

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Programa Académico Escuela de Graduados



Modelo Matemático de Planeamiento para un
Sistema Productivo de Multiartículos

T E S I S

PARA OPTAR EL GRADO DE MAGISTER EN
CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERIA DE SISTEMAS
PRESENTADA POR:

Angel Augusto Olivera Olivera

Lima - Perú

1978

INDICE

1. INTRODUCCION
 2. MODELOS MATEMATICOS
 - 2.1 CLASIFICACION DE MODELOS
 - 2.2 TIPOS DE MODELOS MATEMATICOS
 3. PLANEAMIENTO EN UN SISTEMA PRODUCTIVO
 - 3.1 CONCEPTO DE SISTEMA
 - 3.2 CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS
 - 3.3 PARAMETROS RELACIONES Y RESTRICCIONES DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCION
 - 3.4 CONTROL Y DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCION
 - 3.5 LA FUNCION PRODUCTIVA
 - 3.6 TIPOS DE SISTEMAS DE PRODUCCION
 - 3.7 CLASIFICACION DE LOS ARTICULOS
 - 3.8 PLAN DE VENTAS
 - 3.9 PLAN DE PRODUCCION
 - 3.10 PLAN DE COMPRAS
 4. CONSTRUCCION DEL MODELO
 - 4.1 CLASIFICACION DE LOS ARTICULOS
 - 4.2 PRONOSTICOS DE DEMANDA DE LOS ARTICULOS
 - 4.3 NECESIDADES DE MATERIA PRIMA Y DE MATERIA DE EMPAQUE
 5. PRUEBA DEL MODELO Y DE LA SOLUCION
 - 5.1 MODELO DE CLASIFICACION A-B-C
 - 5.2 MODELO DE PRONOSTICOS DE DEMANDA DE ARTICULOS SEGUN SU CLASIFICACION A-B-C
 - 5.3 MODELO DE CALCULOS DE MATERIA PRIMA Y DE MATERIAL DE EMPAQUE SEGUN LOS PRONOSTICOS DE DEMANDA
 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- BIBLIOGRAFIA

I INTRODUCCION

El presente estudio tiene como objetivo, presentar un modelo matemático de planificación para optimizar el sistema productivo de una Empresa que elabora mu
lti
art
ícu
los.

En la actualidad, en sistemas económicos poco estables, es interés de la Empresa reducir esta diversidad de productos y concretar la capacidad de producción sobre algunos productos cuyo precio de fabricación se bajaría posiblemente y cu
ya
venta
podría
incrementarse
en
razón
inversa.

La expansión incesante de las exigencias, los progresos de los medios de pro
ducción
y
de
su
automaticidad, hacen cada día más factible esta solución. Las fusiones de empresas, la especialización de sus cuidados de producción, el desarrollo
de
los
mercados
tras
las
fronteras, preparan una evolución en este sentido.

En la práctica de planificar y organizar las funciones productivas, un papel importante lo desempeñan los cálculos de operación, cuyo fin es escoger la más ra
zonable
solución
en
el
empleo
de
la
mano
de
obra
e
insumos, para lograr altos índices en las operaciones, siendo mínimos sus gastos.

Al solucionar los problemas de operación se debe tomar en consideración la influencia de muchos factores, como por ejemplo, la diversidad de los tipos de ma
quinaria
y
equipo
para
cada
línea
de
producción
y
la
eficacia
desigual
de
su
apli
cación, el tipo de producto a fabricar, distintas condiciones de trabajo que están en relación directa con la clase y características de los artículos procesados, las variantes que se utilizan, así como los esquemas de las operaciones de a
carreo.

La diversidad y numerosidad de los factores principales que se toman en consideración al planificar y organizar el trabajo productivo, predeterminan las nume
rosas
variantes
en
la
solución
de
los
problemas. De todas las variantes posibles se debe escoger la óptima. La solución óptima es aquella que da lo óptimo del índice

escogido y satisface las limitaciones determinadas para los datos de un problema. El proceso de escoger el plan óptimo se denomina planificación óptima.

El proceso de encontrar la solución óptima está relacionado con numerosos y, en algunos casos, complicados cálculos. Para facilitar y acelerar este trabajo, el proceso de los cálculos se automatiza aplicando los computadores electrónicos. Además de esto, es razonable utilizar especiales métodos matemáticos de optimizar el plan con el fin de reducir los cálculos; lo cual permite encontrar la solución más ventajosa del problema.

En todo sistema productivo de multiartículos, las áreas principales de operación y trabajo son ventas, producción y compras. Estas áreas, en la mayoría de los casos, se encuentran discrepantes en sus objetivos, al mantener políticas propias e independientes. Analicemos brevemente, como los objetivos de estas áreas se pueden contradecir entre sí, sino hay coordinación entre ellas.

El objetivo básico del área de ventas es el de satisfacer los requerimientos de las demandas, lo cual implica mantener existencias permanentes de los productos. De otro lado, el objetivo del área de producción es el de fabricar la mayor cantidad de artículos, con el fin de optimizar el tiempo de trabajo de los equipos. Y por último, el objetivo del área de compras es de invertir tan sólo lo necesario.

Si estas tres áreas siguen una mecánica operativa independiente, es muy fácil que ocurran casos en el que el área de producción no pueda fabricar lo programado, debido a la falta parcial o total de algún insumo, por que el área de compras no ordenó lo suficiente. Al fabricarse cantidades pequeñas y antieconómicas el área de ventas contará con pocas existencias originando que el producto se agote en los almacenes, con las consiguientes perturbaciones del sistema.

En resumen, se infiere que, no se debe efectuar el planeamiento de la producción, compras y ventas; en forma independiente. El planeamiento deberá efectuarse integrando estas tres áreas, con la finalidad que estén orientadas a optimizar el servicio que ofrece la empresa.

CAPITULO II

MODELO MATEMATICO

Como primer paso de la resolución de cualquier problema real, debemos encontrar la manera de describir, explicar o aun predecir la parte de la realidad en que reside el problema.

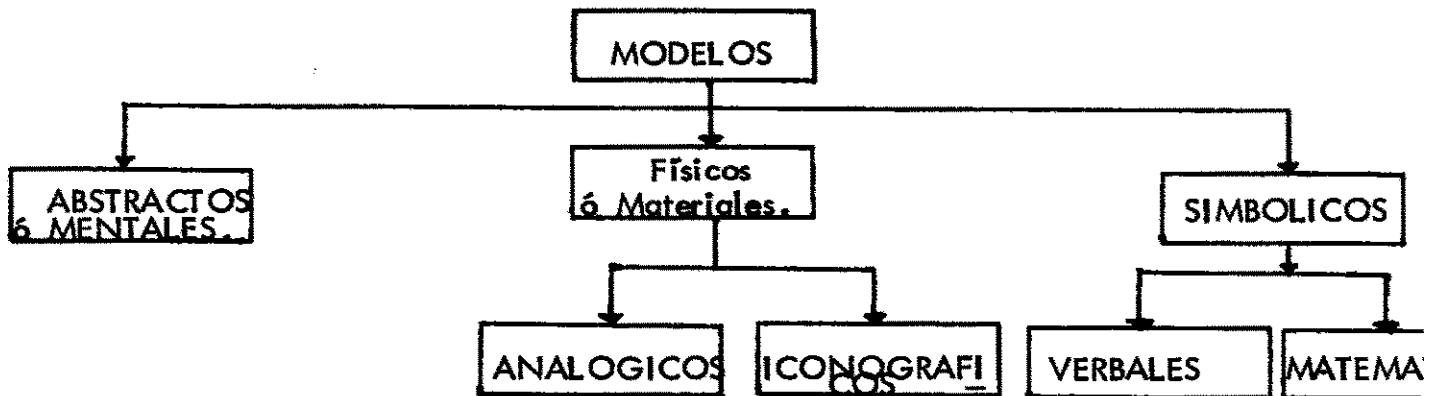
Los modelos son representaciones de la realidad. Si fuesen tan complejos y difíciles de controlar como la realidad, no habría ninguna ventaja en utilizarlos. En la mayoría de los casos, podemos construir modelos que son más simples que la realidad y, que a la vez, pueden utilizarse para explicar y predecir fenómenos con un alto grado de precisión. Pues, a pesar de que pueda requerirse un gran número de variables para predecir con exactitud perfecta un fenómeno, normalmente basta un número pequeño de variables para lograrlo.

2.1 CLASIFICACION DE MODELOS

Previa a una clasificación de los modelos matemáticos, vamos a sintetizar una clasificación de los modelos existentes. Así tenemos, los modelos abstractos, que formamos en nuestras mentes como producto de ideas o pensamientos.

Los modelos físicos o materiales, que empleamos como substitutos de situaciones del mundo real en estudio. Estos modelos se clasifican en analógicos que consisten en miniaturas reales de plantas, máquinas, etc.; modelos iconográficos, que no funcionan como la cosa real, sino que únicamente se le parece, como por ejemplo un dibujo a escala, una maqueta, etc.

Finalmente, tenemos los modelos simbólicos, que se clasifican en modelos verbales, los cuales son casi una versión escrita de las ideas y en el que se usan las palabras de un idioma; y de otro lado los modelos matemáticos que usan exclusivamente el lenguaje matemático.



El hecho de separar los modelos mentales de todos los demás podría crear confusión, pero tiene la virtud de establecer la distinción entre lo que sucede dentro y fuera de nuestra mente. Así cuando citamos a un modelo verbal, estamos formando uno mental del modelo verbal.

En los siguientes párrafos, todo el vasto espectro de modelos matemáticos será dividido repetidas veces en dos clases con el fin de aclarar qué clases de modelos y como pueden clasificarse de acuerdo con los diferentes criterios.

2.2 TIPOS DE MODELOS MATEMATICOS

En primer lugar, dividiremos nuestros modelos matemáticos entre aquellos en los cuales los principales símbolos representan números y los que representan otra cosa. En muchas situaciones de los problemas los aspectos numéricos o cuantitativas de los diferentes componentes de los mismos son los más importantes. Cuando construimos un modelo matemático y asignamos símbolos a las constantes y variables, las cuales, en su mayor parte representan números, llamamos al resultado un modelo cuantitativo. Sin embargo algunos problemas tratan de cualidades de componenetes de manera, que cuando se construyen modelos matemáticos cuyos símbolos re presentan en su mayor parte cualidades no numéricas, se denominan mo delos cu alitativos.

Se llaman modelos probabilísticos los que están basados en las matemáti cas de estadística y probabilidad, en los cuales introducimos las incertidumbres que por lo general acompañan nuestras observaciones de aconteci mientos o eventos reales. Un modelo cuantitativo que no contenga consideraciones probabilísticos se llama modelo determinado.

Un modelo se denomina confeccionado, cuando describe las fórmulas mate máticas estándares para problemas que se conocen como técnicos y medi ante los cuales sólo se necesitan sustituir valores para obtener una respu esta. Así tenemos, por ejemplo las fórmulas para hallar la ecuación de una regresión. De otro lado se tiene el modelo de propósito particular, cuando no se cuenta con uno que ajuste con exactitud al problema, y se procede a construir uno adaptado específicamente a él.

Cuando se construye un modelo matemático queda en forma simbólica y con él se pueden efectuar operaciones empleando los mecanismos de las matemáticas. Se dice que un modelo opera de modo analítico cuando

su utilidad se deriva de la aplicación del mecanismo analítico de las matemáticas a su estructura simbólica. En la actualidad, con el uso de la computadora digital de alta velocidad, se construyen cada vez más modelos específicos para aprovechar la gran capacidad de realizar operaciones numéricas de dichas máquinas. Estos modelos operan de modo numérico y las soluciones que proporcionan son numéricas y no en forma de ecuaciones, fórmulas o símbolos matemáticos de cualquier clase.

Resumiendo, hemos señalado las siguientes distinciones :

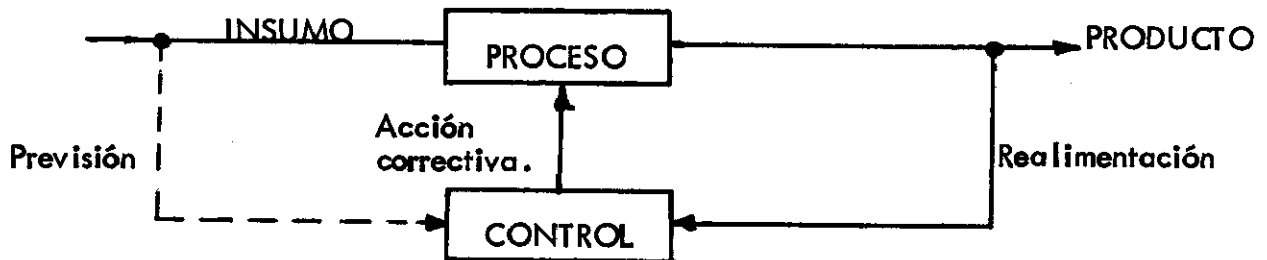
Cuantitativo	/	Cualitativo
Determinado	/	Probabilístico
Confeccionado	/	Propósito General
Modo Analítico	/	Modo Numérico

CAPITULO III

PLANEAMIENTO EN UN SISTEMA PRODUCTIVO

3.1 CONCEPTO DE SISTEMA

En forma muy general se puede decir que un sistema es alguna cosa o ente que recibe algo, lo procesa y produce algo. Un diagrama que ilustra lo anterior es el concepto de sistema, insumo - producto.



Un sistema es un conjunto de objetos y/o seres vivientes relacionados de antemano, para procesar algo que denominaremos insumo, y convertirlo en el producto definido por el objetivo del sistema y que puede o no tener un dispositivo de control que permita mantener su funcionamiento dentro de los límites preestablecidos.

Así tenemos que, las labores de producción en una empresa, forman un sistema productivo. En este caso, el sistema está compuesto por hombres y máquinas, relacionadas por funciones específicas para cumplir el objetivo de producción. Como sistema total, el insumo lo constituyen las materias primas y materiales, la fuerza del trabajo y la tecnología adoptada. El control del sistema comprende el control de calidad, el cum

plimiento de los plazos de producción para que rebasen los gastos e inversiones aprobadas.

Las principales características de un sistema reciben el nombre genérico de parámetro; el insumo, el proceso, el producto, el dispositivo de control y las restricciones de un sistema, reciben el nombre de parámetros. Dichos parámetros describen al sistema.

3.2 CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS

- 3.2.1 Los abiertos y los cerrados. Denominaremos sistema abierto, a aquel cuyo comportamiento es difícil de predecir, por ejemplo el desarrollo biológico. Los sistemas cerrados tienen objetivos, componentes, insumos, productos y relaciones claramente determinados.
- 3.2.2 Los naturales y los elaborados. Los naturales son aquellos creados por la naturaleza, y los elaborados, por el hombre.
- 3.2.3 Los sistemas de hombres y máquinas. Son aquellos integrados por hombres y máquinas cuya conjunción tiene por objeto transformar algo, producir algún producto o servicio para satisfacer una necesidad. La función de cada humano como de cada máquina está claramente determinada.
- 3.2.4 Sistemas de producción. Desde el punto de vista de producción se pueden clasificar los sistemas en dos grandes clases: en procesos y en lotes. En el primero, por medio de un proceso común se elaboran todos los productos, y en el segundo, cada lote de productos diferentes sigue un proceso particular.

3.3 PARAMETROS, RELACIONES Y RESTRICCIONES DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCION

Se ha mencionado que a las características de un sistema los denominamos parámetros del sistema. Ampliaremos a continuación, lo dicho sobre las relaciones entre los parámetros de sistemas de producción.

La base de las relaciones entre parámetros la constituye la definición de funciones de las partes del sistema; esta definición muestra lo que debe hacer cada componente.

Las restricciones del sistema son los límites del funcionamiento del sistema. Se pueden agrupar en dos clases : los objetivos del sistema y las limitaciones de recursos. El objetivo principal impone las restricciones al sistema para enfocar todo su poder hacia la producción del artículo o servicio deseado, con las especificaciones deseadas; esto causa que otros objetivos sean secundarios y supeditados al principal para cada subsistema, y sean nuevas restricciones para los subsistemas.

La segunda clase de restricciones la constituyen las limitaciones de los recursos del sistema total. Todo sistema de producción cuenta con recursos humanos, de equipo, materiales y financieros limitados. Esto constituye el marco de posibilidades de acción del sistema.

3.4 CONTROL Y DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCION

Ahora resumiremos todo lo anterior, orientándolo a los sistemas de producción. Ya mencionamos sobre las partes del sistema, sus relaciones y restricciones, enfoquemos ahora, a los elementos necesarios para mantenerlo funcionando adecuadamente, es decir, bajo control.

Primero, citaremos que un sistema en movimiento está sujeto a perturbaciones de muchos tipos que varían el rendimiento del sistema.

Estas perturbaciones pueden clasificarse en dos grupos : perturbaciones controlables y las no controlables por imposibilidad físicas o económicas. Nos referiremos a las primeras exclusivamente, ya que es obvio que el conocimiento de las segundas queda fuera de control.

Para formar las decisiones de control convenientes, es necesario contar con la información, ya sea del medio (externa) como del sistema (interna); aunque, sólo una pequeña parte de la externa es importante para control, aquella que está íntimamente ligada con el insumo.

En consecuencia, dividiremos en dos partes la información y su manejo. En primer lugar, la información derivada del análisis del insumo necesario para la función de pronóstico y en segundo lugar, la información obtenida del análisis del producto para la función de realimentación. Es decir, para fines prácticos se ha simplificado el flujo de información para control, observando únicamente lo que sucede a la entrada y a la salida del sistema. Esto no quiere decir que no se use otra información sino que, resulta conveniente hacerlo en forma continuada.

Así pues, el pronóstico y la realimentación son las dos funciones que dan información adecuada para compararlas con los patrones de comportamiento preestablecidos, las cuales nos permiten tomar las acciones correctivas necesarias. Por ejemplo, si en una empresa la demanda de su producto aumenta en forma apreciable, la función de pronóstico debe prever la información para detectar este fenómeno oportunamente y para tomar la decisión de aumentar la producción convenientemente. Por otra parte, la realimentación nos da información, tanto de las cantidades que se está produciendo, como de la calidad y del servicio a clientes; con lo cual se pueden tomar las decisiones correctivas necesarias. Aquí surge un concepto de sistemas, muy importante : el tiempo de respuesta del dispositivo de control.

Es decir, el tiempo comprendido entre el momento en que sucede un fenómeno fuera de lo normal y el momento en que se toma la decisión correctiva. Si el tiempo de respuesta es tan grande y las decisiones se toman fuera de tiempo, de nada habría servido el dispositivo de control.

Otro concepto importante en el control de sistemas es el relativo a su costo. Es evidente, que el costo de control del sistema no debe ser igual o mayor que el valor de lo que se controla o sus consecuencias, porque si así fuese, resultaría más económico no tener control.

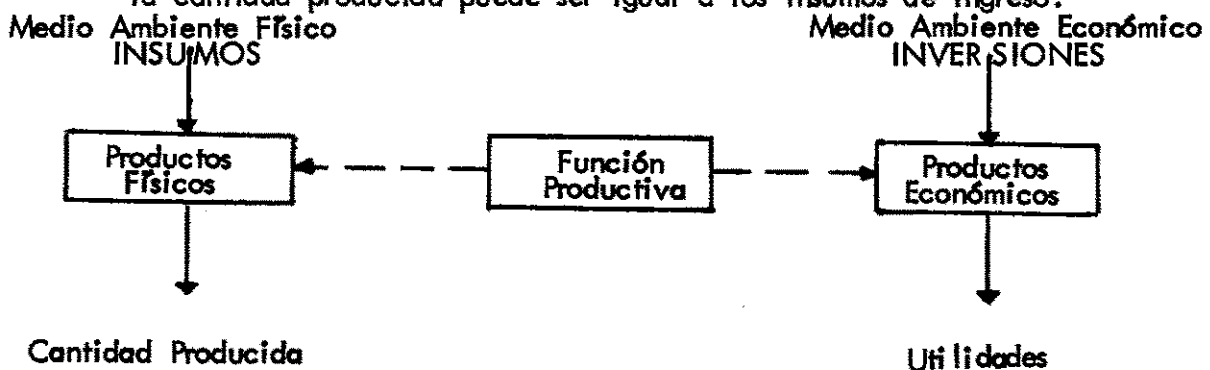
En general, no se pueden dar reglas generales y sólo se recomienda un análisis imparcial y profundo de cada caso, incluyendo un análisis cuantitativo y/o cualitativo de las consecuencias de la falta de control.

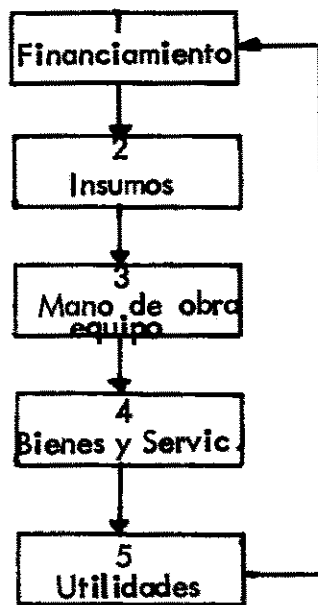
3.5 LA FUNCION PRODUCTIVA

La productividad podría definirse como la relación aritmética entre la producción obtenida y los recursos utilizados para obtenerla.

Aunque la productividad no es más que la relación aritmética entre la cantidad producida y la cantidad de cualquiera de los recursos empleados en la producción, forma sólo parte del medio ambiente total de la función productiva.

En el medio ambiente económico, es de esperar que las utilidades tengan un valor mayor que los valores de las inversiones. Esto resulta distinto a los propósitos físicos o de ingeniería en los que, en el óptimo, la cantidad producida puede ser igual a los insumos de ingreso.





Los sectores de producción están relacionados entre sí de diversos modos. La eficiencia de un proceso de producción desde el punto de vista de un sistema físico, es susceptible de ser medido. Al mismo tiempo la administración de la producción está supeditada a criterios económicos. En los sistemas económicos, la eficiencia tiene que ser mayor que la unidad para que se puedan obtener beneficios de capital.

$$\text{Eficiencia económica} = \frac{\text{salida útil}}{\text{entrada}} > 1$$

La función productiva puede explicarse analizando el propósito u objetivo de un sistema.

El financiamiento (1) circula hacia (2) que encierra los insumos o materiales que son adquiridos por una empresa (3), la cual distribuye eficientemente su mano de obra, maquinaria y equipos de proceso, aprovechando cuantitativa y cualitativamente el flujo proveniente de (2).

El sistema optimiza convenientemente los bienes y servicios (4) para generar utilidades, las que a su vez regresan a (1). Como puede apreciarse, esto representa un ciclo cerrado que se inicia y termina en (1), y así sucesivamente. Al enfocar la función productiva como un sistema, tratamos simplemente de insistir en la relación del medio ambiente físico con el medio ambiente económico; es de suma importancia que se considere esta relación, para sincronizar eficientemente las operaciones de la empresa.

Podemos considerar que el objetivo del sistema productivo tiene una función tridimensional : física, económica y social.

Las características de la función física de producción es la generación de bienes y servicios.

La función económica de producción consiste en generar utilidades a la empresa, la cual, tiene que escoger entre las diversas alternativas ofrecidas por el mercado para planificar sus operaciones y controlarlas convenientemente.

Los efectos sociales de la producción no sólo consisten en los productos que una empresa lanza al mercado, sino también en las repercusiones sobre el nivel de la capacitación técnica de la población y de las modificaciones importantes en la estructura social que se deriven del urbanismo.

3.6 TIPOS DE SISTEMAS DE PRODUCCION

- 3.6.1 Sistema de producción contfñua. Cuando hablamos de producción contfñua, enfocamos las situaciones de fabricación, en las cuales las instalaciones se adaptan a ciertos itinerarios y flujos de operación, que siguen una escala no ofertada por interrupciones.

En este tipo de problemas, todas las operaciones se organizan para lograr una situación ideal, en la que estas mismas operaciones, se cambian con el transporte de tal manera que los materiales son procesados mientras se mueven.

Se utiliza este sistema cuando la economía de fabricación favorece a la producción contfñua. Es decir, cuando la demanda de un producto es elevada, nos veremos obligados a trabajar continuamente.

La producción en gran escala de artículos estándar es característica de estos sistemas.

- 3.6.2 Sistema de producción intermitente. La producción intermitente se caracteriza por el sistema productivo de lotes o "batchs" de fabricación. En estos casos, se trabaja con un lote determinado de productos que se limita a un nivel de producción, seguido por otro lote de un producto diferente.

La producción intermitente será inevitable, cuando la demanda de un producto no es lo bastante grande para utilizar el tiempo total de fabricación contfñua, de tal forma que nuestro equipo de proceso servirá para manufacturar lotes de otros productos.

En este tipo de sistemas, la empresa generalmente fabrica una gran variedad de productos. Para la mayoría de ellas, los volúmenes de venta y, consecuentemente, los lotes de fabricación, son pequeños en relación con la producción total.

El costo de la mano de obra especializada es relativamente alto y, en consecuencia, los costos de producción son más altos que los de un sistema de producción continua.

3.6.3 Sistema de producción unitaria. Este sistema se desarrolla a través de una serie de fases. Generalmente, una fase a seguir no se lleva a cabo hasta que la fase anterior a ésta queda resuelta. A menudo, cuando un proyecto es grande, parte del personal que trabaja en su desarrollo, lo hace asesorando determinada fase, así como la otra parte, permanece supervisando todas las fases que cubre el proyecto.

3.6.4 Sistema de producción de servicios. Cuando hacemos referencia a un sistema de producción de este tipo, podemos decir que tiene una relación muy directa con la mercadotecnia.

En líneas atrás hemos descrito someramente los sistemas que implican la producción de bienes. En consecuencia, trataremos de explicar la función del sistema de producción de servicios.

Estos servicios, se pueden dar antes, durante o después, de algunos de los procesos productivos antes citados. Así tenemos en el primero de los casos podrían ser servicios de planeamiento de producción, en segundo servicios de control de calidad, y en el tercero de comercialización.

3.7 CLASIFICACION DE LOS ARTICULOS

En una empresa, a mayor cantidad de productos que produzca, es mayor la dificultad en efectuar un control de existencias similar para todos ellos. Por lo que es necesario utilizar un criterio de selección. Por lo tanto, con el fin de racionalizar los recursos de la empresa en el Planeamiento y Control de los productos que fabrica, se recomienda efectuar una clasificación de sus productos.

El método de clasificación más recomendable es el que se refiere al principio A-B-C, basado en la "Ley de Pareto". Wilfredo Pareto, Sociólogo y Economista Italiano (1842-1923) concluyó que existe una ley económica natural que siempre establece la forma de la distribución de ingresos en la población. Su conclusión podría no ser válida, pero su observación sobre el tipo de distribución que ocurriría, es válida para cualquier población estadística.

Por lo tanto, en cualquier sistema de Planeamiento y Control, es importante identificar y separar los pocos productos importantes de los muchos productos no importantes. Este concepto es aplicable a sistemas de inventarios como a cualquier área de administración.

Las ideas de distribución del valor de sistemas de inventario no es un sistema ni una técnica, es fundamentalmente un principio de administración de aplicación general.

En análisis de gran cantidad de sistemas de inventarios de multiproductos se han encontrado una distribución característica de las tasas de demanda en relación al número de productos. Esta distribución es del tipo "Logarítmica Normal".

El fundamento del análisis A-B-C, consiste en que pocos productos tie -

nen alto costo y muchos un costo relativamente bajo. Asimismo, pocos son los productos que generan la mayor parte de las utilidades y muchos los que generan relativa baja utilidad. El propósito es identificar a los que generan relativa baja utilidad. El propósito es identificar a los productos de alto costo y/o alta rentabilidad, con el fin de asignarle mayor atención en su planeamiento y control.

La versión original del análisis A-B-C se refiere a la comparación entre el porcentaje de número de productos VS el porcentaje del factor Uso - Costo.

El factor Uso-Costo es el resultado de multiplicar la demanda del producto en los doce últimos meses por el costo unitario del producto.

$$UC = (DEM)_{12} \cdot (Cu) \quad (I)$$

Para efecto de obtener una clasificación confiable el factor Uso-Costo es válido siempre y cuando el porcentaje de margen de utilidad de los productos sea constante para todos. Por lo que, en empresas que tienen diferentes líneas de producción y que cuentan por lo tanto con diferentes porcentajes de margen de utilidad; es recomendable el factor Uso-Utilidad.

El factor Uso-Utilidad es el resultado de multiplicar la demanda del producto en los doce últimos meses por la utilidad unitaria del producto.

$$UU = (DEM)_{12} \cdot (Uu) \quad (II)$$

El análisis de clasificación A-B-C, empleando el factor Uso-Utilidad tiene las siguientes ventajas :

- Ayuda a identificar el monto y margen de las utilidades representado por distintas porciones del inventario;
- Clasifica a los productos según su tasa de Uso-Utilidad, de manera que se pueda asignar a cada grupo, un tipo de control y modelos apropiados;
- Permite el cálculo analítico de los márgenes de utilidad y análisis de alternativas con diferentes montos de inversión.

En empresas de multiartículos, el análisis A-B-C, debe ser efectuado en base a líneas de producción, de tal manera que se agrupe a los productos por características similares.

3.7.1 Producto de Tipo "A".- Son aquellos que, generan los mayores márgenes de utilidades globales y significan la mayor inversión en inventarios. Por lo que, es recomendable mantener niveles relativamente bajos de inventarios.

Se deben fabricar lotes con cierta frecuencia de manera que, se puedan incluir medidas correctivas por variación de condiciones originales.

La inversión en inventarios que se requiere para evitar agotamientos de existencias y activación de nuevos pedidos es relativamente grande. Por lo tanto, el departamento de Planeamiento, debe revisar frecuentemente los niveles de inventario de estos productos, utilizando métodos de pronósticos y control mucho más exactos.

3.7.2 Productos de Tipo "C".- Son aquellos que, representan una pequeña fracción de las utilidades e inversiones totales. Por lo general son productos de poco valor unitario con una tasa de consumo relativamente baja. Se recomienda establecer niveles

de inventario muy altos para asegurar que las existencias de estos productos no se agoten.

3.7.3 Producto de Tipo "B".- Son aquellos que, representan una regular fracción de las utilidades e inversiones, tienen una tasa de consumo y de contribución intermedio entre los productos de tipo "A" y "C".

En base al tipo de productos es que se asignan los modelos apropiados. No se justifica utilizar modelos de pronósticos y abastecimientos complejos, ni utilizar modelos empíricos para todos los productos.

Para obtener la curva A-B-C, se ordenan los artículos por or-den decreciente del importe anual de utilidades, y se lleva al gráfico en ordenadas los porcentajes de sus valores acumulados en relación con el volumen anual de demanda.

Por análisis efectuados, se han determinado tres tipos de distribución, las cuales se basan en el siguiente criterio :

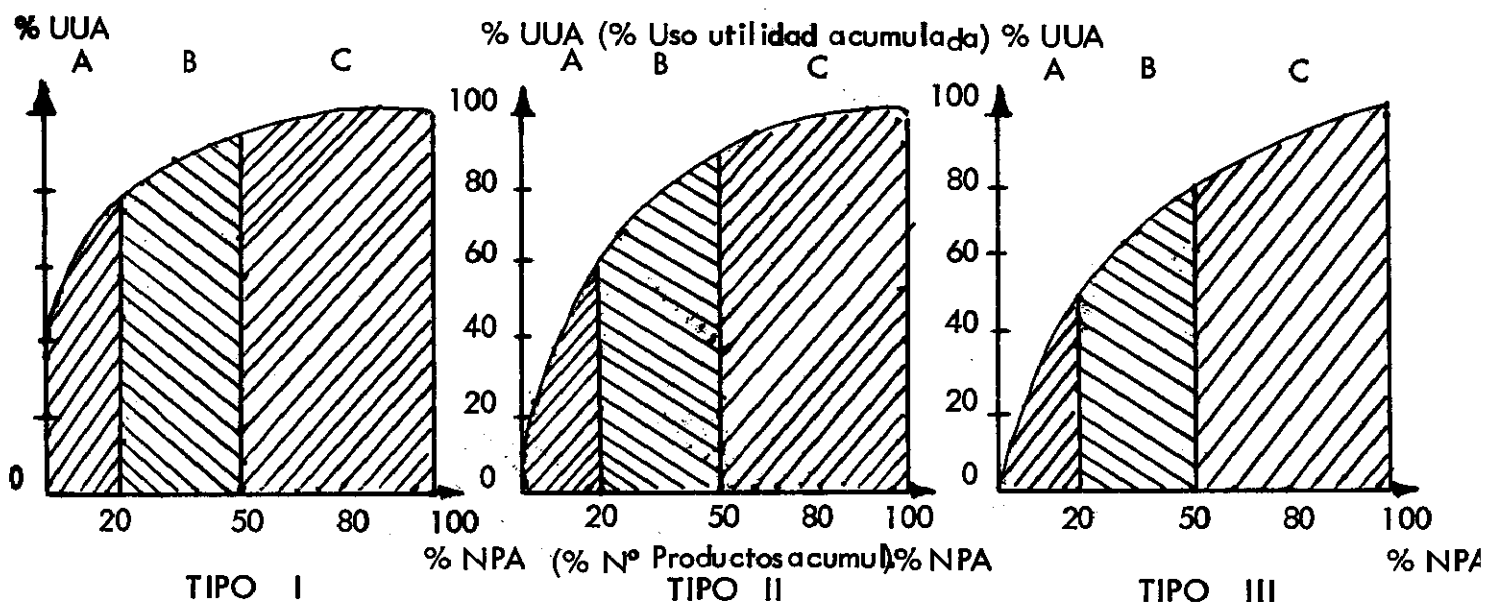
Los productos de tipo "A" deben ser alrededor del 20% del to-tal de los productos; los del tipo "B" alrededor del 30% siguiente del total de los productos; y los del tipo "C" alrededor del 50% siguiente.

Según este criterio se tiene :

Tipo de Distribución	Parámetro de la Clasificación A-B-C Acumulado		
I	$0 < A \leq 79.9$	$80 \leq B \leq 94.9$	$95 \leq C \leq 100$
II	$0 < A \leq 59.9$	$60 \leq B \leq 89.9$	$90 \leq C \leq 100$
III	$0 < A \leq 49.9$	$50 \leq B \leq 79.9$	$80 \leq C \leq 100$

Se admite que una curva A-B-C, no es significativa si el 20% del número de artículos dan un valor igual o inferior al 50% del valor buscado. En este caso no se clasificarían los artículos por grupos para distintos tipos de gestión, por lo que se han de gestionar todos por el mismo sistema.

TIPOS DE DISTRIBUCION A-B-C



3.7.4 Procedimiento para la determinación del tipo de clasificación de los productos A-B-C en base a su factor Uso-Utilidad.-

El procedimiento consiste en los siguientes pasos :

- Determinar el factor Uso-Utilidad Anual para todos los productos. Ello consiste en multiplicar el consumo en unidades de los doce últimos meses por la utilidad unitaria. Se considera utilidad unitaria a la diferencia entre el precio de venta y el costo de fabricación ($PV - CF$);
- Redistribuir a los productos en orden descendente y ordenados en forma acumulativa en relación a su factor Uso-Utilidad anual;
- Determinar los porcentajes de incidencia de cada uno de los productos en relación al Uso Utilidad Total;
- Determinar los porcentajes de incidencia de cada uno de los productos en relación al número total de productos;
- Asignarle una clasificación "A" a los productos que estén dentro del 20% del total de los productos. Clasificación "B" a los productos que estén dentro del 30% siguiente del total de los productos. Al resto de los productos se le asigna una clasificación del tipo "C".

Veamos el siguiente ejemplo :

Artículo	Uso Anual (D)	PV - CF = Utilidad	Uso Utilidad	Prioridad
501	30,000	0.10	3,000	6
502	280,000	0.15	42,000	1
503	3,000	0.10	300	9
504	110,000	0.05	5,500	4
505	4,000	0.05	200	10
506	220,000	0.10	22,000	2
507	15,000	0.05	750	8
508	80,000	0.05	4,000	5
509	60,000	0.15	9,000	3
510	8,000	0.10	800	7

Artículo	Uso-Utilidad Anual	Uso-Utilidad Acumulativa	% Incidencia de Uso-Utili- dad Anual Acu- mulativa	% Incidencia de los Prod. en relación al total de Produc.	Clasifi- cación
502	42,000	42,000	48.0	0.10	A
506	22,000	64,000	73.1	0.20	A
509	9,000	73,000	83.4	0.30	B
504	5,500	78,500	89.6	0.40	B
508	4,000	82,500	94.1	0.50	B
501	3,000	85,500	97.6	0.60	C
510	800	86,300	98.6	0.70	C
507	750	87,050	99.4	0.80	C
503	300	87,350	99.6	0.90	C
505	200	87,550	100.0	1.00	C

Clase	Artículos	% de artículos por grupo	Uso-Utilidad S/.por grupos	% de Uso Utilidad
A	502,506	20	64,000	73.1
B	509,504,508	30	18,000	21.1
C	501,510,507 503,505.	50	5,050	5.8

3.8 PLAN DE VENTAS

El planeamiento efectivo de la producción y el control de inventarios re quiere de algunos medios para resolver la incertidumbre del futuro.

Una de las áreas más inciertas que se debe afrontar es la previsión de las ventas futuras. La previsión de ventas se puede definir como el resultado de una serie de estudios que permiten estimar el volumen de las ventas que se piensan alcanzar en un período de tiempo.

Las previsiones de ventas no son similares en todos los casos, no sólo en cuanto a forma de realizarlas, sino en cuanto al valor que tienen para la empresa. Esta es la principal razón del diferente tratamiento que se debe asignar a los productos según su clasificación A-B-C.

Conocida la previsión de ventas, se debe determinar :

- Si existe capacidad de producción para cumplir las necesidades fijadas por ventas.
- La coordinación necesaria para que los diferentes artículos se entreguen en las cantidades adecuadas y en los momentos deseados por ventas, buscando, además que el potencial efectivo de producción esté al máximo rendimiento.

En el estudio para determinar si existe capacidad de producción, se pueden producir tres casos principales :

1. Que las cifras de artículos que se espera vender puedan cumplirse de tal forma que se emplee totalmente la capacidad productiva de fábrica.

En este caso no existe problema alguno, salvo el de comprobar si es posible proporcionar los artículos deseados para el período total de la previsión de ventas (por ejemplo, un año) sino también que sea posible cumplir periódicamente los deseos de ventas (por ejemplo, suministrar mensualmente los artículos fijados). Cuando se producen estas circunstancias la previsión de ventas se convierte en previsión de producción y no aparece ningún problema adicional.

2. Cuando con las cifras de artículos necesarios para las ventas previstas, no se logra saturar la capacidad productiva de la fábrica. Existe, en este caso, la necesidad de una acción superior a ventas y producción, ya que será preciso forzar el volumen de ventas, si la capacidad no puede disminuirse, para saturar la capacidad de fábrica. En este caso habrá un stock inmovilizado en almacén.
3. Cuando para cumplir la previsión de ventas no exista suficiente capacidad productiva. En este caso, la planificación deberá fijar las necesidades de incremento de capacidad (hombres y equipo). La decisión es también de orden superior, ya que como en el anterior caso aparecen problemas comerciales, de producción y financieros. Este incremento puede ser interior (aumento de la capacidad) o exterior (subcontratación).

En los casos 2 y 3 la previsión de ventas no es la previsión de producción.

Después de que se hayan considerado todos los aspectos del problema, se deberá fijar una previsión de ventas y de producción, concordantes.

Son dos, principalmente, los tipos de factores que afectan el futuro de las ventas :

El primer tipo consiste en el factor que ha generado la demanda en el pasado, y el segundo tipo considera las razones que afectan la demanda por primera vez.

El primer tipo de factor es medido cuantitativamente por técnicas de análisis de períodos de tiempo, estas técnicas denominadas pronósticos, asumen que las condiciones y tendencias mantenidas en el pasado, continuarán en el futuro.

El segundo tipo de factor o predicciones no está referido a términos estadísticos o cuantitativos, está referido al conocimiento, experiencia, juicio, e intuición; importantes para efectuar predicciones.

3.8.1 Principales métodos de predicción estadística.-

1. Método de promedios simples
2. Método de promedios móviles
3. Métodos de promedios con coeficientes de incidencia
4. Método de línea de tendencia
5. Método de línea de tendencia con factores de estacionalidad
6. Método exponencial
7. Método logarítmico o exponencial múltiple

1. METODO DE PROMEDIO SIMPLE

Este método determina el pronóstico en base al promedio de la demanda en determinado número de períodos previos.

$$\bar{D} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_N}{N} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}$$

donde :

\bar{D}_{t+1} = demanda promedio para el período $t+1$

X_t = venta del período t

N = número de ventas históricas

Este modelo es esencialmente práctico y sencillo, pero su desventaja es su lentitud para responder a cambios de demandas.

2. METODO DE PROMEDIOS MOVILES

A diferencia con el promedio de períodos fijos, el promedio es tomado en base a períodos que cambian con relación al tiempo.

Este modelo hace que el pronóstico responda más rápidamente a la demanda, que el método anterior.

$$\bar{D}_{t+1} = \frac{X_t + X_{t-1} + \dots + (X_{t-N+2}) + (X_{t-N+1})}{N}$$

$$\bar{D}_{t+1} = \frac{\sum_{i=t-N+1}^t X_i}{N}$$

Donde :

\bar{D}_{t+1} = demanda promedio para el período $T + 1$

X_t = venta en el período T

X_{t-1} = venta en el período $T-1$

Para propósitos analíticos, como correlacionar una serie con otra, el promedio central móvil es a menudo utilizado.

En este tipo, el período de tiempo referencial es el punto medio del

promedio. Por ejemplo, la fórmula para un promedio central móvil de tres meses es :

$$\bar{D} = \frac{X_t + 1 + X_t + X_t - 1}{3}$$

3. METODO DE PROMEDIO CON COEFICIENTES DE INCIDENCIA

Los métodos de promedio discutidos anteriormente, asignan igual importancia a cada período previo. Sin embargo, en muchas situaciones, es deseable dar mayor incidencia a la información más reciente.

Para un promedio simple, el pronóstico sería :

$$D_t = 0.5 X_t + 0.5 X_{t-1}$$

Pero; para un promedio con coeficientes de incidencia el pronóstico sería :

$$D_t = \alpha X_t + (1 - \alpha) X_{t-1}; \quad \alpha = \text{coeficiente de incidencia}$$

$0 < \alpha < 1$

Para N períodos :

$$D_t = W_t X_t + W_{t-1} X_{t-1} + \dots + W_{t-N+1} X_{t-N+1}$$

Donde, W_t es el coeficiente de incidencia por período de tiempo , y que :

$$W_t + W_{t-1} + \dots + W_{t-N+1} = 1$$

$$0 < W_i < 1; \quad i = t, \dots, t-N+1$$

4. METODO DE REGRESION LINEAL (Línea de Tendencia)

Para series, donde los datos de ventas parecen emerger de una situación aleatoria, una correlación de los datos respecto al tiempo podría generar una curva o relación matemática, que a su vez puede utilizarse para pronosticar por extrapolación.

El método estadístico más conocido de esta técnica, se refiere a la línea de regresión y correlación, o, de los mínimos cuadrados. Se basa en la determinación de los coeficientes de una ecuación de línea recta, de tal manera que la suma de los cuadrados de las desviaciones de los valores calculados sea el mínimo.

La ecuación de regresión de la línea es :

$$Y = a + b X$$

donde :

"a" y "b" son coeficientes que se calculan por los mínimos cuadrados estadísticos

X = Período que sirve para proyectar las ventas

Y = Venta proyectada

5. METODO DE LINEA DE TENDENCIA CON FACTORES DE ESTACIONALIDAD

En determinados productos, es posible prever un comportamiento estacional de las ventas. Es decir la demanda tiene una tendencia específica en determinados períodos de tiempo en el año. El comportamiento estacional difiere del comportamiento cíclico porque en éste, las ventas también son oscilantes, pero sin relación a períodos específicos de tiempo.

Cuando la estacionalidad puede ser razonablemente medida, los pronósticos deben incluir factores que ajusten dicha característica.

Partiendo del método de pronóstico de línea de tendencia

$$Y_i = a + b X_i$$

El pronóstico que incluye factores de estacionalidad, corresponderá :

$$Y'_n = Y_n \cdot f_n$$

Donde f_n , es el factor de estacionalidad, que corresponde al promedio de las sumatorias de los cocientes de los datos de venta con relación a sus estimados en períodos análogos (n) al período que se desea pronosticar (n).

$$f_n = \frac{[\sum (Y'/Y)]}{n}$$

6. METODO EXPONENCIAL

Este método combina el método de promedio móvil con coeficientes de incidencia. Los coeficientes de mayor incidencia se asignan a la información más reciente.

$$\text{NUEVO PRONOSTICO} = \text{ANTERIOR PRONOSTICO} + \alpha (\text{NUEVA DEMANDA} - \text{ANTERIOR PRONOSTICO})$$

$$D_t = D_{t-1} + \alpha (X_t - D_{t-1})$$

$$D_t = \alpha X_t + (1 - \alpha) D_{t-1}$$

Donde : α es una constante exponencial que varía entre 0 y 1.

7. METODO LOGARITMICO O EXPONENCIAL MULTIPLE

Debido a que los logaritmos son inherentes en ecuaciones exponenciales, modelo de órdenes altas pueden ser desarrollados y utilizados.

$$D_t^n = \alpha D_t^{n-1} + (1 - \alpha) D_{t-1}^n$$

Donde :

$$D_t^n = \text{pronóstico en el período } t, \text{ referido a la orden } n$$

Los modelos de las tres primeras órdenes corresponden a :

$$D_t^1 = \alpha X_t + (1 - \alpha) D_{t-1}^1$$

$$D_t^2 = \alpha D_t^1 + (1 - \alpha) D_{t-1}^2$$

$$D_t^3 = \alpha D_t^2 + (1 - \alpha) D_{t-1}^3$$

Modelos de orden mayor a tres, han sido encontrados poco prácticos, debido a que si bien los modelos de segundo y tercer orden responden en forma más efectiva a los cambios de la demanda, luego la efectividad decrece hasta convertirse nula con relación al tiempo.

El modelo de orden dos, debe ser utilizado cuando se piensa que en las ventas existe cierta tendencia; y el modelo de orden tres, cuando la tendencia cambia con relación al tiempo.

3.8.2 Implementación de los métodos de pronóstico.-

En la implementación de los métodos de pronósticos, éstos deben ser asignados en base al tipo de artículo analizado. Es así que, a los productos de tipo "A" debe asignársele métodos estrictos de predicción, como el de línea de tendencia o el

método exponencial; analizando si existe comportamiento estacional para incluir factores de estacionalidad en el modelo a aplicar. Por otro lado, a productos de tipo "C", debe asignarse los métodos sencillos de pronósticos, tales como el método de promedio simple, o el método de promedio móvil.

Una vez asignado el método de pronóstico adecuado, se analizan los datos de venta con el fin de determinar si estos se han producido en condiciones irregulares. Se presentan dos casos :

- Cuando el producto está agotado o semiagotado en almacenes. Las ventas efectuadas en esas condiciones no reflejan la demanda real ya que existirá una demanda insatisfecha no cubierta por falta del producto terminado.
- Cuando un producto después de un período de agotamiento reingresa a almacenes. Se produce una demanda artificial alta debido a pedidos no atendidos.

Existen, también otros factores externos que inciden en una demanda alta.

Para eliminar estos factores que causarían distorsión en el pronóstico de ventas, se deben utilizar intervalos de confianza referidos a dos parámetros, dentro de los cuales se encuentran los datos confiables que genera el pronóstico de ventas.

Llamando " IC_M " al límite máximo de intervalo de confianza y " IC_m " al límite mínimo del intervalo de confianza.

Existen métodos para determinar los intervalos de confianza. De los cuales se pueden citar :

1. En función al promedio de venta mensual
2. En función a la desviación standard.

1. INTERVALOS DE CONFIANZA EN FUNCION AL PROMEDIO DE VENTAS

De los datos de venta con que se cuenta, se obtiene el promedio (X_n) y este valor se multiplica por un porcentaje (\emptyset); que se toma como parámetro de referencia hacia los límites optimista y pesimista del promedio de ventas.

Así tenemos :

$$IC_M = X_n + \emptyset \cdot X_n = X_n (1 + \emptyset); \text{ (límite optimista)}$$

$$IC_n = X_n - \emptyset \cdot X_n = X_n (1 - \emptyset); \text{ (límite pesimista)}$$

2. INTERVALOS DE CONFIANZA EN FUNCION A LA DESVIACION STANDARD

Se considera a la desviación standard :

$$S_y = \frac{\sum (Y - Y')^2}{N - k} = \frac{\sum (Y - Y')^2}{V}$$

donde :

Y = datos históricos

Y' = datos pronosticados

N = número de datos (observaciones)

k = número de parámetros de la población que deben estimarse

V = número de grados de libertad

Una vez obtenida la desviación standard, se relaciona con los inter

valos de confianza, de la siguiente forma :

$$IC = Y' \pm t \cdot S_y$$

Donde "t" es un factor obtenido de la Tabla de Distribución de Student, en función al límite estimado de porcentaje de inclusión de datos, y, al número de grados de libertad.

Por ejemplo, si se desea considerar un 95% de los datos en intervalos de confianza aplicando el método de línea de tendencia en una muestra de 5 datos ($v = 5 - 2 = 3$), se tendrá :

$$t_{0.05,3} = 3.182 \text{ (de tablas estadísticas)}$$

$$IC = Y' \pm 3.182 (S_y)$$

Una vez que se obtienen los intervalos de confianza, se prescinde de los datos que caen fuera de estos intervalos y se procede a desarrollar el pronóstico con los datos que están dentro de los intervalos de confianza.

3.9 PLAN DE PRODUCCION

Para establecer el planeamiento de la producción de una empresa, es necesario determinar previamente los niveles de inventario en almacén. Es así que, consideraremos algunos modelos.

3.9.1 Modelos analíticos del lote económico.-

Existen dos modelos analíticos de inventario diferenciados por su tasa de reposición, que son :

- Tasa de reposición no instantanea
- Tasa de reposición instantanea

El modelo analítico de tasa de reposición no instantánea, asume que las unidades de una orden previamente colocadas llegan en forma progresiva. Por lo tanto la tasa de reposición puede ser considerada finita. A este modelo, se le denomina generalmente modelo de compras. Pero no necesariamente todas las órdenes de compra tienen una tasa de reposición no instantánea.

La tasa de reposición (P) del modelo de tasa de reposición no instantánea, tiene que ser igual o mayor que la tasa de demanda (D) para satisfacer una demanda continua, ya que el nivel de inventarios se incrementará cada período de tiempo durante la reposición por la cantidad (P - D).

Tres son los costos que afectan el costo total de mantener inventarios; el costo de los productos a ordenar, el costo de procuramiento y el costo de mantener inventarios.

Desarrollando el modelo analítico :

$$CT = C_o D + C_p \frac{D}{Q} + C_i \frac{Q}{2} (1 - D/P)$$

Donde :

- C_o = Costo unitario del producto a ordenar
- C_p = Costo de procuramiento por ordenar
- C_i = Costo de mantener inventarios una unidad de producto por período de tiempo
- D = Demanda por período de tiempo
- Q = Cantidad a ordenar
- P = Tasa de producción

Derivando el costo total de mantener inventarios con relación al

lote económico, se obtiene la fórmula del lote económico óptimo

$$Q = \sqrt{\frac{2 D \cdot C_p}{C_i (1-D/P)}}$$

El modelo de tasa de reposición instantánea, asume que, todas las unidades de una orden previamente colocada, llegan simultáneamente e instantáneamente. Por lo tanto la tasa de reposición puede ser considerada infinita.

A este modelo, se le denomina generalmente modelo de fabricación. Se debe observar que no necesariamente todas las órdenes de producción tienen una tasa de reposición instantánea.

El modelo analítico es el siguiente :

$$CT = C_o D + C_p \frac{D}{Q} + C_i \frac{Q}{2}$$

De donde se obtiene la fórmula del lote económico óptimo para modelos de inventario de tasa de reposición instantánea :

$$Q = \sqrt{\frac{2 D \cdot C_p}{C_i}}$$

En la práctica, sin embargo, la aplicación de estos modelos es algo compleja en el planeamiento inicial de una empresa, porque se requiere determinar los factores de costo de procuramiento y el de mantener inventarios de cada producto que fabrique la empresa.

El costo de tener existencia, es decir, lo que nos cuesta tener

en el almacén, es difícil de calcularlo a priori, por lo que se recomienda ver la cantidad gastada en años anteriores. Dividiendo los gastos totales por el valor total de la existencia se obtiene el coeficiente de gastos que se ha de aplicar el próximo año, corrigiendo previamente los gastos por cambio de condiciones del próximo año.

Cabría mencionar los costos asociados que inciden en la determinación del costo de mantener una unidad en inventarios por período de tiempo :

- Costo de ausencia
- Costo de depreciación
- Impuestos y Seguros
- Interés del capital invertido
- Costo de transporte y de facilidades de almacenamiento

El costo de procuramiento. Esta reflejado por :

- Costo de lanzamiento del pedido que comprende, preparación de documentación, órdenes, fichas, vales de material, gastos de contabilidad y programación.
- Costo de preparación que comprende el sacar el material de almacén, la entrega de piezas al almacén, la verificación, preparación de la máquina y volverla a dejar en situación inicial.

Todo ellos requiere de recolección de información contable y técnica por un determinado tiempo, por lo que se recomienda una implementación progresiva en la determinación de las cantidades a fabricar o comprar.

3.9.2 Método del Factor De Doceavo.-

El factor de doceavo de un producto representa el número de meses de venta futura que se ha de fabricar en una sola orden de producción, cuando de la existencia del producto sea igual o menor a su nivel mínimo del stock en almacén.

Una vez desarrollada la clasificación A-B-C de artículos en base a su factor Uso-Utilidad, se procede a asignar el nuevo factor de doceavo en base al porcentaje de Uso-Utilidad-Acumulado, en intervalos de 10%; de la siguiente forma :

<u>Porcentaje de Uso-Utilidad-Acumulado</u>	<u>Factor de Doceavo</u>
0 - 10	3
10 - 20	4
20 - 30	5
30 - 40	6
40 - 50	7
50 - 60	8
60 - 70	9
70 - 80	10
80 - 90	11
90 - 100	12

Veamos los factores de doceavo que corresponderán a los productos del ejemplo anteriormente desarrollado.

<u>Artículo</u>	<u>% de Uso-Utilidad Anual Acumulado</u>	<u>Factor de Doceavo</u>	<u>Clasificación</u>
502	48.00	7	A
506	73.10	10	A
509	83.40	11	B
504	89.60	11	B
508	94.10	12	B
501	97.60	12	C
510	98.60	12	C
507	99.40	12	C
503	99.40	12	C
505	100.00	12	C

Es decir, que cuando surge la necesidad de fabricar el producto 502, se debe fabricar una cantidad tal que dure 7 meses de venta. En contraste el producto 505 con un doceavo de 12 indica que se debe fabricar una cantidad tal para que dure 12 meses de venta, es decir se girará una sola orden al año.

De lo mencionado se concluye que el factor de doceavo genera un lote de fabricación al porcentaje de Uso-Utilidad Anual Acumulado.

Este lote de fabricación, no es óptimo, pero, es esencialmente práctico. El fundamento de este método consiste en que, los insumos de los artículos que generan mayor margen de utilidad por lo general son relativamente caros. Por lo que, el costo de mantenerlos en inventario está en relación directa proporcional a su costo. De tal manera que, más conveniente será fabricar con mayor frecuencia y mantener un inventario reducido.

En contraste, los insumos de los productos que generan menor margen de utilidad, por lo general son relativamente baratos. Siendo su costo de mantenerlos en inventario también barato. Por lo que resulta mucho más conveniente, en este caso, fabricar un solo lote (doceavo de 12) para todo el año y mantener un inventario alto.

3.9.3 Determinación de las Necesidades de Fabricación.-

Una vez determinado el inventario óptimo, se calcula la necesidad de fabricación.

Para el caso del modelo de lote económico :

$$NF^* = (Q + MIN) - (PF + E) ; \text{ donde :}$$

MIN = inventario mínimo que se debe mantener, con el fin de absorber cualquier demanda imprevista. En general, está referido a tantos meses de inventario, en función al promedio de venta mensual efectivo.

PF = artículos en proceso de fabricación

E = existencias en almacén

Para el caso del modelo del factor de doceavo :

$$NF = ((DEM)_{Doc} + MIN) - (PF + E) ;$$

donde :

$(DEM)_{Doc}$ = corresponde al requerimiento de ventas futuras en tantos meses como corresponde al factor de doceavo.

Donde, si bien la política no es en su totalidad óptima; pero es esencialmente práctica.

Veamos el ejemplo de un artículo tipo "A" con 3,340 unidades en proceso de fabricación y cero en existencia, además ha tenido las siguientes ventas en los últimos veinticuatro meses calendarios :

MES	DEMANDA POR AÑO		
	1976	1977	1978
ENE.	.-.	0	844
FEB.	.-.	0	824
MAR.	.-.	650	486
ABR.	.-.	2	1,266
MAY.	.-.	700	1,029
JUN.	.-.	378	575
JUL.	.-.	3	0
AGO.	462	0	
SET.	346	2,137	
OCT.	543	746	
NOV.	694	564	
DIC.	144	888	

La metodología para determinar la necesidad de fabricación es la siguiente :

1. Se obtiene el promedio de los veinticuatro últimos meses de venta, prescindiendo de los meses en que el producto estuvo agotado :

$$PVM = 664$$

2. Se determina el intervalo de confianza en función a las ventas, fijando el límite de ventas aceptable que corresponde a 90% por debajo del promedio y 180% por encima del promedio (política de la empresa)

$$IC_m = 664 - 0.90 (664) = 66$$

$$IC_M = 664 + 1.80 (664) = 1859$$

3. Se obtiene el promedio de venta mensual efectivo que corresponde al promedio de los doce últimos meses de venta efectivos. Es decir, meses de venta que están dentro de los intervalos de confianza.

$$PVME = \frac{575 + 1029 + 1266 + 486 + 824 + 844}{12} + \frac{888 + 564 + 746 + 378 + 700 + 650}{12} = 746$$

Se observa que la venta de Setiembre de 1977 (2137) cae fuera del intervalo de confianza máximo, por lo que no se le considera.

4. Se obtiene el mínimo o stock de seguridad. Es política de la empresa, por ejemplo mantener como stock mínimo, cin_

co veces el PVME :

$$\text{MIN} = 5 (746) = 3730$$

5. Se desarrollan las proyecciones de venta, empleando el método de línea de tendencia.

Y	X	YX	X ²
650	- 11	- 7150	121
700	- 9	- 6300	81
378	- 7	- 2646	49
746	- 5	- 3730	25
564	- 3	- 1692	9
888	- 1	- 888	1
844	+ 1	844	1
824	+ 3	2472	9
486	+ 5	2430	25
1266	+ 7	8862	49
1029	+ 9	9261	81
575	+ 11	6325	121

$$a = \frac{\sum Y}{n} = \frac{8950}{12} = 746$$

$$b = \frac{\sum XY}{\sum X^2} = \frac{7788}{571} = 13.64$$

$$Y^t = 746. + 23.64 X$$

Todo este procedimiento puede ser desarrollado en un programa de computación que imprimiría las siguientes proyec_

ciones futuras :

<u>MES/AÑO</u>	<u>1978</u>	<u>1979</u>
ENE.	.-	1063
FEB.	.-	1091
MAR.	.-	1119
ABR.	.-	1147
MAY.	.-	1175
JUN.	.-	1203
JUL.	.-	1231
AGO.	923	1259
SET.	951	1287
OCT.	979	1315
NOV.	1007	1343
DIC.	1035	1371

6. Se halla el factor doceavo. El factor de Uso-Utilidad acumulativa en relación de la línea a que pertenece el producto, es igual a 30.07% correspondiéndole un factor de doceavo a 6.

Por lo que la demanda generada por el doceavo será igual a seis meses de venta futura según la línea de tendencia correspondiente.

7. La demanda generada por el doceavo en el 1er. ciclo será :

$$(DEM)_{Doc} = 923 + 951 + 979 + 1007 + 1035 + 1063 = 5958$$

8. Se determina la Necesidad de Fabricación para el primer

ciclo :

$$NF_1 = (5958 + 3730) - (3340 + 0) = 6,348$$

Cantidad que respaldará una venta futura de seis meses.

Al tener el producto un doceavo de seis, significa que tentativamente el producto se ha de fabricar dos veces al año. En el establecimiento de la necesidad de fabricación para el segundo ciclo se actualizarán las proyecciones de venta.

3.10 PLAN DE COMPRAS

La política óptima en la determinación del lote económico de compras corresponde a la aplicación del modelo analítico del lote económico de desarrollado previamente en el punto 3.9.1. Sin embargo, si bien en empresas que fabrican uno o pocos artículos tienen aplicación práctica, esto no es así en empresas de multiartículos.

Por lo que, el planteamiento de este estudio, es establecer las necesidades de compra en base a las necesidades de fabricación previamente determinadas.

Las necesidades de compra para cada insumo se determinan de tal forma que satisfagan las necesidades de fabricación de todos los artículos en que intervienen.

Una característica esencial de las empresas de multicomponentes, es que un insumo no es exclusivo para fabricar un determinado producto, sino que por el contrario interviene en una serie de productos terminados y en cada uno de ellos en diferente proporción.

El procedimiento propuesto es el siguiente :

1. Se toma un insumo específico que corresponde a determinado proveedor.
2. Se ordenan todos los productos terminados que utilizan dicho insumo en forma ascendente en relación a su factor de doceavo.
3. Se toma el producto terminado que tenga el menor doceavo y con la siguiente información : Proceso de fabricación (PF), existencia en almacenes (E), factor de doceavo (Doc), Batch de fabricación, estimados de venta futura mes a mes, promedio de venta mensual efectivo (PVME)
4. Se determina el Nivel Mínimo del producto que corresponderá , por ejemplo, a cinco veces el promedio de venta mensual efectivo (política de la empresa).
5. Se determina las necesidades a fabricar del producto tal como se ha analizado previamente; en base a :

$$NF = ((DEM)_{Doc} + MIN) - (PF + E)$$

6. Una vez determinadas las necesidades a fabricar en unidades de producto terminado, estas se transforman en necesidades de insumo para el batch de fabricación y la proporción que interviene el insumo de dicho batch.

Por ejemplo, si, para fabricar 3,340 unidades de un artículo cuyo batch es de 200 Kgs, se consideran los siguientes componentes por batch :

100 Lts. de componente A
 130 Kgs. de componente B
 1.47 Kgs. de componente C
 1.60 Kgs. de componente D
 3.00 Kgs. de componente E

Asumiendo que, la necesidad de fabricación del artículo en su primer ciclo sea de 10,560 unidades, luego la necesidad del componente D, uno de sus insumos, será igual a :

$$\frac{10,560 \text{ unidades} \times 1.6 \text{ Kg/Batch}}{3,340 \text{ unidades}} = 5.06 \text{ Kgs.}$$

Es decir, si 1.6 Kg. del componente D es requerido para un batch de 3,340 unidades, para fabricar la cantidad de 10,560 unidades, se requerirán de 5.06 Kgs. del componente D. A esta necesidad del insumo se le denomina NF

7. Luego se examina si hay otro producto terminado que utilice dicho insumo. Si hay, se procede a repetir el procedimiento a partir del tercer paso. En caso contrario, se procede a determinar la cantidad real a comprar en el primer ciclo que corresponde a :

$$(\sum NF^*) - (S + PP)$$

Donde "S" es la existencia del insumo en almacenes y "PP" corresponde a los pedidos pendientes del insumo.

8. En lo que respecta a la decisión de cuando ordenar, ello está en función al tipo de transporte que el insumo requiere.

El tiempo a pedir corresponderá a, solicitar con la anticipación que refleje el tiempo de reposición.

9. Luego, se procede a determinar las necesidades de fabricación del insumo en el siguiente ciclo. A partir del segundo ciclo hay dos variaciones significativas con relación al primer ciclo. Ellas se refieren a las fórmulas de determinación del mínimo y de las necesidades a fabricar.
10. De manera análoga al primer ciclo, se toma como primer producto de análisis aquel que le corresponda el menor doceavo.
11. Se pregunta si, se ha proveído de dieciocho meses de insumos. En caso positivo se procede a determinar directamente la cantidad real a comprar en el ciclo; en caso contrario se procede a leer su factor de doceavo, tipo, estimado de venta durante el ciclo, y batch de fabricación.
12. Se determina el $\Delta \text{ MIN}$. En lo que respecta al mínimo, no habrá variación, siempre y cuando los estimados de venta sean constantes a través del tiempo. Caso concreto de los productos de tipo "C". Sin embargo, hay que considerar las variaciones en su estimado de venta que tendrán los productos de tipo "A" o "B". Para absorber esta diferencia se incluye el factor de " $\Delta \text{ MIN}$ " que será igual a :

$$\Delta \text{ MIN} = \frac{5}{\text{DOC}} \left[(\text{DEM})_{\text{Doc}} (n+1) - (\text{DEM})_{\text{Doc}} (n) \right]$$

donde $(n + 1)$ es el ciclo en análisis.

13. Se determinan las necesidades de fabricación del producto en el ciclo. Esto corresponderá a :

$$NF = \left[(DEM)_{Doc} (n+1) + \Delta MIN \right]$$

La variación con respecto al primer ciclo consiste en, que no se consideran inventarios en proceso, ni inventarios físicos, (PF), (E). Si bien en la práctica probablemente esto no sea así, se asume ello debido a que teóricamente se considera que lo fabricado será suficiente para la demanda del ciclo.

14. Una vez determinadas las necesidades a fabricar en unidades de producto terminado, estas se transforman en necesidades de insumo por medio del batch de fabricación y la proporción que interviene el mismo insumo en dicho batch.
15. La necesidad del insumo. Se pregunta, si hay otro producto que utilice dicho insumo. Si lo hay se repite el procedimiento a partir del paso (10).

En caso contrario, se procede a determinar la cantidad real a comprar en el ciclo que corresponde a :

$$\sum NF^* - PP$$

En donde los pedidos pendientes de insumo (PP), son aquellos programados en previos ciclos de análisis de dicho insumo.

16. En lo que respecta a la decisión de cuando ordenar, la cantidad real a comprar determinada corresponderá a pedir con la anticipación que refleje el tiempo de reposición. Tal como ha

sido mencionado previamente, el tiempo de reposición será de 4 y 8 meses en función al tipo de vía de transporte.

17. Se indica el siguiente ciclo de análisis para el mismo insumo a partir del paso (9). Finaliza el análisis de dicho insumo cuando absolutamente todos los productos terminados en que interviene se le haya proveído de por lo menos 18 meses de insumos.
18. Una vez conseguido ello, se tomará un segundo producto del mismo proveedor y se procede de manera similar a partir del paso (2).
19. Cuando se obtengan las necesidades de todos los insumos de un determinado proveedor, se procede a tomar un segundo proveedor y se efectúa el mismo procedimiento a partir del paso (1).

De esta manera se han conseguido las necesidades de todos los insumos con los tiempos que se deberán pedir y fabricar por un período de por lo menos 18 meses y ordenados por proveedor.

CAPITULO IV

CONSTRUCCION DEL MODELO

4.1 CLASIFICACION DE LOS ARTICULOS

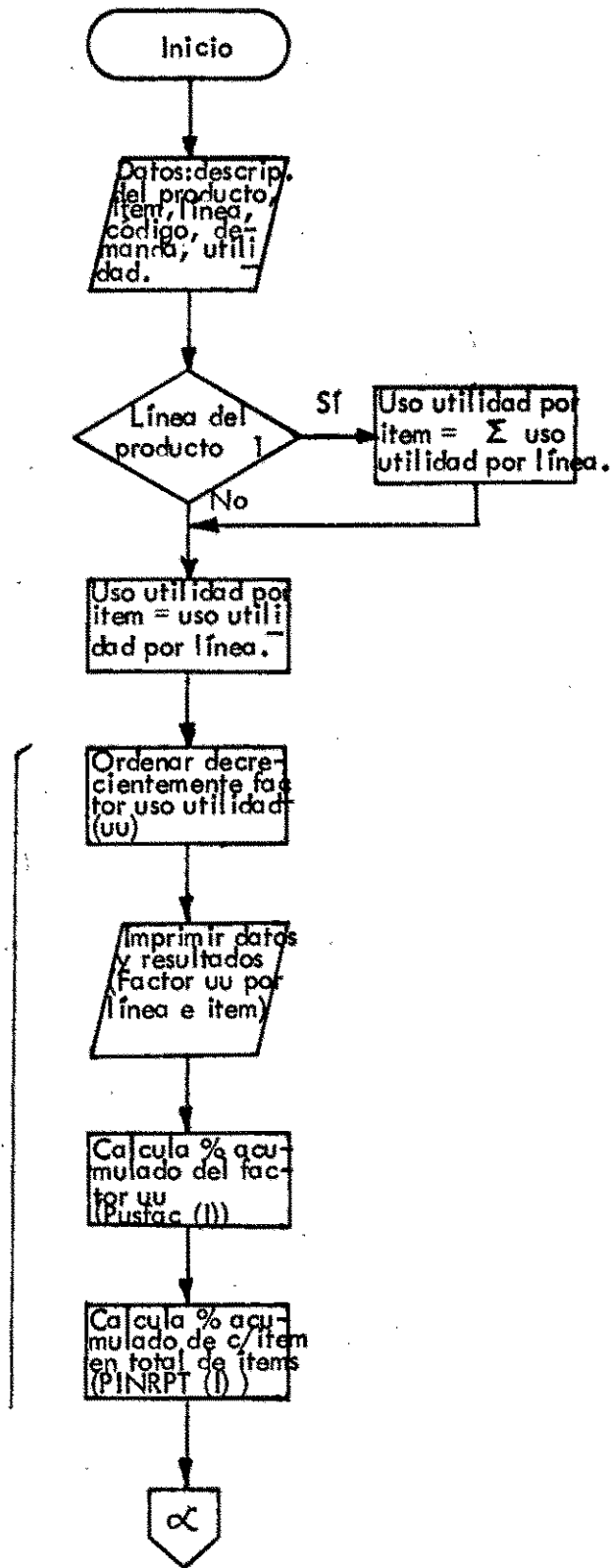
Para el caso de empresas de manufactura de multiartículos, es recomendable efectuar la clasificación A - B - C, según el factor Uso-Utilidad (UU), que como se ha visto en el punto 3.7, es el resultado de multiplicar la demanda del producto (DEM) en los doce últimos meses, por la utilidad unitaria del producto (Uu).

$$UU = (DEM)_{12} \cdot (Uu)$$

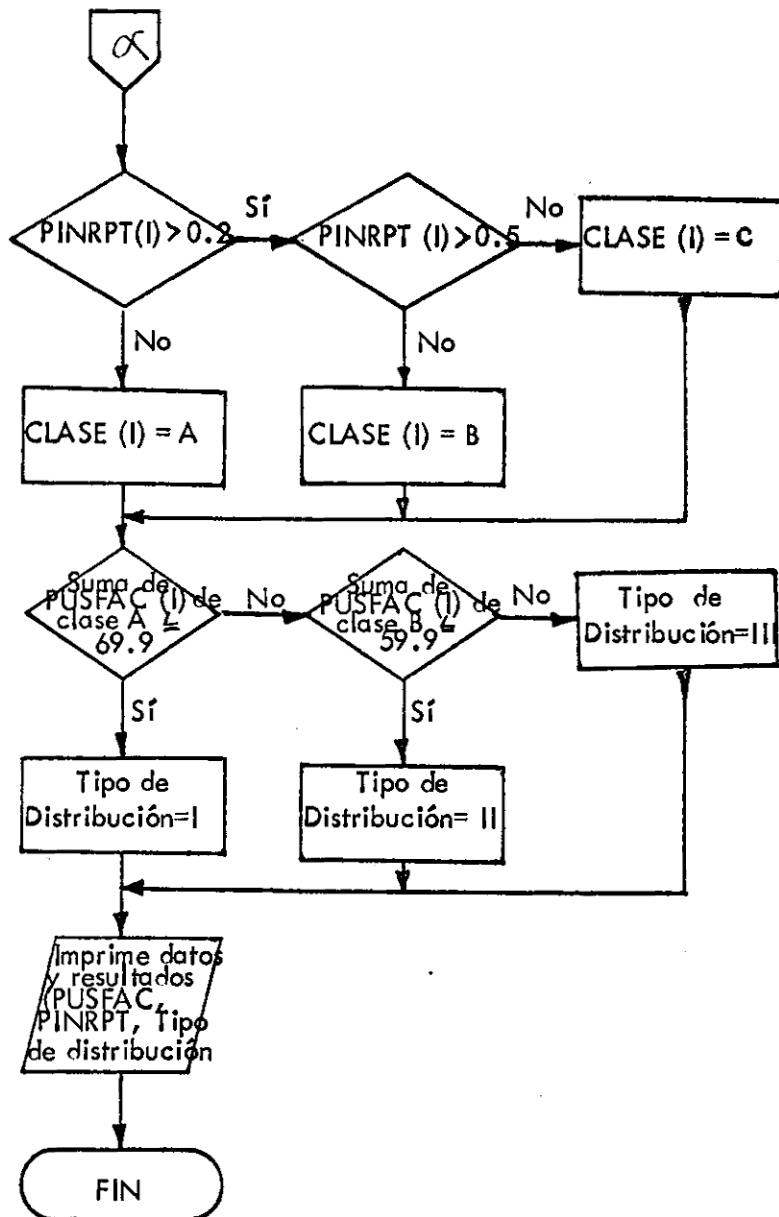
El modelo propuesto se aplicará a una empresa local que produce artículos de tocador, tales como desodorantes, cremas de afeitar; en los tipos y presentaciones que a continuación se detallan :

<u>Descripción</u>	<u>Item</u>	<u>Línea</u>	<u>Contenido del envase</u>
Valet aerosol	1	1	3 onzas (84 gr.)
		2	4 onzas (112 gr.)
		3	7 onzas (196 gr.)
Valet antitranspirante AP	2	1	5 onzas (140 gr.)
Valet rociador squeeze	3	1	1.5 onzas (42 gr.)
		2	3 onzas (84 gr.)
Trinity antitranspirante AP	4	1	3 onzas (84 gr.)
		2	5 onzas (140 gr.)
Foamy regular	5	1	6 onzas (168 gr.)
Foamy mentolado	6	1	6 onzas (168 gr.)
Foamy lima-limón	7	1	6 onzas (168 gr.)
Valet barra	8	1	1.5 onzas (42 gr.)
Valet barra blister		2	1.5 onzas (42 gr.)
Valet barra blister doble		3	2 x 1.5 onzas (2x42 gr.)

DIAGRAMA LOGICO DEL PROGRAMA FORTRAN
QUE CLASIFICA LOS ARTICULOS SEGUN EL FACTOR
DEMANDA * UTILIDAD EN A-B-C



SUBROUTINA
ORDENA



Conociendo su demanda anual y su utilidad unitaria, se puede encontrar el factor Uso-Utilidad, llamado también Utilidad-Demanda, por línea, y por ítem. Nótese que un ítem representa a un producto, y que sus presentaciones vienen a ser las líneas; por ejemplo el ítem 1 valet aerosol tiene 3 líneas que son 3, 4 y 7 onzas.

Una vez que hayamos obtenido el factor Uso-Utilidad por ítem, lo ordenaremos decrecientemente, y, obteniendo los porcentajes estableceremos su clasificación A-B-C. El cálculo se efectuará haciendo uso de un programa escrito en lenguaje FORTRAN IV (ver 5.1) cuyo diagrama lógico se adjunta a continuación.

4.2 PRONOSTICOS DE DEMANDA DE LOS ARTICULOS

Una vez que los artículos han sido clasificados en A-B-C, con las demandas históricas de hasta los últimos veinticuatro meses, se procede a proyectar las demandas para los próximos doce meses (del 25 al 36). Así tenemos que para los artículos de clase A se recomienda utilizar el método exponencial ponderado corregido por tendencia, para los artículos de clase B el método de regresión lineal, y para los artículos de clase C el método de los promedios móviles. Los intervalos de confianza serán de $\pm 20\%$ sobre el valor estimado, para las clases A y B; y de $\pm 10\%$ para la clase C.

Usando las demandas históricas, podemos también calcular el promedio de ventas mensual efectivo (PVME); como :

$$PVME = \frac{\sum (\text{Ventas})}{RK} , \text{ donde RK es el número de datos (máximo 24)}$$

asimismo determinar los límites aceptables de ventas, que se puede sugerir como 10% (límite inferior) y 190% (límite superior). Este rango puede variar de acuerdo a la política de cada Empresa.

Como se ha citado en el punto 3. cada artículo, de acuerdo al porcentaje acumulado de Uso-Utilidad, tiene asociado un factor doceavo (del 3 al 12) correspondiente, el cual representa el número de meses de venta futura que se tendrá que fabricar en una sola orden de producción . Con este factor de doceavo (IDOCE) calculamos el lote económico (QOPT) :

$$QOPT = (DEM)_1 + (DEM)_2 + \dots + (DEM)_{IDOCE}$$

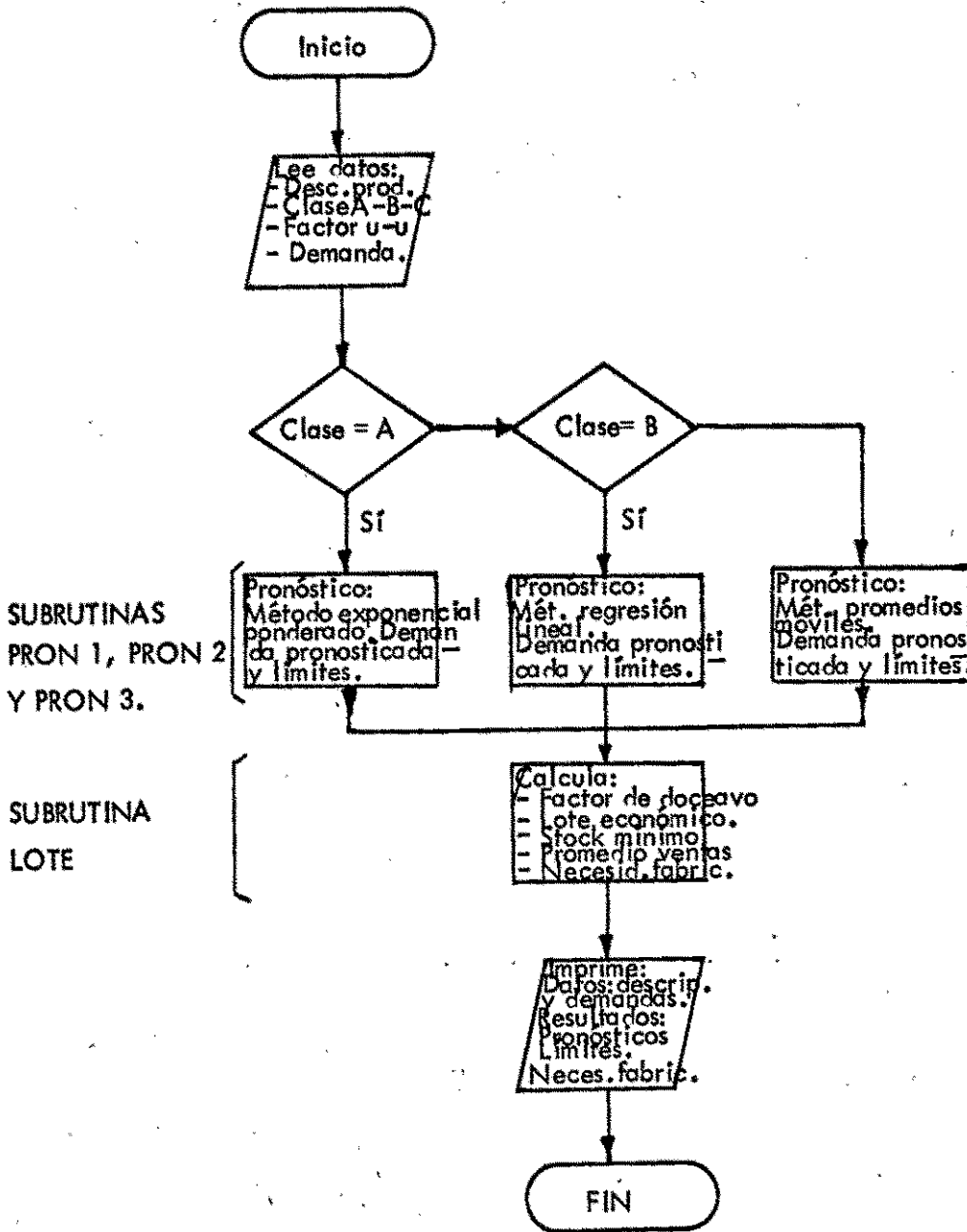
Luego calculamos el stock mínimo (RMIN), que asumimos debe ser igual a cinco veces el PVME. Esta relación también podría variar, de acuerdo a la política de inventarios de la Empresa. Tenemos además los productos en proceso (PRODFB) y las existencias en almacén (EXIST), que deben ser conocidas. Es aconsejable que, cuando el planeamiento se encuentra en marcha, cada uno de estos dos últimos parámetros sea igual al PVME.

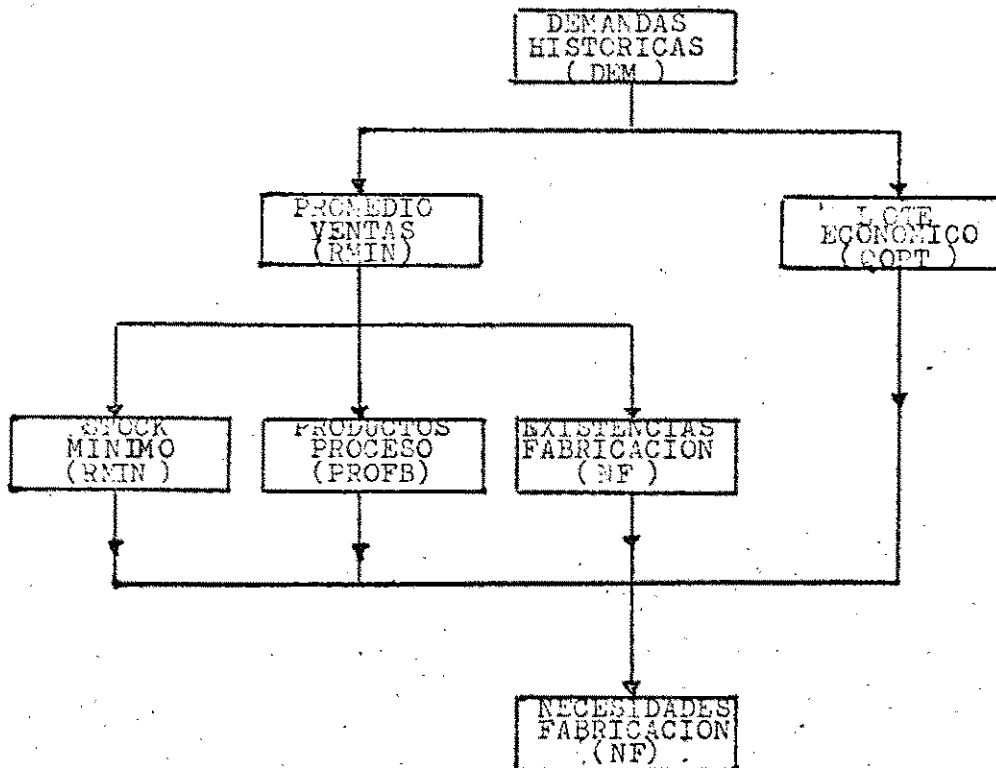
Finalmente, determinamos las necesidades de fabricación de cada artículo (NF), como :

$$NF = QOPT + RMIN - PRODFB - EXIST$$

A continuación se muestra un diagrama de flujo de los cálculos citados anteriormente :

DIAGRAMA LOGICO DEL PROGRAMA FORTRAN
QUE CALCULA LOS PRONOSTICOS DE DEMANDA DE ARTICULOS
SEGUN SU CLASIFICACION A-B-C





El cálculo total se ha efectuado en un programa Fortran cuyo diagrama lógico se adjunta a continuación.

4.3 NECESIDADES DE MATERIA PRIMA Y DE MATERIAL DE EMPAQUE

Una vez que se conocen las necesidades de fabricación de cada artículo, se determinarán las materias primas y materiales de empaque suficientes para cubrir esta producción. Para esto calcularemos primero el número de lotes necesarios a fabricar :

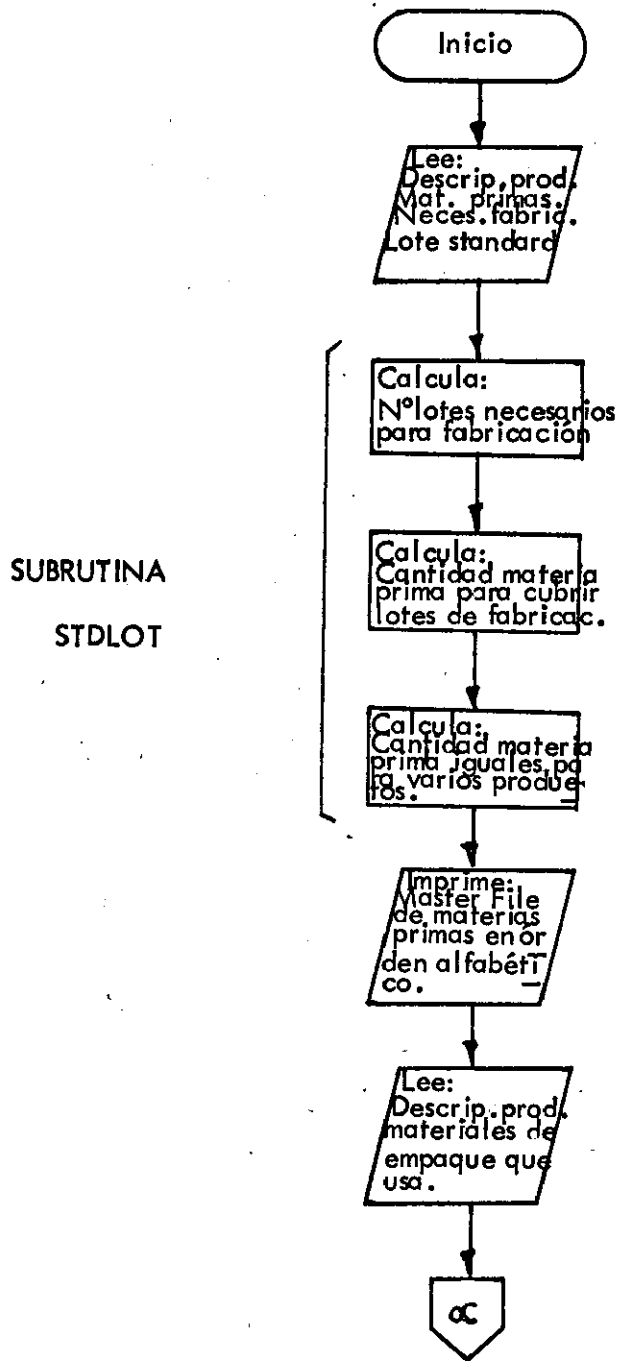
$$\text{N}^\circ \text{ Lotes} = \frac{\text{NF}}{\text{STDBC}} ;$$

donde STDBC es el lote estándar (o standar batch) del artículo, cuya cantidad es conocida y está de acuerdo a la línea de producción.

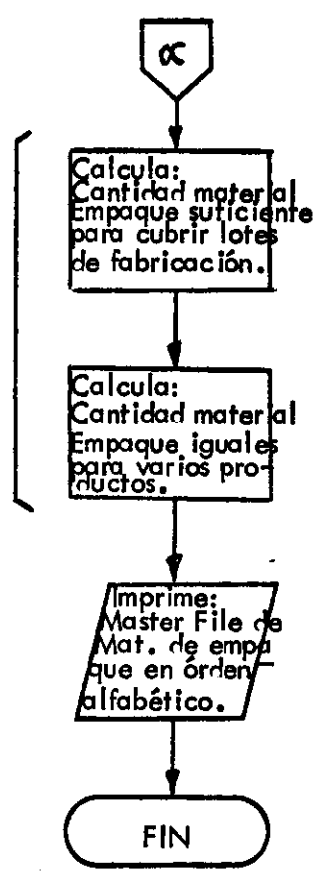
Conocido el N° Lotes, que debe ser un número entero, y conociendo la cantidad de cada materia prima y material de empaque que interviene, por cada lote (o batch) de fabricación en cada artículo; se obtienen fácilmente las cantidades requeridas.

Para empresas que elaboran multiartículos, es común que una materia prima y/o material de empaque, se utilicen en más de una línea de producción. En este sentido, es necesario presentar un requerimiento total por cada materia prima y material de empaque. Para estos fines se construyó un programa Fortran, cuyo diagrama de lógica se indica aparte.

DIAGRAMA LOGICO DEL PROGRAMA FORTRAN
QUE CALCULA LAS NECESIDADES DE MATERIA PRIMA Y DE
MATERIAL DE EMPAQUE DE ARTICULOS SEGUN LOS
PRONOSTICOS DE DEMANDA



SUBROUTINA
STDLOT



CAPITULO V

PRUEBA DEL MODELO Y DE LA SOLUCION

El procedimiento computacional del modelo fue elaborado para ser procesado en las instalaciones de la computadora IBM 360-40 del Centro de Cómputo de la Universidad Nacional de Ingeniería. Los programas fueron escritos en Lenguaje Fortran IV, habiéndose procesado en su versión G, con un sistema operativo OS-PCP, y con utilidades de control en CLASS=H.

5.1 MODELO DE CLASIFICACION A-B-C DE ARTICULOS

El programa confeccionado consta de un programa principal, y de dos subrutinas, una de ellas (llamada ORDENA) que ordena los artículos según su factor uso utilidad, y la otra (CAMBI), que actualiza los parámetros de identificación de cada artículo. La memoria requerida fue de 84,168 bytes, el tiempo de compilación fue de 1.0 minutos y el de ejecución 1 minuto y 07 segundos; haciendo un total de 2 minutos 07 segundos.

Los resultados se muestran a continuación, distribuidos en dos cuadros. En el primero se aprecia el orden decreciente de los artículos según su factor, indicando además su demanda anual (JUN 77 a JUN 78), utilidad unitaria, y, el factor por artículo y por ítem. En el cuadro segundo se puede apreciar el porcentaje acumulado de la incidencia de la producción en la producción total, y de la clasificación A-B-C de cada ítem; además del tipo de clasificación, que en este caso corresponde al III. Este último reporte servirá para medir el ajuste de los resultados de la clasificación frente a los valores esperados. Del punto 3.7 obtenemos los rangos de la clasificación:

PARAMETROS ACUMULADOS PARA UNA CLASIFICACION TIPO III

<u>ESPERADO</u>	<u>REAL</u>	<u>DENTRO DE LIMITES</u>
0 < A ≤ 49.99	0 < A ≤ 36.35	SI
50 ≤ B ≤ 79.99	36.35 < B ≤ 75.22	SI
80 ≤ C ≤ 100	75.23 < C ≤ 100	SI

Los resultados obtenidos eran los esperados, dado que según las condiciones históricas de las demandas, se podían estimar previamente que artículos corresponderían a cada clase. Es menester citar que esta clasificación puede variar, en función a un cambio que pudiera ocurrir en las utilidades unitarias y/o en su demanda, para un cierto periodo de planeamiento. El programa presenta tal flexibilidad, que cambiando los datos de entrada (utilidad unitaria y/o demanda) de algún artículo, proporcionará una nueva clasificación.

5.2 MODELO DE PRONOSTICOS DE DEMANDA DE ARTICULOS SEGUN SU CLASIFICACION A-B-C

El programa Fortran consta de un programa principal y de cuatro subrutinas, tres de ellas sirven para calcular los tres tipos diferentes de pronósticos, uno para cada clasificación; y la última subrutina determina el lote óptimo de producción. La memoria total utilizada fue de 67,326 bytes, siendo el tiempo de compilación del minuto 09 segundos y el de ejecución de 1 minuto 48 segundos.

Los resultados de los pronósticos, han sido dispuestos según el orden decreciente encontrado en el modelo anterior, es así que primero se calcula el pronóstico para los artículos A, luego B y finalmente C. Este modelo, diríamos que es el más importante, por cuanto con los pronósticos de demanda se calcularán las necesidades de fabricación de los artículos, que servirá para efectuar la programación de la producción, y también se calcularán las necesidades de materia prima y de material de empaque suficientes para cubrir esta producción.

A continuación se muestran los resultados del programa procesado, así como de gráficos que indican el comportamiento de la demanda histórica hasta JUN 78, y las proyecciones hasta JUN 79; el horizonte de planeamiento se consideró de 12 meses.

Las demandas fueron consideradas dentro de los últimos 24 meses de la existencia del producto, para los que contaban con esa información; para pro

ductos con una vida menor a dos años o aquellos que carecían de registros exactos, se hicieron los cálculos con los datos disponibles, tal es por ejemplo el caso del producto Trinity que sólo se conocían once demandas preteritas.

Este programa también presenta gran flexibilidad para la actualización de datos; pues sólo habrá que agregar las nuevas demandas, y el programa considerará hasta los últimos 24 para hacer la proyección. En caso que un artículo cambie de clase, habrá que indicar en el programa para que le sea asignado el método de pronóstico correspondiente.

A continuación se muestran los resultados reales obtenidos frente a los pronósticos, indicando la variación correspondiente en cada caso .

ITEM : VALET AEROSOL

<u>PERIODO</u>	<u>MES</u>	<u>DEMANDA</u>		<u>ERROR</u>		<u>DENTRO DE LIMITES</u>
		<u>PRONOST.</u>	<u>REAL</u>	<u>ABSOLUTO</u>	<u>RELATIVO</u>	
ARTICULO : VALET AEROSOL X 3 ONZAS						
25	JUL 78	5595	4200	-1395	-25.0%	NO
26	AGO 78	5603	6200	597	10.6%	SI
27	SET 78	5612	6000	388	6.9%	SI
					<u>ER : -2.5%</u>	
ARTICULO : VALET AEROSOL X 4 ONZAS						
25	JUL 78	5744	4800	- 944	-16.4%	SI
26	AGO 78	5704	5200	- 504	- 8.8%	SI
27	SET 78	5664	4900	- 764	-13.5%	SI
					<u>ER : -12.9%</u>	
ARTICULO : VALET AEROSOL X 7 ONZAS						
25	JUL 78	3940	4000	60	1.5%	SI
26	AGO 78	3948	3800	- 138	- 3.5%	SI
27	SET 78	3936	4100	164	4.2%	SI
					<u>ER : 1.1%</u>	

Estamos designando con \overline{ER} al error relativo promedio. En los siguientes cuadros ya no se indicarán los términos, periodo y mes, dado que estarán referidos a los mismos términos usados en el cuadro anterior.

ITEM : VALET BARRA

PERIODO

<u>ARTICULO</u>	<u>DEMANDA</u>		<u>ERROR</u>		<u>DENTRO DE</u>
	<u>PRONOST.</u>	<u>REAL</u>	<u>ABSOLUTO</u>	<u>RELATIVO</u>	<u>LIMITES</u>
BARRA	12521	13600	1079	8.6%	SI
1.5 ONZ.	13278	14200	922	6.9%	SI
	14036	13800	- 236	-1.7%	SI
			<u>ER :</u>	<u>4.6%</u>	
BARRA	5605	5900	295	5.2%	SI
BLISTER	6143	6500	357	5.8%	SI
1.5 ONZ.	6681	8100	1419	21.2%	NO
BARRA	5745	4000	-1745	-30.3%	SI
BLISTER	6248	4800	-1448	-23.1%	NO
3 ONZ.	6752	5200	-1552	-22.9%	NO
			<u>ER :</u>	<u>-25.4%</u>	

ITEM: TINITY AP

<u>ARTICULO</u>	<u>DEMANDA</u>		<u>ERROR</u>		<u>DENTRO DE</u>
	<u>PRONOST.</u>	<u>REAL</u>	<u>ABSOLUTO</u>	<u>RELATIVO</u>	<u>LIMITES</u>
TRINITY	2755	3000	245	8.8%	SI
AP	2855	3000	175	6.2%	SI
3 ONZ.	2894	3400	506	17.5%	SI
			<u>ER :</u>	<u>10.8%</u>	
TRINITY	4615	4200	- 415	- 8.8%	SI
AP	4860	4900	40	0.8%	SI
5 ONZ.	5105	6100	995	19.5%	SI
			<u>ER :</u>	<u>3.8%</u>	

ITEM : VALET AP

<u>ARTICULO</u>	<u>DEMANDA</u>		<u>ERROR</u>		<u>DENTRO DE</u> <u>LIMITES</u>
	<u>PRONOST.</u>	<u>REAL</u>	<u>ABSOLUTO</u>	<u>RELATIVO</u>	
VALET	2274	2600	326	14.3%	NO
AP	2289	2550	261	11.4%	NO
5 ONZ.	2296	2490	194	8.4%	SI
				<u>ER : 11.3%</u>	

ITEMS : FOAMY

<u>ARTICULO</u>	<u>DEMANDA</u>		<u>ERROR</u>		<u>DENTRO DE</u> <u>LIMITES</u>
	<u>PRONOST.</u>	<u>REAL</u>	<u>ABSOLUTO</u>	<u>RELATIVO</u>	
MENTOLADO	1662	1590	- 72	4.3%	SI
6 ONZ.	1689	1700	11	0.6%	SI
	1646	1650	4	0.2%	SI
				<u>ER : 11.3%</u>	
REGULAR	1482	1350	-132	- 8.9%	SI
6 ONZ.	1458	1400	- 58	- 3.9%	SI
	1452	1510	58	3.9%	SI
				<u>ER : - 3 %</u>	
LIMA-LIMON	1459	1590	131	8.9%	SI
6 ONZ.	1476	1700	224	15.1%	NO
	1496	1650	154	10.35	NO
				<u>ER : 19.9%</u>	

Si obtenemos un promedio de los promedios de los errores relativos, es decir, si calculamos el \overline{ER} , obtenemos que es igual a 3.07%; cifra que la podemos considerar como muy significativa, dentro de los márgenes aceptable de error de los pronósticos. En tal situación, estaremos en condiciones de afirmar que el modelo ha respondido a las exigencias de la expectativa, y ha demostrado que puede funcionar. Indudablemente, que el éxito en éste tipo de trabajos nó sólo depende de la construcción del modelo, sino también de la política de planificación de la empresa, y en la firmeza de cumplir con los compromisos contraídos dentro de la misma y con el exterior.

5.3 MODELO DE CALCULOS DE MATERIA PRIMA Y DE MATERIAL DE EMPAQUE SEGUN LOS PRONOSTICOS DE DEMANDA

Este modelo, para su procesamiento, también fue escrito en Fortran IV. El programa contiene un principal y dos subrutinas, una de ellas sirve para calcular el número de lotes (batchs) necesarios para cubrir el periodo de planeamiento, y la otra subrutina sirve para imprimir los títulos de los reportes de salidas en cada página. El modelo, principalmente, determina los requerimientos para cumplir con las necesidades de fabricación, tanto en materia prima, como en material de empaque.

El modelo funcionó con 28 materias primas (nacionales e importadas) y con 52 materiales de empaque (nacionales e importados), independientemente; estando cada una de ellas ordenadas alfabéticamente y según códigos. El procesamiento de computación demandó 51 segundos para la compilación y 1 minuto 26 segundos para su ejecución. La memoria total requerida fue de 65,722 bytes.

Este programa, al igual que los anteriores, también tiene una flexibilidad manifiesta, por cuanto en cada caso de cambiar la proporción o utilización de una materia prima y/o material de empaque bastará modificar las tarjetas de datos correspondientes, a sus nuevos valores. El programa tiene además una opción, que con la información que cuenta puede calcular los gastos de las materias primas e insumos, necesarios para cubrir las necesidades de producción; por cuanto cuenta con la cantidad requerida y el costo unitario de cada uno.

A continuación se adjuntan los resultados obtenidos.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- La primera conclusión que podemos declarar es, que el modelo funciona aceptablemente y presenta gran flexibilidad para los cambios de datos necesarios para cada vez que se efectúe el planeamiento.
- El modelo está diseñado exclusivamente para trabajar, con informaciones que provengan de una variedad de productos de una misma Empresa.
- Estando los tres programas de computación escritos en lenguaje FORTRAN IV, pueden ser procesados, principalmente, en computadores IBM o BOURROUGHS, indistintamente.
- El tiempo total de procesamiento del "paquete" de tres programas, es de siete minutos y 21 segundos, lo cual, considerando a S/ 8,000/hora el precio de alquiler de un computador correspondería a un gasto de S/ 1,000.00. Costo que podría considerarse como económico para cada vez que se requiere efectuar el planeamiento, frente a los costos de oportunidad que se podrían tener por carecer de un racional planeamiento productivo.
- El horizonte de planeamiento se consideró como de 12 meses; pero dadas las condiciones de economía inestable que presenta en esta época el país, bien podrían reducirse este período, o, efectuarse el planeamiento cada tres meses por ejemplo y ajustar sus parámetros.

- Los límites de confianza de las demandas han sido considerados como una precisión lineal de las demandas proyectadas, dado que si un producto cambia de clasificación en un periodo corto, tres meses por ejemplo, entonces el intervalo estimado de su proyección dependerá sólo de sus últimas demandas más o menos una variación porcentual de las mismas.
- Para los planes de producción se consideró el método del factor de doceavo, por ser un método más apropiado para la situación económica-financiera de la actualidad; dado que representa el número de meses de venta futura que se tendrán que fabricar en una sola orden de producción, cuando la existencia del producto en almacenes sea menor o igual al nivel mínimo de inventario. Esto, a diferencia de los llamados métodos de lote económico, donde inciden varios factores de costeo que son difíciles de calcular o que varían continuamente, en tal caso, para un periodo de planeamiento de sólo tres meses, los resultados de este último método ya estarían desactualizados.
- Los requerimientos de materia prima y material de empaque, han sido efectuados sobre cálculos unitarios de requerimiento por cada lote de fabricación de cada artículo, considerando que el trabajo manual y mecanizado se efectúan en condiciones normales. Si, con el tiempo varía la tecnología o la eficiencia de la línea del proceso, se tendrá que alimentar al programa con estas nuevas variables.
- Situación similar se tendrá, si varían las materias primas o los materiales de empaque. En este caso, se deberá conservar el orden alfabético de los componentes.
- Si se suprimen o incrementan productos, el paquete no se altera, por cuanto sólo habrá que consignar tales datos al primer programa cuyos

resultados alimentan al segundo, y éste al tercero. Estamos manifestando que el procesamiento del citado paquete deberá efectuarse, en todos los casos, individualmente (por programa) y en forma secuencial.

- Una optimización en el procesamiento se podría obtener, si el paquete es grabado en la memoria de una computadora y se accesa cada vez que sea necesario. En esta situación, de no contar con una computadora, se tendría que alquilar los servicios de usuario de un centro de procesamiento.
- De otro lado, el modelo puede también ser calculado manualmente; o con ayuda de calculadoras; pero sus resultados demandarían varios días de trabajo y de verificación de operaciones.

6.2 RECOMENDACIONES

- El presente modelo ha sido implementado, partiendo de una clasificación por categorías de los productos. Sería importante efectuar similares clasificaciones en A-B-C para las materias primas y materiales de empaque, y encontrar una conjunción de estos resultados. Lo cual por cierto, para implementarse se tendría que asumir que, los insumos deberán mantener un mismo precio, lo cual es difícil si son importados, y tener una tasa de reposición casi instantánea.
- Determinar una gran sensibilidad en los precios de comercialización de los productos para que de esta manera la utilidad unitaria pueda mantenerse constante.
- Siendo principalmente importante el establecimiento de los niveles de ventas futuras de los artículos, es imprescindible para cumplir estos objetivos que, los requerimientos de insumos sean materializados a la brevedad posible una vez aprobado el planeamiento.

- Al efectuarse la programación de ventas, producción y compras; en base al planeamiento antes citado, deberán respetarse los resultados para cada período, para así dar validez desde el inicio al modelo. Si se alteran o se incumplen los resultados, entonces no es responsabilidad del modelo las incongruencias que podrían ocurrir.
- Como todo modelo, las únicas variables que en su mayoría podrían ser controladas, son las variables internas del sistema, más no así las variables externas, cuyas influencias eluden al control del modelo.
- Para dar inicio y continuar este sistema de planeamiento, se hace indispensable que las personas responsables de las áreas de ventas, producción y compras, presenten la información veraz y detallada de lo necesaria, y que tengan conocimiento de causa del trabajo colectivo que se está efectuando.
- Una garantía de validez que puede tener el modelo, es que la Empresa mantenga siempre una política de respeto sobre los datos y resultados arribados, y la voluntad y acción material de cumplir con el planeamiento. De otro lado, podría quedar como un instrumento decorativo de la planificación.

BIBLIOGRAFIA

- "Métodos avanzados y modelos", C. Springer, R. Herlily, R. Beggs, Edit. Uteha, México, 1972.
- "Administración de los sistemas de Producción", Gustavo Velásquez M, Edit. Limusa, México, 1974.
- "Sistemas de Planeamiento y Control de la Empresa", James Emery, Edit. El Ateneo, Argentina, 1976.
- "Sistemas de Producción e Inventario", Elwood Buffa y William Tanbeat, Edit. Limusa, México 1977.
- "Production Managent", Raymond Mayer, Edit. Mc. Graw Hill, USA, 1975.
- "Industrial Systems-Planning Analysis Control", David Bedworth, Edit. The Ronald Press Co, USA, 1975.
- "Operations Planning and Control", J. Mize, C. White, G. Brooks, Edit. PHI, USA, 1976.
- "Planificación y Programación de Proyectos Complejos", Albert Battersby, Edit. Ariel, España, 1973.
- "Métodos de Econometría", J. Johnston, Edit. Vicens-Vives, España, 1975.
- "Applied Regression Analysis", N. Draper and H. Smith, Edit. John Wiley and Sons, USA, 1974.
- "Fundamentos de Investigación de Operaciones", R. Ackoff y M. Sasieni, Edit. Limusa, México, 1973.
- "Operations Research", Hamdy Taha, Edit. Mac Millan Publishing Co., USA, 1976.
- "Basic Training in System Analysis", A. Daniels and D. Yeates, Edit. Pitman, England, 1973.
- "Modern Data Processing", R. Arnold, H. Hill and A. Nichols, Edit. John Wiley, USA, 1973.
- "Fortran IV Language", IBM Systems Reference Library, USA.
- "Fortran IV (G and H) Programmer's Guide", IBM Systems Reference Library, USA.
- "Fortran IV with Watfor and Waffiv", P. Cress, P. Dirksen and W. Graham, USA, 1973.