universidad Nacional Autónoma de México colabora con la formación de diversos tipos de egresados que pueden actuar en los variados campos y mercados en los que las MPMF's sobreviven, así como con servicios del mejor nivel de asesoría y consultoría.

De tal forma es un compromiso de la máxima casa de estudios poner todo el cúmulo de conocimientos, esfuerzos, apoyos técnicos, así como a sus profesionistas, para el desarrollo de las MPME's y en consecuencia del país. Es precisamente la Ingeniería, una de las disciplinas de aplicación práctica por excelencia. De ahí, la importancia del presente proyecto como el desarrollo de una solución a un problema práctico de una microempresa en México.

2.1 La optimización de las operaciones como posibilidad competitiva

Entre las posibilidades que pueden existir para dar apoyo a las empresas se encuentra el uso de técnicas matemáticas para el óptimo manejo de sus recursos. La investigación de Operaciones, que en sus orígenes resolvió problemas de logística y administración de armamento y víveres en el ámbito militar, a través de técnicas y modelos matemáticos, fue llevada a otras áreas, entre las que se encuentra la optimización de las operaciones empresariales.

La optimización de las operaciones puede ser vista, de manera general, como la aplicación de las técnicas y modelos de Investigación de Operaciones al ámbito de los negocios y las empresas. Permite a las organizaciones alcanzar sus metas por medio de la eficiente adquisición y utilización de recursos. Con la selección apropiada de técnicas y estrategias, puede dar a las compañías una competitividad extrema.

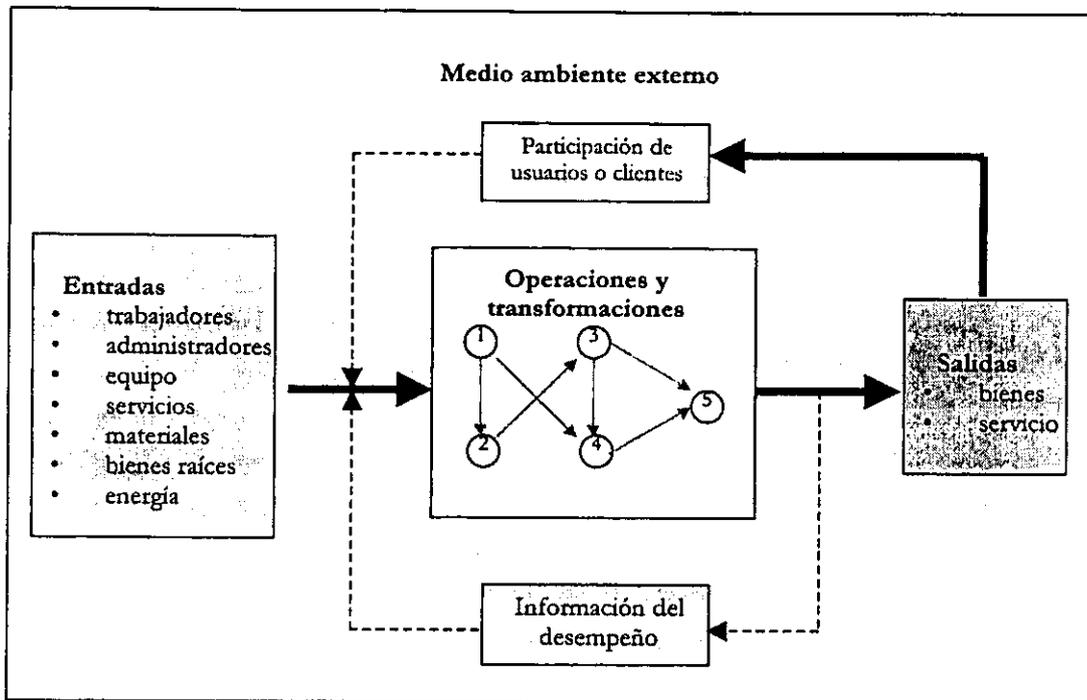
La optimización de las operaciones es crucial para cada tipo de organización ya que sólo a través del manejo exitoso de personas, capital y materiales, una organización puede alcanzar sus metas. El término actualmente se refiere a la dirección sistemática



y al control de procesos de transformación de insumos en bienes y servicios terminados.

La figura 1.5 ilustra, a la optimización de operaciones como parte de un sistema de producción. Las entradas incluyen recursos humanos (trabajadores y administradores), capital (equipo y servicios) , materiales, bienes raíces y energía. Los círculos en el centro de la figura representan las operaciones a través de las cuales productos, servicios o usuarios pueden pasar durante el proceso de transformación. Se presenta otros dos tipos especiales de entradas: la participación de usuarios o clientes y la información de fuentes internas y externas. La participación de usuarios y clientes ocurre cuando ellos no sólo reciben las salidas, sino que también tiene participación activa en el proceso de transformación por sí mismo, tal como los estudiantes participan en una discusión de clase. La información entre fuentes internas y externas incluye reportes internos de servicios al consumidor o manejo de inventarios, reportes gubernamentales de tendencias económicas, o llamadas telefónicas a proveedores con respecto a la entrega de embarques. En los niveles de toma de decisiones se requiere de este tipo de información para optimizar los sistemas de producción.

Aunque las entradas y salidas varían entre las diferentes empresas, el proceso básico de transformación se mantiene igual para todos los sistemas de producción.



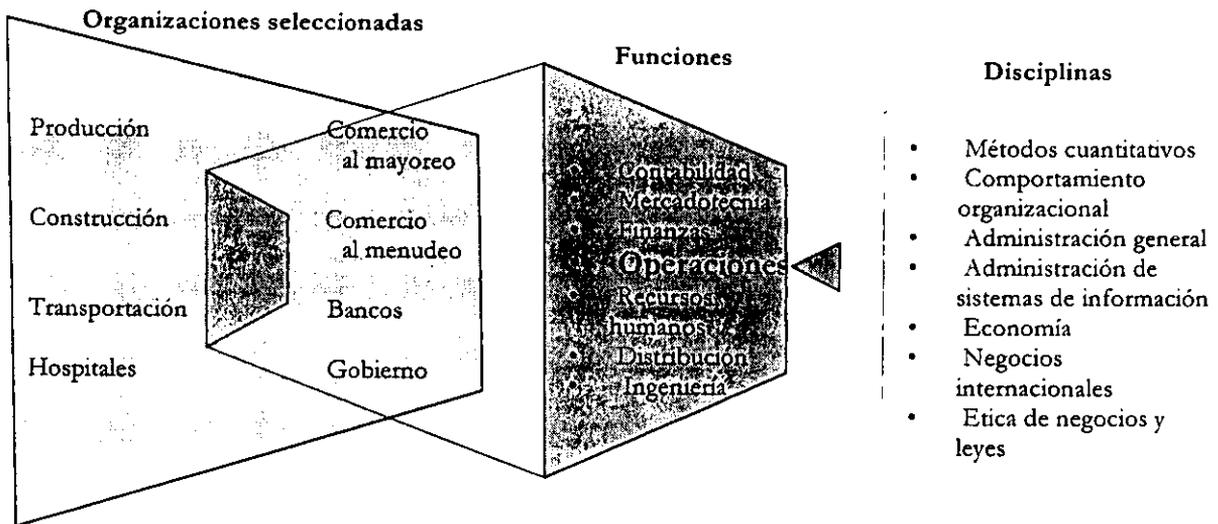
La optimización de operaciones como parte de un sistema de producción
Fig. 1.5

Como se mencionó anteriormente, la optimización de operaciones tiene como objetivo mejorar la productividad y calidad de la producción y los servicios. La competitividad global, la competencia basada en tiempo, los cambios tecnológicos, la ética, y todo el medio ambiente plantean retos importantes para las empresas. Esto origina que la mejora en todas estas dimensiones sea obligatoria y no opcional.

Las operaciones pueden ser identificadas en todas las organizaciones y son una sola de varias funciones dentro de una organización. Esta situación puede verse en la figura 1.6.

La optimización de operaciones implica muchas disciplinas y técnicas. El análisis cuantitativo proporciona técnicas de modelación para ayudar a resolver problemas de producción. Las computadoras y otros sistemas de información electrónicos ayudan a administrar grandes cantidades de datos. Conceptos de comportamiento organizacional ayudan al diseño de puestos y sus funciones y a la optimización de la fuerza de trabajo. Estudios de métodos en organizaciones internacionales

proporcionan ideas útiles acerca de localización de servicios, tecnología y manejo de inventarios. Así, la optimización de las operaciones puede ser generalizada. Lo anterior debe también ser posible de comunicar con especialistas y ser consolidado con una variedad de complejos conceptos y técnicas analíticas.



La optimización de operaciones como una función
Fig. 1.6

La toma de decisiones es un aspecto esencial en toda actividad de dirección. Aun cuando, la especificidad de cada situación varía, generalmente la toma de decisiones involucra los mismos pasos básicos:

- 1.- comprender y definir claramente el problema,
- 2.- recopilar la información necesaria para analizar las posibles alternativas,
- 3.- elegir e implantar la mejor alternativa.

Sin embargo es posible clasificar las situaciones que requieren de un proceso de toma de decisiones y aprovechar dicha posibilidad de agrupación como una ventaja en la solución de problemas. Las decisiones que se toman en la optimización de las operaciones pueden clasificarse de la siguiente forma:



| <u>Area de decisión</u> | <u>Pregunta ejemplo</u> |
|---|--|
| a) Decisiones estratégicas | |
| Afectan la dirección futura de la compañía | |
| Planeación de productos y servicios | ¿Qué productos y servicios podríamos ofrecer? |
| Prioridades competitivas | ¿Superaríamos en costo base, calidad o flexibilidad? |
| Estrategia de posicionamiento | ¿Organizaríamos recursos alrededor de productos o procesos? |
| Administración de la calidad | ¿Cómo obtendríamos una sana organización comprometida con la mejora de la calidad? |
| Control de calidad | ¿Cuál sería la mejor forma de conseguir nuestras metas de calidad? |
| | |
| b) Decisiones de diseño | |
| Conciernen a los sistemas de producción. | |
| Las recomendaciones y decisiones tomadas por el encargado de la optimización de las operaciones, frecuentemente tienen responsabilidades a largo plazo. | |
| Diseño del proceso | ¿Qué proceso usaríamos para hacer nuestros productos? |
| Administración de la tecnología | ¿Es el momento de automatizar alguno de nuestros procesos? |
| Diseño de actividades | ¿Nuestras actividades serían especializadas o no? |



| | |
|--------------|---|
| Capacidad | ¿Cuál sería nuestra capacidad máxima razonable de servicio? |
| Localización | ¿Seríamos seguidores o líderes en la selección de localizaciones para nuevos almacenes? |
| Distribución | ¿Cómo ordenaríamos físicamente el mobiliario y el equipo? |

c) Decisiones de operación

Proporciona junto con la operación el servicio una vez que éste está en el lugar.

| | |
|--------------------------------------|--|
| Pronósticos | ¿Cómo diseñaríamos el mejor sistema de pronóstico para nuestras necesidades? |
| Manejo de materiales | ¿Quiénes serían nuestros proveedores? ¿Cómo los evaluaríamos? |
| Inventarios | ¿Cuánto cuesta el inventario que necesitamos en nuestra tienda? ¿Cómo podríamos controlarlo? |
| Programación de producción maestra | ¿Deberíamos tener siempre stocks? |
| Sistemas de control de la producción | ¿Cuándo deberíamos rehacer órdenes de producción? ¿En qué cantidades? |
| Programación de actividades | ¿Qué usuarios o actividades deberían recibir la mayor prioridad? |

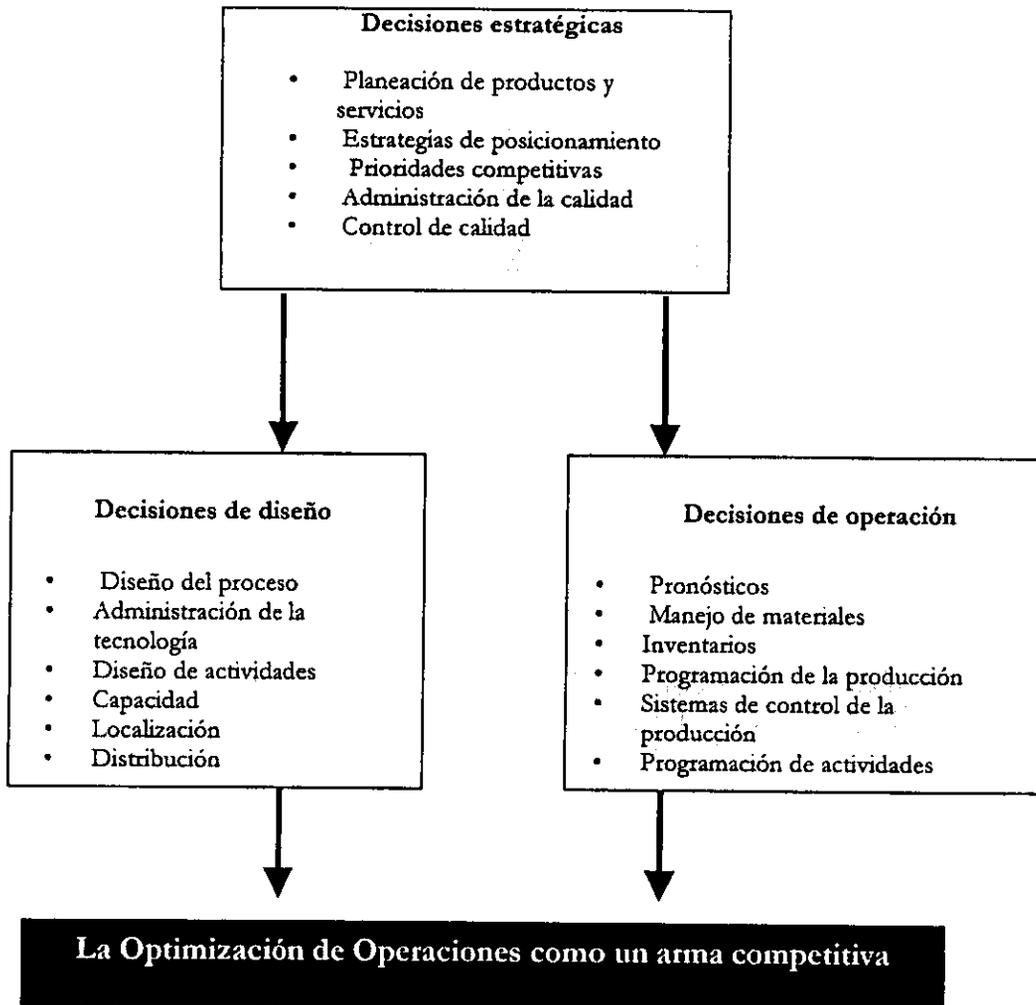
El hacer de la optimización de operaciones un arma competitiva significa que los tres tipos de decisiones deben ser consistentes y estar ligados. Decisiones inconsistentes o independientes pueden actuar de manera opuesta a los propósitos y así decrementar de manera importante la productividad. Puede ocurrir que todos los esfuerzos que se hagan sean sólo reacciones desligadas cuando se pretende corregir problemas.



La figura 1.7 muestra que las decisiones estratégicas son las primeras decisiones que una organización debe tomar y que todas las otras están basadas en ellas. Si se manejan apropiadamente las ligas entre las decisiones estratégicas y las otras, las operaciones se convierten en un arma competitiva.

Aunque actualmente, la optimización de operaciones es ampliamente utilizada en grandes empresas internacionales tales como Zoom Telephonics, Inc., que introdujo los módems como un producto nuevo (*planeación de productos y servicios*); o Hay and Forage Industries, que implantó un sistema de control de procesos computarizado, para mantener la calidad en sus equipos de granja (*control de calidad*); o el Comité Olímpico de Planeación que planeó y programó más de 2000 eventos atléticos para los juegos olímpicos de Barcelona 1992 (*programación de proyectos*); el concepto de la optimización de operaciones es tan general y por lo tanto tan poderoso, que puede llevarse a las medianas, pequeñas y microempresas con la finalidad de hacerlas competitivas.

Como se mencionó con anterioridad, la supervivencia de las microempresas en México es una situación que requiere de todo nuestro interés. Así, el manejo de la optimización de las operaciones, de una manera adecuada puede aumentar la competitividad de dichas empresas coadyuvando a su desarrollo y éxito.



Vinculación de las decisiones con la optimización de operaciones

Fig. 1.7



II. Formulación de la problemática

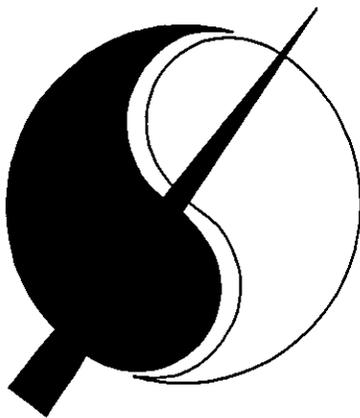
"Sorprenderse, extrañarse... es comenzar a entender".

J. Ortega y Gasset

"El verdadero creador es un creador de problemas".

L.A. Machado

2.1 La microempresa mexicana Metroflux S.A. y su problemática



Metroflux, s.a.

Logotipo de la empresa

Fig. 2.1

En el año de 1983, el gerente de la que después sería Metroflux S.A., tenía, una compañía que fabricaba manómetros para extintor. Por esta razón estableció contacto con los dos principales fabricantes nacionales de manómetros para la industria, y obtuvo la distribución de sus productos.

Se comenzó a operar comercialmente desde la fábrica con un éxito tan rápido y fácil que se decidió construir una compañía aparte. Así surgió Metroflux S.A. en 1984, con dos distribuciones de manómetros industriales y una de válvulas de seguridad. La compañía se dedicó y se dedica en forma general, a comprar a fábricas y proveedores, instrumentos para la medición de las diferentes variables de flujo y venderlos a los

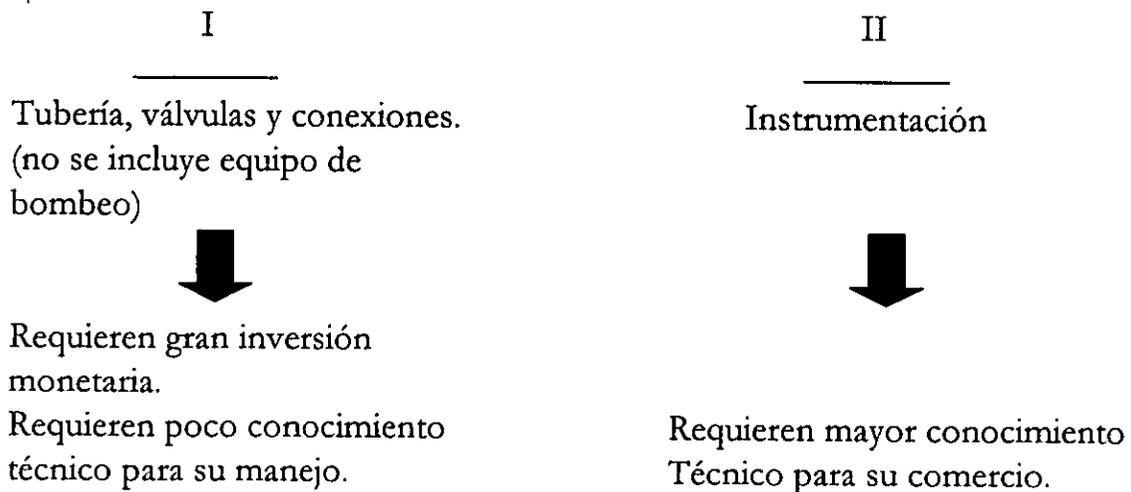


usuarios finales que son las industrias químicas del área metropolitana y otros distribuidores más pequeños. Metroflux estaba conformada por una administradora que además vendía por teléfono, un agente de ventas, una secretaria y un chofer. El gerente la dirigía desde lejos y a ratos, porque la fábrica lo absorbía mayormente.

Durante seis años, la compañía no creció. Cuando la fábrica quebró, también Metroflux decreció al grado de que el gerente se quedó solo operándola, sin vendedor, sin chofer, sin secretaria y sin dinero.

Actualmente, la cía. Metroflux S.A. cuenta entre su personal al gerente general y dueño y dos secretarías, y se dedica a la distribución de instrumentos que sirven para conducir y medir el paso de fluidos en la industria química.

Sus líneas de producto se dividen en dos grupos:



Los instrumentos indican, registran, regulan y controlan, variables como presión, temperatura, caudal, nivel, PH, humedad. La venta de la compañía incluye instrumentación, tubería, válvulas y conexiones.

Debido a la situación económica que tiene este sector industrial, la construcción de nuevas plantas en los últimos 5 años han sido únicamente de un 3% a nivel nacional, y en el área metropolitana, aún más bajo. La venta de productos se enfoca principalmente al área de mantenimiento, esto es, la sustitución de instrumentos que se usan actualmente, en el momento en que dejan de servir.



La industria química en México se encuentra bastante desarrollada. Existen 1128 compañías fabricantes de productos químicos en el área metropolitana, esto incluye materias primas, productos farmacéuticos, industria alimenticia, llanteras, cementeras, papelera, industria textil, etc.

Los sectores sobresalientes son (en orden de importancia por volumen de negocio):

| Sector | No. de plantas en el área metropolitana |
|------------------------|---|
| Industria química | 280 |
| Industria alimenticia | 29 |
| Industria hulera | 12 |
| Industria papelera | 20 |
| Ingenios azucareros | 25 |
| Industria del plástico | 150 |
| Industria textil | 50 |
| Varios | 80 |
| Total | 646 |

A su vez, los cuatro proveedores más fuertes son:

- 1.- CALFER
- 2.- INSTRUMATIC
- 3.- VYCASA
- 4.- GRUPO ECA

A pesar de que existen alrededor de 15 compañías que tienen un volumen de venta superior, a Metroflux le es posible tomar mayor parte en el mercado dada la experiencia y profundo conocimiento que se tiene de él y de las compañías proveedoras.

Se sabe, por experiencia, que en muchas compañías es muy difícil penetrar y que hay productos de los cuales no se podrá obtener la distribución. Sin embargo, se considera que con un sector pequeño del mercado y con 6 o 10 productos que se puedan distribuir, el volumen de ventas haría que la compañía se mantuviera en un excelente nivel de utilidades.



Acerca del mercado se sabe que:

- ✓ La introducción en el mercado depende de las necesidades de mantenimiento de cada industria, que a su vez depende de las reglamentaciones y manuales de mantenimiento de las diferentes maquinarias utilizadas; y la marca utilizada es una situación que puede llamarse “tradicional” ya que se utiliza la marca que ha dado buenos resultados con el tiempo o que por rumores o recomendaciones se sabe que es buena en cuanto a calidad y precio.
- ✓ Las compañías tienen una gran tendencia a reponer sus instrumentos con uno de la misma marca y sólo están dispuestos a cambiar de marca cuando el producto ya no fuese representado o fabricado en México.
- ✓ Los 20 productos más solicitados por las industrias químicas con sus correspondientes marcas son:

| No. | Producto | Marcas |
|-----|--|----------------------------------|
| 1 | Controles de tiempo | TENOR, TIMESSWITCH, EAGLE SIGNAL |
| 2 | Válvulas termostáticas | MISCO, TRERICE |
| 3 | Controles de nivel | WARRICK, MACDONELL |
| 4 | Válvulas de seguridad | WALWORTH, CUEVAS, CONSOLIDATED |
| 5 | Termómetros bimetalicos | METRON, SUREX, ROCHESTER |
| 6 | Termómetros Indls. de vidrio | TRERICE, TREND |
| 7 | Termostatos | ROBERTSHAW, HONEYWELL |
| 8 | Reguladores para aire | WILKERSON, NURGREN |
| 9 | Filtros para aire | WILKERSON, NURGREN |
| 10 | Lubricadores | WILKERSON, NURGREN |
| 11 | Válvulas solenoides | ASCO, JEFFERSON |
| 12 | Controles y registradores de temperatura | ATTO, WEST, PIROPLASTIC |
| 13 | Manómetros | SUREX, METRON, WIKA, DEWIT |
| 14 | Multímetros | AMPROBE, FLUKE |
| 15 | Amperímetros | AMPROBE, FLUKE |
| 16 | Trampas para vapor | SARCO, GESTRA |
| 17 | Interruptores de límite | HONEYWELL |
| 18 | Contadores | DURANT, VEEDER-ROOT |
| 19 | Sensores de proximidad | OMRON, PEPPER&FUCH |
| 20 | Relevadores | SCHRACK |



- ✓ Las tendencias futuras en el consumo de dichos instrumentos son a mantenerse estables dado que se están construyendo pocas plantas nuevas en el área metropolitana, pero las que existen se mantendrán del mismo tamaño.
- ✓ Considerando la facturación de las principales fábricas SUREX, METRON, WICA y DEWIT, más un 10% de importación, se sabe que los cuatro productos más vendidos y su volumen de demanda (de todo el sector) y porcentaje de ganancias son:

| <u>Producto</u> | <u>Volumen de demanda</u> | <u>Porcentaje de ganancia</u> |
|--|---------------------------|-------------------------------|
| □ Manómetros | \$5'200,000 mensuales | 20% |
| □ Controles y registradores de temperatura | \$4'100,000 mensuales | 22% |
| □ Trampas para vapor | \$3'500,000 mensuales | 15% |
| □ Válvulas solenoides | \$2'800,000 mensuales | 10% |
| □ Otros | \$2'500,000 mensuales | 12% |

Se sabe también que para este sector, las barreras de entrada son muy fuertes debido a la diferenciación del producto que se comercializa, y al acceso de canales de distribución ya que no es sencillo que, ni un proveedor acepte dar la distribución de sus productos, ni que un comprador acepte la venta de ellos por alguien que no conoce.

Sin embargo, una vez entrando al sector, la competencia entre similares es poca y la existente es leal, también existe cierto punto de solidaridad. Esto se debe al hecho a que los competidores están igualmente equilibrados, ya que el crecimiento del sector industrial comprador es lento. Asimismo la relación con los proveedores y con los compradores es buena y existe gran flujo de información veraz entre todos. Es importante mencionar que esto se debe tal vez al hecho de que tanto los proveedores como los compradores tiene bastante poder ya que por ejemplo, para los compradores, los productos que se compran son estándar o no diferenciados, enfrentan bajos costos por cambio de proveedor, el comprador tiene información total; y por parte del proveedor, vende un producto que es un insumo importante para el comprador, no está obligado a competir con otros productos sustitutos; en general esta situación hace que tanto unos como otros estén en una especie de equilibrio de fuerzas.



El negocio de válvulas e instrumentos para la industria ha cambiado radicalmente. Ahora, un inversionista extranjero que decide construir una planta química, trae la mayor parte de los insumos de otros países. El mercado disponible tanto para los grandes como para los pequeños comerciantes, es en un 70% un mercado de mantenimiento y 30% de plantas nuevas.

Por otra parte, la fabricación nacional de válvulas, tubería e instrumentos industriales ha disminuido porque al globalizar la economía mexicana resulta más lucrativo traer productos de Brasil, Argentina, España, Italia, Korea, y hasta de China, aunque estos últimos sean de menor calidad que los nacionales.

Pero traer productos de importación requiere de más dinero que el que es necesario para distribuir los productos nacionales. Esto se debe a que los pedidos que se ordenan son más cuantiosos para que la trasportación sea rentable, y por el tiempo que tardan el llegar. Solo un pequeño porcentaje de los comerciantes del gremio tiene el poder financiero para importar; el 90%, entre los que se encuentra Metroflux, son pequeños "changarros" revendedores que les compran a los importadores para venderle a los "cuates".

La única manera de crecer es convertirse en importador, lo cual significa manejar fuertes volúmenes y mucho dinero. Realmente le problema es el dinero. Con la actual situación financiera del país, lo último que Metroflux haría es pedirle al banco. El dinero se debe obtener de otras fuentes; como lo hacen las grandes industrias que se financian en un 70% a través de los proveedores.

Actualmente Metroflux vende \$170,000.00 pesos de los cuales \$50,000.00 son de manómetros y termómetros, con una utilidad hasta de 25%. En los demás productos, la utilidad es de 7%.

Dada la estructura actual, sería ineficaz vender sólo manómetros y termómetros. La mayoría de los clientes desean que un mismo proveedor les venda todo lo que necesita. Además, se debe tomar en cuenta el papel que compañías como Metroflux juegan en la cadena de proveedores, ya que, cuatro compañías más grandes le compran a Metroflux para completar sus paquetes de venta. Esto hace que sea ventajoso manejar la mayor variedad de productos posible.

Tomando en consideración las circunstancias mencionadas, la cía. decidió entre:



- a) Invertir más en instrumentación, que dan mayor utilidad, pero también se debe hacer un mayor esfuerzo para venderlos o
- b) Invertir más en válvulas y tubos, que no requieren demasiado conocimiento técnico, se venden más fácilmente pero dejan una menor utilidad, pero requieren de mayor inversión de capital.

Dado que no se cuenta con el capital necesario, esta situación fuerza a tomar las decisiones de seguir por la línea de venta de instrumentación hasta que no haya más capital. Sin embargo, la decisión es buena tomando también en cuenta, la ventaja de la que se habló anteriormente, de contar con la mayor variedad de instrumentos posible.

Dada la decisión tomada, por el propio gerente de la compañía, una posibilidad es la de aumentar el tipo de instrumentos que se venden. Una línea que se ha venido estudiando y experimentando es la de válvulas de bola.

Sin embargo, ya que no es factible el financiamiento bancario, se debe hacer uso del dinero obtenido de las propias utilidades.

Para la distribución de válvulas de bola se requieren de \$60,000.00 de inventario, y para pagarlo se debe reducir el inventario de manómetros y se requiere pasar el dinero de "cuentas por pagar" a inventario (pasar utilidades a inventario).

Se requiere recalcular el inventario de manómetros para que sea menor, o le menor requerido, sin perder imagen y dar el servicio adecuado. Es posible que un buen diseño lo haga más eficiente aún cuando su monto sea menor.

Se requiere también de un diseño adecuado del nivel de inventarios para las válvulas de bola, con lo que se esperaría tener una gran rotación del inventario.

En consecuencia, el objetivo de rediseñar el inventario de manómetros es:

“Vender los mismo, o más, con menos inventario, para así liberar recursos que se destinan al manejo de otros productos”.

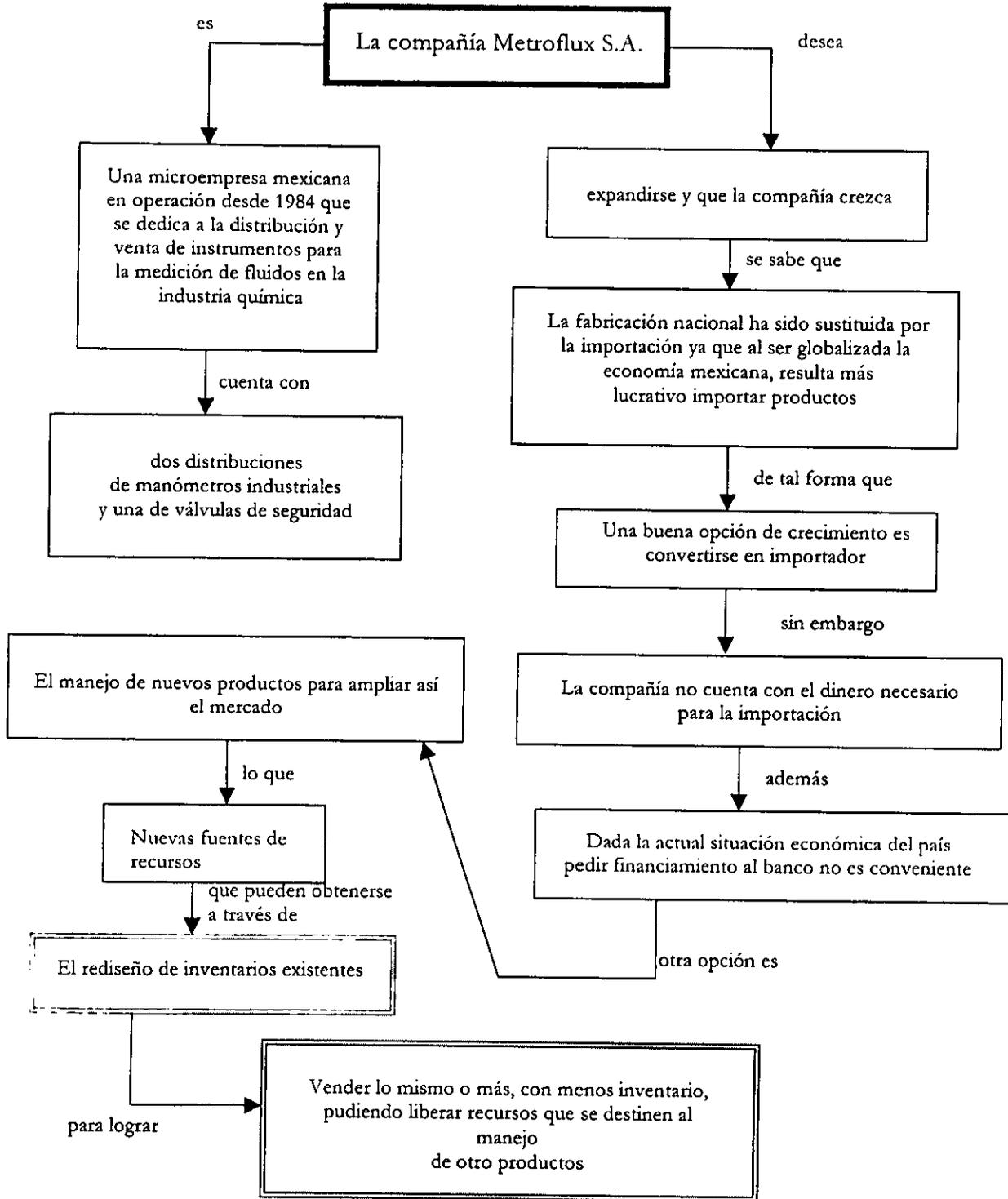
Lo que se desea es optimizar los recursos monetarios con que se cuenta para lograr destinar dinero a la compra de válvulas de bola y poder conseguir su distribución. Se requiere saber cuánto es lo que se venderá cada mes en manómetros, para planear cuánto se debe tener en inventario, tomando en cuenta que es necesario satisfacer las



demandas que se tendrán. Es posible que se estén destinando recursos de manera errónea y se tenga en inventario modelos que no se vendan o no con tanta frecuencia como se cree, o que no se tengan los que sí se venden con regularidad.

Es importante mencionar que fue el propio gerente de la compañía; que, siendo el que mejor conoce su problemática y que en este caso particular sabe acerca de su entorno económico contextual y además tiene conocimiento acerca de los alcances que puede tener la aplicación de la optimización de operaciones; quien tomó las decisiones citadas. A partir de ello solicitó apoyo de alguien que conociera las técnicas matemáticas, para alcanzar sus metas.

En la figura 2.2 se puede observar el mapa queda una idea general de la problemática planteada:



Mapa conceptual de la problemática
Fig. 2.2



2.2 Necesidades de la compañía

A través de varias entrevistas y pláticas realizadas con el gerente de la compañía, que como se mencionó es un Ingeniero Mecánico Electricista egresado de la UNAM, se pudieron aclarar las necesidades que la compañía tenía, pudiendo plantearlas de manera que fuesen factibles y consistentes.

Se analizó información tal como: la forma en que operaba la compañía, sus actividades cotidianas, sus actividades periódicas, sus políticas de funcionamiento, las restricciones y normatividades, así como los volúmenes de ventas, precios de venta, costos, etc., información que se genera, cómo se almacena, dónde se encuentra, cada cuánto se genera, etc. También qué tipo de información era el requerido, con qué fin se requería, de qué tipo, cada cuánto, en qué formato, etc. Es importante hacer notar que este punto es de vital importancia, conocer las necesidades reales, involucrarse en la problemática, “hablar el mismo idioma” con los usuarios que piden ayuda. Además estas actividades son muy complicadas, ya que el investigador operativo debe poder comprender completamente y tener absolutamente claro el problema para no hacer cosas que no se necesitan ni dejar de hacer otras que sí se requieren. Debe poderse mantener un canal de comunicación adecuado y es obligación del investigador operativo, lograr subir o bajar al nivel del entendimiento de quien tiene el problema para poder tener un proceso de transmisión de información e ideas óptimo. De esta situación depende en gran medida el éxito o fracaso de un proyecto.

En este caso particular, dichas actividades fueron relativamente sencillas dada la escolaridad del gerente de la compañía que, tenía de hecho, algún tipo de conocimientos de lo que es y para lo que sirve la I. de O., así como lo útil que pueden ser las computadoras personales y sus posibilidades de aplicación. En otros casos, se vuelve un poco más complicado, no es un hecho que las ideas teóricas sean acogidas con los brazos abiertos por las MPME's, que de alguna manera llevan a cabo su trabajo de manera adecuada sin el uso de complicadas teorías. Es sin embargo otra de nuestras misiones, es el hacer comprender de la mejor manera posible, lo poderosas y útiles que pueden ser las herramientas teóricas en el desarrollo de sus actividades.

Así pues, después de la elaboración y respuesta de manera conjunta de cuestionarios, la observación de la forma en que se desarrollan las actividades cotidianas de la cía., el análisis de documentación, lineamientos y políticas de la misma, tipos de transacciones y formatos utilizados, etc., se llegó a tener un panorama suficientemente adecuado para elaborar una serie de necesidades preliminares y generales.



Las necesidades generales se pueden describir como:

Se requiere una herramienta que apoye la decisión de cuántas piezas de cada tipo de manómetro comprar cada mes, para tener el inventario óptimo que atienda las demandas mensuales que se presentarán. Dicha herramienta proporcionará el dato de cuál es el monto mínimo que se requiere destinar a la compra de inventario, satisfaciendo dichas demandas.

En la figura 2.3 se pueden ver gráficamente cuáles son las necesidades generales.

Además se requiere que:

- ↻ Dicha herramienta pueda ser utilizada por el gerente y por la secretaria.
- ↻ Se puedan calcular dichas órdenes de compra, con los cambios en precios, y existencias, que se generen para cada mes.
- ↻ El gerente cuente con la mayor cantidad de gráficos que le permitan comprender de una forma más clara el comportamiento de sus ventas, de su mercado, de cómo va funcionando la empresa, para así poder tomar mejores decisiones encaminadas a la planeación.
- ↻ Sea posible elaborar órdenes de compra para otra línea de producto de la empresa, que se requiera, así como líneas nuevas.
- ↻ Se puedan mantener y controlar bases de datos de las ventas históricas de cada línea de producto.
- ↻ Utilizar modelos matemáticos que se supone dan buenos resultados.
- ↻ El gerente pueda “jugar” con los datos con que se alimentan los modelos para así experimentar diferentes escenarios y de esta manera reforzar también la planeación que él desarrolla.
- ↻ La herramienta sea fácil de usar y de comprender y pueda utilizarse en el equipo de cómputo que tiene la compañía.
- ↻ El proyecto sea barato, eficiente y se desarrolle lo más pronto posible.



USUARIOS:
Secretaria y
gerente



Datos necesarios:
existencias,
costos,
cantidades de ventas
históricas, etc.



No. de manómetros de cada tipo
que se deben comprar cada mes
para atender la demanda que se
tendrá.

Necesidades generales
Fig. 2.3



2.3 Alternativas de solución

Al analizar la formulación de la problemática, hecho que da como resultado el comprender el problema por completo, es inmediato el empezar a generar ideas que logren dar una solución. Es evidente que para solucionar cualquier tipo de problemas puede existir más de un camino. Además, debe tenerse siempre en mente el principio de parsimonia que indica que la mejor solución es la más sencilla y que lo sencillo generalmente es más útil. Es importante también considerar que la experiencia con que cuenta el solucionador es primordial ya que es precisamente partiendo de ella que se generarán las ideas para encontrar la solución.

Se propusieron y analizaron cuatro alternativas de solución:

1

Herramientas existentes en el mercado para el manejo de inventarios.

Acciones de análisis:

Consultar qué herramientas existen en el mercado para el manejo de inventarios. Buscar en Internet qué tipo de soluciones existen.

2

Construir un software que utilice la teoría de inventarios.

Acciones de análisis:

Realizar una revisión en literatura acerca de la teoría de inventarios para saber si esta técnica podría ser de utilidad. Analizar los recursos de software para programación con que se cuenta.

3

Uso independiente de herramientas de software para la obtención de pronósticos de ventas y solución de problemas de programación entera

Acciones de análisis:

Analizar los paquetes de software de que se dispone tanto para la obtención de pronósticos como para resolver problemas de programación entera. Entre los paquetes que se podrán analizar están STATGRAPHICS, JUMP, SPSS, MATLAB, TORA, QSB, LINDO, LINGO, COURSEWARE. Deben observarse cuestiones como:



-  Facilidad de uso, dado el tipo de usuario.
-  Existencia de manuales comprensibles.
-  Facilidad de ingreso de datos.
-  Formatos de salida comprensibles para el usuario.
-  Ambiente amigable para el usuario.
-  Nivel de especialización y conocimientos de las técnicas utilizadas por parte del usuario.

4

Construcción de un software que realice pronósticos de ventas y a partir de ellas y de otros datos necesarios construya un problema de programación entera que fuese resuelto a través de una interfaz con un paquete comercial.

Acciones de análisis:

Estudiar la forma en que las técnicas de pronóstico y de programación entera que como parte de la optimización de operaciones, pueden ser usadas para resolver el problema. Así mismo se examinarán las posibilidades con que se cuenta para programar los algoritmos en algún lenguaje de propósito general como Basic, Fortran, Pascal, C, y sus versiones visuales que son orientadas a objetos tales como Visual Basic, Delphi o Visual C.

Se considerara que un posibilidad muy poderosa es la que se refiere a la construcción de interfaces que combinen la programación en alguno de los lenguajes de propósito general mencionados con paquetes o lenguajes de propósito específico. Este tipo de híbridos permiten hacer uso de manera conjunta del poder de los paquetes existentes de excelente eficiencia y calidad con la versatilidad y adecuación necesaria para la solución de problemas muy específicos de determinadas organizaciones o empresas que brindan los lenguajes de propósito específico.



Dada la gran variedad de posibilidades es necesaria la determinación de criterios para la elección de un lenguaje de programación para el desarrollo de un determinado proyecto. Algunas de las preguntas que pueden elaborarse para esta toma de decisión pueden ser:

-  ¿Existe un manual de usuario inteligible o suficiente información acerca de su utilización?
-  ¿El código del lenguaje es compatible con las computadoras existentes?
-  ¿Tiene documentación suficiente y diagnósticos adecuados de errores?
-  Cuando se combinan los tiempos de organización, programación y depuración con los de compilación y ejecución, ¿sigue siendo atractiva la eficiencia?
-  ¿Cuál es el costo de instalación, mantenimiento y actualización?
-  ¿Es conocido el lenguaje o fácil de aprender?
-  ¿Hay estudios suficientes que justifiquen el costo de instalar y aprender un nuevo lenguaje?
-  ¿Es compatible con otros tipos de software?
-  ¿El lenguaje presenta la facilidad requerida para una programación amigable al usuario?

En el siguiente capítulo se mostrará cuál fue la alternativa seleccionada y las razones de dicha selección.



III. Propuesta de solución

"La mayor alegría que existe en la vida es crear. ¡Derróchela!"
R.L. HUBBARD

"Vivir de un modo creativo es estar preparado para casi todo".
THE CHRISTOPHERS

3.1 Análisis y selección de alternativas

Como se mencionó en el capítulo anterior, las alternativas de solución propuestas fueron:

1

Herramientas existentes en el mercado
para el manejo de inventarios

2

Construir un software que utilice la teoría
de inventarios

3

Uso independiente de herramientas de
software para la obtención de
pronósticos de ventas y solución de
problemas de programación entera

4

Construcción de un software para realizar
pronósticos de ventas así como la interfaz
con un paquete para resolver problemas de
programación entera

Las cuales fueron analizadas y evaluadas. El resultado de dicho análisis se puede resumir en el siguiente cuadro:



| Opción | Ventajas | Desventajas |
|--------|--|---|
| 1 | <p>Los sistemas ya están hechos y probados. Ahorrarían tiempo de producción.</p> | <p>En general, el diseño de este tipo de herramientas es para empresas muy grandes. Resultan ser muy caros para ser adquiridos por una microempresa, además de que sus alcances sobrepasan en mucho las necesidades reales y deben ser adecuadas y modificadas para que resulten realmente útiles para el tipo de empresa que es Metroflux. En ocasiones las acciones de adecuación pueden llegar a ser aún más complicadas, tardadas y caras que los desarrollos hechos a medida.</p> |
| 2 | <p>Se tendría un software hecho a la medida de las necesidades que resolviera el problema de inventarios.</p> | <p>La solución que se tendría es cuándo ordenar y cuánto ordenar. Sin embargo se sabe ya que el periodo de orden es ya dado como una política de la compañía que no puede ser modificado. El método de solución que se debe utilizar dado el tipo de inventario es la programación dinámica estocástica. Se espera que se obtenga un buen resultado, pero el método de solución es muy complicado. Esta situación hará que se requiera un mayor esfuerzo de programación y cómputo y puede requerir de un conocimiento teórico de cálculo y probabilidad y estadística por parte del usuario. Además puede ser que la solución obtenida no sea la óptima, ya que requerirá de muchos supuestos y en general un manejo estocástico suele dar como resultado una estimación solamente. Además la programación dinámica da buenos resultados sólo en problemas pequeños. El esfuerzo de programación podría incrementar costos, aun cuando ya se cuenta con los lenguajes de programación, que en su caso se requieran para el desarrollo del sistema y no se necesita equipo de cómputo especial.</p> |
| 3 | <p>Los paquetes que existen para el uso de las técnicas mencionadas son de excelente calidad en cuanto a eficiencia y dan buenos resultados.</p> | <p>El uso de ellos resultaba ser muy especializado ya que se necesitaba un alto grado de conocimiento en las técnicas. Desde este punto de vista, resultan ineficientes, ya que los usuarios no deben requerir de estos conocimientos para el uso adecuado de la herramienta. Además, un manejo por separado de cada una de ellas, resultaba ser extremadamente complicado y operativamente ineficiente por la misma razón del tipo de</p> |



| | | |
|---|---|--|
| | | usuarios mencionada. Generalmente están en inglés. |
| 4 | <p>La solución sería precisamente cuántos manómetros de cada tipo se deben comprar mensualmente para satisfacer las demandas que se tendrán. Además se contaría con la valiosa información de cuál es el monto mínimo requerido para que las demandas fueran cubiertas. Esto permitiría administrar de mejor manera los recursos y tomar mejores decisiones. Se esperaría que los pronósticos obtenidos fueran suficientemente confiables dado que las técnicas de pronóstico que se utilizarían han sido suficientemente probadas y cuentan con la posibilidad teórica de validación y monitoreo constante. Por otro lado, el paquete de optimización que se usaría, LINGO, utiliza técnicas de optimización que dan buenos resultados, además dicho paquete es muy comercial y utilizado, resultando ser eficiente y confiable en la obtención de sus resultados, dependiendo esto, sólo del hecho de que el problema por resolver fuese correctamente planteado. Las técnicas de pronóstico propuestas son relativamente sencillas, utilizan modelos matemáticos iterativos simples que sólo requieren datos históricos de ventas que existen y serían fáciles de recopilar. El modelo de P.E. resultante es relativamente sencillo. No involucra un gran número de variables ni restricciones y puede ser resuelto casi de manera inmediata con LINGO. Tanto las técnicas de pronóstico como las de P.E., son esencialmente técnicas numéricas con algoritmos iterativos bien definidos. Esta situación hace que su desarrollo en lenguajes de programación sea un hecho casi natural y no represente problemas. El hecho de la posibilidad de una interfaz con algún paquete de optimización representa una ventaja en cuanto al esfuerzo computacional requerido. Requieren</p> | <p>Requiere mayor tiempo de programación en comparación con los paquetes que ya existen en el mercado.</p> |



| | |
|--|--|
| <p>que el usuario tenga una mínima capacitación general para poder interactuar con el funcionamiento de software. Se requiere también de un monitoreo poco frecuente del desarrollador y del investigador operativo.</p> <p>Esta opción resulta ser barata, ya que, se cuenta con los lenguajes de programación que en su caso se requieran para el desarrollo del sistema, así como con paquetes de optimización, incluido el LINGO, y no se necesita equipo de cómputo especial.</p> | |
|--|--|

Tomado en cuenta las consideraciones anteriores, la solución que se eligió fue la 4, esto es, construir un sistema de cómputo que sería elaborado en el lenguaje de programación DELPHI y que haciendo uso de técnicas de pronóstico y de programación entera, a través de una interfaz con LINGO, apoyaría a la gerencia de la compañía, en la toma de decisiones para el diseño de sus inventarios.

3.2 Diseño de la propuesta

Considerando la problemática planteada de la compañía Metroflux S.A., y que se usará la optimización de operaciones, al retomar lo mencionado en el capítulo uno, la decisión estratégica es:

“Rediseñar inventarios para lograr vender lo mismo, o más, con menos inversión, para así liberar recursos que se destinen al manejo de otros productos”.

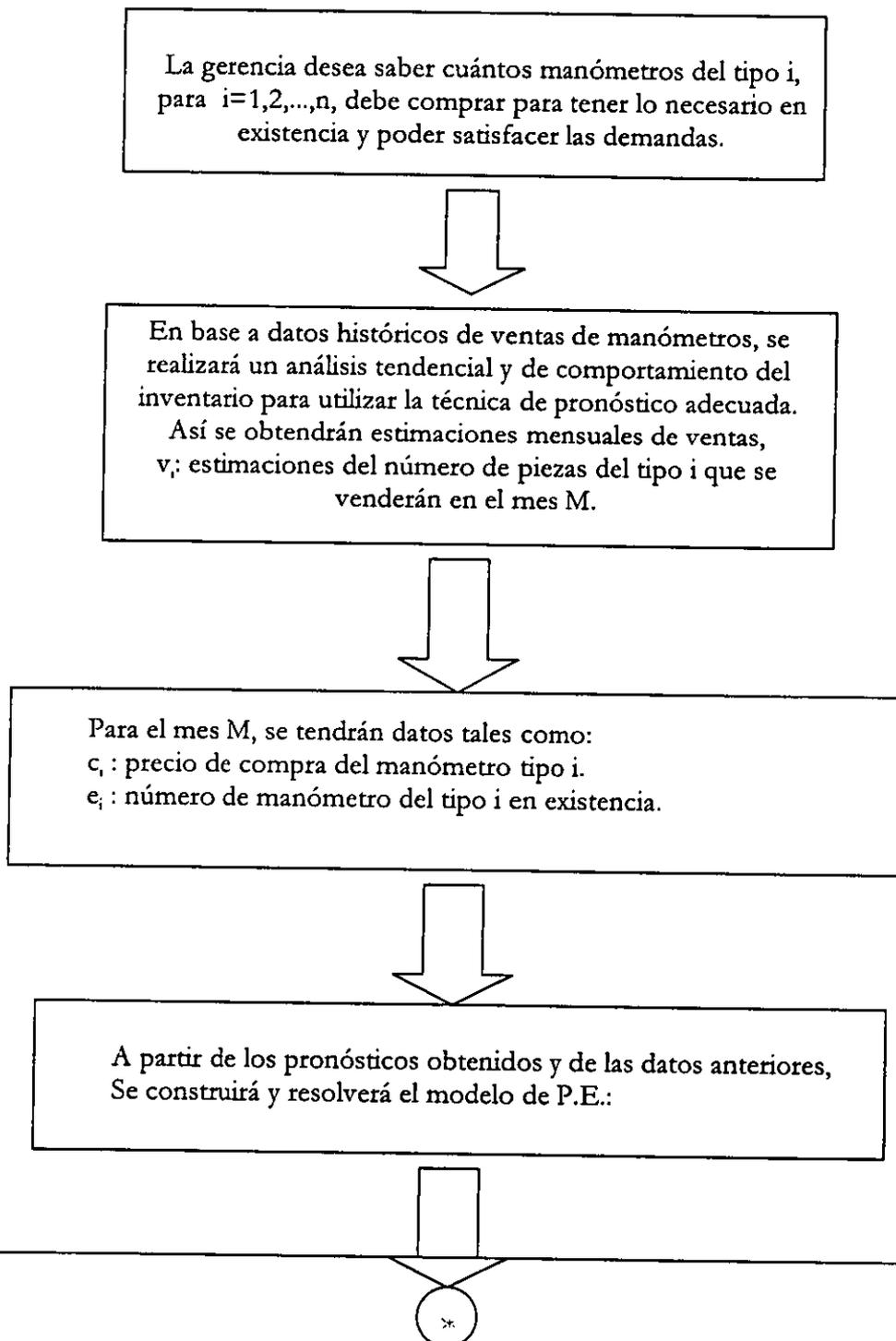
Y la decisión operativa es:

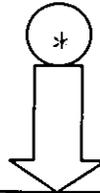
“construir un sistema de cómputo, que obtenga pronósticos de ventas y construya y resuelva un modelo de programación entera, para encontrar el valor que debe tomar cada una de las variables de decisión, que representan el número de piezas de cada tipo de manómetro que se debe comprar, con el objetivo de conocer el monto mínimo que se requiere para comprar dichas piezas, quedando satisfechas las demandas que se presentarán”.

Podemos mencionar que ambas decisiones son consistentes y están perfectamente ligadas.



En la figura 3.1 puede verse de manera general, cómo trabajará el sistema propuesto:





Minimizar $Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$
 sujeto a:

$$e_1 + x_1 \geq v_1$$

$$e_2 + x_2 \geq v_2$$

$$e_n + x_n \geq v_n$$

con $x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$, entero.

Donde:

$i = 1 \dots n$, para $n =$ número de artículos diferentes

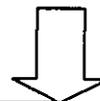
para determinada línea de instrumentos.

c_i : precio de compra del artículo i de una determinada línea de instrumento.

e_i : número de piezas en existencia del artículo i de una determinada línea de instrumento.

x_i : número de piezas del artículo i que debe comprar para que sumado a la existencia se puedan satisfacer las demandas pronosticadas.

v_i : número de piezas del tipo i que se pronostica serán demandadas



Tomando en cuenta los resultados obtenidos para el modelo, la gerencia podrá elaborar las órdenes de compra mensuales, ya que sabrá cuántas piezas deben comprar para cubrir la demanda que se presentará, así como cuál es el monto que por lo menos requiere para la compra de esas piezas.



Forma de trabajo del sistema propuesto

Fig. 3.1

En los anexos puede encontrarse la teoría relacionada con las dos técnicas de optimización de operaciones que serán utilizadas: Pronósticos y Programación entera.

El proceso que se muestra en la figura 3.1 se podrá realizar de manera mensual o para analizar diferentes escenarios que involucren cambios en los precios, en las existencias, en las demandas. Los escenarios podrán ser utilizados por el gerente de la compañía para realizar planeación y tomar otro tipo de decisiones tales como: cambios de proveedor, restricciones en las políticas de inventarios, eliminación o inclusión de modelos por vender, etc. Se podrán capturar en el sistema los datos de ventas reales de cada mes con el fin de enriquecer el banco de datos históricos y poder así seguir contando el pronóstico oportunamente.

El entorno general del sistema, así como el análisis de datos, las técnicas de pronóstico y la presentación de reportes finales, serán desarrolladas en DELPHI. La solución del problema de P.E. se hará en el paquete LINGO.

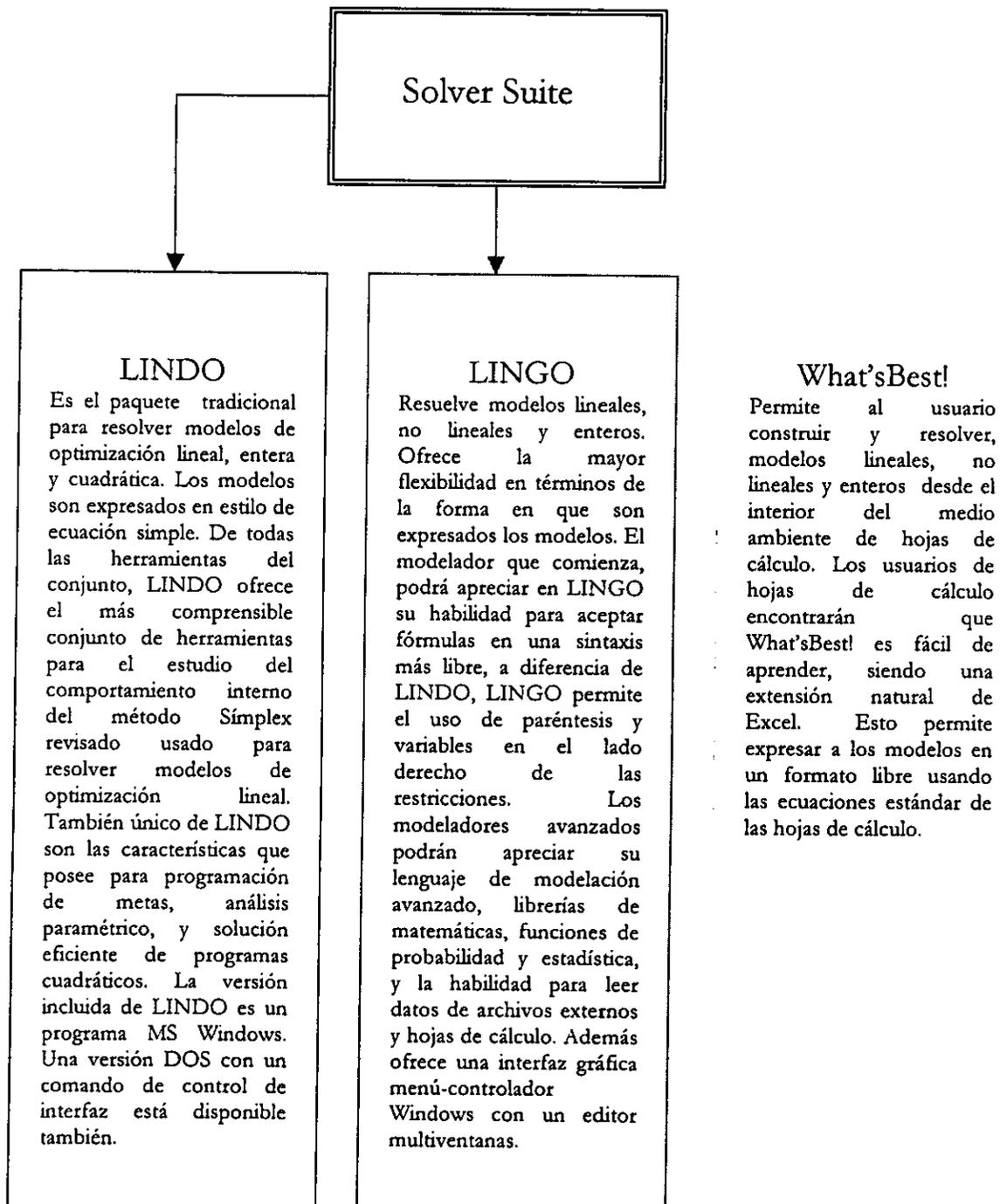
LINGO es una herramienta que junto con LINDO y What'sBest!, forma parte del paquete Solver Suit. LINDO, LINGO y What'sBest!, son las tres más populares y poderosas herramientas de optimización disponibles. Son ampliamente utilizadas en negocios y como herramientas de enseñanza, para resolver una variedad de problemas que incluyen distribución, producción y planeación de inventarios, programación de personal, planeación financiera, optimización de portafolios, entre otros.

La figura 3.2 muestra la estructura de Solver Suite. Las tres herramientas son similares en los tipos de problemas que pueden resolver. Su diferencia principal reside en su interfaz y en la forma en que los problemas son expresados. Las tres son muy versátiles para la realización de complejas y poderosas tareas. Son fáciles de utilizar y permiten interactuar con ellas, en la formulación de grandes problemas de optimización lineal y no lineal, en su solución y en el análisis de la solución.

La principal ventaja para proponer a LINGO como el paquete a utilizar, es que puede trabajar adecuadamente y de manera sencilla con diferentes ambientes tales como DOS, workstations y Windows, y presenta una gran posibilidad y poder de interfaz con diferentes aplicaciones. En contraste, LINDO, no presenta las mismas facilidades de interfaz. LINGO utiliza el método de bifurcación y acotación para solucionar problemas de P.E., método de cuyas ventajas se habla en el anexo correspondiente a P.E. Además, utilizando LINGO, existe compatibilidad con los recursos de software y



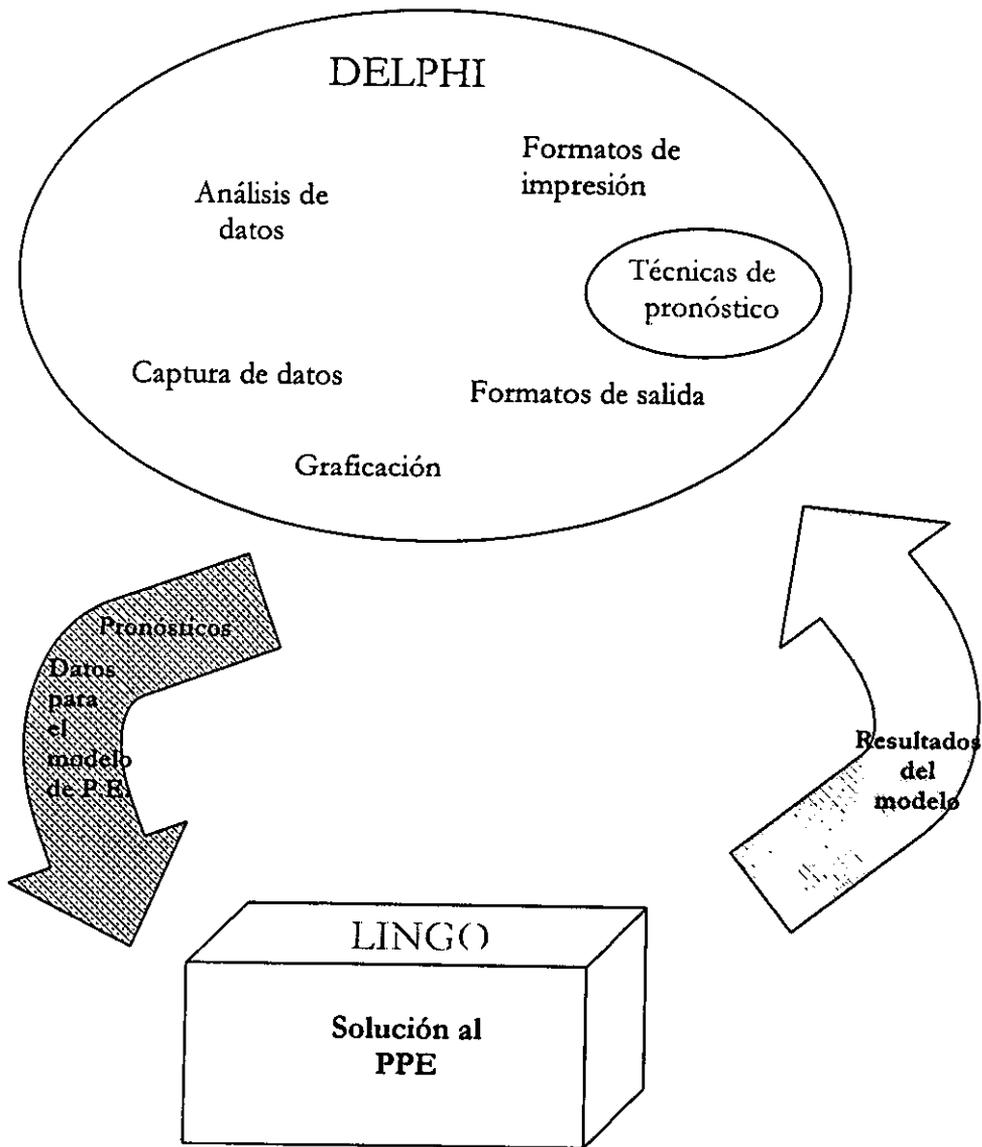
hardware con que cuenta la cía. Metroflux S.A. y que son en general con los que cuentan las pequeñas y microempresas en México.





La estructura de Solver Suite
Fig. 3.2

La interfaz entre DELPHI y LINGO se realizará de la forma que se muestra en la figura 3.3:



Interfaz Delphi-LINGO
Fig. 3.3



De tal forma, a partir de la solución del problema, que toma en cuenta las cantidades de instrumentos en existencia, los costos, y los pronósticos de ventas; la salida del programa será, el número de instrumentos de cada tipo, que debe comprar la empresa para atender adecuadamente las demandas mensuales, así como el monto mínimo requerido para su compra. Esto es, la secretaria o el gerente podrán elaborar las órdenes de compra mensuales.

El sistema propuesto, será entonces un producto encaminado a la solución de un problema muy específico, que sin embargo puede servir de guía para la solución de problemas similares en otras empresas. Algunos de los lineamientos generales para su desarrollo, son:

- 1) Sencillez en su forma de uso, dado el tipo de usuarios finales.
- 2) Formato atractivo para su utilización.
- 3) Obtención permanente de una solución .
- 4) Compatibilidad con el medio ambiente en el que funcionará.
- 5) Reportes de salida comprensibles.
- 6) Gran cantidad de gráficas que permitan al gerente comprender más claramente el comportamiento de las ventas, así como del mercado al que se atiende y poder así tomar mejores decisiones y realizar una mejor planeación.
- 7) La posibilidad de que el gerente pueda “jugar” con los datos con que se alimenta al modelo, tales como:
 - a. Costos
 - b. Inventario
 - c. Demandas

y así, poder usar el modelo para construir diferentes escenarios que le permitan planear adecuadamente. En este sentido, son necesarias ciertas reglas en la forma de capturar los datos o pequeñas modificaciones en el programa para lograr la construcción de dichos escenarios.

Dado que el programador será la misma persona que desarrollará todo el proyecto, habrá una gran consistencia entre lo que se requiere del software y cómo lograrlo, desde el punto de vista de programación.

Algunas de las contribuciones del trabajo en su totalidad serán:

- a) La combinación del uso, tanto de técnicas de I. de O. como de ingeniería de software, que permitirán dar una solución más eficiente, operativa y poderosa al problema planteado.
- b) La solución de un problema concreto.



- c) La posibilidad de implantación y puesta en marcha, dando como resultado la presentación de resultados reales.
- d) Tener un sistema para el diseño de inventarios de la cía. Metroflux S.A.

De igual forma, algunas de las consideraciones que sustentan la justificación del desarrollo del presente trabajo son:

1) Conveniencia

¿Qué tan conveniente es el desarrollo del proyecto?, esto es, ¿para qué sirve?

Sirve para solucionar un problema concreto presentado por una microempresa mexicana, solución que ayudará a los planes de expansión de la misma.

2) Implicaciones prácticas

¿Ayudará a resolver algún problema práctico?

El trabajo ayudará un problema práctico y concreto que es un procedimiento operativo que diseñe inventarios apoyando así la toma decisiones de la gerencia.

3) Valor teórico

¿La información que se obtenga puede servir para desarrollar una teoría?

Es posible obtener información acerca de la forma en que se comportan los inventarios para este tipo de productos pudiendo así tomar dicho conocimiento para el fortalecimiento y uso de supuestos en el desarrollo de estudios futuros que involucren este tipo de mercados.

¿Se podrá conocer en mayor medida el comportamiento de una o diversas variables o la relación entre ellas?

Se espera conocer mejor el comportamiento de las variables de demanda para los instrumentos de medición de fluidos, a través del análisis de sus series de tiempo.

4) Utilidad metodológica

El desarrollo del proyecto puede aportar nuevas ideas que pudieran servir como guía, en la forma de construir sistemas que involucren técnicas de I. de O. con la ingeniería de software, con la finalidad de hacerlos eficientes, operativos y amigables al usuario, asegurando así la aplicación práctica de los mismos.



5) Factibilidad del estudio

Se dispone de los recursos necesarios para el desarrollo del proyecto, esto es, se cuenta con equipos de cómputo y software necesario, fuentes de información y datos accesible, disposición para el trabajo, así como una calendarización factible.

Para la elección del lenguaje de programación, se tomaron en cuenta los lenguajes Visual Basic y Delphi. La principal razón para la consideración de los mismos, se debió al hecho, de que dichos lenguajes permiten una programación encaminada, a la elaboración de sistemas extremadamente amigables, al permitir el uso sencillo de interfaces con el ambiente Windows, que es el más usado en la actualidad y es el que la compañía utiliza.

El impresionante progreso en el campo de la optimización de operaciones, se debe en gran parte, al desarrollo paralelo de la computadora digital moderna, con sus tremendas capacidades de velocidad de cómputo y almacenamiento y recuperación de información. Como se había mencionado con anterioridad, existen un gran número de técnicas de optimización de operaciones, que utilizan a las matemáticas y hacen uso de la computadora como herramienta.

Las mayoría de las técnicas mencionadas utilizan algoritmos para la solución de modelos matemáticos estandarizados. Algunos de estos algoritmos son excepcionalmente eficientes, y rutinariamente se utilizan en diversas aplicaciones, para problemas que incluyen cientos o miles de variables.

Existen en el mercado, una gran cantidad de paquetes destinados a la aplicación de dichos algoritmos, tales como: TORA, QSB, MANAGER, COURSEWARE, por mencionar sólo algunos, y que resuelven problemas con las diversas técnicas de la optimización de operaciones, tales como: Programación matemática, Modelos de redes, Líneas de espera, Simulación, PERT/CPM, etc.

También los hay que se dedican a una técnica específica, tales como: LINDO o LINGO para programación matemática o diferentes lenguajes de simulación tales como GPSS o SIMNET II para Simulación.

Así mismo, se cuenta con la posibilidad de programar los algoritmos, en algún lenguaje de propósito general como Basic, Fortran, Pascal, C, y sus versiones visuales que son orientadas a objetos, tales como Visual Basic, Delphi o Visual C.



Una posibilidad muy poderosa, es la que se refiere a la construcción de interfaces, que combinen la programación en alguno de los lenguajes de propósito general mencionados, con paquetes o lenguajes de propósito específico. Este tipo de híbridos, permite hacer uso de manera conjunta, del poder de los paquetes existentes de excelente eficiencia y calidad, con la versatilidad y adecuación necesaria, para la solución de problemas muy específicos de determinadas organizaciones o empresas, que brindan los lenguajes de propósito específico.

Dada la gran variedad de posibilidades es necesaria la determinación de criterios para la elección de un lenguaje de programación, para el desarrollo de un determinado proyecto. Algunas de las preguntas que pueden elaborarse para esta toma de decisión pueden ser:

- ¿Existe un manual de usuario inteligible o suficiente información acerca de su utilización?
- ¿El código del lenguaje es compatible con las computadoras existentes?
- ¿Tiene documentación suficiente y diagnósticos adecuados de errores?
- Cuando se combinan los tiempos de organización, programación y depuración con los de compilación y ejecución, ¿sigue siendo atractiva la eficiencia?
- ¿Cuál es el costo de instalación, mantenimiento y actualización?
- ¿Es conocido el lenguaje o fácil de aprender?
- ¿Hay estudios suficientes que justifiquen el costo de instalar y aprender un nuevo lenguaje?
- ¿Es compatible con otros tipos de software?
- ¿El lenguaje presenta la facilidad requerida para una programación amigable al usuario?

Aplicando los criterios anteriores, tanto Delphi como Visual Basic, cumplían de manera aceptable. Sin embargo, se eligió Delphi porque al estar basado en Pascal, presenta mayor flexibilidad en la utilización de funciones matemáticas que Basic. En el capítulo IV, que habla del desarrollo del software, se puede encontrar información más detallada del lenguaje Delphi.



En la figura 3.4, se puede apreciar el funcionamiento del sistema propuesto, como un diagrama de bloque:

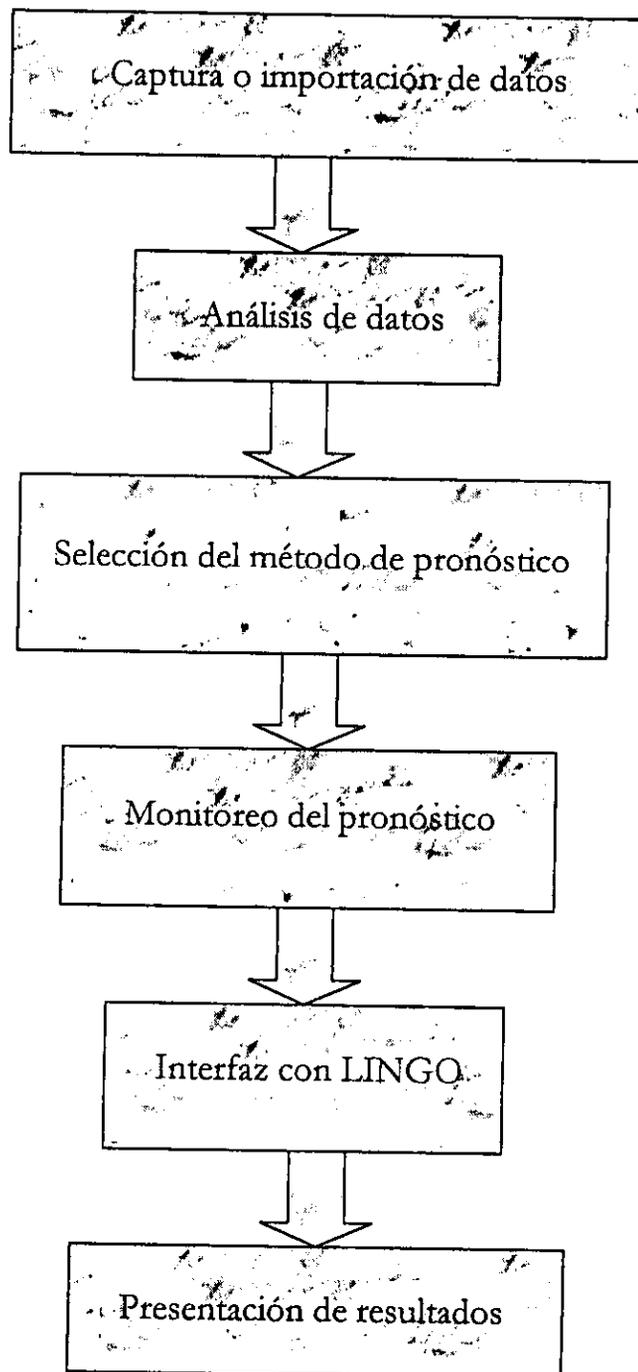




Diagrama de bloque del sistema
Fig. 3.4

3.3 Captura o importación de datos

El módulo de captura de datos, se diseñó pensando en que el formato en que se almacenaran los datos, fuese lo más estandarizado posible. Existen dos caminos para acceder los datos al sistema, uno es la captura directa en el software construido y otra es importando los datos desde Excel. El tener los datos históricos de ventas, las existencias, los costos, etc., en Excel, permite que puedan ser utilizados para cualquier otra aplicación, ya sea del ambiente de Microsoft para Windows, o para cualquier otro tipo de lenguaje o paquete, que cumpla con la restricción de ser compatible. De cualquier forma, el software elaborado, presenta una fácil utilización para la función de captura de datos.

3.4 Análisis de datos

Cuando se mide una variable a través del tiempo, con frecuencia está correlacionada consigo misma cuando se desfasa uno o más periodos. Esta correlación se mide mediante el coeficiente de autocorrelación.

Los patrones de datos que incluyen componentes como tendencia, estacionalidad e irregularidad se pueden estudiar usando el enfoque del análisis de autocorrelación.

Para calcular el coeficiente de autocorrelación de primer orden (r_1) o la correlación entre Y_t y Y_{t-1} se utiliza la siguiente ecuación:

$$r_1 = \frac{\sum_{t=1}^{n-1} (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-1} - \bar{Y})}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2}$$

en donde :



r_1 = coeficiente de autocorrelación de primer orden

\bar{Y} = media de los valores de la serie

Y_t = observación en el periodo t

Y_{t-1} = observación en el periodo t - 1

Ahora bien, la ecuación para calcular el coeficiente de autocorrelación de orden k (r_k), entre observaciones separadas por k periodos: Y_t y Y_{t-k} es la siguiente:

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y})}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2}$$

en donde:

r_k = coeficiente de autocorrelación para un desfase de k periodos

\bar{Y} = media de los valores de la serie

Y_t = observación en el periodo t

Y_{t-k} = observación en k periodos anteriores o en el periodo t - k

Si una serie es aleatoria, la correlación entre Y_t y Y_{t-1} es cercana a cero y los valores sucesivos de la serie de tiempo no guardan relación entre sí.

Si una serie tiene una tendencia, Y_t y Y_{t-1} están altamente correlacionados y es típico que los coeficientes de autocorrelación sean diferentes de cero de manera significativa



para varios de los primeros periodos de desfase y caigan gradualmente hacia cero al incrementarse el número de periodos. El coeficiente de autocorrelación para el periodo de desfase 1 es por lo regular muy grande (cercano a 1).

Si una serie tiene un patrón estacional, se presentará un coeficiente de autocorrelación significativo en el periodo de desfase correspondiente: cuatro en los datos trimestrales o doce en los datos mensuales.

Los coeficientes de autocorrelación de datos estacionarios caen a cero después del segundo o tercer periodo de desfase, mientras que en las series no estacionarias son significativamente diferentes de cero durante varios periodos.

Los coeficientes de autocorrelación de datos aleatorios tienen una distribución que se puede aproximar a una curva normal con una media de cero y una desviación estándar de

$$\frac{1}{\sqrt{n}}$$

Si la serie es en efecto aleatoria, la mayoría de los coeficientes de autocorrelación calculados se encuentran todos dentro del intervalo producido por:

$$0 \pm Z\left(\frac{1}{\sqrt{n}}\right)$$

en donde

Z = valor normal estándar para un nivel de confianza dado

n = número de observaciones en la serie de datos

En base a lo anterior se propone un módulo en el programa, que analice los datos calculando el coeficiente de autocorrelación, y determine la presencia de tendencia, estacionalidad y aleatoriedad. Esta función conllevará a la elección del mejor método de pronóstico por parte de la desarrolladora. En esta versión del sistema dicha elección se hace de forma independiente al software. Se pretende que una siguiente versión lo haga de manera automática.

En los anexos pueden encontrarse las tablas con los datos históricos de ventas recopilados.



3.5 Selección del método de pronóstico

Los pasos a seguir en el proceso de elección del pronóstico son :

- 1.- Determinar el qué y por qué del pronóstico y lo que será necesario incluyendo el nivel de detalle requerido (x región, x producto, etc), la cantidad de recursos (hardware, software, etc) que pueda ser justificado y el nivel de exactitud deseada.
- 2.- Establecer el horizonte de tiempo (corto, mediano, largo).
- 3.- Seleccionar una técnica de pronóstico.
- 4.- Reunir datos y desarrollar el pronóstico.
- 5.- Identificar cualquier hipótesis / suposición hecha al preparar y usar el pronóstico.
- 6.- Monitorear el pronóstico para ver si se está desempeñando en la manera deseada. Hay que desarrollar un sistema de evaluación para este propósito.

Un factor principal que influye en la selección de una técnica de pronóstico, consiste en la identificación y comprensión de patrones históricos en los datos.

Con base en información teórica, para la evaluación de las diferentes técnicas de pronóstico que pueden utilizarse, se usaron tablas comparativas, que califican diferentes aspectos relevantes en la obtención de pronósticos. Las tablas pueden encontrarse en el correspondiente anexo, al final del presente trabajo.

Una situación importante, es la facilidad de comprensión e interpretación de los resultados. Las técnicas de modelos de regresión, proyección de tendencias, descomposición clásica y suavizamiento exponencial, califican alto para este criterio. Se debe evaluar cada técnica en términos de confiabilidad y aplicabilidad, para el problema en cuestión, su valor en términos de efectividad comparado con el de otras técnicas apropiadas, su nivel de precisión, su costo y aceptación por parte de la administración.

La técnica que califique como mejor, será la que se utilizará en este módulo.

Dado que en el análisis de datos realizado se encontró que todas las series eran aleatorias, y dada la información contenida en las tablas de evaluación mencionadas, la técnica de pronóstico que se aplicó a todos los casos fue la de Suavizamiento



exponencial simple. La teoría acerca de dicho método podrá ser encontrada también en los anexos.

3.6 Monitoreo del pronóstico

El monitoreo del pronóstico no está incluido dentro del sistema. Se hace de manera externa. De hecho, es una función que realizará la desarrolladora, de manera periódica para asegurarse de que la técnica de pronóstico utilizada siga siendo la adecuada. Sin embargo, se propone que para la siguiente versión del sistema, el monitoreo se haga de manera automática, dentro del mismo.

Es importante monitorear los errores del pronóstico para asegurar que éste se desempeña correctamente.

Los pronósticos pueden ser monitoreados utilizando ya sea señales de rastreo, o gráficas de control.

3.6.1 Señales de rastreo

Una señal de rastreo está basada, en razón al error de pronóstico acumulativo, correspondiente al valor de la media absoluta (MAD)

$$\text{Señal de rastreo} = \frac{\sum(A - F)}{MAD}$$

Los valores de las señales de rastreo resultantes, se comparan con límites predeterminados, los cuales están basados en la experiencia y el juicio. Por lo general varían de +3 a -8. Los valores que caigan dentro de estos límites sugieren que el pronóstico se está desarrollando adecuadamente.

3.6.2 Gráficas de control

El enfoque de gráficas de control, involucra fijar límites inferiores y superiores, para errores de pronóstico individuales, en lugar de errores acumulativos. Los límites son múltiplos de la desviación estándar estimada del pronóstico, S_f , la cual es la raíz



cuadrada del error cuadrático medio. Los límites de control por lo general se establecen a ± 2 o 3 desviaciones estándar.

$$\pm 2 \text{ (o } 3) S_f$$

Nota: para determinar si el método que está siendo usado está bajo control, hay que graficar los errores y observar si éstos se encuentran dentro de los límites.

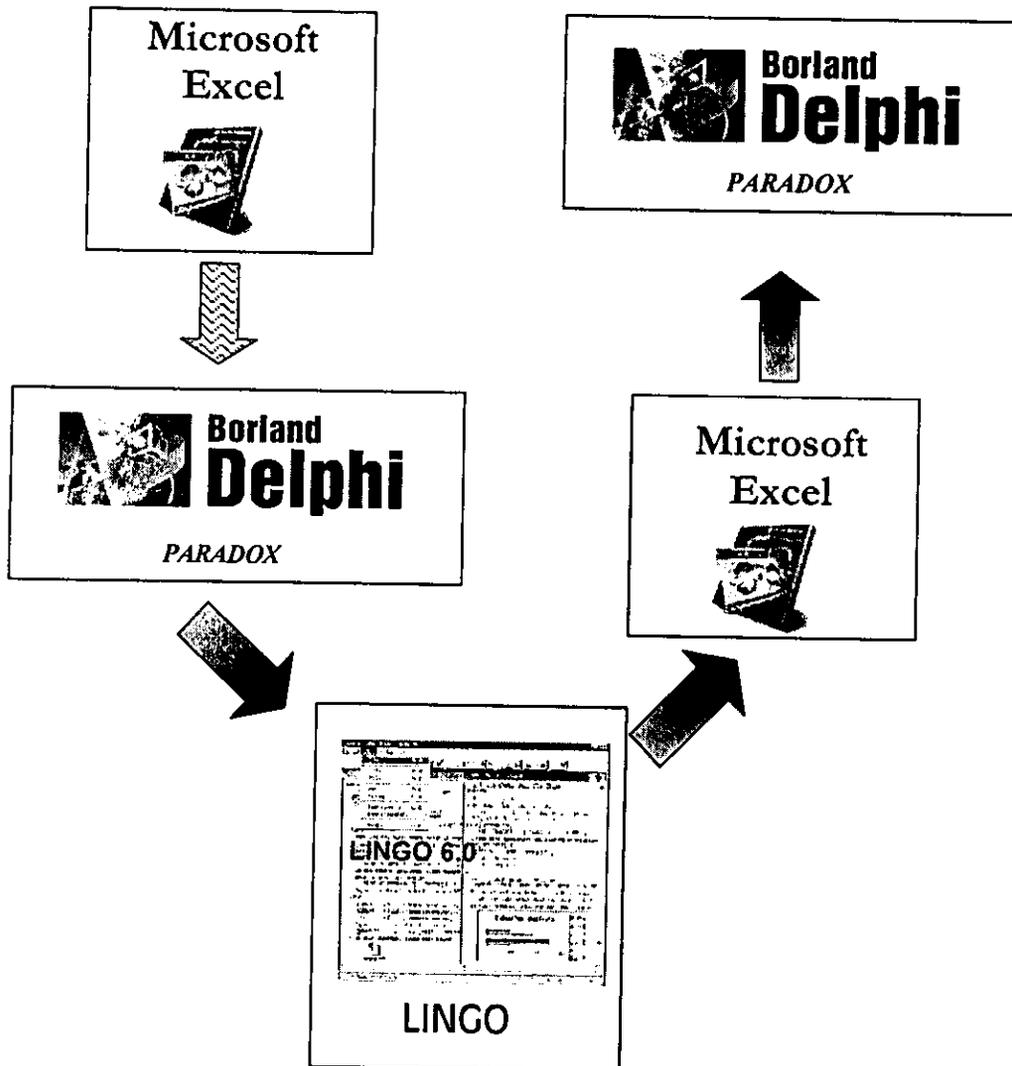
3.7 Interfaz con LINGO

El sistema desarrollado, permite al usuario acceder al programa, ejecutar el modelo e importar la solución, con la mínima interacción. Recordemos, que las funciones de aplicación de los modelos matemáticos (pronósticos y P.E.), resultan ser una caja negra para los usuarios finales. Esta situación es necesaria dadas sus características.

La manera en que la interfaz se realiza es la siguiente:

- 1.- Los datos de existencias, costos y ventas históricas se capturan directamente en el sistema programado en Delphi, o se obtienen desde una hoja de Excel. Estos datos se trasladan al manejador de bases de datos que maneja Delphi de manera predefinida y que es Paradox.
- 2.- Las bases de Paradox (y que contienen existencias, costos y pronósticos de ventas), son importadas por LINGO, y allí se asignan a modelo de P.E. que será resuelto y que ya se tiene construido.
- 3.- Una vez resuelto el modelo, LINGO exporta los datos a Excel, a un formato de hoja de cálculo elaborado con anterioridad.
- 4.- Finalmente, los datos son tomados de la hoja de Excel, desde el sistema en Delphi, para ser nuevamente manipulados por Paradox y poder presentar los reportes necesarios.

En la figura 3.5, se puede observar el diagrama, de cómo se lleva a cabo la interfaz descrita.



Interfaz con LINGO
Fig. 3.5



De manera general, las instrucciones con que cuenta LINGO para la exportación e importación de datos respectivamente son:

Para que LINGO tome datos del sistema:

@odbc([nombre de la fuente de datos] , [nombre de la base de datos], [campo 1], [campo 2],....[campo n])

donde:

fuentes de datos es la ubicación de las bases de datos que se ocuparán.

Para exportar los datos de LINGO a una hoja de Excel:

@ole('nombre del archivo en Excel', rango de salida creado en Excel)= variables de resultado

Mayor información de las instrucciones mencionadas, así como ejemplos de uso, pueden encontrarse en LINGO user's guide de LINDO SYSTEMS INC.

3.8 Presentación de resultados

La presentación de resultados debe ser de la manera más comprensible y clara posible. Se proporcionarán al usuario el mayor número de gráficas posibles, así como pantallas de impresión fáciles de comprender y utilizar, para elegir los datos que se desea sean impresos en cada reporte. Ejemplos de las pantallas y reportes de salida, se muestran en la sección 4.2.

3.9 Construcción de escenarios

Como se había mencionado con anterioridad el sistema presenta la posibilidad, para el gerente únicamente, de crear escenarios que contengan situaciones específicas, para poder experimentar qué es lo que sucedería si determinadas circunstancias se presentaran para la compañía. Lo anterior, con la finalidad de que el gerente pueda ver más allá, y logre tomar decisiones y planear, a partir de saber qué ocurriría si alguna



circunstancia cambiara en el futuro. Cómo el cambio en precios, demandas, etc., impactaría en la forma en que se da servicio a los clientes, en la forma en que opera la compañía.

La manera de construir dichos escenarios, se puede realizar a través de la captura de coeficientes específicos, que serán exportados al modelo de P.E. Son cinco las posibilidades de “situaciones especiales” que pueden manejarse en el modelo. Se pueden crear una a la vez o combinaciones de ellas. Estas situaciones son:

- 1.- Cambios en el costo de uno o varios modelos de instrumento
- 2.- Cambios en las cantidades de piezas existentes para uno o varios modelos de instrumento
- 3.- Cambios en las demandas de uno o varios modelos de instrumento
- 4.- Eliminación de uno o varios modelos de instrumento
- 5.- Inclusión de uno o varios modelos nuevos de instrumento

Las posibles causantes de cada “situación especial” y la forma que se realiza su aplicación en el sistema se describen a continuación.

1.- Cambios en el costo de uno o varios modelos de instrumento

Causa: La causa para un cambio en el costo puede ser que existan variaciones económicas en el medio ambiente externo a la compañía, inflación, competencia, exceso o disminución de producción, exceso o disminución de demanda, etc.

Aplicación: La forma de aplicar el cambio es simplemente capturar los nuevos costos (c_i) que serán exportados a LINGO para la solución del problema de P.E.

2.- Cambios en las cantidades de piezas existentes para uno o varios modelos de instrumento

Causa: Las causas pueden ser que se desee saber qué pasaría si un modelo de instrumento no se vendiera y se tuviese en exceso o que pasaría si se pretendiese tener siempre en existencia un número determinado de piezas de cierto modelo como una seguridad de existencia. En otro caso, qué pasaría si siempre las existencias fuesen cero y se pretendiese que siempre se tuvieran que comprar las que se fueran necesitando en base a los pronósticos de ventas. También puede ocurrir que se presente la oportunidad de comprar muchas piezas de algún modelo de instrumento a muy bajo precio, lo cual haría que las existencias crecieran, pero, ¿qué tan conveniente sería?



Aplicación: La forma de aplicar el cambio es simplemente capturar las nuevas existencias (e) que serán exportadas a LINGO para la solución del problema de P.E.

3.- Cambios en las demandas de uno o varios modelos de instrumento

Causa: Una cambio tecnológico puede traer como consecuencia que cierto modelo de instrumento fuera de pronto muy demandado o por el contrario, que no se requiera más.

Aplicación: La forma de aplicar el cambio es simplemente capturar las nuevas demandas (b) que serán exportadas a LINGO para la solución del problema de P.E.

4.- Eliminación de uno o varios modelos de instrumento

Causa: Esta situación se puede dar si un modelo de instrumento es discontinuado, o si se requiere eliminarlo ya que por cambios tecnológicos no se demande más.

Aplicación: La forma de traducir este cambio es capturar ceros en los costos, en las existencias y en las demandas para dicho modelo. De tal forma, para el modelo matemático, ese modelo de instrumento simplemente no existe.

5.- Inclusión de uno o varios modelos nuevos de instrumento

Causa: Un nuevo modelo de instrumento puede empezar a demandarse por cambios en la tecnología de maquinaria de la industria.

Aplicación: La forma de aplicar este cambio es construir un nuevo modelo de P.E. con otra (o más) nueva variable, por consiguiente con nuevos coeficientes de costo en la función objetivo, nuevos coeficientes de existencia y demanda en una nueva restricción. Este cambio, no puede ser realizado de la misma sencilla y directa forma de las anteriores, es necesario que el programador haga cambios en el programa Delphi y en el modelo, ya que se requieren nuevos pronósticos y la estructura general del modelo, que se maneja para los casos anteriores debe ser modificada. Sin embargo, dicho cambio es relativamente sencillo y rápido.



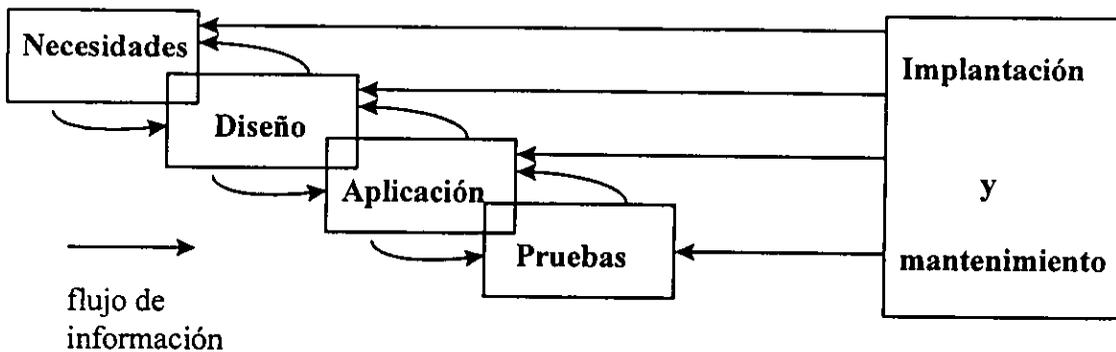
IV. Desarrollo del software

*“Lo que un programador puede hacer en un año,
dos programadores lo pueden hacer también en un año”.*
CONVENCIONALES CONSEJOS
DE SOFTWARE.

4.1 Diseño

En esta sección se describe la forma en que, utilizando la ingeniería de software, el sistema de cómputo propuesto fue desarrollado. De tal forma se muestran los resultados del diseño de diagramas de bloque, pantallas y menús. El producto obtenido de la codificación en Delphi del programa, así como de las constantes actividades de corrida, revisión y detección errores, hasta su completa depuración. Como ya se mencionó, en la realización de estas actividades se involucran conceptos propios de la ingeniería de software, válidos para el desarrollo de cualquier tipo de sistema de cómputo.

De manera preliminar la estrategia para el desarrollo software será la del “Ciclo de vida de sistemas” propia de la ingeniería de software que puede verse en la figura 4.1.



Ciclo de vida para el desarrollo de software

Fig. 4.1

Finalmente se construirá la versión instalable del programa, y se hará el plan para su puesta en marcha.



4.1.1 El lenguaje de programación Delphi

En el capítulo III se habló de que el lenguaje elegido para la programación fue Delphi, así como de las razones de dicha elección. Para hacernos una idea de lo que es, y de lo que se puede conseguir con Delphi, vamos a ver de forma breve las propiedades más importantes y destacadas de que consta.

- Delphi es una potente herramienta de desarrollo de programas que permite la creación de aplicaciones para Windows 3.x, Windows95 y Windows NT. De hecho, aunque el programa ANALOGIA.EXE corre perfectamente en cualquier tipo de Windows, fue desarrollado sobre una plataforma Windows NT Workstation.
- Las aplicaciones pueden colocarse de forma muy sencilla en la pantalla según el principio de módulos. Para ello se dispone de una paleta dotada de una gran variedad de componentes, algo así como los bloques de construcción de cada programa. Esta paleta es denominada por Borland VCL (Visual Component Library), o biblioteca de componentes visuales. Tiene un aspecto similar a Visual Basic, pero aunque el aspecto externo indica la misma facilidad de uso que Visual Basic, el corazón del sistema Delphi es mucho más potente.
- Esta VCL es mucho más amplia que la de Turbo Pascal para Windows o la conocida OWL 1.0 (Object Windows Library) de Borland Pascal, y ofrece además una abstracción mucho más alta del sistema operativo. El programador es totalmente independiente de las particularidades de Windows, tales como manejadores (Handlers), punteros y funciones del API de Windows (Application Programming Interface). La programación se realiza con los cómodos componentes de Delphi y no con las complejas llamadas al sistema de Windows. Esto simplifica enormemente la hasta ahora poco clara programación bajo Windows.
- En realidad el hecho de que no necesitemos (normalmente) usar llamadas al API, no quiere decir que Delphi no lo permita. En casos muy concretos es necesario y no se puede hacer de otra manera. Un ejemplo concreto en ANALOGIA.EXE es la rutina que escribe las letras verticales de las etiquetas de los componentes del sistema mecánico (si el sistema es vertical). Esta rutina hace uso de varias llamadas al API de Windows puesto que Delphi no admite la posibilidad de escribir en vertical directamente. Pero como se ve, es un caso muy particular para una necesidad muy concreta.
- A diferencia de otras herramientas de desarrollo visuales (Visual Basic, Toolbook, etc) con Delphi es posible crear nuevos componentes que pueden



entonces incorporarse en la paleta con los componentes ya existentes y que pueden ser utilizados de la misma forma. La VCL puede estructurarse libremente y así adaptarse totalmente a las situaciones propias de programación.

- Delphi no solo dispone de componentes para la sencilla creación de entornos de aplicaciones como cuadros de lista, conmutadores o cuadros de diálogo terminados, sino que cubre con sus componentes muchos temas de la programación bajo Windows: se incluye entre los mismos un completo centro de control para la creación de aplicaciones multimedia, así como una gran variedad de componentes que actúan "debajo" del entorno, como tipos de listado muy variados y contenedores generales de datos. También hay herramientas de comunicación para DDE y OLE a través de las que se pueden crear vínculos de datos y comandos con otras aplicaciones. Uno de los aspectos más destacados lo constituyen los componentes que Borland ha incluido en Delphi para el desarrollo de completas aplicaciones de bases de datos. No se está limitado a un formato de datos determinado, sino que se tiene acceso a 50 formatos de datos diferentes a través de controladores suministrados por terceros (IDAPI y ODBC). Entre éstos se encuentran todos los estándares importantes de bases de datos en el área del PC como XBase, Paradox, Access, etc. Pero también es posible acceder de forma muy cómoda a servidores de bases de datos de otros sistemas (por ejemplo UNIX) por medio del SQL (Structured Query Language) que constituye un estándar de lenguaje de uso general para consultar y modificar datos administrados por servidores especiales -de bases de datos como Oracle, Sybase, Informix o Adabas.
- Delphi dispone del Object Pascal, un lenguaje de programación muy poderoso que está sin dudas a la altura del C++ y que incluso lo supera en algunos aspectos. Este lenguaje surge a partir del desarrollo del Borland Pascal 7.0, un lenguaje que ocupa un lugar muy importante en la programación de ordenadores personales. El Object Pascal es totalmente compatible con el Borland Pascal 7.0, lo que permite que programas desarrollados con este último puedan ser convertidos a Delphi. Incluso la biblioteca de clases OWL 1.0 se incluye con el paquete de Delphi. Aspectos nuevos en el Object Pascal en relación a sus predecesores son el Exception-Handling (tratamiento y canalización de errores en run-time), un manejo más sencillo de los punteros con reconocimiento automático y referenciación, las llamadas propiedades de objetos que pueden ser asignadas como las variables, etc.
- Las aplicaciones terminadas quedan disponibles como archivos ejecutables (.EXE) que pueden utilizarse solos y sin bibliotecas adicionales, tal y como se ha hecho en ANALOGIA.EXE. Consecuentemente la velocidad con la que pueden ejecutarse los programas creados es muy alta. Excepcionalmente, si se



incluyen llamadas a VBX, o DLLs, éstas se deben incluir junto con el ejecutable. También es necesario incluir el BDE (Borland Database Engine) en las aplicaciones de bases de datos, por lo cual no se incluye con ANALOGIA.EXE.

- Delphi es una "Two-Way-Tool", es decir, una herramienta de dos direcciones, porque permite crear el desarrollo de programas de dos formas: una de forma visual en la pantalla, por medio de las funciones de Drag & Drop (Arrastrar y colocar) y la otra a través de la programación convencional, escribiendo el código. Ambas técnicas pueden utilizarse de forma alternativa o simultánea.
- El entorno de programación típico consta en Delphi de cuatro ventanas que comparten el espacio disponible de la pantalla. Cada una de estas ventanas puede modificarse, cerrarse y volverse a abrir mediante el menú View. Estas ventanas fundamentales son las que se ven en la figura 4.2.

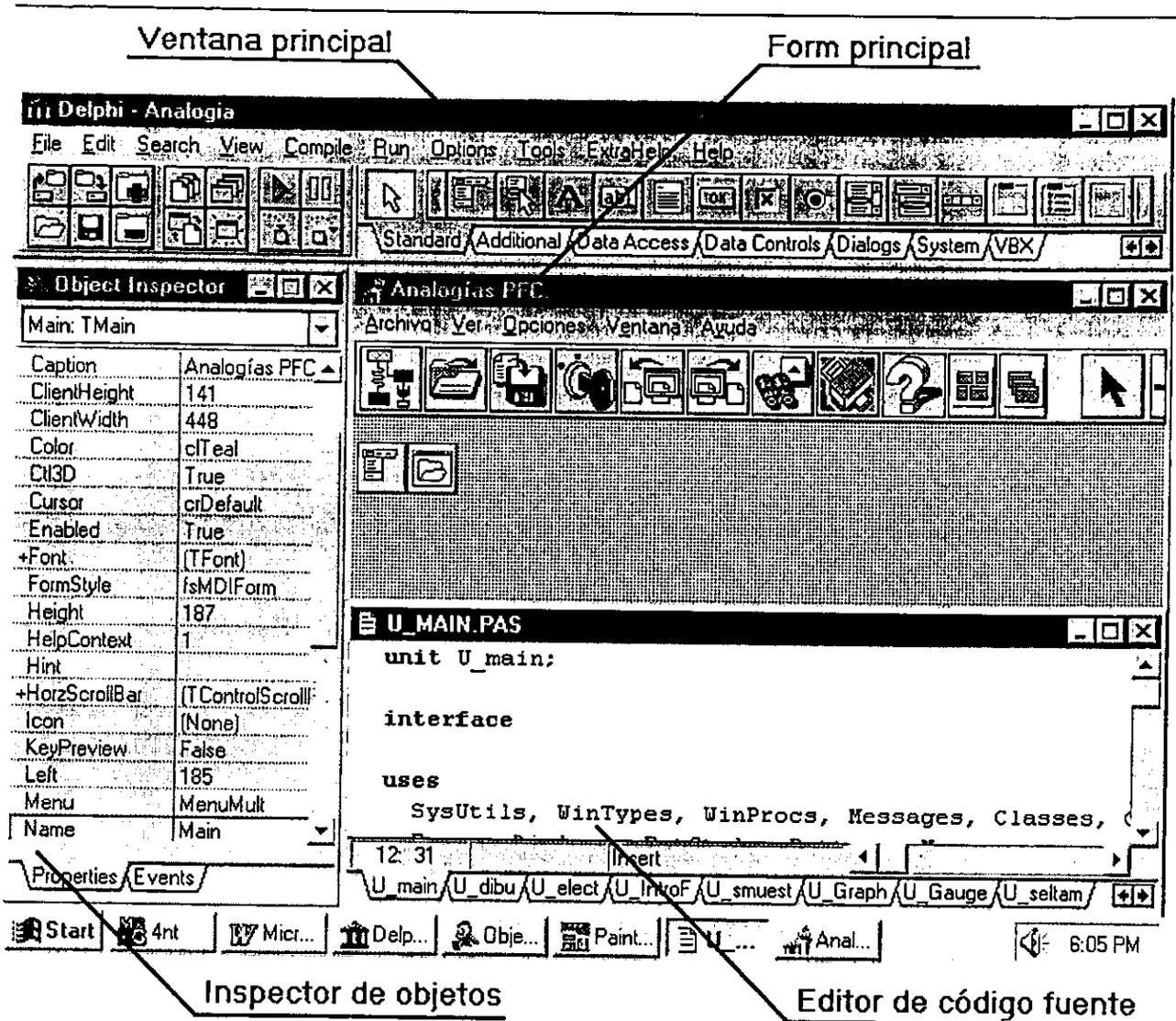


Fig. 4.2

Estructura de un proyecto Delphi

Un proyecto Delphi es el conjunto de todos los archivos que, una vez compilados, constituyen un programa ejecutable.

En el caso de ANALOGIA.EXE solo es necesario este archivo (exceptuando ANALOGIA.INI y ANALOGIA.HLP que ofrecen prestaciones adicionales), pero en otros casos es necesario añadir otros ficheros: DLLs, VBXs, BDE, etc.

Los fuentes de ANALOGIA.EXE se componen de un archivo ANALOGIA.DPR (DPR = Delphi Project) que es el programa principal (no la unit Main, sino el archivo que únicamente crea todos los forms y los lanza, siendo el archivo más pequeño de



todos) y una serie de units (once en nuestro caso) que suelen llevar extensión .PAS. Generalmente estas unidades se encuentran asociadas con fichas, aunque no tiene por qué ser así en todos los casos (en ANALOGIA.EXE las unidades U_Misc y U_Math no están asociadas a ningún form)

Cuando se compila el proyecto, se crean una serie de módulos de código objeto (.DCU), que el linker utiliza para crear el archivo .EXE.

Otro tipo de archivos muy importante en la programación bajo Windows son los archivos de recursos (.RES), generados tanto por Delphi como por otros compiladores y herramientas (C++, etc). Estos ficheros pueden contener mapas de bits, listas de strings, etc. De hecho, un form es también del tipo Resource (pero con extensión .DFM, o sea Delphi Form). Para la vinculación en un módulo del programa se utiliza la instrucción de compilación {\$R <NombreArchivo.RES>}, que se puede ver al principio del programa. De hecho, los dibujos de los cursores, los dibujos de los componentes eléctricos y mecánicos y otra serie de elementos se han creado en archivos .RES independientes e importado posteriormente al programa.

Aunque no son muy utilizados, también se pueden incluir archivos .INC (Include) que contienen clases, rutinas, variables, etc. y archivos .OBJ (Objeto), generados por ejemplo por un ensamblador o un compilador de C.

4.1.2 Pantallas

Tomando en consideración los siguientes aspectos básicos:

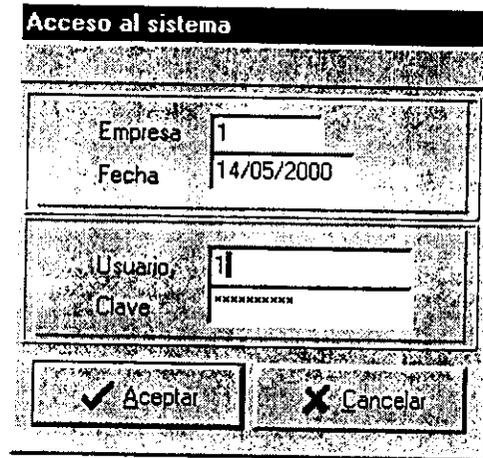
- 1.- importación o captura de datos fuente
- 2.- elaboración de pronóstico
- 3.- interfaz con LINGO
- 4.- recuperación de resultados

el sistema se elaboró pensando en 3 secciones principales :

- 1.- Pronóstico
- 2.- Diseño de Inventario
- 3.- Utilerías del sistema

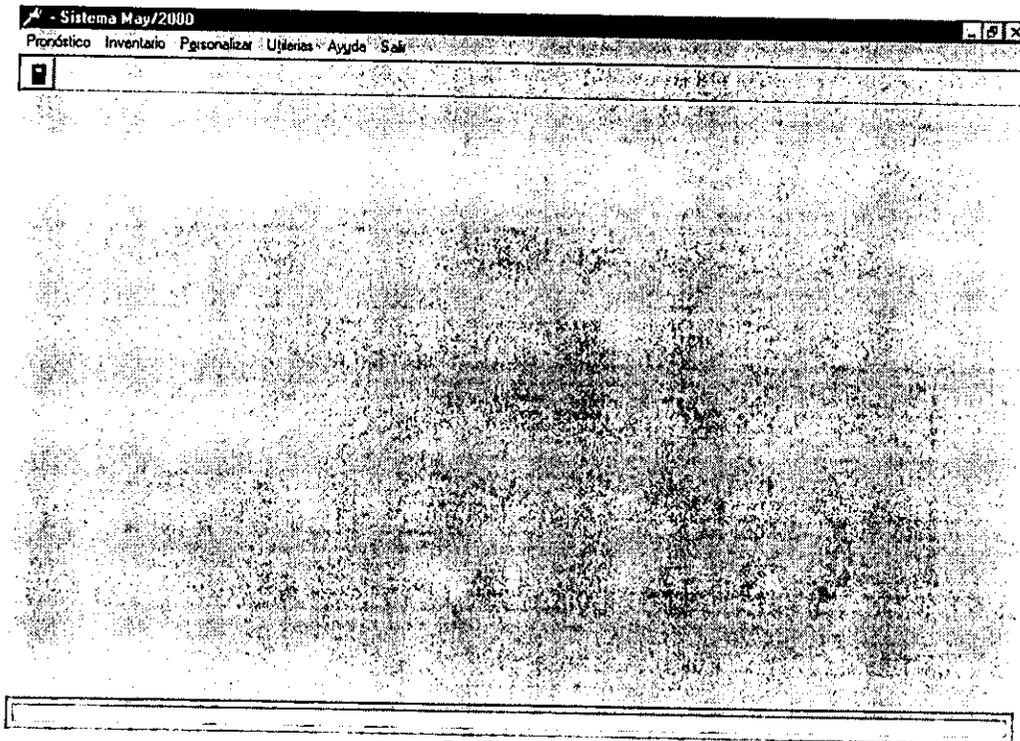
Las pantallas del sistema son las siguientes:

1.- Una pantalla de acceso al sistema, en donde se capturarán los datos que se muestran a continuación:



| Acceso al sistema | |
|---|-----------------------------------|
| Empresa | 1 |
| Fecha | 14/05/2000 |
| Usuario | 1 |
| Clave | XXXXXXXX |
| <input checked="" type="checkbox"/> Aceptar | <input type="checkbox"/> Cancelar |

2.- Posteriormente la pantalla principal del sistema :

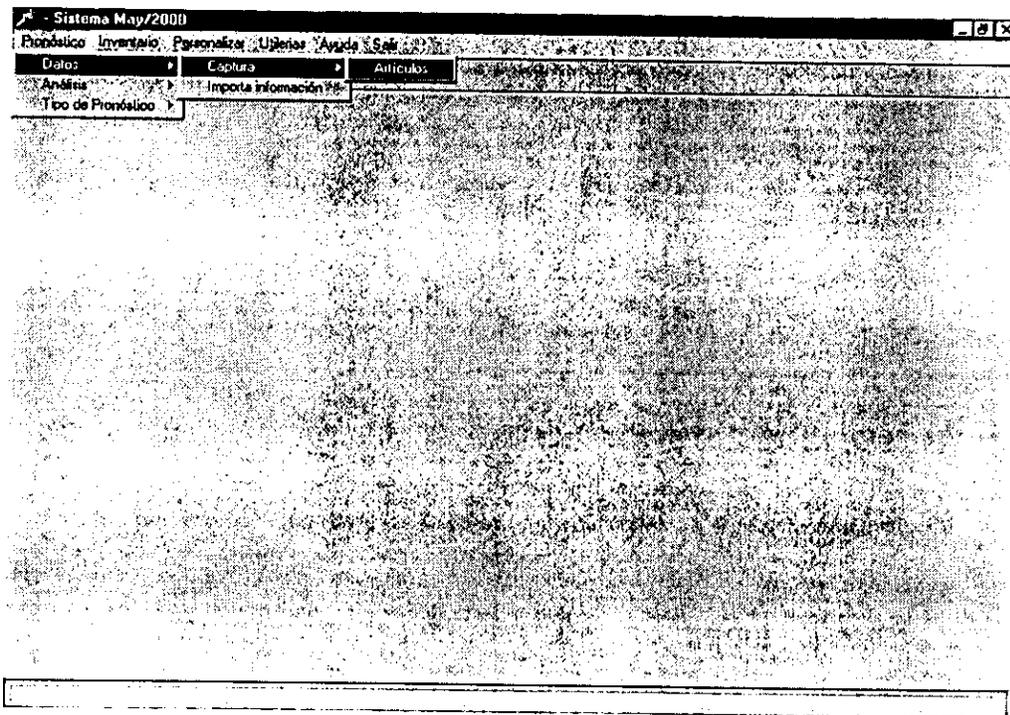


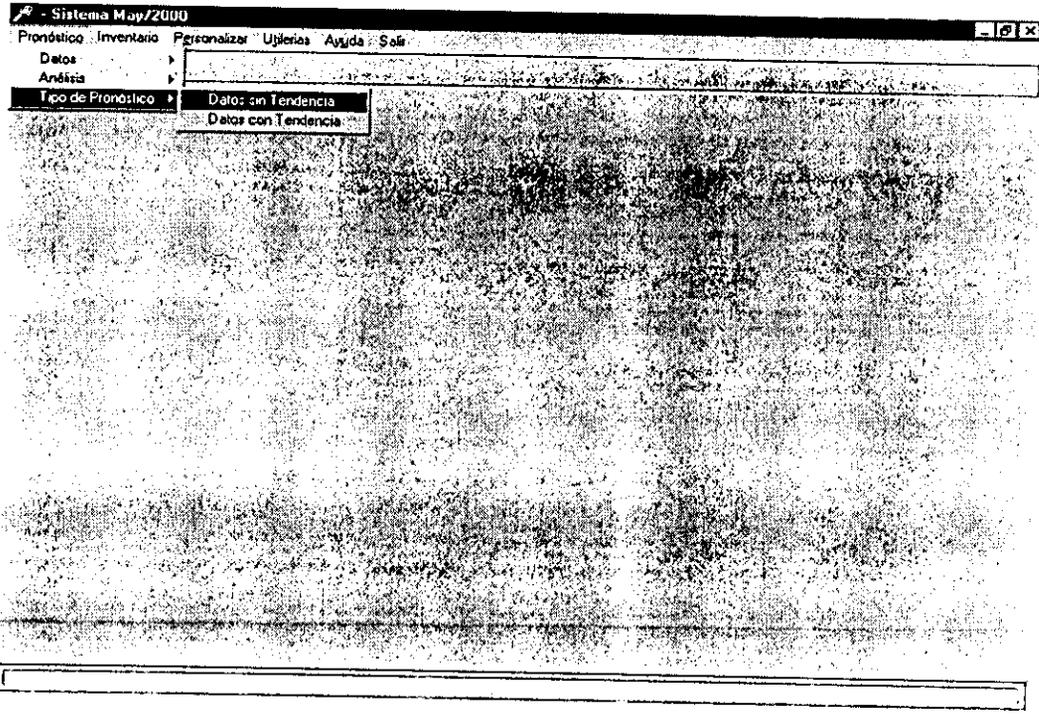
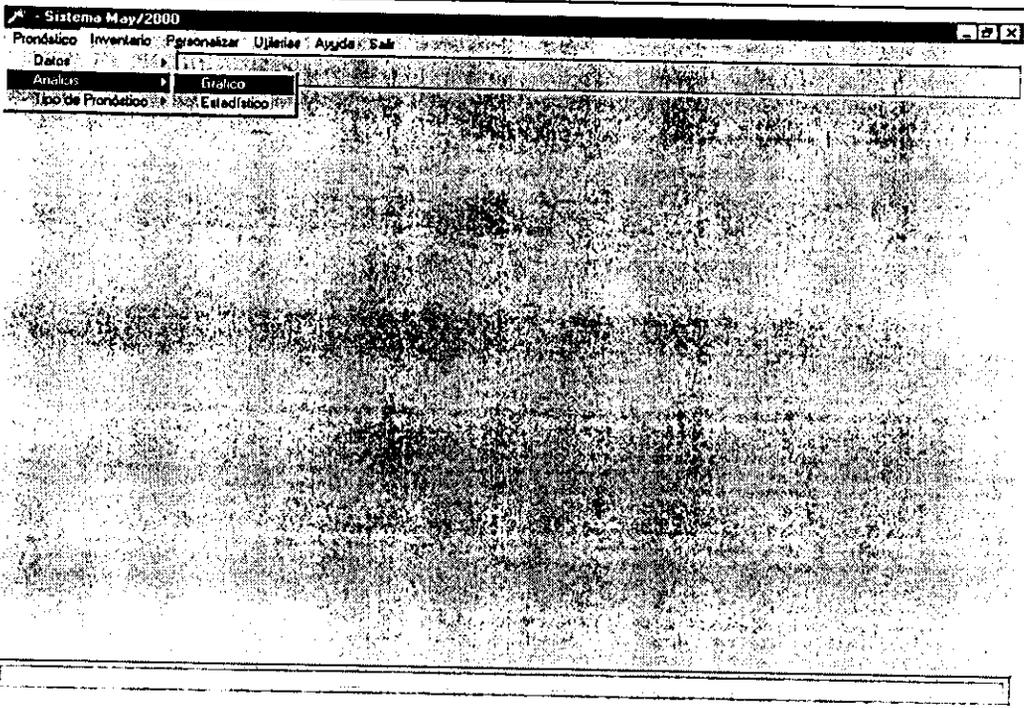
en donde se muestran los siguientes submenús:

2.- En el submenú Pronóstico se encuentran las opciones para capturar o importar datos (artículos y demanda observada) desde una base elaborada previamente en excel

y guardada con formato csv. También existe una sección denominada Análisis de datos en donde se muestran dos opciones: Gráfico y Estadístico. La sección gráfica muestra una gráfica de las ventas por artículo dependiendo del código de artículo que se seleccione, mientras que la sección estadística calcula los coeficientes de autocorrelación para diferentes desfases de tiempo de cada artículo, los cuales se emplean para identificar patrones en las series de tiempo de datos, información que nos ayudará a seleccionar el método de pronóstico adecuado.

Las pantallas correspondientes a esta sección son:

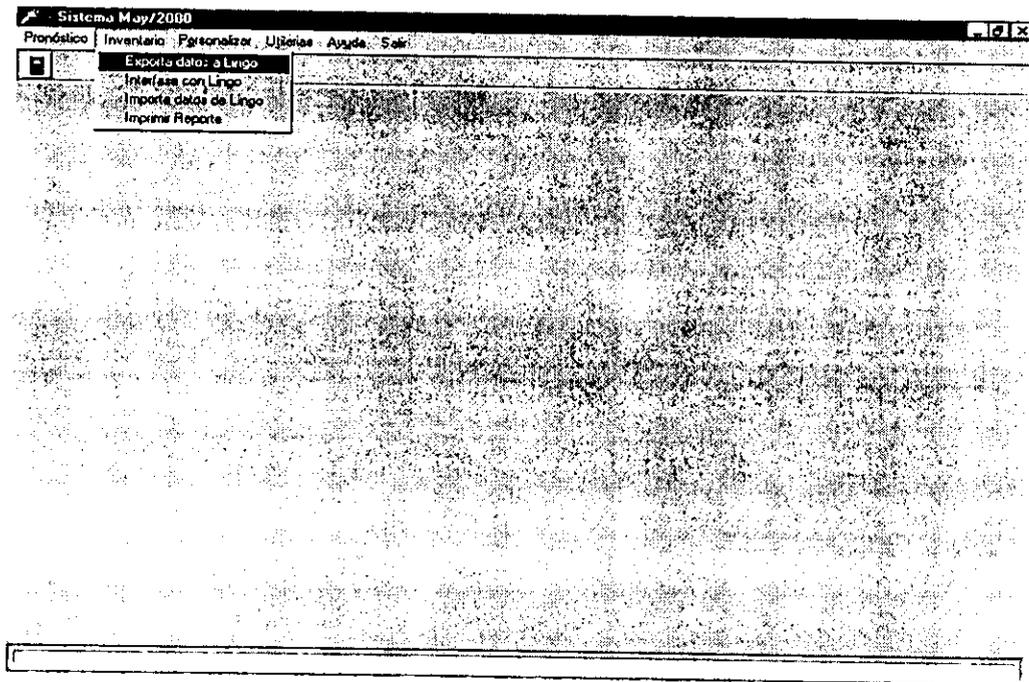






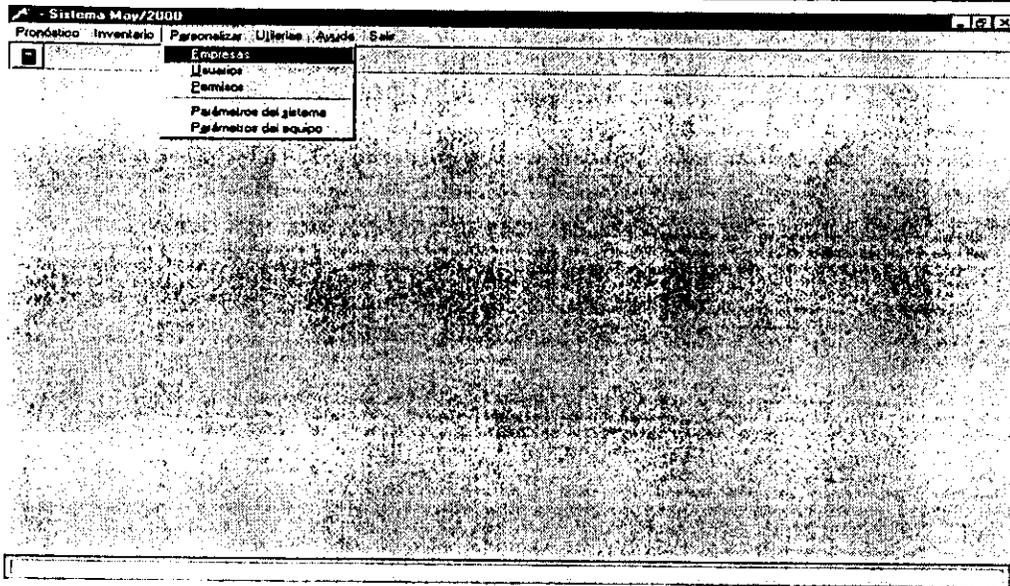
2.- La sección de Inventario contiene opciones para que una vez que se elabora el pronóstico, se pueda convertir esta información a un formato que posteriormente será utilizado por el sistema Lingo para resolver el modelo que nos ocupa. Una vez resuelto el modelo, los resultados se importan de la base Result.xls guardada como formato csv y se utiliza la opción Imprime Reporte para visualizar el resultado ya sea por pantalla o impresora.

La pantalla correspondiente a esta sección es la siguiente:

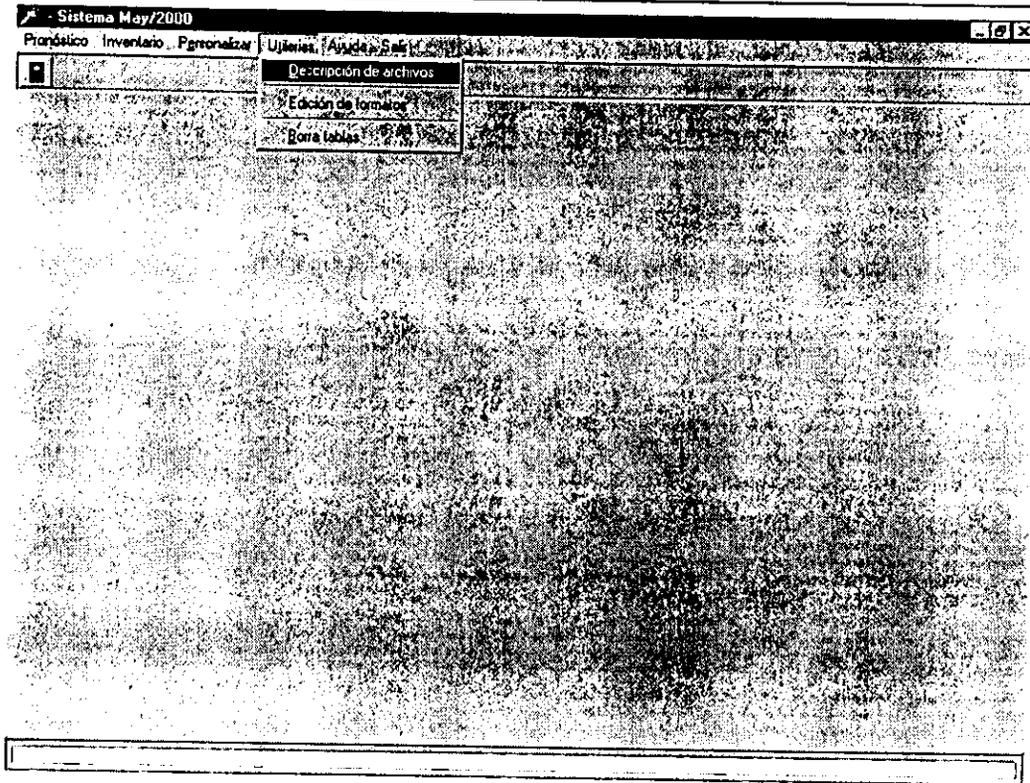


3.- Las secciones Personalizar, Utilerias y Ayuda corresponden propiamente a configuraciones del sistema.

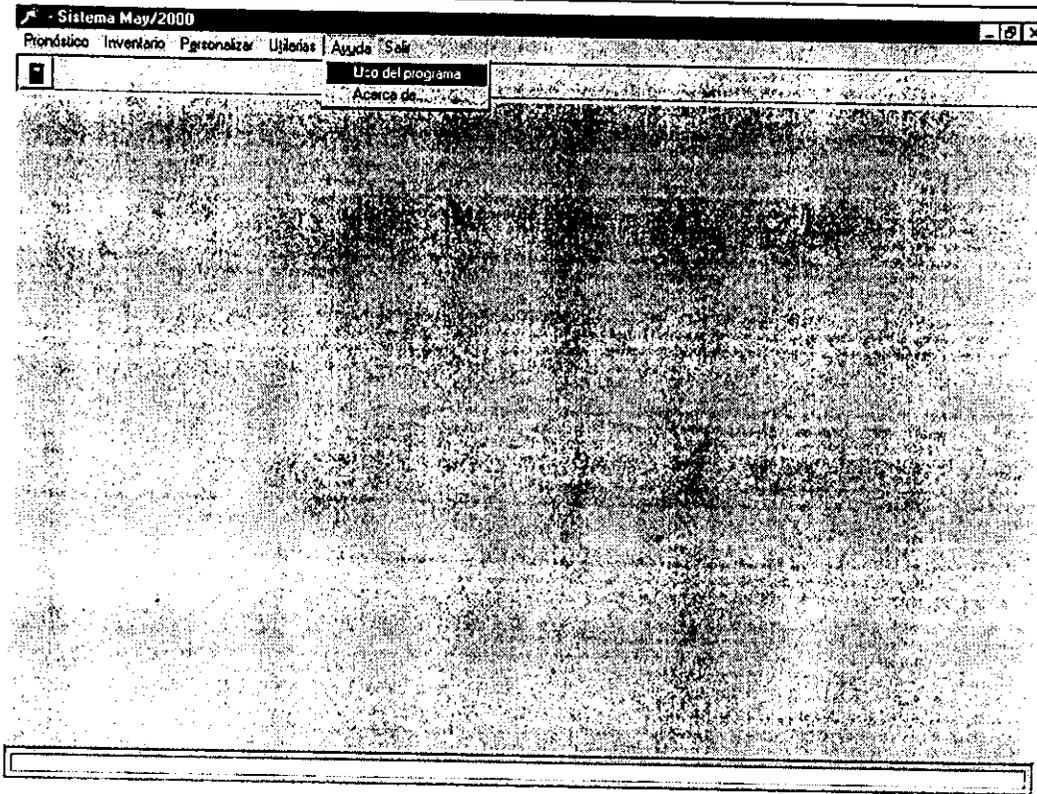
En la sección Personalizar, se encontrarán las opciones para dar de alta empresas, usuarios y permisos y configurar parámetros del sistema como los decimales que se manejan y el tipo de font.



En la sección de Utilerías se muestran las opciones de Descripción de archivos, la cual se utiliza para verificar la estructura de los archivos que se ocupan, a fin de elaborar correctamente los archivos de datos en excel para que posteriormente puedan ser importados; la sección de Edición de formatos, como su nombre lo indica, se utiliza para dar de alta o modificar los formatos de impresión, y finalmente la opción Borra Tablas elimina el contenido de los archivos.



En la sección de Ayuda se muestran datos generales del programa

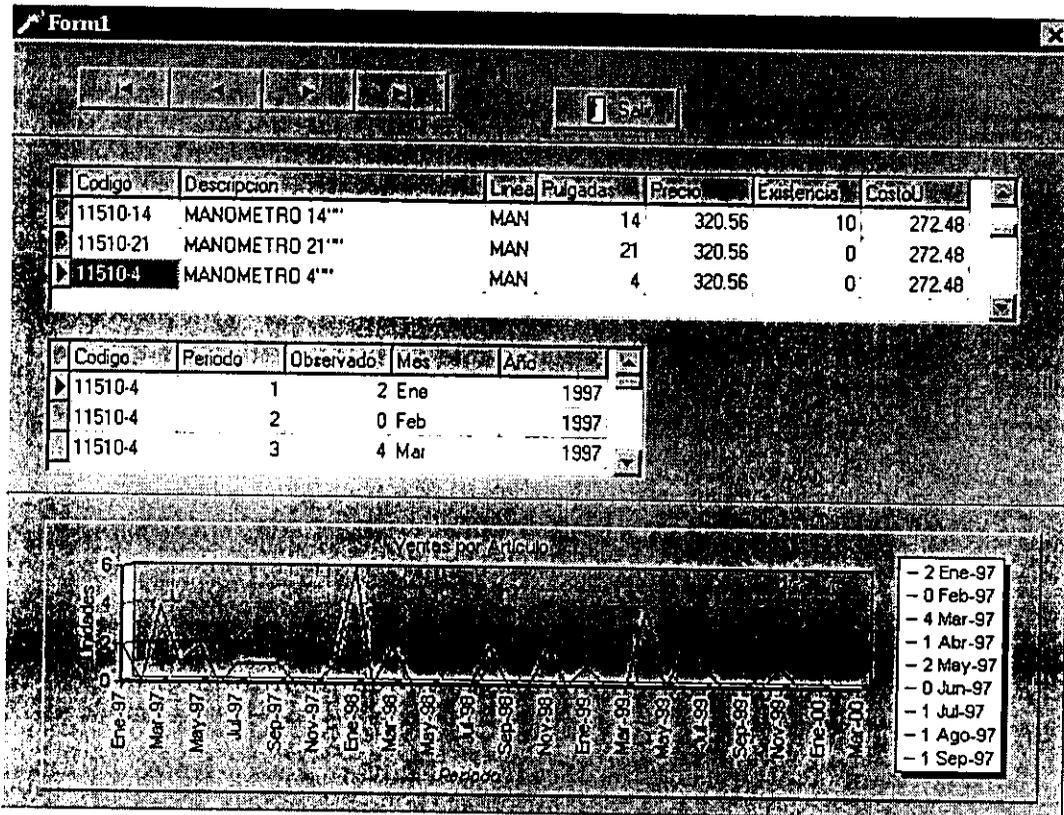


Finalmente se cuenta con la opción para salir del sistema ya sea dando un clic en el icono de la puerta o bien al submenú Salir.



4.2 Pruebas

Iniciamos realizando un análisis visual de los datos. Para ello, seleccionamos la opción Pronóstico-Análisis-Gráfico en donde se muestra la siguiente pantalla:



En esta pantalla se muestra la información correspondiente a cada artículo, la cual incluye una descripción del mismo así como la demanda observada durante el periodo x . Las ventas por artículo se grafican.

Después de realizar un análisis visual, seleccionamos la opción Pronóstico-Análisis-Estadístico, la cual despliega la siguiente pantalla:



Altas

Fecha: 14/05/2000 Numero: 11510-4

| Periodo | $Y(t)$ | $Y(t-1)$ | |
|---------|--------|----------|--------|
| 1 | 2 | | -0.180 |
| 2 | 0 | 2 | 0.165 |
| 3 | 4 | 0 | -0.095 |
| 4 | 1 | 4 | -0.108 |
| 5 | 2 | 1 | 0.075 |
| 6 | 0 | 2 | -0.149 |
| 7 | 1 | 0 | 0.009 |
| 8 | 1 | 1 | 0.110 |
| 9 | 1 | 1 | -0.203 |
| 10 | 0 | 1 | 0.337 |
| 11 | 0 | 0 | -0.200 |
| 12 | 1 | 0 | 0.136 |

Después de capturar el código que se desea analizar, dar un clic en el botón aceptar para que el sistema calcule los coeficientes de autocorrelación, a fin de que podamos identificar si existe algún patrón en nuestra serie de tiempo.

Una vez que se identifica si los datos son aleatorios, tienen o no tendencia, son estacionarios o estacionales, se selecciona la técnica de suavizamiento exponencial apropiada. El sistema cuenta con dos opciones

- 1- Datos sin tendencia
- 2- Datos con tendencia

La opción de Datos sin tendencia despliega la siguiente pantalla

Altas

Fecha: 14/05/2000 Numero: 11510-4
 Existencia: 0 Costo: 272.48

| | Periodo | Demanda Obs | Pronóstico | Error | Error Abs | Error Σ |
|----|---------|-------------|------------|-------|-----------|----------------|
| 1 | 1 | 2 | 2 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 2 | 0 | 2.00 | -2.00 | 2.00 | 4.00 |
| 3 | 3 | 4 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 4.00 |
| 4 | 4 | 1 | 2.00 | -1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 5 | 5 | 2 | 2.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6 | 6 | 0 | 2.00 | -2.00 | 2.00 | 4.00 |
| 7 | 7 | 1 | 2.00 | -1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 8 | 8 | 1 | 2.00 | -1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 9 | 9 | 1 | 2.00 | -1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 10 | 10 | 0 | 2.00 | -2.00 | 2.00 | 4.00 |
| 11 | 11 | 0 | 2.00 | -2.00 | 2.00 | 4.00 |



Altas

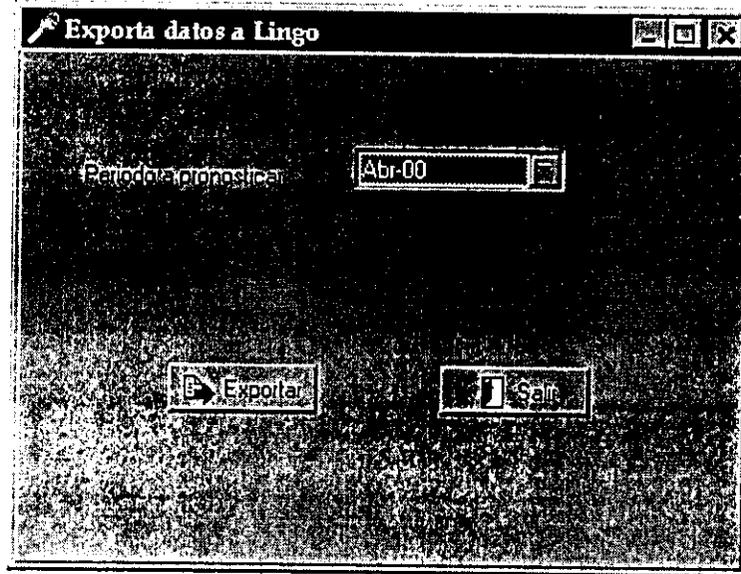
Fecha: 14/05/2000 Número: 11510-4

Existencia: 0 Costo: 272.48

| Período | Demanda Obs | Pronóstico | Error | Error Abs | Error ² |
|---------|-------------|------------|-------|-----------|--------------------|
| 1 | 2 | 2 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 0 | 2.00 | -2.00 | 2.00 | 4.00 |
| 3 | 4 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 4.00 |
| 4 | 1 | 2.00 | -1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 5 | 2 | 2.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6 | 0 | 2.00 | -2.00 | 2.00 | 4.00 |
| 7 | 1 | 2.00 | -1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 8 | 1 | 2.00 | -1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 9 | 1 | 2.00 | -1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 10 | 0 | 2.00 | -2.00 | 2.00 | 4.00 |
| 11 | 0 | 2.00 | -2.00 | 2.00 | 4.00 |

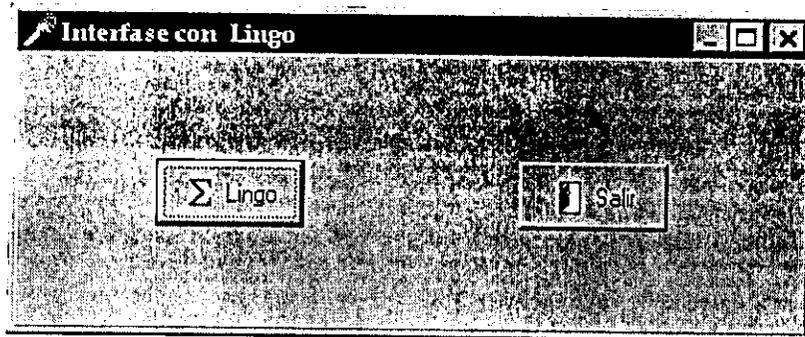
Después de teclear el código que se desea pronosticar, se mostrarán la existencia y el costo correspondiente, así como la demanda observada. Al dar clic al botón Aceptar, el sistema calcula el pronóstico. A fin de poder exportar los datos a Lingo, es necesario que una vez que se despliegue el resultado se dé un clic en el botón Guardar.

Al finalizar la elaboración de los pronósticos para cada uno de los artículos, se procede a exportar esta información a Lingo. La opción Inventario-Exporta datos a Lingo muestra la siguiente pantalla:



En esta pantalla se selecciona el periodo que se desea pronosticar, y una vez hecho esto se da clic en el botón Exportar para que se prepare la base que utilizará el modelo en el Sistema Lingo.

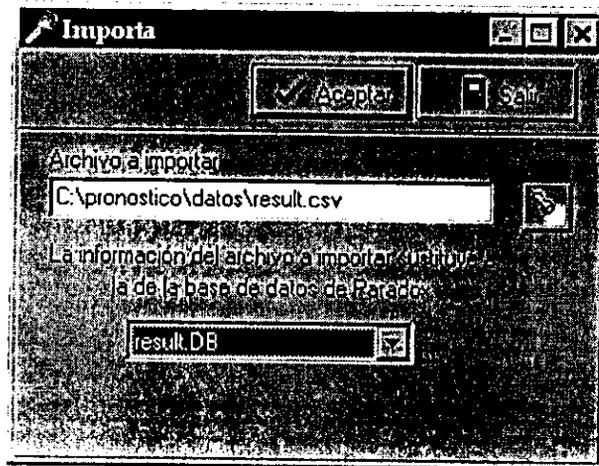
Para acceder a Lingo, hay que seleccionar la opción Inventario-Interfase con Lingo y dar un clic en el botón Lingo, lo que ocasionará que automáticamente se ejecute ese programa. La pantalla correspondiente es la siguiente:



Dentro de Lingo hay que llamar el modelo Modtest1.lg4 y ejecutarlo. Este modelo ya tiene las instrucciones para importar y exportar datos desde y hacia el sistema de inventarios.

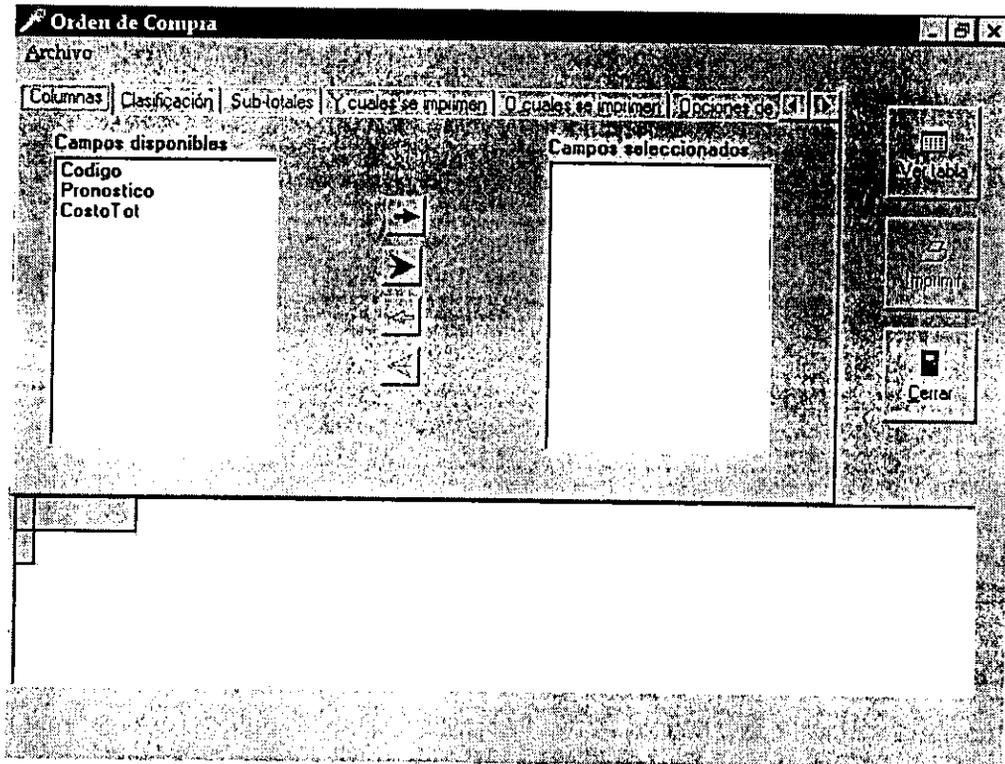
Una vez que el modelo es resuelto, se genera una base de datos en excel, la cual debe guardarse como Result.csv a fin de poder importarla al sistema de diseño de inventarios.

Para importar los resultados, hay que seleccionar la opción Inventario-Importa datos de Lingo, la cual mostrará la siguiente pantalla:

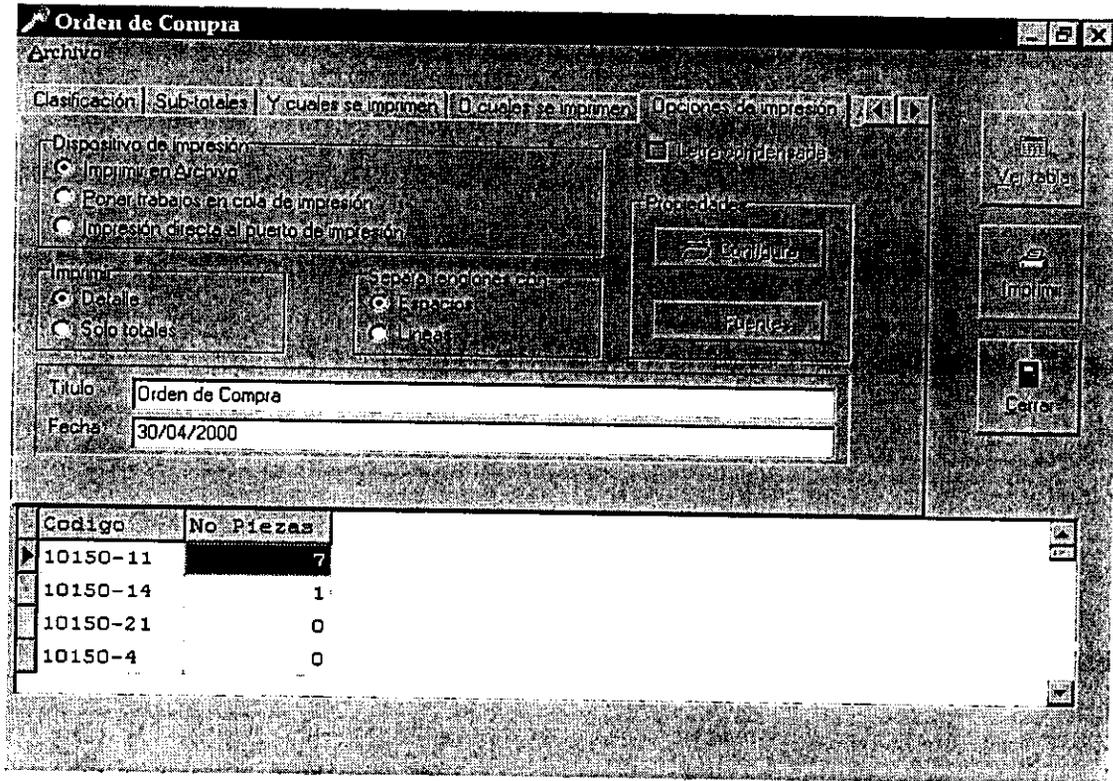


Hay que recordar que el archivo a importar es Result.csv y la base de datos Parados que será sustituida por esta información será Result.db. Al dar un clic en el botón Aceptar, se ejecutará la importación.

Finalmente, para generar una impresión de los resultados, seleccionamos la opción Inventario-Generador de reportes-Orden de compra la cual mostrará la pantalla siguiente:



Seleccionamos los campos que deseamos imprimir y los pasamos a la ventana de Campos Seleccionados dando un clic a la flecha. Una vez hecho esto, seleccionamos la pestaña de opciones de Impresión, a fin de teclear el título y la fecha de nuestro reporte, así como el tipo de impresión que se requiere. Para ver los datos antes de la impresión, hay que dar un clic en el botón Ver tabla. La pantalla resultante es la siguiente:



ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA



4.3 Puesta en marcha

Poner en marcha un sistema, ya sea nuevo, o uno que se haya modificado, consiste en tres actividades primarias: capacitación, conversión y revisión posterior a la puesta en marcha. El entrenamiento incluye tanto a los operadores del sistema como a los usuarios que utilizarán el nuevo sistema, ya sea al proporcionar datos, recibir información, de hecho, operando el equipo.

La capacitación para operadores de los sistemas incluye no sólo cómo utilizar el equipo, sino también como diagnosticar las fallas de funcionamiento y que pasos son necesarios cuando éstas ocurran. La capacitación incluye también la instrucción en los procedimientos de corrida de sistemas y las actividades normales de operación; por ejemplo, la carga de archivos, el cambio de formas de la impresora y el inicio de comunicación de datos. Ninguna capacitación está completa sin la familiarización con las actividades sencillas de mantenimiento de sistemas. Las deficiencias en cualquier aspecto de la capacitación posiblemente llevarán a situaciones difíciles que producirán frustración y errores de los usuarios.

La capacitación se llevará a cabo en la compañía en dos sesiones de dos horas cada una. Los asistentes serán la secretaria y el gerente.

La carta descriptiva para la capacitación es la siguiente:



| Tiempo | Tema | Objetivo | Estrategias de Enseñanza-Aprendizaje | Recursos |
|---------|---|---|---|--|
| 1 hora | Introducción Panorama general Arranque | Los asistentes comprenderán la estructura general del sistema, sus objetivos, el diagrama de bloques de su funcionamiento, la forma de arrancar cada sesión de trabajo. | Exposición con preguntas intercaladas. Simulación. Comentarios. | Manual (puntos 3.1, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6) del trabajo de tesis. Gis, borrador, lápiz, hojas blancas, textos impresos y acetatos |
| 3 horas | Operación del sistema. Obtención de resultados. Finalización. | Los participantes conocerán la tarea que realiza cada parte de cada menú, los datos necesarios y opciones de cada pantalla, la forma de terminar cada sesión de trabajo, así como el tipo de problemas que se pueden presentar al momento de operar el sistema, así como la forma de solucionarlos. | Exposición con preguntas intercaladas. Simulación. Comentarios. | Manual (puntos 3.1, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6) del trabajo de tesis. Gis, borrador, lápiz, hojas blancas, textos impresos y acetatos |

El método de conversión que se utilizará será paralelo, en él, el sistema antiguo se opera junto con el nuevo. Por sistema antiguo se entiende a la toma de decisiones de acuerdo a la experiencia. El utilizar el método de conversión paralela ofrece la mayor seguridad. El sistema antiguo puede operarse si se descubren errores en el nuevo o si surgen problemas de utilización. Sin embargo debe tenerse cuidado en que el sistema nuevo sí sea utilizado para que su uso llegue a ser totalmente aprendido y se maneje adecuadamente lo más pronto posible.

De tal forma, aun cuando el criterio y la experiencia del gerente serán los principales generadores de decisiones, se forzará el uso del sistema en cada situación que se requiera tomar una decisión con el fin de asumir como natural su uso a corto plazo.

Después de que el sistema se pone en marcha y se termina la conversión, se lleva a cabo una revisión del sistema por los usuarios y los analistas, lo que no es sólo una tendencia normal, sino que debe ser un proceso formal para determinar qué tan bien está trabajando el sistema, cómo se ha aceptado y si son necesarios varios ajustes.

El interés fundamental durante la revisión posterior a la puesta en marcha radica en determinar si el sistema cumplió su objetivo, es decir, el desarrollador y los usuarios



desean saber si el desempeño de las actividades ha mejorado y si el sistema produce los resultados que se esperaban. Si no ocurre así es válido preguntarse si el sistema tuvo éxito.

Para la realización de esta evaluación es útil elaborar una serie de preguntas tales como:

- 1.- ¿Cómo afecta el sistema los costos de las actividades?
- 2.- ¿Cómo afecta el sistema la forma en que se realizan las actividades?
- 3.- ¿Cómo afecta el sistema la exactitud de la información que reciben los usuarios?
- 4.- ¿Cómo afecta el sistema la productividad?
- 5.- ¿Cómo afecta el sistema el trabajo que se debe efectuar para recibir información relativa a la toma de decisiones?

Estos son algunas de las preguntas que se deben elaborar y que podrían ser contestadas mediante cuestionarios, entrevistas, observaciones.

Finalmente es importante mencionar que la primera versión de cualquier sistema de cómputo que se pone en marcha es sólo un prototipo. La siguiente versión cuenta, generalmente con una gran cantidad de mejoras que sólo pudieron proponerse después de utilizar dicho prototipo.

De tal forma, la siguiente versión del presente sistema, la cual se encuentra ya en desarrollo, será un producto mejorado y así sucesivamente con cada versión subsecuente.

V. Resultados, conclusiones y extensiones

*"¡Curiosear y curiosar!" dijo Alicia.
LEWIS CARROLL, Alicia en el país de las maravillas.*

5.1 Resultados

En esta sección se mostrarán los resultados obtenidos al operar el sistema elaborado.

Se verán los resultados completos para el mes de abril de 2000, esto es, las ventas pronosticadas, el número de piezas de cada tipo de manómetro que debe comprarse, y el monto total requerido para su compra.

Para ello,

1.- El sistema obtuvo el pronóstico de ventas (no. de piezas que se espera vender para el mes de abril), utilizando el método de Suavizamiento Exponencial Simple.

En los manómetros, que fue la línea de producto que se trabajó, existen 7 modelos con 5 clasificaciones por número de pulgadas cada uno.

Línea: Manómetros

| Mod. | Pulg. |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 10150 | 4 | 11510 | 4 | 11550 | 4 | 51100 | 4 | 63100 | 4 | 63440 | 4 | 89100 | 4 |
| 10150 | 7 | 11510 | 7 | 11550 | 7 | 51100 | 7 | 63100 | 7 | 63440 | 7 | 89100 | 7 |
| 10150 | 11 | 11510 | 11 | 11550 | 11 | 51100 | 11 | 63100 | 11 | 63440 | 11 | 89100 | 11 |
| 10150 | 14 | 11510 | 14 | 11550 | 14 | 51100 | 14 | 63100 | 14 | 63440 | 14 | 89100 | 14 |
| 10150 | 21 | 11510 | 21 | 11550 | 21 | 51100 | 21 | 63100 | 21 | 63440 | 21 | 89100 | 21 |

En total, para la línea se manejan 35 productos diferentes.

Para la evaluación de l pronóstico, se contó con datos históricos de ventas mensuales para los años de 1997, 1998 y 1999, y enero, febrero y marzo de 2000, los cuales pueden verse en los anexos.

El pronóstico del número de piezas de cada tipo de manómetro por vender, que obtuvo el sistema utilizando Suavizamiento Exonencial Simple, para el mes de abril de 2000, se pueden ver en la Tabla no. 1. En ella, se encuentran, en la primera columna, el código de cada tipo de manómetro (*modelo-pulgadas*) y en la segunda columna el número de manómetros de cada tipo que se pronostica, serán vendidos:

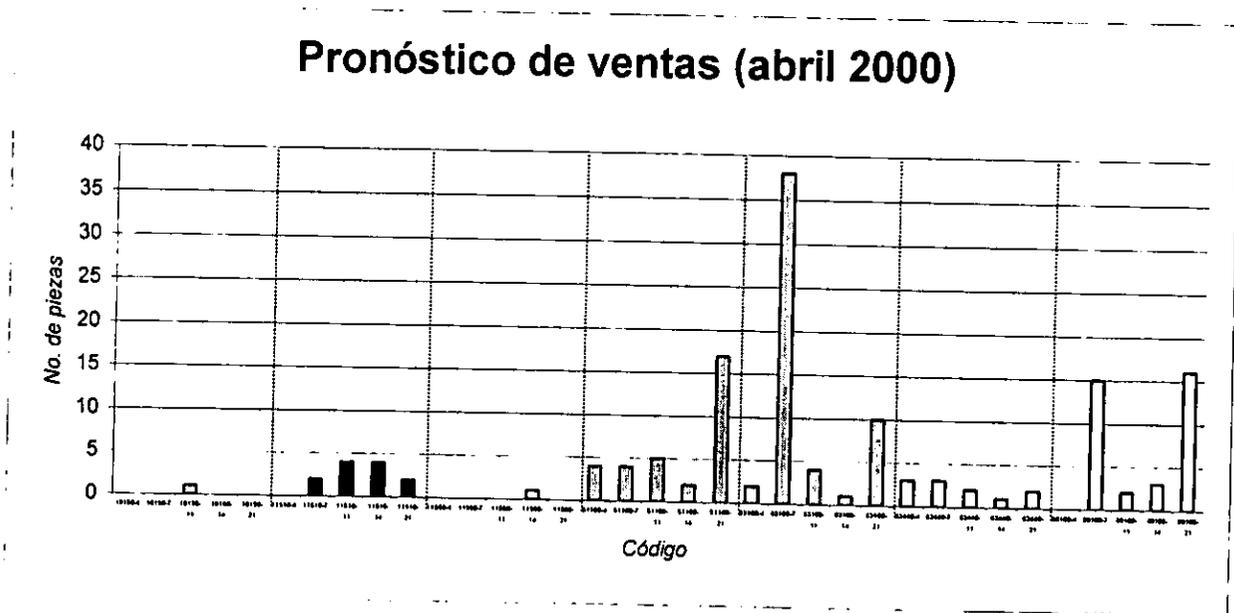
Pronóstico de ventas (no. de piezas) para abril de 2000

| Código | Pronóstico |
|----------|------------|
| 10150-4 | 0 |
| 10150-7 | 0 |
| 10150-11 | 1 |
| 10150-14 | 0 |
| 10150-21 | 0 |
| 11510-4 | 0 |
| 11510-7 | 2 |
| 11510-11 | 4 |
| 11510-14 | 4 |
| 11510-21 | 2 |
| 11550-4 | 0 |
| 11550-7 | 0 |
| 11550-11 | 0 |
| 11550-14 | 1 |
| 11550-21 | 0 |
| 51100-4 | 4 |
| 51100-7 | 4 |
| 51100-11 | 5 |
| 51100-14 | 2 |
| 51100-21 | 17 |
| 63100-4 | 2 |
| 63100-7 | 38 |
| 63100-11 | 4 |
| 63100-14 | 1 |
| 63100-21 | 10 |
| 63440-4 | 3 |
| 63440-7 | 3 |
| 63440-11 | 2 |
| 63440-14 | 1 |
| 63440-21 | 2 |
| 89100-4 | 0 |

| | |
|----------|----|
| 89100-7 | 15 |
| 89100-11 | 2 |
| 89100-14 | 3 |
| 89100-21 | 16 |

Tabla no. 1

La información de la tabla no.1 se puede ver en la gráfica de la figura 5.1.





Datos observados vs pronóstico Abril 2000

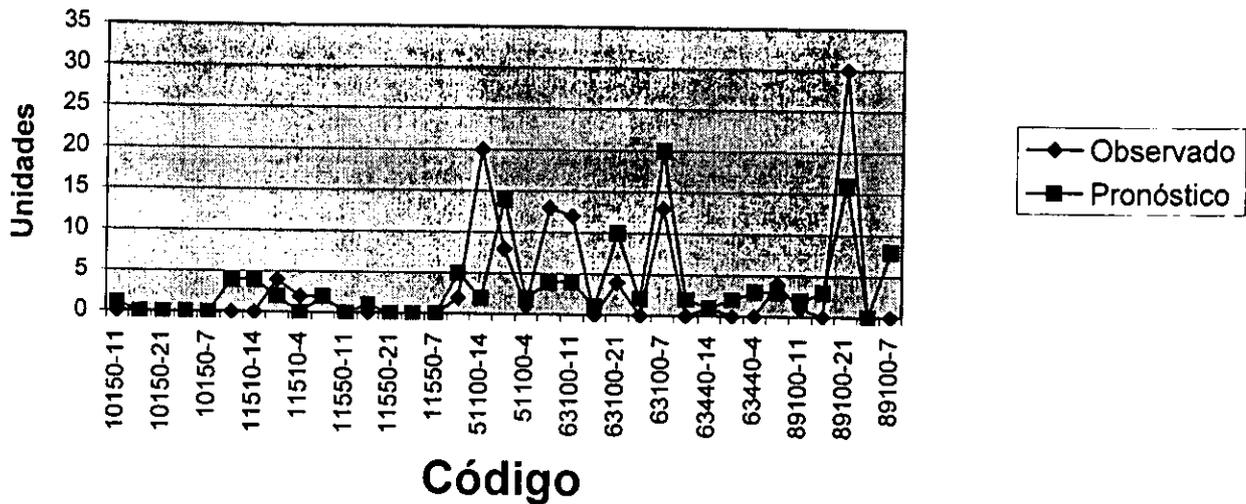


Fig. 5.2

2.- Una vez obtenido el pronóstico, se debe resolver el modelo de P.E.:

Minimizar $Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$

sujeto a:

$$e_1 + x_1 \geq v_1$$

$$e_2 + x_2 \geq v_2$$

$$e_n + x_n \geq v_n$$

con $x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$, entero.

Donde:

$i = 1 \dots n$, para $35 =$ número de manómetros diferentes

c_i : precio de compra del manómetro tipo i

e_i : número de piezas en existencia del manómetro tipo i

x_i : número de piezas del manómetro tipo i que se debe comprar para que sumado a la existencia se puedan satisfacer las demandas pronosticadas.

v_i : número de manómetros del tipo i que se pronostica serán demandados



Para este modelo, $n=35$, y se tienen hasta ahora los valores de las v_i , esto es, el número de piezas de cada tipo de manómetros que se pronostica serán vendidos.

Se requieren los datos c_i : costo unitario de cada tipo de manómetro, y e_i : el número de piezas de cada tipo de manómetros que hay en existencia hasta ese momento, finales de marzo de 2000.

Los datos anteriores se reportan en la tabla no. 2. En la primera columna, se encuentra el código de cada tipo de manómetros, en la segunda columna, el costo unitario y en la tercera, la existencia en número de piezas. Estos datos se encuentran ya cargados en las bases de datos en Paradox, del sistema.

Costos unitarios y existencias (no. de piezas) para el mes de abril de 2000

| Código | Costo unitario | Existencias |
|----------|----------------|-------------|
| 10150-4 | \$471.12 | 0 |
| 10150-7 | \$471.12 | 0 |
| 10150-11 | \$471.12 | 0 |
| 10150-14 | \$471.12 | 0 |
| 10150-21 | \$471.12 | 0 |
| 11510-4 | \$272.48 | 0 |
| 11510-7 | \$272.48 | 0 |
| 11510-11 | \$272.48 | 0 |
| 11510-14 | \$272.48 | 10 |
| 11510-21 | \$272.48 | 0 |
| 11550-4 | \$439.92 | 0 |
| 11550-7 | \$439.92 | 0 |
| 11550-11 | \$439.92 | 0 |
| 11550-14 | \$439.92 | 0 |
| 11550-21 | \$439.92 | 0 |
| 51100-4 | \$57.20 | 0 |
| 51100-7 | \$57.20 | 7 |
| 51100-11 | \$57.20 | 7 |
| 51100-14 | \$57.20 | 0 |
| 51100-21 | \$57.20 | 35 |
| 63100-4 | \$64.48 | 2 |
| 63100-7 | \$64.48 | 45 |
| 63100-11 | \$64.48 | 8 |
| 63100-14 | \$64.48 | 0 |
| 63100-21 | \$64.48 | 0 |



| | | |
|----------|----------|----|
| 63440-4 | \$241.28 | 10 |
| 63440-7 | \$241.28 | 6 |
| 63440-11 | \$241.28 | 0 |
| 63440-14 | \$241.28 | 0 |
| 63440-21 | \$241.28 | 0 |
| 89100-4 | \$78.00 | 0 |
| 89100-7 | \$78.00 | 50 |
| 89100-11 | \$78.00 | 1 |
| 89100-14 | \$78.00 | 4 |
| 89100-21 | \$78.00 | 15 |

Tabla no. 2

Los datos anteriores se sustituyen en el modelo de P.E., resultado un modelo de 35 variables y 35 restricciones funcionales, quedando de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 \text{Minimizar } Z = & 471.12x_1 + 471.12x_2 + 471.12x_3 + 471.12x_4 + 471.12x_5 + \\
 & 272.48x_6 + 272.48x_7 + 272.48x_8 + 272.48x_9 + 272.48x_{10} + \\
 & 439.92x_{11} + 439.92x_{12} + 439.92x_{13} + 439.92x_{14} + 439.92x_{15} + \\
 & 57.20x_{16} + 57.20x_{17} + 57.20x_{18} + 57.20x_{19} + 57.20x_{20} + \\
 & 64.48x_{21} + 64.48x_{22} + 64.48x_{23} + 64.48x_{24} + 64.48x_{25} + \\
 & 241.28x_{26} + 241.28x_{27} + 241.28x_{28} + 241.28x_{29} + 241.28x_{30} + \\
 & 78x_{31} + 78x_{32} + 78x_{33} + 78x_{34} + 78x_{35}
 \end{aligned}$$

sujeto a:

$$\begin{aligned}
 0 + x_1 & \geq 0 \\
 0 + x_2 & \geq 0 \\
 0 + x_3 & \geq 1 \\
 0 + x_4 & \geq 0
 \end{aligned}$$

| | |
|---------------|-----------|
| $0 + x_5$ | ≥ 0 |
| $0 + x_6$ | ≥ 0 |
| $0 + x_7$ | ≥ 2 |
| $0 + x_8$ | ≥ 4 |
| $10 + x_9$ | ≥ 4 |
| $0 + x_{10}$ | ≥ 2 |
| $0 + x_{11}$ | ≥ 0 |
| $0 + x_{12}$ | ≥ 0 |
| $0 + x_{13}$ | ≥ 0 |
| $0 + x_{14}$ | ≥ 1 |
| $0 + x_{15}$ | ≥ 0 |
| $0 + x_{16}$ | ≥ 4 |
| $7 + x_{17}$ | ≥ 4 |
| $7 + x_{18}$ | ≥ 5 |
| $0 + x_{19}$ | ≥ 2 |
| $35 + x_{20}$ | ≥ 17 |
| $2 + x_{21}$ | ≥ 2 |
| $45 + x_{22}$ | ≥ 38 |
| $8 + x_{23}$ | ≥ 4 |
| $0 + x_{24}$ | ≥ 1 |
| $0 + x_{25}$ | ≥ 10 |
| $10 + x_{26}$ | ≥ 3 |
| $6 + x_{27}$ | ≥ 3 |
| $0 + x_{28}$ | ≥ 2 |
| $0 + x_{29}$ | ≥ 1 |
| $0 + x_{30}$ | ≥ 2 |
| $0 + x_{31}$ | ≥ 0 |
| $50 + x_{32}$ | ≥ 15 |
| $1 + x_{33}$ | ≥ 2 |
| $4 + x_{34}$ | ≥ 3 |
| $15 + x_{35}$ | ≥ 16 |

con $x_1, x_2, \dots, x_{35} \geq 0$, enteros.

Este modelo se encuentra ya construido en LINGO y los datos son importados de él, desde el sistema en Delphi (Paradox), para ser asignados a las variables

correspondientes. Así, al ser resuelto, los resultados que se obtienen son las variables x_i , : el número de piezas a ordenar para satisfacer las demandas de venta pronosticadas. Los resultados se presentan en la tabla no. 3, donde la primera columna contiene la variable x_i , la segunda el código y la tercera el valor obtenido de x_i , esto es, el número de piezas que deben ser ordenadas, correspondientes.

| x_i | Código | Ordenar |
|----------|----------|---------|
| x_1 | 10150-4 | 0 |
| x_2 | 10150-7 | 0 |
| x_3 | 10150-11 | 1 |
| x_4 | 10150-14 | 0 |
| x_5 | 10150-21 | 0 |
| x_6 | 11510-4 | 0 |
| x_7 | 11510-7 | 2 |
| x_8 | 11510-11 | 4 |
| x_9 | 11510-14 | 0 |
| x_{10} | 11510-21 | 2 |
| x_{11} | 11550-4 | 0 |
| x_{12} | 11550-7 | 0 |
| x_{13} | 11550-11 | 0 |
| x_{14} | 11550-14 | 1 |
| x_{15} | 11550-21 | 0 |
| x_{16} | 51100-4 | 4 |
| x_{17} | 51100-7 | 0 |
| x_{18} | 51100-11 | 0 |
| x_{19} | 51100-14 | 2 |
| x_{20} | 51100-21 | 0 |
| x_{21} | 63100-4 | 0 |
| x_{22} | 63100-7 | 0 |
| x_{23} | 63100-11 | 0 |
| x_{24} | 63100-14 | 1 |
| x_{25} | 63100-21 | 10 |
| x_{26} | 63440-4 | 0 |
| x_{27} | 63440-7 | 0 |
| x_{28} | 63440-11 | 2 |
| x_{29} | 63440-14 | 1 |
| x_{30} | 63440-21 | 2 |
| x_{31} | 89100-4 | 0 |
| x_{32} | 89100-7 | 0 |

| | | |
|----------|----------|---|
| x_{33} | 89100-11 | 1 |
| x_{34} | 89100-14 | 0 |
| x_{35} | 89100-21 | 1 |

Tabla no. 3

Y el monto total mínimo requerido para la compra de dicha orden es: **\$5,505.76**

Los resultados completos para el mes abril de 2000 se pueden ver en la tabla No. 4. Con base en ella, se puede verificar que:

$$\text{Existencias} + \text{Ordenar} \geq \text{Pronóstico}$$

| Código | Existencias | Ordenar | Pronóstico |
|----------|-------------|---------|------------|
| 10150-4 | 0 | 0 | 0 |
| 10150-7 | 0 | 0 | 0 |
| 10150-11 | 0 | 1 | 1 |
| 10150-14 | 0 | 0 | 0 |
| 10150-21 | 0 | 0 | 0 |
| 11510-4 | 0 | 0 | 0 |
| 11510-7 | 0 | 2 | 2 |
| 11510-11 | 0 | 4 | 4 |
| 11510-14 | 10 | 0 | 4 |
| 11510-21 | 0 | 2 | 2 |
| 11550-4 | 0 | 0 | 0 |
| 11550-7 | 0 | 0 | 0 |
| 11550-11 | 0 | 0 | 0 |
| 11550-14 | 0 | 1 | 1 |
| 11550-21 | 0 | 0 | 0 |
| 51100-4 | 0 | 4 | 4 |
| 51100-7 | 7 | 0 | 4 |
| 51100-11 | 7 | 0 | 5 |
| 51100-14 | 0 | 2 | 2 |
| 51100-21 | 35 | 0 | 17 |
| 63100-4 | 2 | 0 | 2 |
| 63100-7 | 45 | 0 | 38 |
| 63100-11 | 8 | 0 | 4 |
| 63100-14 | 0 | 1 | 1 |
| 63100-21 | 0 | 10 | 10 |



| | | | |
|----------|----|---|----|
| 63440-4 | 10 | 0 | 3 |
| 63440-7 | 6 | 0 | 3 |
| 63440-11 | 0 | 2 | 2 |
| 63440-14 | 0 | 1 | 1 |
| 63440-21 | 0 | 2 | 2 |
| 89100-4 | 0 | 0 | 0 |
| 89100-7 | 50 | 0 | 15 |
| 89100-11 | 1 | 1 | 2 |
| 89100-14 | 4 | 0 | 3 |
| 89100-21 | 15 | 1 | 16 |

Tabla no. 4

De tal forma, para el mes de abril de 2000, el gerente de la compañía sabe:

- Cuántos manómetros y de qué tipo espera vender
- Cuántos debe ordenar
- Cuánto gastará en dicha compra.

El contar con el sistema para el diseño de inventarios, también permite tener la información de forma accesible, ordenada y clasificada, para determinado uso en cualquier momento. Dado que el sistema tiene la posibilidad de mostrar gráficamente los datos de ventas, éstos pueden ser analizados para tener un mayor conocimiento del comportamiento de los productos que Metroflux distribuye, y así poder tomar decisiones de planeación, más acertadas.

A continuación se ejemplifica, el tipo de información que el sistema permitió obtener, a través del análisis de los datos históricos de ventas de manómetro.

Código 10150

* Para los últimos 3 años:

De los modelos de 4" y 21", no se ha vendido nada.

* Para el último año:

El modelo más vendido fue el de 11" y de los de 4", 14" y 21", no se vendió nada.

En general este código presenta ventas extremadamente bajas. Se recomienda un análisis de las causas para analizar que tan factible sería desaparecer su venta.

Código 11510

* Para los últimos 3 años:

Todos los modelos se venden, aunque el de mayor venta es el modelo de 11”.

* Para el último año:

El modelo más vendido es el de 11”.

Código 51100

* Para los últimos 3 años:

Todos los modelos se venden en general, pero en mayor número los modelos de 7” y 21”.

* Para el último año:

El modelo más vendido fue el de 21”.

En general este código es de los dos que presenta mejores ventas.

Código 11550

* Para los últimos 3 años:

Del modelo 21”, no se ha vendido nada.

* Para el último año:

No se vendió nada.

En general este código también presenta ventas extremadamente bajas. Se recomienda un análisis de las causas para analizar que tan factible sería desaparecer su venta.

Código 63100

* Para los últimos 3 años:

Todos los modelos se venden en general, pero en mayor número el modelo de 21”.

* Para el último año:

El modelo más vendido fue el de 21”.

En general este código es el segundo de los dos que presenta mejores ventas.

Código 63440

* Para los últimos 3 años:

Todos los modelos se venden en general, no existe gran diferenciación entre las ventas de cada modelo.

* Para el último año:

El modelo más vendido fue el de 21”.

Código 89100

* Para los últimos 3 años:



Todos los modelos se venden en general, pero en mayor número el modelo de 21”.

* Para el último año:

El modelo más vendido fue el de 21”.

Información como la anterior, es de gran utilidad para el gerente de la compañía, ya que con ella, puede hacer un análisis más profundo de la situación de su mercado, pudiendo tomar decisiones como eliminar ciertos productos o la necesidad de desarrollar estrategias de venta específicas.

5.2 Conclusiones y extensiones

- ⊕ El enfoque de la optimización de operaciones, como una posibilidad para la competitividad de las organizaciones de negocios, debe ser una directriz en la cual es necesario que se actúe, tomando en cuenta los retos económicos, sociales, políticos, tecnológicos, a los cuales se enfrentan los tomadores de decisiones. La competitividad es un arma, con la cual, todo tipo de organizaciones y empresas pueden continuar vigentes y hasta resultar triunfantes en sus ámbitos de acción, resultando en el desarrollo económico no sólo dentro de ellas, sino en el medio ambiente en el cual existen.
- ⊕ Los modelos matemáticos, son herramientas muy útiles para la mejor comprensión y manejo de situaciones reales, en las cuales experimentar directamente sería caro, y en muchas ocasiones imposible. Los modelos y algoritmos de optimización, constituyen un instrumento muy potente para tomar decisiones.
- ⊕ La compañía Metroflux S.A., cuenta ahora con un sistema que le apoya en el diseño de sus inventarios, y le permite tomar decisiones para la optimización de sus recursos, destinados a la compra de los mismos.
- ⊕ Como se mencionó en el capítulo III, existen en el mercado varios sistemas para el manejo de inventarios. Sin embargo, resultan extremadamente costosos, además de sobrepasados, para las necesidades que las micro y pequeñas empresas puedan tener. De tal forma, la construcción de soluciones a la medida de este tipo de empresas, representa un nicho de mercado muy importante, que es factible de explotar, pudiendo presentar situaciones redituables muy convenientes, tanto para las compañías clientes, como para los consultores y prestadores de servicios.
- ⊕ Es importante mencionar, que es al investigador de operaciones, a quien corresponde modelar situaciones reales con las herramientas que conoce, tratando de explorar siempre caminos vírgenes, y aún más, mejorando y desarrollando teorías y algoritmos de solución nuevos; sin dejar de lado, por supuesto, el seguir aplicando los algoritmos y técnicas conocidas a los diferentes problemas que se le planteen.
- ⊕ Es posible utilizar los paquetes de optimización, para hacer interfaces con sistemas específicos, elaborados en lenguajes de programación visuales. Afortunadamente, la tecnología actual, hace que dicha interrelación se haga cada vez, de forma más sencilla. Esta situación hace que los usuarios finales, aprovechen el potencial de dichos paquetes, sin requerir saber su fundamento teórico y ni siquiera su uso directo. Esto hace posible, facilitar el uso de las técnicas y teorías matemáticas, trabajándolas como cajas negras para el usuario. Además, este tipo de híbridos, resultan ser sistemas muy



potentes, que conjuntan las capacidades de ambas partes, dando como consecuencia herramientas muy robustas y poderosas para la solución de problemas.

En el análisis de datos, se pudo observar que todas las series eran aleatorias, lo cual implica que no existe tendencia, ni estacionalidad, ni relación entre las variables. Desde el contexto del problema, la venta de manómetros no obedece ningún tipo de ciclo, se puede presentar en cualquier momento.

Resulta interesante el hecho de que no exista, aparentemente, ningún patrón de comportamiento, para la venta de este tipo de productos. Recordemos que los instrumentos vendidos, son para el mantenimiento que llevan a cabo las industrias. Sólo la industria azucarera maneja un comportamiento estacional. La cosecha se realiza en el mes de diciembre y la zafra se lleva a cabo durante los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero. El mantenimiento de sus equipos se hace en los meses de enero a julio. A diferencia de dichos ingenios azucareros, las demás industrias químicas, tales como cementeras, papeleras, huleras, alimenticias, etc., debe trabajar todo el año, y su mantenimiento se realiza de manera constante, durante ese periodo. De tal forma, que la estacionalidad no existe, en la demanda que hacen dichas industrias, de los instrumentos utilizados en el mantenimiento de su equipo.

Debe también tomarse en cuenta que debido al bajo nivel de ventas, dado que Metroflux es una microempresa, y comparada con empresas de mayor tamaño que tienen niveles de venta grandes, para éstas últimas, es más probable que se presente un patrón de comportamiento evidente y bien definido, con tendencia y/o estacionalidad. De tal manera, para empresas con niveles de venta pequeños es mayor la posibilidad de que se presenten ventas en cualquier momento. Sin embargo, esta misma situación puede resultar ser una ventaja competitiva, ya que como se mencionó, las empresas del ramo que venden sus equipos a empresas grandes, buscan completar sus paquetes de ventas comprándole a negocios pequeños como Metroflux, que "siempre" tienen la pieza requerida. Es una forma de la estrategia de ventas, que denota: ventas al menudeo, con atención personalizada.

A partir del análisis de los datos históricos obtenidos, el gerente de la compañía se pudo dar cuenta del hecho, de que sus estadísticas de ventas han cambiado con respecto a los últimos 4 o 5 años. El mantenía la idea de que las mayores ventas se registraban en los modelos de manómetros de 4, 7 y 11 pulgadas. Sin embargo, pudo observarse que a partir de los últimos 2 años, los modelos más vendidos son los de 21 pulgadas. Los cambios mencionados obedecen a situaciones tales como que la compañía a la que se vendía ese tipo de manómetros desapareció, o que importaciones de equipo nuevo hacen que sea innecesaria la compra de cierto tipo de piezas en el país. Esto es, cambios en la forma de comercialización. La situación anterior, hizo al



gerente tomar la decisión, de revisar detenidamente las estadísticas de ventas por lo menos cada 6 meses para tener una mejor idea de las variaciones de su mercado.

Bibliografía

-  Cornell; Gary-Strain; Troy
Programación en Delphi
1a. Edición, México
McGraw-Hill, 1996
-  Dawson-Saunders, B.; Trapp R.
Bioestadística médica
2ª. Edición, México
Manual Moderno, 1994
-  Downie, N.; Heath, R.;
Métodos Estadísticos Aplicados
5ª. Edición, México
HARLA, 1986
-  Hasnke, J.; Reitsch, A.
Pronósticos en los negocios
5ª. Edición, México
Prentice Hall, 1996
-  Hernández Sampieri, R.; Fernández Collado, C.;
Metodología de la investigación
1ª. Edición, México
McGraw-Hill, 1991
-  Hillier, S. Frederick y Lieberman, Gerald J.
Introducción a la Investigación de Operaciones
3ª. Edición, México
McGraw Hill, 1991, 955p.
-  Krajewski, L.; Ritzman, L.
Operations Management. Strategy and Analysis
3ª. Edition, U.S.A.
Addison-Wesley Publishing Company, 1992

-  LINDO SYSTEMS INC.
LINGO user's guide
U.S.A. , 1999
-  Lewis, Colin
Demand Forecasting and Inventory Control
1st. Edition, U.S.A.
John Wiley & Sons, Inc.
-  Makridakis, Spyros; Wheelwrigth
Métodos de pronósticos
1^a. Edición, México
LIMUSA, 1988
-  Makidakis, Spyros; Wheelwrigth, Steven; McGee, Victor
Forecasting Methods and applications
2nd. Edition, U.S.A.
WIE Wiley, 1983
-  Marteens, Ian
La cara oculta de Delphi 4
España
Danysoft International, 1988
-  Murdick, Robert G.
Sistemas de información administrativa
1^a. Edición, México
Prentice Hall, 1988
722 p.
-  Prawda, Juan
Métodos y modelos de Investigación de Operaciones
Vol. 2 Modelos estocásticos
1^a. Edición, 5^a. Reimpresión, México
Limusa Noriega, 1989, 1025 p.
-  Pérez López, César
Análisis estadístico con STATGRAPHICS Técnicas básicas
1^a. Edición, México
Alfaomega Grupo Editor, 1997.

-  Sales Executives Club of New York
Pronóstico de ventas
1ª. Edición, México
C.E.C.S.A., 1990
-  Schrage, Linus
Optimization Modeling with LINGO
3rd. Edition, U.S.A.
LINDO SYSTEMS INC., 2000
-  Senn, James A.
Análisis y diseño de sistemas de información
1ª. Edición, México
McGraw-Hill, 1987
643 p.
-  Shim, Jae K.
Strategic business forecasting
2nd. Edition, U.S.A.
St. Lucie Press, 2000
-  Winston, Wayne L.
Investigación de Operaciones. Aplicaciones y algoritmos
2ª. Edición, México
Grupo Editorial Iberoamérica, 1994
1337 p.
-  **Directorio 1996. Empresas, productos, servicios distribuidores de la industria química mexicana**
ANIQ

Software

■ **Borland Delphi**

Professional
Version 3.0 (Build 5.53)
Copyright 1983-1997
Borland International
www.borland.com

■ **Microsoft® Excel 2000**

Copyright © 1985-1999
Microsoft Corporation

■ **Super LINGO/PC**

Release 6.0 (10 Dec 99)
Copyright © 1999
LINDO Systems Inc.
www.lindo.com

ANEXOS

- A. Pronósticos
 - B. Programación Entera
 - C. Datos históricos de ventas
 - D. Tablas comparativas de pronósticos
 - E. Métodos de Suavizamiento
 - F. Instrucciones de instalación del sistema
-

A. Pronósticos

Cuando cualquier empresa o individuo, hace una afirmación acerca de

- la ocurrencia o no ocurrencia de un evento
- la fecha en que va a suceder algo
- la intensidad de un evento futuro

está realizando un pronóstico.

Cómo se relacionan los pronósticos con otras disciplinas

1) Relación con la toma de decisiones . El uso principal de los pronósticos está relacionado con la toma de decisiones. Algunas son "pequeñas" decisiones, por ejemplo las relacionadas al mantenimiento de un adecuado nivel de inventario. Algunas son "grandes" decisiones, como las relacionadas con inversiones. En todo caso los pronósticos para ser útiles deben estar relacionados con la toma de decisiones. Para que un pronóstico sea útil se debe presentar con oportunidad.

2) Relación con la planeación. Al desempeño de una empresa lo afectan eventos externos y eventos internos. En este contexto se llama externos a los eventos que afectan a la empresa pero sobre los cuales tiene poco o nulo control. Estos factores externos incontrolables, por lo general son aquellos que tratan con las técnicas de pronósticos. Por otra parte los eventos internos son los relacionados a decisiones que la empresa toma; sobre los eventos internos la empresa tiene completo control. La planeación relaciona tanto los externos como los internos.

Clasificación de los pronósticos

1) Corto, mediano y largo plazos. Un criterio de división de los pronósticos atiende al tiempo para el cual se prepara el pronóstico. Estos tiempos varían con el uso del pronóstico.

- Para programación de producción, transporte, efectivo, personal. Generalmente se hacen pronósticos de corto plazo. Un ejemplo es la programación del efectivo, una cuenta bancaria debe tener dinero suficiente para afrontar los compromisos previstos. Si tiene más dinero se pierde la oportunidad de invertirlo, si tiene menos no habrá la liquidez suficiente para afrontar compromisos y puede haber pérdida de oportunidades.
- Para adquisiciones de materia prima, personal, equipo. Se hacen pronósticos de mediano plazo. Las adquisiciones de algunos bienes no son inmediatas y necesitan un cierto tiempo para realizarse (algún personal calificado no se

- consigue en forma inmediata), es preciso planear adecuadamente y para eso es útil tener un pronóstico de necesidades.
- Para algunos aspectos de presupuestación, planeación de inversiones, planeación estratégica. Se requieren pronósticos de largo plazo. Las inversiones de capital siempre requieren de pronósticos, tanto de la necesidad de las mismas como de plazos en los que se espera recuperar la inversión, estos últimos requieren de pronósticos de otras cosas como ventas, tasas de interés y otros factores importantes.

2) Complejidad de la técnica. Hay pronósticos muy simples en cuanto a la técnica para elaborarlos. Quizá el mas simple es "lo mismo que hoy". En el otro extremo se encuentran los pronósticos usando computadoras y algoritmos sofisticados, o los que reúnen la opinión de varios expertos y que pueden llevar meses para su conclusión.

3) Integración de los pronósticos. Los pronósticos se realizan en diferentes departamentos de las empresas y requieren de una integración para darles coherencia. Producción, Ventas, Desarrollo del producto, Presupuestos, Tesorería y Dirección General, pueden estar haciendo pronósticos cada cual por su parte e incluso los pronósticos pueden ser contradictorios. Es necesario sistematizar la forma de obtenerlos y planear cómo se van a integrar.

Clasificación de los métodos de pronóstico

Los pronósticos se requieren

- en diferentes situaciones
- para diferentes objetivos
- y se hacen por diferentes métodos.

Clasificando los métodos para tener pronósticos, los dividimos en dos tipos principales:

- Cuantitativos.
- Cualitativos o Tecnológicos.

Métodos Cuantitativos.

Los métodos cuantitativos se basan en datos históricos. Esta información pasada se encuentra en forma numérica. Las fuentes usuales son los registros de la propia empresa o información oficial de diverso origen: gobierno, asociaciones de empresarios o profesionistas, organismos internacionales.

Se debe tener cuidado, sobre todo cuando la información proviene de la propia empresa (aunque en la proveniente de otras fuentes también hay que cuidarse), que haya sido cuantificada de manera uniforme. Para información sobre costos, por ejemplo, hay que asegurarse que los costos incluyan los mismos conceptos en todos los años que vamos a utilizar; de no ser así es preciso tratar previamente los datos.

Para aplicar los métodos cuantitativos es preciso convencernos, razonablemente, de que se cumple la llamada Hipótesis de Continuidad. Este supuesto es que los factores externos en los que se dieron los datos históricos no cambiarán en el futuro para el que estamos pronosticando. Estos factores son, en forma destacada:

- Economía en general.
- Competencia en el mercado (oferta).
- Estado del mercado (demanda).
- Estado tecnológico del producto ("ciclo de vida del producto").

Esta continuidad del ambiente nunca se da en forma perfecta, sino en forma gradual. Se requiere buen juicio para suponer que las violaciones a la continuidad no van a afectar a los resultados de la aplicación del método de pronóstico.

Los métodos cuantitativos son de dos tipos según la información en que se basan:

- Métodos de Series de Tiempo. Se usa información de la misma variable que se va a pronosticar.
- Métodos Causales. Se utiliza información de la variable que se va a pronosticar y de otras variables que influyen en ella o que están relacionadas con ella y cuyo pronóstico sea más simple.

Métodos Cualitativos.

Estos métodos reciben también el nombre de tecnológicos, porque históricamente se usaron primero para pronosticar cambios tecnológicos.

La posición central en estos métodos no la tienen los datos pasados, sino la experiencia de las personas. Frecuentemente se usa la experiencia y buen juicio de varios expertos. Hay 2 tipos de métodos:

- Exploratorios o Prospectivos. Se parte de las experiencias pasadas y presentes para proyectar al futuro, sopesando las diferentes posibilidades.



- Normativos o Deductivos. En éstos se procede al revés, se parte de las metas u objetivos a lograr en el futuro y se analiza qué se necesita para lograrlos y eso nos da pauta para pensar cuando sucederán los eventos previstos para el futuro.

Los métodos tecnológicos son útiles para desarrollo de productos, inversiones de capital, planeación estratégica.

Las técnicas cualitativas se usan cuando los datos son escasos, por ejemplo cuando se introduce un producto nuevo al mercado.

Estas técnicas usan el criterio de la persona y ciertas relaciones para transformar información cualitativa en estimados cuantitativos.

- ✓ Método Delphi. Se usa para pronósticos a largo plazo, pronósticos de ventas de productos nuevos y pronósticos tecnológicos.
Tiempo estimado, más de dos meses.
Exactitud, de regular a muy buena.
- ✓ Investigación de Mercados. Se usa para evaluar y probar hipótesis acerca de mercados reales.
Tiempo estimado, más de tres meses.
Exactitud, puede ser excelente, dependiendo del cuidado que se haya puesto en el trabajo.
- ✓ Consenso de un Panel. Tiene los mismos usos que el Método Delphi.
Tiempo estimado, más de dos semanas.
Exactitud, de baja a regular.
- ✓ Pronósticos Visionarios. Se usa para hacer una profecía del futuro usando la intuición personal.
Tiempo estimado, una semana.
Exactitud, mala.
- ✓ Analogía Histórica. Se usa para productos nuevos, basándose en el análisis comparativo de la introducción y crecimiento de productos similares.
Tiempo estimado, más de un mes.
Exactitud, de buena a regular.

Métodos Cuantitativos

- ✓ Análisis de series de tiempo. El análisis consiste en encontrar el patrón del pasado y proyectarlo al futuro.
 - Patrones de una serie de tiempo:
 - Horizontal o estacionario



- **Tendencia a largo plazo**
- **Efecto estacional**
- **Efecto cíclico**
- ✓ **Métodos de proyección.** Estos métodos tratan de encontrar el patrón total de los datos para proyectarlos al futuro, y son:
 - **Promedios Móviles**
 - **Suavización Exponencial**
 - **Box-Jenkins**
- ✓ **Método de separación.** Es aquel que separa la serie en sus componentes para identificar el patrón de cada componente, y se llama, *Método de Descomposición de Series de Tiempo*.
- ✓ **Modelos Causales**
- ✓

Modelos de Regresión

Regresión lineal simple

Regresión lineal múltiple

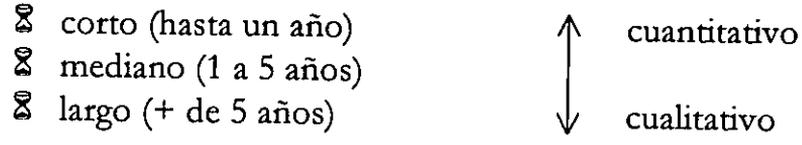
- ✓ **Modelos Econométricos.** Un modelo econométrico es un sistema de ecuaciones de regresión interdependientes que describe algún sector de actividades económicas, ventas o utilidades.
- ✓ **Encuestas de intenciones de compra y anticipaciones.** Estas encuestas que se hacen al público, determinan:
 - a. Las intenciones de compra de ciertos productos.
 - b. Derivan un índice que mide el sentimiento general sobre el consumo presente y futuro y estiman como afectan estos sentimientos a los hábitos de consumo. Este enfoque para hacer pronósticos es más útil que otras técnicas para seguir el desarrollo de la demanda y para señalar puntos de peligro.
- ✓ **Modelo de insumo-producto.** Método de análisis que determina el flujo de bienes y servicios interindustrial o interdepartamental en una economía o en una compañía y su mercado. Muestra flujos de insumos que deben ocurrir para obtener ciertos productos.

Elección de un método de pronóstico

Para elegir una técnica de pronóstico se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

1) La forma en que se desea el pronóstico, ya sea puntual o por intervalo.

2) El plazo en que se desea el pronóstico:



3) Patrón o tendencia de los datos

4) Costo del pronóstico

5) Confiabilidad deseada

6) Sencillez y claridad en el manejo de la técnica.

B. Programación entera

En muchos problemas prácticos, las variables sólo tienen un sentido si su valor real es entero. Por ejemplo: asignar personas, máquinas, transportes, en cantidades enteras. Si el exigir valores enteros es la única diferencia que tiene un problema con la formulación de Programación Lineal (P.L.), entonces se trata de un problema de Programación Entera (P.E.). Cabe hacer notar que el nombre completo es Programación Lineal Entera. De hecho, el modelo matemático para P.E. es sencillamente el modelo de P.L. con la restricción adicional de que las variables deben tener valores enteros.

Por definición un problema de P. E. es aquél que asigna valores numéricos discretos a algún conjunto finito de variables X , de tal forma que satisfaga un conjunto de restricciones y minimice alguna función objetivo.

Existen tres clasificaciones de problemas de estructura entera:

i) Programación Entera Pura (P.E.P.):

$$\text{Opt } Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

sujeto a

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

$$x_j \geq 0, \text{ entero} \quad \text{para } j = 1, 2, \dots, n$$

ii) Programación Entera Mixta (P.E.M.)

$$\text{Opt } Z = \sum_{j=1}^p c_j x_j + \sum_{j=1}^n d_j y_j$$

sujeto a

$$\sum_{j=1}^p a_{ij} x_j + \sum_{j=1}^n e_{ij} y_j \geq b_i \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, m$$

$$x_j \geq 0 \quad \text{para } j = 1, 2, \dots, p$$

$$y_j \geq 0, \text{ entero} \quad \text{para } j = 1, 2, \dots, n$$

iii) Programación Entera Binaria (P.E.B.)

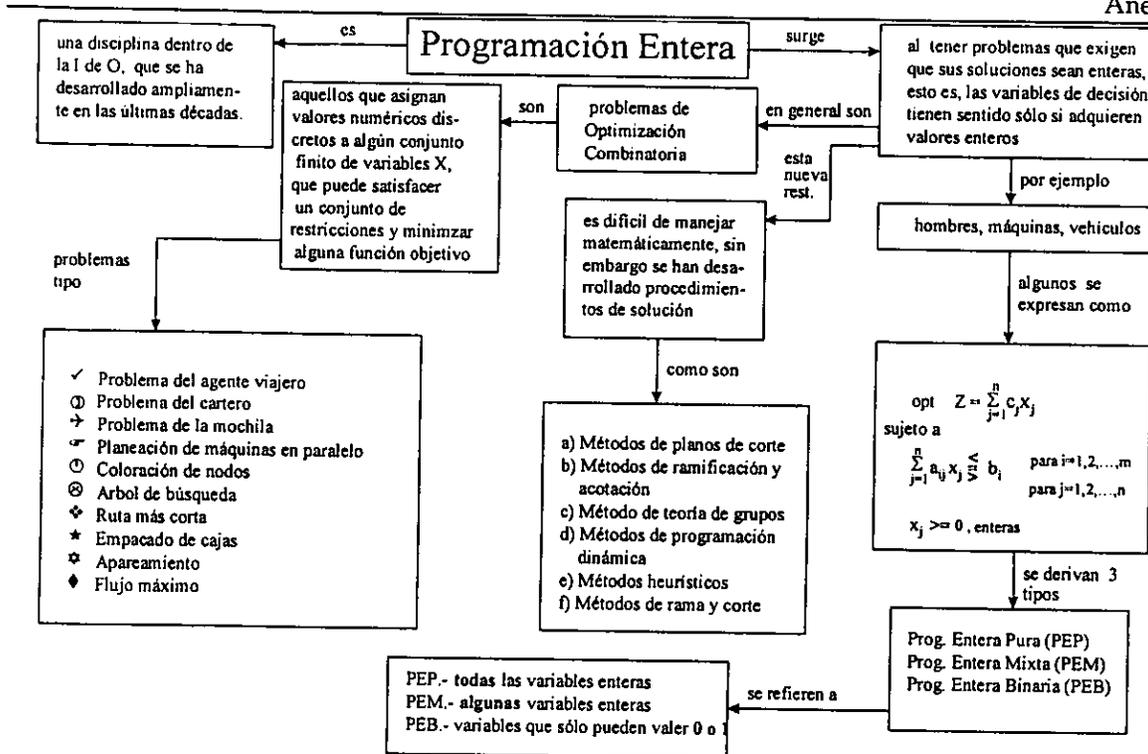
$$\text{Opt } Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

sujeto a

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

$$x_j = 0 \text{ o } 1 \quad \text{para } j = 1, 2, \dots, n$$

Para tener una idea general de lo que es la programación entera se puede observar el sig. mapa conceptual.



La Programación Entera

Métodos de solución

En la P.L. se optimiza una función sobre una región de factibilidad convexa, mientras que en la P.E. se optimiza una función de factibilidad que generalmente no es convexa.

Aunque varios algoritmos finitos se han desarrollado para el problema de enteros, ninguno de estos es uniformemente eficiente desde el punto de vista computacional, particularmente en cuanto aumenta el tamaño del problema. Por consiguiente, a diferencia de los programas lineales, para los cuales el método Simplex sigue siendo el método de solución por excelencia y se han resuelto problemas muy grandes en un tiempo razonable, los algoritmos enteros han sido erráticos en el comportamiento de cómputo.

Los procedimientos de solución más utilizados son:

a) Planos de corte.

La idea del algoritmo es cambiar el conjunto convexo del espacio de soluciones de tal manera que los puntos extremos apropiados lleguen a ser enteros. Se comienza con la solución óptima del problema de P.L.; a partir de la cual se crea un nuevo problema de P.L. con una región factible menor; ésta se va cortando, aumentando



restricciones extras al problema llamadas planos de corte, reduciéndolo hasta que la solución sea entera.

Si los planos se escogen adecuadamente en cada etapa, entonces el poliedro inicial se reducirá progresivamente hasta que coincida con la cubierta convexa de las soluciones enteras, al menos en una vecindad de la solución óptima.

Desafortunadamente, y esta es la dificultad esencial, no se conoce un método sistemático para generar todas las ecuaciones o desigualdades lineales que definen la cubierta convexa de los puntos enteros contenidos en un poliedro convexo dado.

Otra desventaja de los métodos de planos de corte, es que resultan muy ineficientes para resolver problemas enteros de tamaño medio. Estos métodos generan en cada iteración una restricción y una variable extra.

b) Bifurcación y acotación (Branch and Bound algorithms).

El método, surgido hace dos décadas, y sugerido originalmente por Land y Doig, ha resultado ser una de las mejores herramientas prácticas para la solución de problemas de optimización discreta. Su atractivo radica en la habilidad de eliminar implícitamente grupos grandes de soluciones potenciales sin evaluarlos explícitamente. A semejanza de la programación dinámica, la técnica de bifurcación y acotación es una estrategia, y como tal se debe combinar con la estructura del problema específico que se desea resolver, para así formar un algoritmo de solución adecuado.

Los métodos de planos de corte utilizan restricciones adicionales para excluir las soluciones no enteras de P.L. En contraste, los métodos de bifurcación y acotación pretenden hacer lo mismo a través de una estrategia "divide y vencerás".

Esto implica dividir la región factible en segmentos de tal manera que la solución anterior de P.L. que no era entera, no se incluya en la nueva región factible. Dividir la región factible en segmentos da como resultado problemas adicionales que deben resolverse, pero dado que las regiones factibles de nuestros nuevos "subproblemas" son menores que la región factible del problema principal, el proceso de solución al nivel del subproblema debe ser más simple.

El proceso de dividir y subdividir continúa hasta que puede demostrarse que ninguno de los subproblemas tiene una solución óptima que sea mejor que una solución entera calculada con anterioridad.



En general, el método de bifurcación y acotación redondea y acota variables enteras resultantes de la solución de los problemas lineales correspondientes, también llamadas solturas de P.L.

El proceso denominado bifurcación, tiene el efecto de reducir la región factible en forma tal, que elimina de consideraciones posteriores la solución anterior no entera, pero conserva todas las posibles soluciones enteras al problema original.

Ahora cada problema puede resolverse como un problema lineal utilizando la misma función objetivo del problema original.

Existen cuatro razones importantes para aceptar ampliamente los algoritmos de bifurcación y acotación en la optimización discreta:

- a) el método es conceptualmente simple y fácil de entender
- b) es fácilmente adaptable a un amplio rango de situaciones problemáticas
- c) es ajustable para su implantación computacional y
- d) los métodos alternativos usualmente no están disponibles.

Actualmente las técnicas de ramificación y acotación se están empleando en varios campos de aplicación tales como: problemas de distribución, secuenciación de instalaciones, agente viajero, rutas de vehículos, el problema de la mochila, problemas de programación no lineal; el progreso que se ha tenido se debe en gran parte al desarrollo que han tenido las computadoras, ya que por su gran velocidad se tiene una solución más exacta y rápida sin necesidad de recurrir a métodos aproximados.

Conviene mencionar que se dispone también de paquetes computacionales que usan ramificación y acotación en sus procedimientos de solución, tales como el LINDO, LINGO para resolver problemas de programación lineal y entera.

Los problemas de programación entera abundan en la vida diaria. Un área importante y extensa de aplicaciones se refiere a la administración eficiente del uso de recursos escasos para incrementar la productividad. Estas aplicaciones incluyen problemas operacionales tales como la distribución de bienes, planeación de la producción y secuenciación de máquinas. También incluyen problemas de planeación tales como inversión de capital, localización de medios, selección de cartera, diseño de redes de telecomunicación y transporte, diseño de circuitos y diseño de sistemas de producción automática.



El algoritmo de bifurcación y acotación para el problema entero puro es:

Paso 1.- Resuélvase el problema entero por medio del método Simplex de P.I.. Si la solución es entera, pare, se ha conseguido la solución óptima. Si no, continúe en el paso 2.

Paso 2.- Escójase arbitrariamente una variable entera x_j cuyo resultado en el paso 1 sea fraccional e iguale a x_{Bi} .

Paso 3.- Resuélvase un par de nuevos problemas, similares al problema anterior pero uno con la restricción adicional:

$$x_j \leq [x_{Bi}]$$

mientras que el otro tendrá la restricción adicional:

$$x_j \geq [x_{Bi}] + 1$$

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

Paso 5.- Selecciónese aquel problema lineal que tenga el máximo** valor de la función objetivo. Si las variables enteras tienen valor entero, se ha conseguido la solución óptima. Si no, regrese al paso 2 con la estructura del problema lineal resuelta en este paso.

* Mayor en el caso de maximización y menor en el de minimización

** Para problemas de minimización se busca el mínimo.

$[x]$ = máximo entero no mayor que x .

Un ejemplo de aplicación del algoritmo es la solución del siguiente problema de P.E.P.:

$$\begin{aligned} &\text{Maximizar } z = 5x_1 + 2x_2 \\ &\text{sujeto a:} \\ &\quad 2x_1 + 2x_2 \leq 9 \\ &\quad 3x_1 + x_2 \leq 11 \\ &\text{con } x_j \geq 0, \text{ entero, } j=1,2 \end{aligned}$$

Iteración 1

Paso 1 La solución óptima de la soltura de P.L. es:

Problema (0)

$$x_1 = 3.25$$

$$x_2 = 1.25$$

$$z = 18.75$$

Dado que la solución no es entera, se continúa en el paso 2.

Pasos 2 y 3 Se elige arbitrariamente $x_2 = 1.25$ (su resultado es fraccionario y se iguala a b_2), y se resuelven dos solturas lineales distintas, una con la restricción adicional

$$x_2 \leq [1.25] \Rightarrow x_2 \leq 1$$

y el otro con la restricción adicional

$$x_2 \geq [1.25] + 1 \Rightarrow x_2 \geq 2$$

entonces:

Problema (1)

Maximizar $z = 5x_1 + 2x_2$

sujeto a:

$$2x_1 + 2x_2 \leq 9$$

$$3x_1 + x_2 \leq 11$$

$$x_2 \leq 1$$

$$\text{con } x_1, x_2 \geq 0$$

y cuya solución óptima es:

Problema (1)

$$x_1 = 3.33$$

$$x_2 = 1$$

$$x_3 = 0.33$$

$$z = 18.67$$

Problema (2) Maximizar $z = 5x_1 + 2x_2$
sujeto a:

$$\begin{aligned} 2x_1 + 2x_2 &\leq 9 \\ 3x_1 + x_2 &\leq 11 \\ x_2 &\geq 2 \end{aligned}$$

con $x_1, x_2 \geq 0$

y cuya solución óptima es:

Problema (2)

| |
|-------------|
| $x_1 = 2.5$ |
| $x_2 = 2$ |
| $x_3 = 1.5$ |
| $z = 16.5$ |

Paso 4 Como todavía ninguna solución ha sido entera en todo el proceso, se incluyen en el análisis los dos problemas.

Paso 5 Como la función objetivo que tiene el máximo valor corresponde a la estructura del problema (1) aunque no es entera ($z = 18.67$), regrese al paso 2, considerando el problema seleccionado.

Iteración 2

Pasos 2 y 3 Arbitrariamente, de la estructura (1) se elige $x_1 = 3.33$ y resuelva dos nuevos problemas, uno que es igual al problema (1) más la restricción:

$$x_1 \leq [3.33] \Rightarrow x_1 \leq 3$$

y el otro que es igual al problema (1) más la restricción adicional:

$$x_1 \geq [3.33] + 1 \Rightarrow x_1 \geq 4$$

Esto es:

Problema (3) Maximizar $z = 5x_1 + 2x_2$
 sujeto a:

$$\begin{aligned} 2x_1 + 2x_2 &\leq 9 \\ 3x_1 + x_2 &\leq 11 \\ x_2 &\leq 1 \\ x_1 &\leq 3 \end{aligned}$$

con $x_1, x_2 \geq 0$

y cuya solución óptima es:

Problema (3)

| |
|-----------|
| $x_1 = 3$ |
| $x_2 = 1$ |
| $x_3 = 1$ |
| $x_4 = 1$ |
| $z = 17$ |

Problema (3) Maximizar $z = 5x_1 + 2x_2$
 sujeto a:

$$\begin{aligned} 2x_1 + 2x_2 &\leq 9 \\ 3x_1 + x_2 &\leq 11 \\ x_2 &\leq 1 \\ x_1 &\geq 4 \end{aligned}$$

con $x_1, x_2 \geq 0$

Este problema **no** tiene solución factible (es inconsistente), y por lo tanto no se incluye en el listado de problemas a analizar y para prevenir una ramificación en esta estructura, se le asocia a la función objetivo un valor $-\infty$ para maximización y $+\infty$ para minimización.

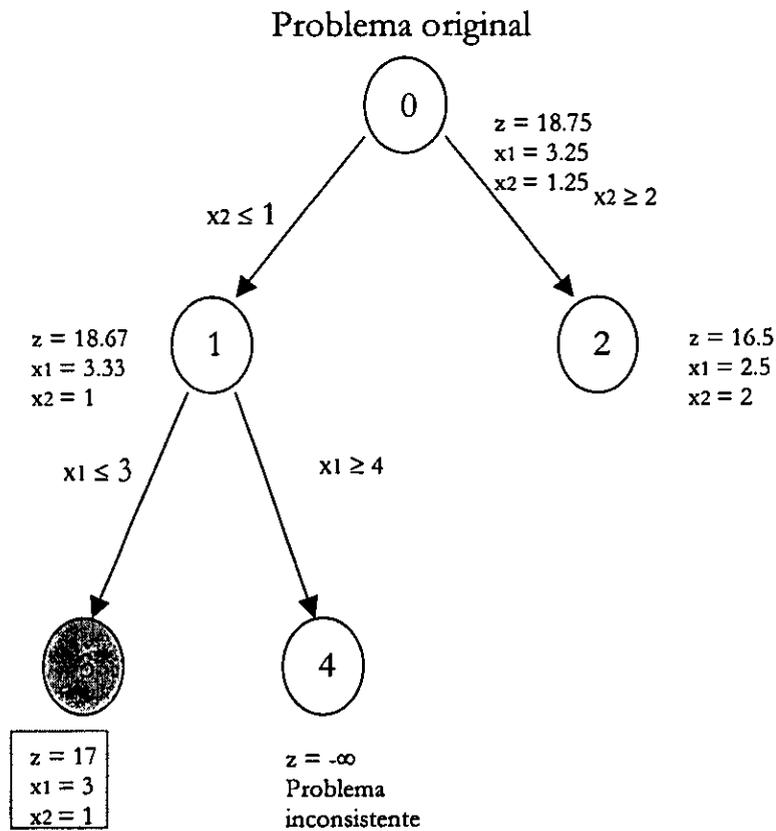
Paso 4 Se incluye en el análisis el problema (3) dado que es la mejor solución entera hasta el momento.

Paso 5 Por ser el mejor valor de la función objetivo y además ser entero, la solución óptima es:

| |
|-----------|
| $x_1 = 3$ |
| $x_2 = 1$ |
| $x_3 = 1$ |
| $x_4 = 1$ |
| $z = 17$ |

Se puede describir el proceso de solución para el problema anterior como una red con estructura de árbol, donde a cada nodo se le asocia:

- Un número (que define la estructura del problema lineal correspondiente).
- El valor de las variables y de la función objetivo para esa estructura.



Árbol de soluciones

C. DATOS HISTÓRICOS DE VENTAS

Datos históricos de ventas de manómetros (no. de piezas vendidas)

SERIE 51100

Enero Febrero Marzo Abril Mayo Junio Julio Agosto Sept., Octubre Nov, Dic,

4"

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|---|---|---|----|----|---|---|----|---|---|----|---|
| 97 | 0 | 3 | 0 | 7 | 12 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 |
| 98 | 10 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 7 | 13 | 0 | 0 | 30 | 6 |
| 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 10 | 0 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 0 |

7"

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|----|---|----|----|----|----|----|---|---|----|---|
| 97 | 0 | 10 | 0 | 0 | 12 | 2 | 0 | 1 | 1 | 7 | 12 | 5 |
| 98 | 6 | 10 | 0 | 12 | 4 | 0 | 13 | 39 | 0 | 0 | 35 | 5 |
| 99 | 3 | 0 | 1 | 0 | 7 | 15 | 0 | 0 | 3 | 8 | 7 | 6 |

11"

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|----|---|---|---|---|---|----|---|---|---|---|
| 97 | 4 | 12 | 5 | 0 | 5 | 3 | 5 | 0 | 3 | 5 | 2 | 0 |
| 98 | 6 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 5 | 2 | 0 | 0 | 5 | 5 |
| 99 | 6 | 0 | 0 | 0 | 7 | 2 | 0 | 10 | 3 | 3 | 4 | 5 |

14"

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|----|---|---|---|---|---|----|
| 97 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 5 | 0 | 0 | 5 | 3 | 10 |
| 98 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 1 | 0 | 0 | 9 | 5 |
| 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 10 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 4 |

21"

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|---|----|---|---|----|---|----|----|----|----|----|---|
| 97 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 98 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 0 | 1 | 10 | 10 | 0 | 10 | |
| 99 | 2 | 0 | 20 | 0 | 7 | 21 | 0 | 34 | 4 | 29 | 21 | 26 | |

SERIE 63100

Enero Febrero Marzo Abril Mayo Junio Julio Agosto Sept, Octubre Nov, Dic,

4"

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|----|---|----|----|----|---|---|---|---|---|---|
| 97 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 98 | 8 | 11 | 4 | 15 | 12 | 11 | 8 | 1 | 7 | 6 | 1 | 0 |
| 99 | 2 | 5 | 2 | 11 | 0 | 5 | 0 | 7 | 1 | 7 | 6 | 8 |

7"

| | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|---|----|---|----|----|----|----|----|---|
| 97 | 0 | 11 | 18 | 6 | 5 | 1 | 10 | 0 | 0 | 25 | 37 | 0 |
| 98 | 28 | 28 | 1 | 4 | 10 | 4 | 28 | 15 | 12 | 0 | 4 | 5 |
| 99 | 10 | 10 | 0 | 4 | 0 | 3 | 14 | 16 | 3 | 11 | 4 | 6 |

11"

| | | | | | | | | | | | | |
|----|----|---|---|----|----|---|----|----|----|---|---|---|
| 97 | 0 | 9 | 0 | 1 | 1 | 0 | 3 | 14 | 10 | 5 | 4 | 0 |
| 98 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 3 | 6 | 7 | 0 | 5 |
| 99 | 14 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 10 | 12 | 4 | 0 | 0 | 5 |

14"

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|----|---|---|----|---|---|---|---|---|
| 97 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 4 | 0 | 0 | 5 | 2 | 0 |
| 98 | 0 | 2 | 5 | 0 | 5 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 99 | 4 | 0 | 0 | 16 | 0 | 7 | 16 | 7 | 1 | 5 | 3 | 3 |

21"

| | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|---|----|----|----|----|---|---|----|----|----|
| 97 | 7 | 2 | 0 | 0 | 9 | 0 | 23 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 98 | 0 | 8 | 0 | 25 | 22 | 62 | 5 | 6 | 4 | 22 | 24 | 11 |
| 99 | 24 | 33 | 3 | 56 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 |

SERIE 89100

Enero Febrero Marzo Abril Mayo Junio Julio Agosto Sept. Octubre Nov. Dic.

4"

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 97 | 2 | 10 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 8 | 0 |
| 98 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 99 | 0 | 0 | 4 | 1 | 5 | 1 | 4 | 0 | 1 | 5 | 4 | 0 |

7"

| | | | | | | | | | | | | |
|----|----|---|---|---|---|----|----|---|---|---|----|----|
| 97 | 1 | 6 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 15 | 15 |
| 98 | 4 | 2 | 0 | 0 | 4 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 4 | 6 |
| 99 | 16 | 0 | 1 | 0 | 0 | 21 | 4 | 2 | 0 | 0 | 3 | 8 |

11"

| | | | | | | | | | | | | |
|----|----|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|----|
| 97 | 10 | 7 | 5 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 10 |
| 98 | 6 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 3 | 17 | 0 | 4 | 4 |
| 99 | 15 | 0 | 0 | 0 | 6 | 4 | 0 | 5 | 0 | 6 | 0 | 0 |

14"

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 97 | 8 | 0 | 4 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| 98 | 4 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 6 |
| 99 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 2 | 0 |

21"

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 97 | 6 | 0 | 0 | 0 | 25 | 2 | 7 | 13 | 14 | 1 | 2 | 0 |
| 98 | 0 | 0 | 60 | 3 | 0 | 57 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 99 | 2 | 0 | 20 | 30 | 0 | 50 | 23 | 30 | 0 | 10 | 15 | 21 |

SERIE 11510

Enero Febrero Marzo Abril Mayo Junio Julio Agosto Sept. Octubre Nov. Dic.

4"

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 97 | 2 | 0 | 4 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 98 | 6 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| 99 | 1 | 0 | 0 | 4 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |

7"

| | | | | | | | | | | | | |
|----|----|---|----|---|---|---|---|---|---|---|----|---|
| 97 | 0 | 0 | 22 | 0 | 4 | 1 | 2 | 3 | 0 | 9 | 0 | 2 |
| 98 | 11 | 0 | 4 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 |
| 99 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 7 | 0 | 3 | 0 | 0 | 2 | 0 |

11"

| | | | | | | | | | | | | |
|----|----|---|---|---|---|---|----|---|---|----|----|----|
| 97 | 3 | 0 | 8 | 0 | 2 | 5 | 4 | 5 | 0 | 10 | 0 | 17 |
| 98 | 10 | 2 | 7 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 4 | 0 | 18 | 1 |
| 99 | 0 | 6 | 2 | 6 | 0 | 4 | 0 | 8 | 0 | 0 | 4 | 6 |

14"

| | | | | | | | | | | | | |
|----|----|---|---|---|---|---|----|---|---|----|----|----|
| 97 | 3 | 0 | 8 | 0 | 2 | 5 | 4 | 5 | 0 | 10 | 0 | 17 |
| 98 | 10 | 2 | 7 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 4 | 0 | 18 | 1 |
| 99 | 0 | 6 | 2 | 6 | 0 | 4 | 0 | 8 | 0 | 0 | 4 | 6 |

21"

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|----|---|---|---|---|---|---|
| 97 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 98 | 5 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| 99 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 14 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 |

SERIE 10150

Enero Febrero Marzo Abril Mayo Junio Julio Agosto Sept. Octubre Nov. Dic.

4"

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 97 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 98 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

7"

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 97 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 98 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

11"

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 97 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 98 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

14"

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 97 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 98 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

21"

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 97 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 98 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

SERIE 11550

Enero Febrero Marzo Abril Mayo Junio Julio Agosto Sept, Octubre Nov, Dic,

4"

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 97 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 2 | 0 |
| 98 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

7"

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 97 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 98 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

11"

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 97 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 98 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

14"

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 97 | 0 | 0 | 2 | 8 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| 98 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

21"

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 97 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 98 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

SERIE 63440

Enero Febrero Marzo Abril Mayo Junio Julio Agosto Sept, Octubre Nov, Dic,

4"

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 97 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| 98 | 0 | 4 | 0 | 1 | 0 | 4 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 99 | 2 | 0 | 0 | 5 | 9 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 |

7"

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|----|---|---|---|---|----|---|---|---|
| 97 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 7 |
| 98 | 0 | 5 | 0 | 12 | 9 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 99 | 1 | 0 | 3 | 0 | 3 | 5 | 2 | 0 | 13 | 2 | 3 | 2 |

11"

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 97 | 2 | 4 | 0 | 0 | 3 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 98 | 0 | 4 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| 99 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 6 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |

14"

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 97 | 5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 98 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 99 | 0 | 1 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 1 | 0 | 4 |

21"

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|
| 97 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 10 | 0 |
| 98 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 4 |
| 99 | 0 | 0 | 8 | 4 | 2 | 3 | 5 | 0 | 3 | 1 | 1 | 0 |

D. Tablas de evaluación de pronósticos

Resumen de los métodos de pronóstico usados más frecuentemente

Técnicas cualitativas (juicio)

| Técnica | Método Delphi | Opiniones de expertos |
|---|---|--|
| <i>Descripción</i> | Un panel de expertos es interrogado por una secuencia de cuestionarios en los cuales, las respuestas de un cuestionario son utilizadas para producir el siguiente cuestionario. Todos los expertos tienen acceso a toda la información para el pronóstico | Se basa en la suposición de que varios expertos pueden llegar a un mejor pronóstico que una sola persona. No hay secretos y se fomenta la comunicación. Los pronósticos algunas veces son influenciados por factores sociales y pueden no reflejar el consenso verdadero |
| Exactitud: Corto Plazo (0-3 meses) Mediano Plazo (3 meses – 2 años) Largo Plazo (2 o más años) | Razonable a muy bueno Razonable a muy bueno Razonable a muy bueno | Pobre a razonable Pobre a razonable Pobre |
| Identificación de puntos de cambio | Razonable a buena | Pobre a razonable |
| Aplicaciones típicas | Pronósticos de ventas de nuevos productos, pronósticos tecnológicos | Pronósticos de ventas de nuevos productos, pronósticos tecnológicos |
| Datos requeridos | Un coordinador se encarga de la secuencia de los cuestionarios, editar y consolidar las respuestas. | Información de un panel de expertos es presentada abiertamente en reuniones de grupo a fin de llegar a un consenso del pronóstico. |
| Costo de pronosticar con una computadora | Muy caro | Mínimo |
| Tiempo requerido para desarrollar una aplicación y realizar los pronósticos | 1 mes | 2 semanas |

| Técnica | PERT- Derivado | Votación de la fuerza de ventas | Encuestas al consumidor |
|---|---|--|---|
| <i>Descripción</i> | Basado en tres estimados proporcionados por expertos: pesimista, más probable y optimista | Basado en las opiniones de la fuerza de ventas: tiende a ser optimista | Basado en estudios de mercado concernientes a compras específicas |
| Exactitud: Corto Plazo (0-3 meses) Mediano Plazo (3 meses – 2 años) Largo Plazo (2 o más años) | Razonable Pobre Pobre | Razonable a bueno Pobre Pobre | Razonable a bueno Pobre Pobre |
| Identificación de puntos de cambio | Pobre a razonable | Pobre a buena | Pobre |
| Aplicaciones típicas | Mismas que las opiniones de expertos | Pronósticos de ventas de corto plazo | Pronósticos de ventas de corto plazo |
| Datos requeridos | Mismos que en las opiniones de expertos | Datos por región y línea de productos | Contactos telefónicos, entrevistas personales o cuestionarios |
| Costo de pronosticar con una computadora | Mínimo | Mínimo | Caro |
| Tiempo requerido para desarrollar una aplicación y realizar los pronósticos | 2 meses | 2 meses | Más de un mes |

Resumen de los métodos de pronóstico usados más frecuentemente

Métodos indirectos

| Técnica | Modelo Entrada-Salida | Indicador principal | Análisis del ciclo de vida |
|---|--|--|---|
| <i>Descripción</i> | Está relacionada con la Inter-industria o flujo interdepartamental de bienes o servicios en la economía o una compañía y sus mercados. Muestra que flujo de entradas debe ocurrir para obtener salidas | Series de tiempo de actividad económica cuyo movimiento en una dirección dada, precede el movimiento de otra serie de tiempo en la misma dirección | Análisis y pronóstico del porcentaje de crecimiento de nuevos productos basado en las curvas S. |
| Exactitud: Corto Plazo (0-3 meses) Mediano Plazo (3 meses – 2 años) Largo Plazo (2 o más años) | No se aplica Buena a muy buena Buena a muy buena | Pobre a buena Pobre a buena Muy pobre | Pobre Pobre a buena Pobre a buena |
| Identificación de puntos de cambio | Razonable | Buena | Pobre a buena |
| Aplicaciones típicas | Pronósticos de ventas de una compañía y ventas por división para sectores industriales y subsectores | La misma que en “encuesta con intención de compra” más 5 a 10 años de historia. | Como mínimo, las ventas anuales del producto que está siendo considerado o un producto similar son algunas veces necesario |
| Aplicaciones de datos | 10 o 15 años de historia. Cantidades considerables de información de un producto y el flujo de servicios dentro de una corporación (o economía), para cada año para el cual un análisis de entrada-salida es deseado | La misma que en “encuesta con intención de compra” más 5 a 10 años de historia. | Como mínimo las ventas anuales del producto que está siendo considerado o un producto similar son algunas veces necesarios. |
| Costo de pronosticar con una computadora | Muy caro | Varía con la aplicación | Varía con la aplicación |
| Tiempo requerido para desarrollar una aplicación y realizar los pronósticos | Más de un mes | Un mes | Un mes |

Resumen de los métodos de pronóstico usados más frecuentemente

Métodos de Series de tiempo

| Técnica | Promedios móviles | Suavizamiento exponencial | Análisis de Tendencia |
|---|---|---|--|
| <i>Descripción</i> | Los promedios son actualizados conforme la última información es recibida | Similar a los promedios móviles, excepto que el dato más reciente es al que se le dá más peso. Efectivo cuando hay demanda aleatoria y no hay fluctuaciones estacionales en las series de datos | Ajusta una línea de tendencia a una serie de datos. Existen dos variaciones: lineal y no lineal |
| Exactitud: | | | |
| Corto Plazo (0-3 meses) | Pobre a buena | Razonable a muy buena | Muy bueno |
| Mediano Plazo (3 meses – 2 años) | Pobre | Pobre a buena | Bueno |
| Largo Plazo (2 o más años) | Muy Pobre | Muy pobre | Bueno |
| Identificación de puntos de cambio | Pobre | Pobre | Pobre |
| Aplicaciones típicas | Control de inventarios para productos de bajo volumen y ventas sin datos | Producción y control de inventario, pronósticos de ventas y datos financieros | Pronósticos de nuevos productos y productos en las etapas de crecimiento y madurez del ciclo de vida; control de inventarios |
| Datos requeridos | Un mínimo de 2 años de historia de ventas si se presenta estacionalidad, en otros casos, menos datos. | La misma que en promedios móviles | Varía con la técnica usada. Sin embargo una buena regla empírica es usar un mínimo de 5 años para comenzar y posteriormente la historia completa |
| Costo de pronosticar con una computadora | Muy mínimo | Mínimo | Varía con la aplicación |
| Tiempo requerido para desarrollar una aplicación y realizar los pronósticos | Un día | Un día | Un día |

| Técnica | Descomposición Clásica | Box Jenkins |
|---|---|--|
| <i>Descripción</i> | Descompone una serie de tiempo en elementos estacionales, de tendencia, ciclos e irregularidad. Utilizada principalmente para analizar en detalle una serie de tiempo | Procedimiento iterativo que produce un modelo autorregresivo integrado de promedios móviles, ajusta factores estacionales y de tendencia, estima parámetros apropiadamente, prueba el modelo y repite el ciclo |
| Exactitud: | | |
| Corto Plazo (0-3 meses) | Muy bueno a excelente | Muy buena a excelente |
| Mediano Plazo (3 meses – 2 años) | Bueno | Pobre a bueno |
| Largo Plazo (2 o más años) | Muy pobre | Muy pobre |
| Identificación de puntos de cambio | Muy bueno | Razonable |
| Aplicaciones típicas | Rastreo de pronósticos de ventas y datos financieros | Control y producción de inventario para grandes volúmenes de artículos; pronósticos de balances de efectivo y ahorros |
| Datos requeridos | Un mínimo de 3 años de historia para empezar; posteriormente la historia completa. | Control y producción de inventario para grandes volúmenes de artículos; pronósticos de balances de efectivo y ahorros |
| Costo de pronosticar con una computadora | Mínimo | Caro |
| Tiempo requerido para desarrollar una aplicación y realizar los pronósticos | Un día | Dos días |



E. Métodos de Suavizamiento

Los métodos de suavizamiento son técnicas sencillas que proporcionan pronósticos razonablemente buenos a lo largo del horizonte de corto plazo en el cual se requieren.

Los datos históricos se usan para obtener un valor “suavizado” para la serie. El valor suavizado se extrapola después para después para convertirse en el pronóstico del valor futuro de la serie.

Dos subclases de métodos de suavizamiento son: los métodos de promedio, responden a la definición convencional de un promedio (es decir, igual ponderación o suavizamiento del número de valores incluido en el promedio), y los métodos de suavizamiento exponencial, que aplican un conjunto desigual de ponderaciones a los datos pasados. Tales declinaciones declinan de manera exponencial desde el valor de los datos más reciente al valor más alejado.

La idea básica inherente al suavizamiento exponencial es que existe cierto patrón subyacente en los valores de las variables que se van a pronosticar y que las observaciones históricas de cada variable representan al patrón subyacente así como a las fluctuaciones aleatorias. El objetivo de estos métodos es distinguir entre las fluctuaciones aleatorias y el patrón básico subyacente mediante el “suavizamiento” (promediación) de los valores históricos. Esto equivale a eliminar lo aleatorio encontrado en la secuencia histórica y a fundamentar un pronóstico en el patrón suavizado de los datos.

El método de promedios móviles procede de la siguiente manera:

$$F_{t+1} = S_t = \frac{X_t + X_{t-1} + \dots + X_{t-N+1}}{N} = \frac{1}{N} \sum_{i=t-N+1}^t X_i$$

en donde:

F_{t+1} = pronóstico para el tiempo $t + 1$

S_t = valor suavizado en el tiempo t

X_i = valor actual en el tiempo i

i = periodo de tiempo

N = número de valores incluidos en el promedio

Una manera alternativa para encontrar el valor de F_{t+1} es

$$F_{t+1} = \frac{X_t}{N} - \frac{X_{t-N}}{N} + F_t$$

Al menos dos limitaciones importantes al uso de medias móviles han motivado en la práctica a la aplicación del método de suavizamiento exponencial. La primera es que para calcular el pronóstico de promedio móvil es necesario almacenar al menos N valores observados, lo que requiere espacio considerable si se necesita pronosticar un número grande de elementos. Segundo. El método de promedios móviles asigna una ponderación igual a cada una de las últimas N observaciones y ninguna ponderación en absoluto a las observaciones anteriores al periodo (t-N).

Se requeriría entonces de un esquema de ponderaciones que asignara la ponderación mayor a los valores observados más recientes, y ponderaciones decrecientes a los valores más antiguos. El suavizamiento exponencial satisface este requerimiento y elimina la necesidad de almacenar los valores históricos de la variable.

El método de suavizamiento exponencial pronostica en base a

$$F_2 = X_1 \text{ (cálculo del primer pronóstico)}$$

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

donde:

$(X_t - F_t)$ = el error del pronóstico anterior

α = es un peso

Si α es un valor cercano a la unidad, se le da mucha importancia a los valores recientes y, sobre todo, al error en el pronóstico.

Como puede verse, a las ponderaciones decrecientes se asignan a los valores observados más antiguos.

Para el primer periodo no está disponible ningún pronóstico previo, el valor del primer punto de datos se puede emplear como el primer pronóstico.

Para usar suavizamiento exponencial, solamente se necesita tener el valor observado más reciente, el pronóstico más reciente y el valor de α .

Las técnicas de suavizamiento pueden utilizarse efectiva y económicamente cuando el patrón histórico de los datos se puede considerar como horizontal.

F. INSTALACIÓN

- 1.- Se crea el directorio
 c:\pronostico\1\actual
- 2.- Introducir el CD de instalación.
 Dar click en el botón de Inicio, luego en el de Ejecutar y luego en el de Examinar.
- 3.- Seleccionar la unidad de CD correspondiente.
- 4.- Aparecerá en pantalla un directorio
 144mb
 dar doble click en él y dar también doble click al directorio
 disk1
- 5.- Seleccionar el archivo
 setup
 y dar click en
 Aceptar
 dar
 ok
 y seguir instrucciones de pantalla.

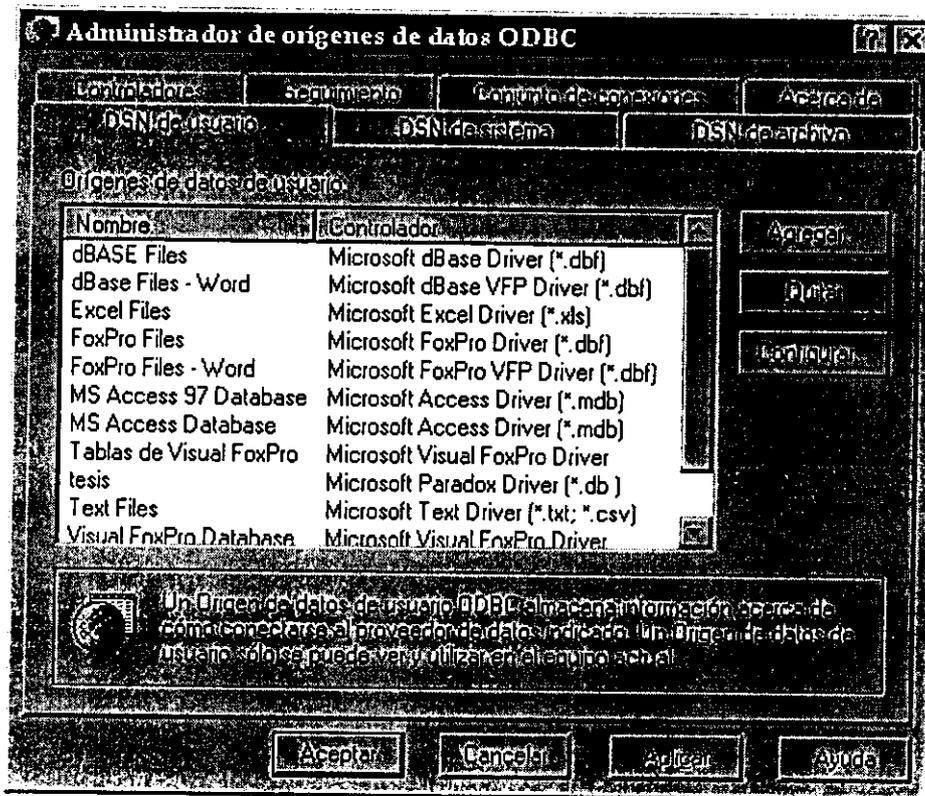
Nota: Para la pregunta sobre ¿en cuál directorio se instalará el sistema?
 Seleccionar con el botón
 Browse
 c:\pronostico
 y seguir con las instrucciones.

- 6.- Copiar las bases de datos en
 c:\pronostico\1\actual

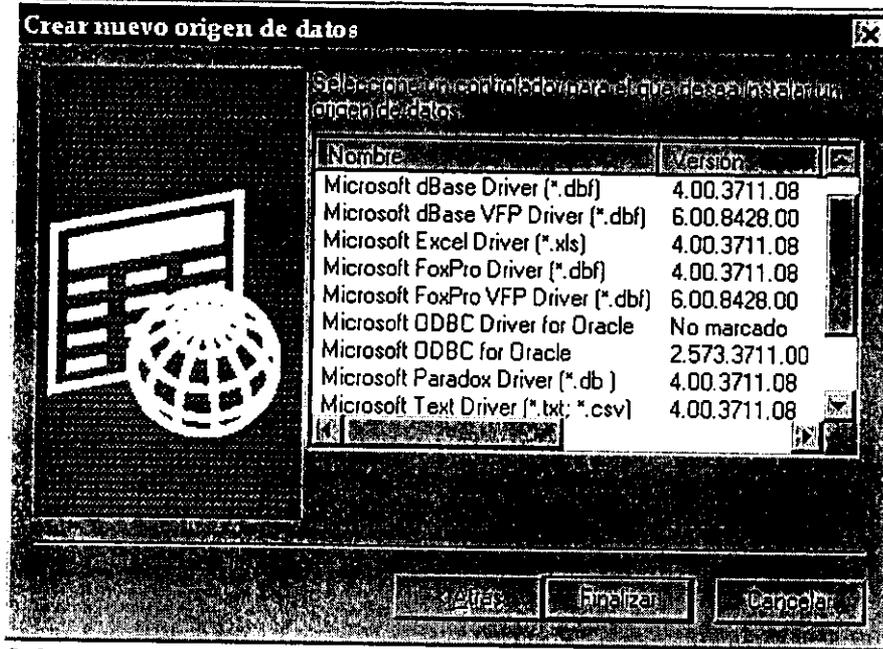
A fin de que el modelo pueda leer correctamente las bases de datos es necesario configurar un "origen de datos usuario", para ello, se debe seguir los siguientes pasos:

- 1.- Dar cick en el botón de Inicio
- 2.- Seleccionar Configuración y después Panel de control
- 3.- Seleccionar el icono fuentes de datos
 ODBC32bits

y dar dos clicks y aparecerá la pantalla siguiente:



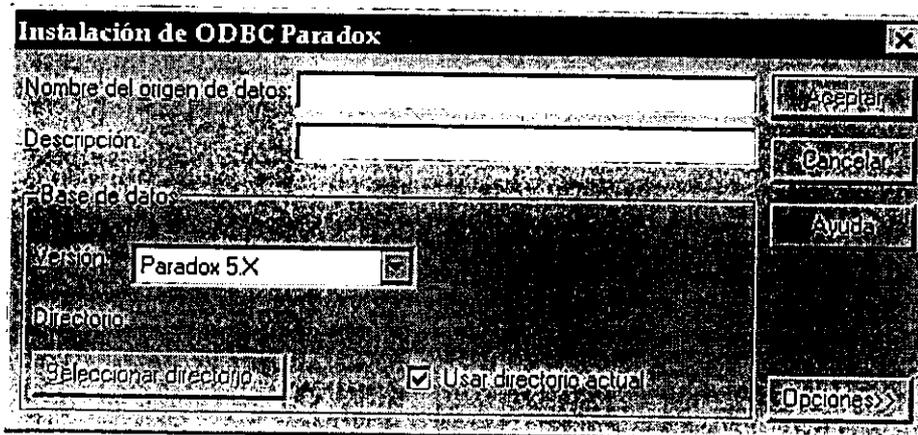
Dar un click en el botón Agregar y aparece otra pantalla:



Seleccionar Microsoft, luego Parados y después Driver.

Dar clic en Finalizar.

A continuación aparecerá la pantalla:



Se debe teclear en el campo “nombre de origen” teclear: tesis

Dar clic en el botón Seleccionar directorio y buscar la ruta:

c:\pronostico\1\actual

Dar clic en aceptar 3 veces.