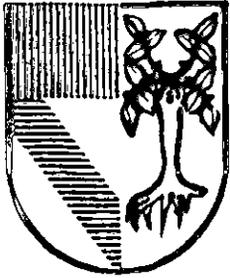


308917



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

15

ESCUELA DE INGENIERIA

INCORPORADA A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

MODELO DE SIMULACION DE LA CADENA DE
SUMINISTRO COMO BASE PARA LA PLANEACION
MAESTRA DE PRODUCCION EN UNA INDUSTRIA
DE BEBIDAS EN POLVO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA INGENIERIA INDUSTRIAL
P R E S E N T A :
VICTOR IGNACIO PORTILLO SANCHEZ

293819

DIRECTOR DE TESIS:
ING. ANTONIO CASTRO D'FRANCHIS

MEXICO, D.F.

200/



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

- XXIV -

Despacito y buena letra :
el hacer las cosas bien
importa más que el hacerlas.

- XXV -

Sin embargo...
(ah, sin embargo !)
importa avivar los remos,
dijo el caracol al galgo

PROVERBIOS Y CANTARES. (MACHADO).

A Dios, único responsable de la casualidad que me llevó a la Universidad Panamericana y que me cambió la vida por completo.

A mi madre, ejemplo y fuente de inspiración de toda mi vida. Porque siempre hemos sido, somos y seremos secretos cómplices de la pasión por vivir.

A mi padre, callado testigo de mis luchas internas. Porque sólo tú y yo nos entendemos con el corazón lo que con palabras no terminaríamos de decirnos.

A Mary, mi pequeña hermana mayor : mi maestra, mi amiga, mi confidente, mi orgullo. Porque cuento contigo siempre, con tu mente brillante y tu alma generosa.

A Carlos Brito, a quien simplemente le debo el oficio. En agradecimiento por tu valentía de confiar en mí y tu paciencia para forjarme en la responsabilidad de manejar la planta.

A Raúl Velasco, un sencillo talento que brilla por luz propia. Porque te comprometiste con el *fassez-laire* hasta sus últimas consecuencias, como tu mejor manera de enseñar.

A Ernesto Quiroz y a Alejandro Vargas, compañeros de mil batallas. Por enseñarme el tesoro de la verdadera amistad y el gran motor del trabajo en equipo, aunque les parara la planta...

A mis profesores de la UP, muy especialmente a :

- Dr. Claudio Pita, por darme la estructura de pensamiento del auténtico ingeniero, más allá del Cálculo Vectorial;
- Ing. Antonio Castro por ese ánimo que nunca decae y siempre contagia;
- P. Carlos Cervantes, más que Padre, amigo que nunca me dejó solo en medio de los desconuetos de la Ingeniería.

INDICE

INTRODUCCION	1
1. BREVE DESCRIPCION DEL SECTOR Y DEL PRODUCTO	6
1.1. La industria de bebidas en México y en el mundo.....	6
1.2. Características del producto.....	7
2. MARCO TEORICO	11
2.1. Metodología.....	11
2.2. El papel estratégico de la logística en la competitividad de la industria	12
2.3. Papel de la Planeación estratégica.....	13
2.4. Definición de la estrategia de manufactura.....	14
2.4.1. Ambientes de Producción	15
2.4.2. Tipos de Procesos de Manufactura.....	16
2.5. La Cadena de Suministro.....	18
2.6. Planeación de Ventas y Operaciones.....	20
2.7. El lado humano del cambio	22
2.7.1. Implementación del cambio a nivel organizacional.....	24
2.8. Simulación.....	26
3. MODELO DE LA CADENA DE SUMINISTRO DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA	28
3.1. Introducción.....	28
3.2. Pronóstico de ventas.....	29
3.3. Proceso de Facturación y Ventas.....	31
3.4. Planeación de la producción.....	33
3.4.1. Planeación Maestra.....	33
3.4.2. Planeación de Requerimientos.....	39
3.5. Almacenamiento.....	41
3.6. Abastecimientos	45
3.7. Proceso de Producción	48
3.8. Planeación de Recursos de Distribución	53
3.8.1. Faltantes	56
3.8.2. Centros de Distribución	58
4. DISEÑO DEL MODELO DE SIMULACION	60
4.1. Variables que determinan el Modelo de la Cadena de Suministro.....	61
4.1.1. Índice de Faltantes y Cancelaciones.....	61
4.1.2. Pronóstico vs. Comportamiento Histórico de la Demanda.....	65
4.1.3. Capacidad de la planta.....	66

4.1.4. La mano de obra . Contrataciones y tiempo extra.....	69
4.1.5. Abastecimiento de materiales	70
4.2. Administración del Plan Maestro de Producción.....	71
4.3. Propuesta metodológica : La elección del modelo	73
4.4. Simulación de la Cadena de Suministro.....	75
4.4.1. Modelo a simular.....	75
4.4.2. Definición de las variables.....	77
4.4.3. Construcción del modelo	78
4.4.3.1. Modelo Teórico.....	79
4.4.3.2. Balanceo de la Capacidad	83
4.4.4. Simulación de Producción.....	85
4.4.5. Simulación de Compras.....	89
4.4.6. Simulación de Distribución.....	91
4.5. Integración del modelo completo	93
5. RESULTADOS DE LA SIMULACION.....	96
5.1. Variables de salida.....	96
5.2. Análisis de datos específicos.....	104
5.2.1. Análisis financiero de los inventarios.....	104
5.2.2. Inversión en la capacidad de la planta.....	111
5.2.3. Gestión de materiales y administración de proveedores.....	114
CONCLUSIONES.....	118
BIBLIOGRAFIA.....	123
ANEXOS.....	125

==== | Introducción | =====

INTRODUCCION

ANTECEDENTES DE LA TESIS

Es bien conocido el hecho de que la industria mexicana se encuentra rezagada respecto a la manufactura de otras naciones a fines de este siglo. Sin embargo, también es cierto que las condiciones del entorno han puesto a nuestro país, a nuestras industrias y a nuestras fábricas (incluyendo a nuestros ingenieros) a competir inesperadamente en el gran mercado globalizado. Como en muchos otros aspectos del mundo de los negocios, el gran cuestionamiento que enfrentamos es si contamos con el capital humano suficiente y capacitado que ayude a nuestras empresas no solamente a sobrevivir, sino a dominar el mercado. Y cuál es el papel que deben jugar nuestros ingenieros en concreto para sumarle competitividad a nuestra industria.

Las inquietudes de las que surge el tema de esta tesis son tan cándidas como legítimas :

- ¿ Qué ocurre realmente en nuestras empresas manufactureras?
- ¿ Existe algún enfoque que nos permita tener la visión completa de lo que ocurre en la realidad de las operaciones de nuestras industrias ?
- ¿ Se pueden proponer nuevos elementos para hacer más competitiva a nuestra industria ?

El reto es grande para un estudiante recién graduado. Primero es conocer lo que pasa en la vida real, luego es encontrar una metodología de estudio que permita estructurar toda esta realidad y finalmente aportar algo que contribuya a mejorar lo observado.

Estos son los tres grandes rubros en los que se ha dividido este trabajo, resultado de la curiosidad personal por saber cuál es la vida real de un ingeniero industrial.

- Se ha documentado el terreno teórico que responde a la segunda pregunta : el enfoque empleado es el de la Cadena de Suministro, que ha sido elegido porque tiene una visión procesal y estructurada de lo que es la logística de una empresa, muy cercano a la visión de un ingeniero industrial, además de que es el enfoque avalado por instituciones internacionales expertas en el tema como APICS (American Production and Inventory Control Society) y el IIE (Institute of Industrial Engineering).
- Posteriormente, nos zambullimos por completo en documentar un caso real, de una empresa mexicana que ha diseñado su propia cadena de suministro (con talento mexicano) conforme a los más altos estándares de clase

mundial sobre el tema. El ejercicio vale la pena inclusive para servir de referencia como un *benchmark* de procesos en industrias similares y que producen para *stock* artículos de consumo masivo.

- Finalmente, la tercera parte trata de modelar la cadena de suministro descrita con anterioridad y trata de simular su desempeño con base en tres distribuciones de probabilidad, apoyándose en un supuesto central : que todo el desempeño de la cadena de suministro depende de las políticas de inventario con las que se calcula el Plan Maestro de Producción, punto de convergencia de la planeación de alto nivel y de la planeación operativa. El trabajo termina con un grupo de recomendaciones concretas sobre la manera de mejorar la Dirección de Operaciones de esta empresa.

Existen dos circunstancias adicionales que quisiera destacar en el preámbulo de este trabajo :

El terreno de estudio ha sido una empresa alimenticia que produce bebidas en polvo. Esto es meramente circunstancial, pues muchas de las conclusiones - más allá de los números - se pueden extrapolar a cualquier empresa, especialmente si produce para inventario. Sin embargo, la industria *per se* guarda su propio encanto, pues se trata de un mercado ferozmente competido y muy dinámico, procíclico con lo que pasa con la macroeconomía y con las condicionantes especiales de tener caducidades en los productos y condiciones muy específicas de calidad y normas sanitarias a mantener.

El otro hecho meramente circunstancial y conocido *a posteriori* a la conclusión de este trabajo, es que en este trabajo se ponen de manifiesto la gran cantidad de disciplinas que forman parte del acervo de un ingeniero industrial, desde las operaciones unitarias de un almacén y del piso de producción, a las técnicas de la simulación y la estadística, a las proyecciones financieras y contables para justificar la inversión de maquinaria y equipo, a la mecánica para dirigir el cambio en un grupo de personas, hasta el conocimiento mercadológico y econométrico del cliente, pasando por la planeación estratégica y de alto nivel de la Dirección General.

OBJETIVO DE LA TESIS

El objetivo de esta tesis es triple, tal y como se estructura en este trabajo : mostrar el enfoque de la Cadena de Suministro como una metodología válida para analizar los procesos de logística de una industria manufacturera, aportar nuevos elementos a considerar y darles su peso específico a estos mismos elementos en la cadena a través de la simulación por computadora y muy

específicamente proponer como punto de control de toda la cadena de suministro a las políticas de inventario de la Planeación Maestra de Producción.

Este triple objetivo tratará de mostrarse a lo largo de este trabajo. Sin embargo, más allá del objetivo concreto de este trabajo, el autor quisiera mencionar que su objetivo personal superó a este objetivo profesional. El objetivo personal es **educar** a todos aquellos profesionales involucrados en manufactura, pues el autor está convencido de que éste es el único medio de retribuir a la sociedad los conocimientos adquiridos en el transcurso de su carrera académica y contribuir a la competitividad de nuestra industria.

Esta es la razón por la que este trabajo se ha procurado realizar lo más didácticamente posible, tratando siempre que las circunstancias lo permitieron, de ilustrar con esquemas, gráficas y tablas cada uno de los temas abordados, para facilitar a los lectores de este trabajo lo que se trata de exponer en el texto escrito.

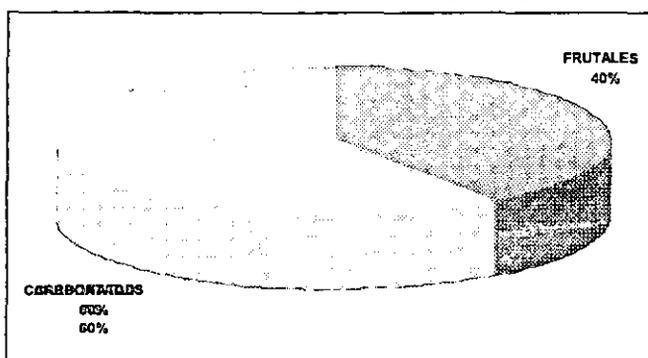
== Breve descripción del sector y del producto ==

1. BREVE DESCRIPCION DEL SECTOR Y DEL PRODUCTO

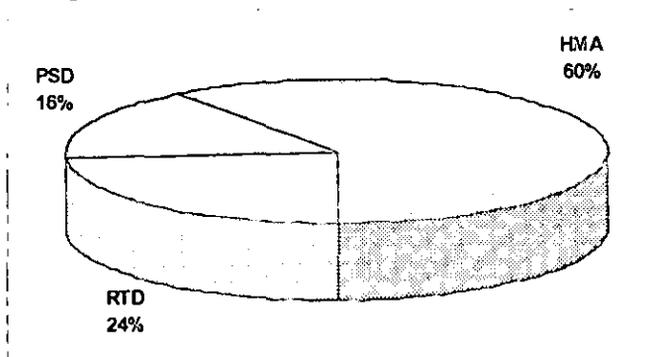
1.1. LA INDUSTRIA DE BEBIDAS EN MEXICO Y EN EL MUNDO

Según datos aportados por A.C.Nielsen en su estudio sobre el sector, en 1995 el mercado de las bebidas en México se componía de la siguiente manera :

Volumen Total del Sector : 20.5 MMLTS anuales.



El mercado de los sabores frutales también se compone de bebidas carbonatadas y no carbonatadas. El mercado de las bebidas de sabores frutales no carbonatadas tiene un volumen de 8.2 MMLTS. La composición de este mercado es la siguiente :

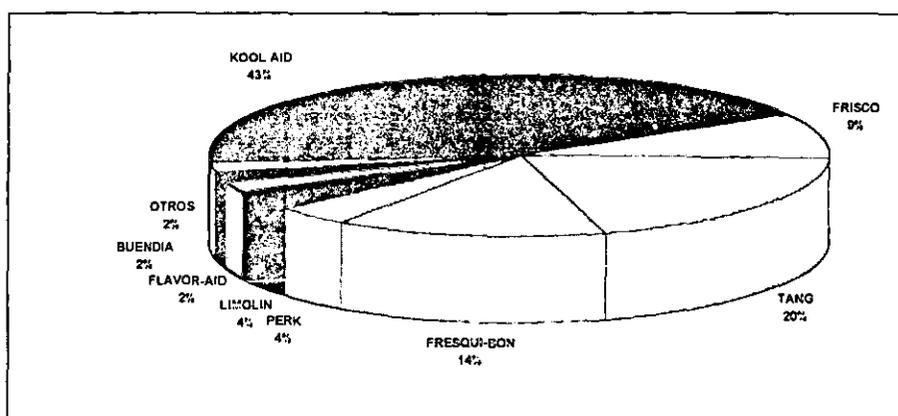


En la categoría de las bebidas listas para tomar (*RTD : Ready To Drink*) caen aquellos productos preparados de manera tal que el consumidor que los adquiere sólo debe desempacarlos y los puede ingerir inmediatamente sin necesidad de otro proceso previo a su consumo. En esta categoría caen los

jugos, néctares, productos dietéticos no carbonatados, diuréticos frutales y todos aquellos productos saborizados que contienen un cierto porcentaje de fruta natural o artificial en su fórmula.

Como se puede apreciar, este mercado se encuentra dominado por las preparaciones caseras de Bebidas naturales elaboradas principalmente con frutas naturales o a base de jarabes (*HMA : Home Made Aids*).

Los polvos son productos elaborados a base de azúcar y mezclados con sabores artificiales o naturales que al disolverse en agua preparan una mezcla líquida con sabor a fruta (*PSD . Powder Soft Drink*). Este último mercado representa un volumen anual de venta de 1.066 MMLTS. Este mercado se encuentra representado por las siguientes marcas :



1.066 MMLTS (MMLTS = Mil millones de litros).

1.2. CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO

La historia de las bebidas es tan larga y vasta como lo es la historia de la humanidad. En concreto, se considera al ejército de los Estados Unidos como el creador de las bebidas en polvo, el cual las comenzó a desarrollar en 1942 durante la Segunda Guerra Mundial . Su proceso de elaboración consistía básicamente en el secado de cristales de jugos naturales de limón, lima, naranja y uva¹. Estos se producían por medio de la evaporación del agua al vacío, lo cual causaba pérdidas de valiosos y útiles sabores volátiles. Posteriormente, en 1960 comenzó el auge de las bebidas anhidras cuando el secado por congelamiento se hizo factible para los jugos de prácticamente todas las clases.

Técnicamente, una bebida en polvo es el producto elaborado con ingredientes naturales y/o artificiales que al disolverse en agua proporcionan las

características sensoriales y físicas de un jugo, un jarabe, un refresco o un licuado. Muchos jugos de fruta pueden ser deshidratados y reducidos a polvos o cristales para reconstituirse en bebidas al adicionárseles agua, y se encuentran en el mercado a precios competitivos con mejor calidad que los concentrados congelados de fruta tradicionales. El producto resultante es económico, compacto, imperecedero y al reconstituirse con agua, retiene muchos de los sabores, aromas y valores nutrimentales del jugo fresco. Algunos inclusive proporcionan más del doble de vitamina C que el jugo natural. De acuerdo con el artículo 787 de la Ley General de Salud se entiende por productos para preparar bebidas refrescantes los elaborados con mezclas de azúcar, saborizantes naturales, artificiales o idénticos a los naturales y aditivos autorizados por la Secretaría, con o sin fruta o jugo de frutas deshidratadas y que requieren de adición de agua potable o purificada para su consumo. Con la incorporación de nuestro país al Tratado de Libre Comercio de América del Norte, la mayor parte de los productos alimenticios han de cumplir también con la regulación impuesta por la FDA (Federal Drugs Administration).

Para poder definir una estrategia de manufactura acorde con el mercado, debemos entender el medio ambiente en el cual se mueve el mercado. En este punto es interesante preguntarnos qué problemática específica representan las bebidas en polvo dentro de un marco manufacturero. Al menos pudimos encontrar cinco razones que diferencian esta manufactura de otras :

1. El volumen a manufacturar, distribuir y vender es muy grande. En efecto, las ventas netas de este mercado exclusivamente en México representaron un total de 350 millones de dólares durante el ejercicio fiscal de 1994-1995.
2. Al ser un producto de consumo, aproximadamente el 90 % de los consumidores finales adquieren este producto por impulso, lo cual implica que el empaque y la publicidad en punto de venta juegan un papel decisivo en la comercialización del producto. El empaque debe ser lo suficientemente atractivo para que por sí mismo gane la venta. Esto hace que para ser competitivo el producto, se requiera modificar continuamente la imagen del producto (contenido neto, artes gráficas, materiales de embalaje, colores, textos, flashes, etc.). Asimismo, la demanda es tan amplia y las barreras de entrada en este sector son tan escasas que el precio debe mantenerse bajo para cubrir al mercado y mantener el producto en un rango competitivo frente a posibles oferentes.
3. De igual forma, al ser un producto con márgenes tan espectaculares, los descuentos y promociones son medios comúnmente socorridos para incrementar el volumen de ventas y mantener aún los márgenes dentro de rangos de rentabilidad.
4. Específicamente, las bebidas tienen una estacionalidad muy marcada. Esta estacionalidad va ligada entre otros muchos parámetros, al factor climático de la zona donde se comercializan las bebidas. Entre mayor es la deshidratación de los consumidores, mayor el consumo de este producto. Así, la temporada

reina de este producto es la que corresponde al ciclo de primavera - verano, sin descartar variaciones climáticas a lo largo del año que hace que las ventas repunten conforme el calor se presenta.

5. Este producto tiene una vida de anaquel de 1 año, marcado exclusivamente para no perder impacto organoléptico en el consumidor final. Es decir, los problemas de caducidad son prácticamente nulos, exceptuando algún defectivo mayor en su manufactura, por ejemplo, un mal sello del empaque de aluminio, o la hidroscofia presentada por ósmosis en las estructuras laminares que empacan al producto. Sin embargo, por regla general, la rotación del producto es tan buena, que es mucho menor a la vida de anaquel.

==== **M**arco teórico ====

2. MARCO TEORICO

2.1 METODOLOGIA

El orden lógico que seguiremos para el planteamiento teórico que da sustento a este trabajo trata de conjuntar las diferentes ópticas desde las que este trabajo se ha abordado.

Partiendo de lo general a lo particular, comenzamos tratando de recalcar la vital importancia de la administración de la logística en las empresas de nuestro país como una auténtica herramienta de competitividad, quizá no lo suficientemente explotada y sin lugar a dudas con un enorme potencial en el nuevo ambiente de negocios global.

Posteriormente, hacemos un recuento de la función de la planeación estratégica en la empresa, con un gran énfasis en la metodología tradicional de este proceso, para ligarlo con la definición de estrategia de manufactura en una empresa de este giro. Abundamos sobre este mismo tema en los dos elementos a considerar para determinar la estrategia operativa (la definición del ambiente de producción y del tipo de proceso de manufactura a elegir), para poder entrar a detalle en la Cadena de Suministro desde un punto de vista muy conceptual, y reconsiderar los elementos necesarios que debe aportar su buena administración.

Hemos dedicado un apartado especial a la Planeación de Ventas y Operaciones, un concepto muy en boga actualmente y que pretende enfatizar el rol de las actividades estratégicas de planeación a nivel de interacción formal, como una respuesta a una gran cantidad de problemas de ejecución que surgen al dislocar funciones a mayor nivel hacia objetivos si no contrarios, al menos disyuntivos.

No quisimos dejar fuera un aspecto fundamental que generalmente se olvida al momento de hacer la planeación formal de las empresas, que es la gente de la organización sometida a altos niveles de presión y encarada diariamente con el cambio, interno y externo, como la única constante que ha llegado en los últimos años para permanecer en nuestras empresas. Hacemos un pequeño resumen de una metodología que ha probado su eficacia para implementar el cambio estructuradamente en la organización, que debe mantenerse presente siempre que se someta a la organización a cambios de alto nivel.

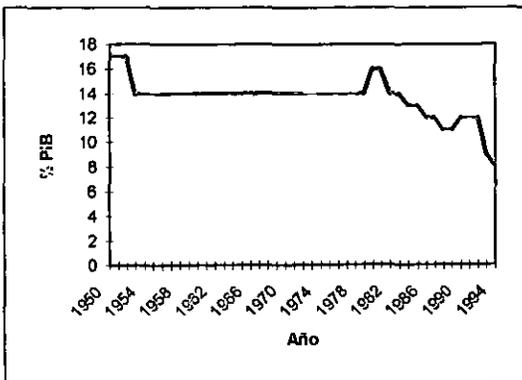
Finalmente, hacemos una breve justificación de lo que será el resto del trabajo y de la metodología específicamente seleccionada (simulación) para llegar a conclusiones concretas en el replanteamiento de la cadena de suministro del tipo de industria seleccionada, que es a fin de cuentas, la aportación final que pretende hacer este trabajo a esa industria.

2.2 EL PAPEL ESTRATEGICO DE LA LOGISTICA EN LA COMPETITIVIDAD DE LA INDUSTRIA

El México de hoy está en evolución constante. Se puede asegurar que el cambio es permanente tanto en el consumidor como en el proveedor, en los puntos de venta, y en otros eslabones igualmente importantes de la cadena de abastecimientos. Ante esta situación, todos los aspectos de la operación de la comercialización deben acompañarse al mismo ritmo de las modificaciones constantes en los otros rubros.

En este contexto, cobra particular importancia lograr que el producto correcto esté en el lugar idóneo, momento oportuno, cantidad adecuada y, lo más interesante, al menor precio posible. Esta conjunción de logros que maximizan la oportunidad en tiempo y espacio de un producto o servicio es lo que en la administración moderna se conoce como **Logística**. Etimológicamente, la palabra logística proviene del griego "*logistikós*" y significa "el que sabe calcular". Dicha acepción, sin embargo, ha trascendido y se ha posicionado como alta prioridad en los entornos operacionales de negocios. Esto se debe a que según algunos expertos, la logística genera utilidades como ningún otro elemento en el mundo empresarial.

Peter Drucker fue uno de los primeros visionarios en hacer notar que la actividad logística se debería desarrollar como una herramienta de competitividad. En un artículo publicado en 1962 llamado "El Continente Perdido de la Economía", Drucker caracterizó a la logística como una de las áreas tratadas con más negligencia, pero también como una de las más prometedoras en el desarrollo futuro de las empresas. En este artículo hace un llamado a la industria a que vea en la logística un servicio de valor agregado, más que como una actividad necesaria pero evitable. En efecto, para el caso de la industria de nuestro país y de toda empresa moderna que esté en América del Norte es indispensable que revise sus sistemas de logística para mejorar su competitividad. Hoy en día y cada vez con mayor fuerza, la logística será un pre-requisito competitivo.



En Estados Unidos, durante 1995 aproximadamente 7.5 centavos de cada dólar de ventas son para cubrir el costo de la logística. El gasto total en logística en los Estados Unidos en 1992 fue de \$ 600,000 millones de dólares, el doble de los gastos de Defensa². En la gráfica de la izquierda se muestra el costo de la logística como parte del Producto Interno Bruto de Estados Unidos desde 1950. Esta gráfica indica el

estancamiento desde 1950 hasta 1980. A partir de ahí, una tendencia a la baja llegó a su clímax en 1987. Esta situación se dió por medio de una baja de la inversión en inventarios por medio de sofisticadas herramientas de computación, y una baja en los costos de transporte por medio de la desregulación gubernamental de las industrias del ferrocarril y los camiones de carga. Después tendió a moverse hacia arriba en un enfoque de servicio al cliente y nuevamente tiende a bajar.

El fin de siglo es un momento crucial para la logística por dos razones :

1. La distribución del producto a los clientes, rápido e intacto, es un método para obtener la ventaja competitiva.
2. La competencia global requiere que la logística sea extremadamente eficiente para minimizar costos.

Varios hechos están considerados como determinantes sobre el hecho de si se puede vencer el reto. Entre ellos están una mayor desregulación de la industria del transporte de carga, el crecimiento del profesionalismo en la logística, mejoras en la estructura organizacional, la implantación de nuevas y mejores tecnologías de la información y la adopción de procedimientos administrativos avanzados, como la administración total de calidad y la reingeniería.

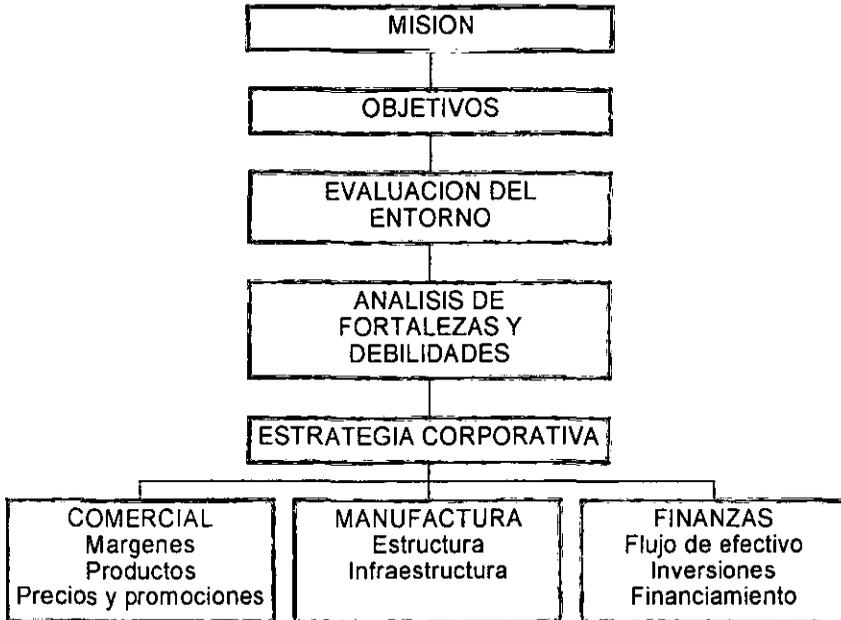
2.3. PAPEL DE LA PLANEACION ESTRATEGICA

El proceso administrativo se constituye tradicionalmente por la planeación, la ejecución y el control. El mejor ejemplo de este proceso es con el que se administra globalmente una empresa: Se *planea* lo que se quiere hacer, se *ejecuta* con los recursos necesarios para llevar a cabo lo que se quiere hacer y se *controla* lo que se ha hecho. Este ciclo no es completo si no se liga esta última actividad con la primera, para retroalimentar al proceso.

El proceso con el que se gesta un cambio profundo en una organización ha de comenzar también con la primera actividad del proceso administrativo: La planeación. Esta actividad la podemos dividir en dos grandes categorías de acuerdo a quien la realice dentro de una empresa: planeación directiva o planeación operativa. La primera es llamada también *planeación estratégica*. A la segunda nos referiremos más adelante.

La misión de la Dirección de una empresa es proporcionar al resto de la compañía la visión de lo que se pretende lograr como fruto de los esfuerzos del grupo humano al que dirige. Para llegar a esta meta común, la propia Dirección es la encargada de marcar la estrategia global de manera general, así como sentar los controles y métodos de medición para monitorear el esfuerzo de la organización en conjunto.

De manera general, la planeación directiva sigue el siguiente esquema :



El fruto de este proceso no es solamente crear la estrategia a seguir en cada una de las tres grandes áreas que componen a la empresa sino la de *sincronizarlas* para crear sinergia y conseguir los resultados esperados.

2.4. DEFINICION DE LA ESTRATEGIA DE MANUFACTURA

Dentro del marco de la planeación y estrategia directiva que la Dirección de una compañía manufacturera se encarga de desarrollar, tiene una especial importancia la estrategia que implanta sobre el ejercicio de la empresa en sus áreas operativas. Esta estrategia se llama **estrategia de manufactura** y se define como " un modelo colectivo de decisiones que opera sobre la formulación y despliegue de los recursos de manufactura ". Básicamente, para poder desarrollar esta estrategia se deben considerar dos análisis : El tipo de producto y el tipo de proceso que se ha diseñado, sostenidos ambos sobre el ambiente de manufactura a desarrollar.

2.4.1. AMBIENTES DE MANUFACTURA

Se llama **ambiente de manufactura** " al marco en el cual se puede desarrollar e implantar la estrategia de manufactura "3. Los elementos que componen este ambiente incluyen fuerzas externas del ambiente del negocio (p.ej. políticas macroeconómicas dictadas durante una administración política), estrategias corporativas (p.ej. administración por unidades de negocios), selección y mezclas de productos a manufacturar o comprar y querencias de la Dirección.

Los especialistas definen tres ambientes de manufactura :

Fabricación para inventario
Fabricación sobre pedido
Ensamble sobre pedido

La **fabricación para inventario** es un ambiente donde los productos se terminan antes de recibir una orden del cliente. Las órdenes de clientes son cubiertas típicamente de inventario existente, y se ocupan órdenes de producción para cubrir ese inventario 4.

La administración de inventarios debería ser relativamente simple si los productos presentan un patrón de demanda constante y/o predecible; tienen pocas opciones o accesorios y su ciclo de vida es prolongado. En general, el cliente de este tipo de productos está acostumbrado a tiempos de entrega cortos.

En este ambiente encontramos a la industria de Bebidas

En la **fabricación sobre pedido**, en cambio, los productos o servicios pueden hacerse hasta después de recibir una orden del cliente. El producto final es generalmente una combinación de partes estándar y partes diseñadas por el cliente, que satisfacen una necesidad específica.

Existen dos subclasificaciones :

A. Ingeniería/Diseño sobre pedido (Design/Engineer-To-Order) :

Este ambiente se utiliza en productos cuyas especificaciones de los clientes requieren de una ingeniería y diseño únicos o con una particularización significativa. Cada orden del cliente resulta en un conjunto único de partes, lista de materiales y rutas.

B. Capacidad administrada - maquila (Managed Capacity) :

Ambiente donde un externo a la compañía se encarga de elaborar bienes del cliente. Se diseña el producto e incluso el proceso de acuerdo a las especificaciones del cliente.

El **ensamble sobre pedido** es un ambiente intermedio entre los otros dos : Se ensambla un producto o servicio después de recibir una orden del cliente, pero los componentes clave (componentes en bruto, semiterminados, intermedios, subensambles, etc.) se planean y almacenan con anticipación al pedido. El recibo de la orden inicia el ensamble del producto específico. Esta estrategia es útil cuando existe un número grande de productos terminados (debido a la selección de opciones y accesorios) que se pueden fabricar de componentes comunes ⁵.

3.4.2. TIPOS DE PROCESOS DE MANUFACTURA

El **tipo de proceso** puede clasificarse en tres formas principales :

Producción por proyecto
Trabajo tipo taller
Manufactura continua

La Producción por proyecto es un tipo de proceso en el cual cada unidad de producción se elabora para un único propósito ⁶. El Trabajo tipo taller es un tipo de proceso en el cual se agrupan equipos similares por funciones. Cada trabajo a realizarse en la planta sigue una ruta de fabricación diferente en el piso de producción. Es similar a la Producción intermitente, que es una forma de manufactura en la que los trabajos pasan a través de departamentos funcionales en lotes y cada lote puede tener una ruta de fabricación diferente ⁷. Por último, la Manufactura continua es un sistema de producción en el que se organiza y se secuencia el equipo productivo conforme a los pasos requeridos para producir el producto. Este término denota que el flujo del material es continuo durante el proceso de producción. Las rutas de los trabajos son fijas, y los tiempos de preparación rara vez cambian ⁸. Es similar a la Manufactura repetitiva, que se refiere a la producción en unidades discretas en altos volúmenes por medio de rutas fijas. La administración de la producción se basa en la cuota de producción ⁹.

Los tipos de procesos y los tipos de productos a fabricar están íntimamente relacionados, y se muestran a continuación en la siguiente tabla ¹⁰:

CARACTERÍSTICAS	TIPO DE PROCESO		
	PROYECTO	TALLER	CONTINUO
Variedad de productos	Nula	Alta	Baja
Tipo de productos	Especiales	Específicos	Estándar
Lotes de Producción	Unico	Pequeños	Grandes
Rutas	Unica	Variables	Fijas
Variedad de operaciones	Muy grande	Grande	Pequeña
Diseño de instalaciones	Especial	Para varios productos	Para un producto
Cargas de trabajo	Irregulares	Estables	Más estables

La herramienta más difundida para plantear la estrategia de manufactura se llama matriz producto - proceso. Este concepto describe la relación entre las variedades de las mezclas de productos posibles y el rango de tipos de procesos que son posibles en el ambiente a implantar, como se muestra en la figura 11:

		MEZCLA DE PRODUCTOS				MÉTODOS DE MANUFACTURA
		Un tipo de producto Ejemplo: un Producto específico	Alto número de Ejemplo: una Medida específica	Alto volumen Ejemplo: un Producto estándar	Volumen muy alto Ejemplo: un Producto estándar	
TIPO DE PROCESO	Ejemplo: un tipo de Producto específico	PROYECTO			Costos de oportunidad	Programación Manejo de materiales Prioridades
	Ejemplo: un tipo de Producto específico	TRABAJO TIPO TALLER			FLUJO POR LOTES	Motivación del trabajador Balanceo de líneas Flexibilidad
	Ejemplo: un tipo de Producto específico				FLUJO DE LINEA	
	Ejemplo: un tipo de Producto específico				FLUJO CONTINUO	Inversiones de capital Obsolescencia tecnológica
	Ejemplo: un tipo de Producto específico					
MÉTODOS DE MERCADOLÓGICOS		Competitividad en precio y entrega Flexibilidad del producto	Cantidad del producto Diferenciación del producto Flexibilidad del volumen	Precio Dependencia del consumidor		

La mezcla de productos puede variar desde artículos de un solo tipo hasta artículos altamente estandarizados producidos en altos volúmenes, pasando por otras mezclas con muchos artículos con volúmenes relativamente bajos o con menos artículos pero con volúmenes relativamente más altos.

En lo que se refiere a los modelos de procesos, la característica crítica es la flexibilidad, o dicho más simple, lo que se puede lograr con cada tipo de proceso. La esencia de esta matriz es que modelos diferentes de procesos se ajustan mejor a las necesidades de cada mezcla de productos. Tal como se muestra, los tipos básicos de proceso caen en la diagonal de la matriz, desde procesos tipo proyecto hasta de flujo continuo. Al estar en la diagonal, se asegura que se une perfectamente el tipo de proceso con su correspondiente modelo con el mercado objetivo, que se ha definido con la mezcla de producto. Al estar fuera de la diagonal, se cae en costos excesivos o en costos de oportunidad.

Por ejemplo, si una empresa trata de producir una amplia variedad de productos de bajo volumen con un proceso de flujo continuo y rígido, se incurriría en frecuentes cambios de proceso. El costo de la mano de obra y el tiempo perdido en máquina sería muy elevado y resultaría poco rentable a la larga. Por otro lado, si se trata de producir un producto altamente estandarizado con un flujo muy mezclado (i.e. con

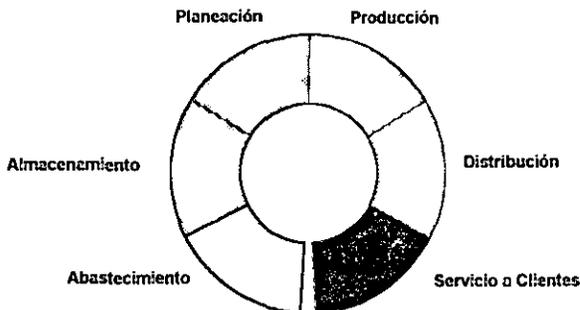
una gran cantidad de rutas diferentes), los costos operativos serían mucho más altos de lo necesario.

Con este ejercicio, resulta más claro para la dirección que en la estrategia de manufactura y de mercadotecnia se debe reconocer que un tipo particular de proceso no puede hacer todos los bienes para todos los mercados : La flexibilidad bien entendida es la capacidad de adaptarse al cambio, siempre y cuando éste caiga dentro de los límites del propio proceso. La matriz producto-proceso también destaca qué tipo de retos son los que se deben encarar en el área comercial u operativa e inclusive qué tipo de habilidades se necesita desarrollar en la gente que labora para cada área .

2.5. LA CADENA DE SUMINISTRO

Se define a la Cadena de Suministro como " las funciones dentro y fuera de una compañía que hacen posible la Cadena de Valor para producir bienes o prestar servicios a los clientes " ¹². La Cadena de Valor es la serie de actividades por las que una compañía le agrega una característica cualitativa o cuantitativa a un producto por la que un cliente está dispuesto a pagar una cierta cantidad de dinero a cambio de ese bien.

Tradicionalmente, las funciones que componen la cadena de valor de una compañía son las que se muestran en el esquema adjunto :



Las funciones tradicionales de la Cadena de Suministro son estas seis y se encargan de todo el ciclo del producto, desde que se compran materiales hasta que se le entrega al cliente. Nótese que la parte mercadológica y comercial queda excluida en este ciclo, así como muchas otras funciones auxiliares (p.ej. Ingeniería, Mantenimiento, Control de Calidad, etc.).

El suministro es un proceso interfuncional que requiere de la especialización en áreas independientes, pero que trabajando en conjunto, sinergizan para determinar

la competitividad de la empresa. Dado que la organización de hoy en día se mueve en un ambiente tan volátil como lo es el mundo actual de los negocios, la estrategia a seguir en el diseño de la cadena se convierte en un punto medular.

Anteriormente, toda la estrategia se concebía como el arte de posicionar a la compañía en el lugar correcto de la cadena de valor : los proveedores proporcionaban las entradas del sistema, luego la propia compañía le agregaba valor a esas entradas y lo pasaba al siguiente eslabón de la cadena; en este caso el cliente (que podía ser otra compañía o el consumidor final).

La concepción actual de la administración de la cadena de suministro es distinta. La competencia global, los mercados cambiantes y las nuevas tecnologías están abriendo cualitativamente nuevas maneras de crear valor. Poco a poco, las compañías exitosas están aprendiendo que el corazón de la estrategia no es solamente *añadir* valor, sino *reinventarlo*.

R. Normann de la Escuela de Negocios de Harvard dice en un artículo publicado en 1993 en *Harvard Business Review*¹³ : "El enfoque del análisis estratégico de la Cadena de Suministro no es la manera en la que la propia compañía la ejecuta, ni siquiera la manera en que lo hace la industria a la que se pertenece, sino el propio sistema de *creación de valor*, dentro del que diferentes actores económicos - proveedores, socios de negocios, alianzas estratégicas, clientes - trabajan mano a mano para *co-producirlo*. La tarea estratégica clave es la *reconfiguración* de papeles y de relaciones en esta constelación de actores con objeto de modificar la creación de valor hacia nuevas formas y con nuevos ejecutantes."

Pero ¿ cuál es esta nueva lógica del valor ? Comencemos con la simple observación de que cualquier producto o servicio es en realidad el resultado de un complejo conjunto de actividades. De hecho, lo que usualmente pensamos como productos o servicios son realmente actividades congeladas, manifestaciones concretas de las relaciones entre los actores en un sistema de creación de valor.

La distinción entre productos físicos y servicios intangibles se está desvaneciendo cada vez más. ¿Cuál es entonces esta nueva clase de valor? Una manera útil de describirlo es como un valor que se está haciendo cada vez más denso.

La ***densidad de valor*** en este caso se refiere al concepto para medir la cantidad de información, conocimiento, y otros recursos que un actor económico tiene a la mano en cualquier momento para aportar valor a la cadena. Más y más oportunidades se agrupan en la oferta particular de ese actor económico. La nueva lógica tiene tres implicaciones estratégicas :

- El valor se presenta no en cadenas secuenciales que tienen un solo punto de contacto con el mercado, sino en constelaciones complejas. Así, no se trata de hacer algo valioso para el cliente, sino de movilizar el descubrimiento de este

valor hacia el mismo cliente, quien lo descubrirá en el denso conjunto de la oferta propuesta.

- Mientras las ofertas se hagan más complejas y variadas, las relaciones entre las compañías también deben de hacerse al mismo paso. Una sola compañía rara vez proporciona todo lo que un cliente necesita. Así, la reconfiguración de las relaciones estratégicas cliente-proveedor o socios-alianzas temporales debe probar nuevas combinaciones continuamente.
- La única fuente de ventaja competitiva será la habilidad de concebir al sistema completo de creación del valor y hacerlo funcionar. Para asegurar la continuidad de este proceso, se debe mantener un diálogo abierto con los clientes para mantener al proceso maleable, fresco y responsable.

En concreto, la manera en la que la Cadena de Suministro se integra probará nuevas fórmulas cada vez más espectaculares. Este proceso no tiene por qué ser estático, y la misma dinámica con la que emprende nuevos rumbos lleva la misma velocidad con que lo hace la administración actual.

2.6. PLANEACION DE VENTAS Y OPERACIONES

Como hemos mencionado anteriormente, la misión del área de Operaciones en cualquier compañía ha de ser la de suministrar los bienes que se han de capitalizar en el mercado, dentro de márgenes rentables que permitan hacer negocio a la compañía.

Como es bien notorio al enunciar de esta manera el papel del área operativa, las actividades de Producción, Planeación, Compras y Distribución deben *siempre* crear valor para el cliente final y estar sincronizadas con las funciones del área comercial hacia un objetivo común.

La primera parte de la sincronización a la que nos referíamos anteriormente, consecuencia de la planeación estratégica, es la del área comercial con el área operativa. Esta sincronización de procesos debe comenzar con la planeación de Ventas y Operaciones. Esta planeación debe brindar la oportunidad de tomar decisiones con anticipación sobre aquellas situaciones en que el antagonismo natural de estas dos áreas podría desquiciar al sistema formal de administración de una compañía, al optimizarse localmente uno o más de los objetivos de cada área separadamente.

El punto fino de esta planeación es alcanzar un nivel de producción que satisfaga las exigencias del mercado que el área Comercial enuncia con el pronóstico de ventas, de una manera óptima, ni produciendo de más ni vendiendo de menos.

En la década de los 20 durante la Gran Depresión, Alfred Sloan era Presidente y Director General de la General Motors. En el libro de sus memorias titulado "My

Years With General Motors", Sloan hace mención a la crisis que padeció su compañía por un bajo rendimiento en sus áreas de manufactura ¹⁴. El mensaje que transmite Sloan acerca de esta situación se puede resumir en los siguientes tres puntos :

- La razón por la que el inventario de producto terminado de una compañía puede llegar a niveles extremadamente altos es porque se hace más de lo que se vende. La razón por la que el inventario de materiales y de semiterminados de una compañía puede llegar a niveles extremadamente altos es porque la compañía está comprando y fabricando más componentes de los que se necesitan en producción.
- La Dirección debe idear una manera para que la estrategia a seguir en manufactura no vaya en rumbo opuesto a los demás planteamientos estratégicos. El Plan de Ventas y Operaciones es un buen mecanismo para hacer esto. El plan que establece las cuotas de producción por familias de productos es el control más elemental del inventario de materiales y de producto terminado (y por consecuencia del servicio a clientes), así como un excelente nivelador de las cuotas de producción. Dado que con el Plan de Ventas y Operaciones se puede determinar cuánto será necesario desembolsar en mano de obra y materiales, se puede ocupar como el control principal del Flujo de Efectivo de la empresa.
- La Dirección en una compañía manufacturera debe plasmar este plan en el Plan de Producción, dado que éste es el control más importante de la administración operativa en un negocio de manufactura.

El Plan de Ventas y Operaciones enuncia las cuotas de producción, generalmente en unidades, pero puede hacerse también en términos financieros (pesos o dólares). El propósito del Plan de Ventas y Operaciones es dar a la Dirección un control más amplio de la manufactura, que sea más concreto que simplemente planear en términos financieros, pero que a la vez muestre el panorama mucho más general que el hacerlo artículo por artículo. Por lo general, el Plan de Ventas y Operaciones debe hacerse por familias de productos, y debe tener un horizonte que abarque al menos entre 1 y 2 años, debidamente separado en ciclos contables mensuales o bimestrales.

Es responsabilidad de la Dirección establecer las siguientes políticas entre Ventas y Operaciones ¹⁵:

- Establecer las categorías de familias de productos para la Planeación de Ventas y Operaciones.
- Establecer horizontes de planeación y de revisión del trabajo conjunto. El primero es el tiempo dentro del cual se esperan determinados resultados de Producción o de Ventas y el segundo es cada cuando se verifica este avance.
- Establecer los límites de tiempo de manufactura (*time fences*). Los límites de tiempo son "la política establecida para marcar en dónde pueden tener efecto cambios o modificaciones en los procedimientos operativos normales" ¹⁶. Esta

política marca el impacto que puede tener un cambio en el Programa Maestro de Producción, en términos de inventario, capacidad o ventas (p.ej. una disminución en la cuota de ventas dentro de los siguientes quince días implicaría una disminución en la cuota de producción que no se podría llevar a cabo, dado que el 60 % de los materiales para fabricación ya se encontrarían disponibles en el almacén de la planta y crearía un inventario ocioso o de lenta rotación).

- Establecer la responsabilidad del pronóstico de ventas.
- Establecer cuotas de ventas y de producción para proporcionar el máximo nivel de servicio al cliente manteniendo una operación eficiente de los recursos productivos y al menor costo posible. Estas cuotas se revisan conforme al Plan de Ventas y Operaciones periódicamente.
- Establecer la cantidad de inventario o trabajo en proceso que se espera mantener en un determinado periodo de tiempo.

La mecánica para hacer este plan es muy simple :

En un ambiente de manufactura que fabrica para inventario se considera el inventario actual (en un ambiente de manufactura sobre pedido se consideraría la producción en proceso), se determina la variación en el inventario deseada al término de cada periodo y se fija la cuota de producción sumándola o restándola de la cuota de ventas .

De esta forma, la cuota de producción iguala a la cuota de ventas, más o menos el cambio *planeado* en el inventario. Las ventas reales y el inventario resultante se monitorean en el Plan de Producción. Algunas compañías añaden un avance acumulado de la venta real y de la producción real en este mismo plan, así como límites de tolerancia para el inventario, que indican en que momento deberá modificarse la cuota de producción.

2.7 EL LADO HUMANO DEL CAMBIO.

Se dice que el mundo de negocios de hoy en día "...la única constante previsible ha venido a ser el cambio rápido e inexorable". Sin lugar a dudas, este axioma se aplica a la labor del directivo que se enfrenta al reto de crear una cierta ventaja competitiva de manera rentable y sostenible.

La mayoría de las organizaciones emprenden el sinuoso camino hacia el cambio sin entender cómo el factor humano influye en el éxito o fracaso de un proyecto. Frecuentemente, las organizaciones desarrollan grandes planes técnicos orientados hacia lo que *debe hacerse* y simplemente asumen que el cambio ocurrirá.

El cambio en la mayoría de los casos es inaceptable para la gente envuelta en él debido a la tensión generada por el mismo. El resultado es apatía, e incluso

resistencia activa y sabotaje. En muchos casos, diseñar nuevos programas de computación e instalar nuevas tecnologías informáticas es la parte sencilla. La parte difícil y a menudo olvidada de tales iniciativas es liderar y administrar el cambio organizacional con aquellas personas que interfazan con la nueva tecnología o las nuevas iniciativas ¹⁷.

Investigaciones recientes muestran que cuando las organizaciones son exitosas en crear un clima propicio para el cambio, se encuentran presentes siete elementos. De la misma manera, cuando las organizaciones fallan en la implementación del cambio, uno o más de estos elementos están ausentes.

Estos son :

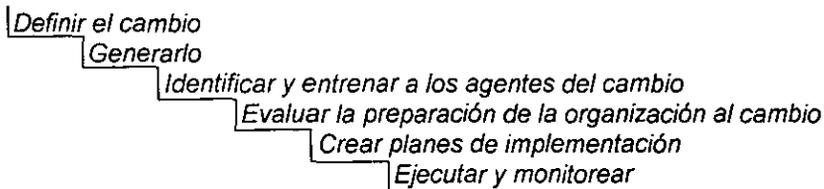


- **Razones** : Las razones para el cambio planeado deben ser claras, imperativas y bien entendidas.
- **Visión** : Es obligatoria la presencia de una visión de hacia a dónde va el negocio como resultado de este cambio.
- **Liderazgo** : Debe haber un líder del cambio. A menudo es un alto directivo quien articula las razones y la visión.
- **Participación** : La gente que será afectada por el cambio debe sentir como propias las razones y debe estar envuelta en el diseño así como en la implementación del cambio.
- **Comunicación** : Es vital una comunicación continua y efectiva de las razones y de la visión que armonice con los cambios organizacionales requeridos.
- **Entrenamiento** : La mayoría de los cambios requiere que la gente envuelta desarrolle nuevas habilidades para enfrentar los nuevos retos.
- **Reforzamiento** : La gente que demuestra una habilidad sobresaliente para entender y asimilar el cambio necesita ser reforzada en su comportamiento por medio de un reconocimiento adecuado.

2.7.1 IMPLEMENTACION DEL CAMBIO A NIVEL ORGANIZACIONAL

La implementación efectiva del cambio requiere que la dirección dirija adecuadamente estos siete elementos. Un proceso efectivo de cambio puede lograrse utilizando un enfoque estructurado del factor humano, en la misma manera en que un enfoque estructurado sirve para dirigir adecuadamente la implementación del cambio tecnológico. Desafortunadamente, la "ecuación humana" es pasada por alto a menudo en la mayoría de los procesos de rediseño o en la planeación de los cambios más significativos del negocio.

El enfoque propuesto por el *Centro de Productividad y Calidad Westinghouse* que estructura la manera de administrar el cambio tiene la siguiente secuencia:¹⁸



La implementación del cambio es un enfoque probado que proporciona a la dirección un proceso sistemático para interfasar con aquella gente clave para realizar los cambios requeridos en ambientes de agresiva competitividad. A continuación, se lista una breve descripción de los pasos comprendidos en esta metodología :

- Definir el cambio.

La Dirección debe entender y comunicar los objetivos que la compañía busca con este cambio y debe dar una clara explicación de las razones. Además debe crear una poderosa visión de la manera en que se verá y actuará la compañía como resultado del cambio que se inicia. Aquí se debe identificar a aquellas personas que más afectará el cambio y/o a aquellas que jugarán un papel preminente en la aceptación de éste. Esta primera fase es crítica para implementar exitosa y efectivamente el cambio.

- Promover el cambio.

Se debe definir claramente la extensión y naturaleza del cambio. Las siguientes son las principales tareas del promotor del cambio:

- Definir y comunicar el contexto del negocio y su radio de acción.
- Crear una infraestructura que cree compromiso.
- Participar y dirigir la definición de metas.
- Asegurar sistemas efectivos de reconocimiento.
- Asignar recursos y monitorear progresos.

-
- Identificar y entrenar a los agentes del cambio.

Los equipos de implementación actúan como agentes del cambio y la selección de las personas adecuadas que integrarán a este equipo es una tarea primordial. Los principales problemas a que se enfrenta una adecuada selección del personal es la carencia de tiempo, la carencia de habilidades técnicas apropiadas y la falta de motivación de los miembros. Estas personas deben contar con un currículum personal y organizacional destacado, tener credibilidad con los promotores del cambio y contar con la confianza de los usuarios finales.

- Evaluar la preparación de la organización al cambio.

Una de las causas más comunes de la falla en la implementación es la falta de preparación al cambio por parte de los usuarios finales. Es esencial que la actitud de todo el personal afectado con el cambio sea completamente evaluado y entendido por el equipo de transición. Si las razones o la visión no son lo suficientemente claras, se originará falta de compromiso.

- Crear planes de implementación.

Podemos dividir en dos la planeación de la implementación al cambio desde el punto de vista de la gente: La planeación de la motivación y la planeación de la comunicación.

La planeación de la motivación necesita demostrarse tanto con palabras como con hechos. Durante la implementación, será necesario crear un clima propicio para la retroalimentación o aun para desaveniencias manifiestas. Este plan debe involucrar a los usuarios finales en la implementación del cambio.

La planeación de la comunicación está íntimamente ligada a la motivación.

Inicialmente, la comunicación deberá explicar las razones del cambio, subrayar los objetivos, describir el radio de acción de la compañía, compartir los beneficios del éxito y el costo del fracaso. Mientras el proceso continúa, la comunicación deberá reforzar los mensajes iniciales, enfocar la atención en el futuro y proporcionar la información necesaria. Se debe reconocer el progreso y aplaudir las contribuciones de los usuarios finales.

- Ejecutar y monitorear.

Durante la implementación, las prioridades organizacionales competirán por la atención de los usuarios finales y si a esto se suma un desvanecimiento del compromiso, la distracción se exacerbará. Los resultados de monitorear y medir el progreso de la implementación necesitará ser comunicado con la gente. El progreso, "las pequeñas victorias en el camino del éxito" no sólo necesita ser comunicado, necesita ser celebrado.

3.8. SIMULACION

"... los historiadores muy pronto volverán la cabeza atrás y explicarán los actuales cambios en la industria como el surgimiento de una Segunda Revolución Industrial, mucho más profunda que la primera. En la de finales del siglo XVIII, el vapor fue el conductor del cambio; en la segunda, el poder de los equipos de cómputo".

Isenberg, Howard : The Impact of the Information Explosion ¹⁹

Uno de los aspectos más difíciles para llevar a cabo experimentos diseñados en un proceso de manufactura es la interferencia que causa con la operación diaria. Dado que la función principal del área de Producción es fabricar productos al mínimo costo posible conforme a un programa fijo, es difícil mostrar la relación costo - beneficio entre producir bienes vendibles y experimentar con los elementos que intervienen en el proceso de elaboración de estos bienes a cambio de información. De esta manera, se han tenido que buscar alternativas para conseguir la misma información de una manera más práctica.

La primera alternativa es el enfoque meramente matemático o determinístico para definir el problema. Por ejemplo, supongamos que estamos diseñando un nuevo almacén y que el problema central que tratamos de resolver es cuántos andenes de descarga necesitamos. El enfoque usual es hacer un análisis de costo para determinar el número de muelles correcto para una determinada demanda, un cierto número de proveedores, el número promedio de transportes utilizado, etc. No sería de ningún modo un análisis de costos simple, sin embargo es factible. A pesar de esto, este enfoque inicial tiene la debilidad de considerar fijas a las variables del problema, sin que sean sujetas a ninguna variación aleatoria. Así, si las decisiones se toman con base en este análisis de costos es muy probable que no se dimensione correctamente el problema hasta que no se vea en la realidad el impacto de éstas. Y quizá sea demasiado tarde para modificar las decisiones tomadas desde el comienzo. El enfoque del diseño experimental a esta clase de problemas no sólo no es factible desde un punto de vista práctico, sino que además cabría la duda de la utilidad de los resultados aun cuando estos fueron realizables.

Un método analítico alternativo es el método de la Simulación, para analizar diferentes escenarios bajo condiciones de aleatoriedad y ver qué tan aplicables son a la realidad las diferentes estrategias analizadas. La Simulación se define como " Una técnica de solución de problemas a través de la observación del comportamiento de un modelo dinámico en el tiempo " ²⁰.

Se ha dicho que la simulación tiene un papel idéntico en la Administración de lo que han hecho las pruebas de laboratorio en las ciencias físicas. A través de la simulación, se pueden obtener resultados satisfactorios sin interferir con los trabajos operativos diarios. El uso de esta técnica ha emigrado desde la simulación de sistemas simples, como fenómenos relacionados con líneas de espera hasta la compleja interacción de diferentes sistemas de manufactura.

Modelo de la Cadena de Suministro de la Industria Alimenticia

4. MODELO DE LA CADENA DE SUMINISTRO DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA

4.1 INTRODUCCION

El objetivo que se intenta plasmar en este marco práctico es presentar a todo detalle las actividades y procesos que integran una cadena de suministro real, en una empresa mexicana de clase mundial, sin pasar por alto ningún detalle que pueda describir perfectamente el estado actual de los procesos que conforman esta cadena de suministro.

Se ha querido plantear así que el solo hecho de documentar con lujo de detalle todo el proceso del suministro puede servir como referencia a otras empresas de giros similares y de ambientes comunes para establecer una comparación entre la empresa en estudio y los procesos que forman parte de las cadenas de suministro de otras empresas. Esta es la filosofía del *benchmark* y la mejora continua, y se puede convertir en un buen ejercicio para aquellos que aspiren a profesionalizar la actividad de la ingeniería industrial sirviendo dentro de la industria.

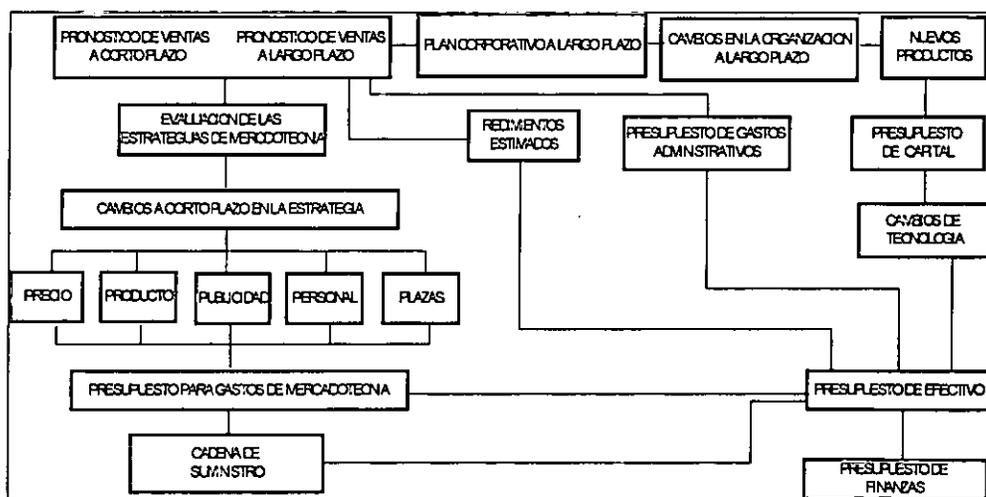
Se presentarán por separado, disectando cada etapa del proceso aunque mostrando su efecto en la cadena de suministro completa, la metodología de los Pronósticos, las características peculiares del Mercado al que se atiende y en el que se compite, la estructuración de la fuerza de Ventas para atender los segmentos específicos del mercado, las actividades que abarcan la Planeación de la Producción, tanto al nivel del Plan Maestro de Producción como al de la implementación de la Planeación de Requerimientos de Materiales incluyendo la lógica de un software concreto (PRISM) para administrar las necesidades de suministro de materiales, pasando por las buenas prácticas implementadas en el Almacenamiento del inventario y su manejo físico, la fuerza estratégica de un proceso ágil y bien estructurado en Abastecimientos, la ejecución final del producto en el piso de Producción donde tradicionalmente confluyen todas las actividades previas, indispensables para tener un producto de excelente calidad, hasta el proceso final de entrega del producto terminado al cliente en la Planeación de los Recursos de Distribución, su mecánica de cálculo y las políticas para administrar el transporte y los inventarios en cada punto de venta.

Intencionalmente se diseñó este capítulo de esta forma para mostrar que las simplificaciones que necesariamente se realizan para diseñar el modelo de simulación del capítulo 5 dejan fuera una enorme riqueza de técnicas, procesos, sistemas y gente que hacen que los números que se simulan y a los que se reduce todo este gran proceso en el modelo de simulación cobren sentido, y tengan oportunidad de proponer algo nuevo a los protagonistas de este maravilloso mecanismo que es la cadena de suministro de la industria mexicana.

4.2 PRONOSTICO DE VENTAS

En manufactura el pronóstico es indispensable, pues es una de las entradas del ciclo de abastecimiento : compra de materias primas, contratación de personal, estimación de inventarios y del estimado de gastos generales. Incide precisamente en el tema central de esta tesis : en el Plan Maestro de Producción.

A continuación, se muestra un esquema que resume las necesidades del pronóstico de ventas dentro de una organización :



FUENTE ²¹ : Manual de Técnicas de Pronósticos. Madridako, S. et. al

En particular en la Industria Alimenticia se consideran las siguientes variables que afectan a la demanda :

- Precio de bienes sustitutos.

Los principales bienes sustitutos de las bebidas en polvo son :

- Agua embotellada.
- Bebidas carbonatadas.
- Jugos
- Producción doméstica de aguas frescas.
- Jarabes
- Listos para tomar
- Cerveza
- Vinos de mesa
- Otras marcas de bebidas en polvo

- Precio de Bienes complementarios.

Los tradicionales bienes complementarios son :

Agua natural
 Azúcar
 Otros edulcorantes artificiales y naturales

- Inflación
- Precio de Venta.

Este producto tiene una *elasticidad de precio* calculada en 1.63, lo que nos dice que es muy susceptible al precio al que se ofrece.

- Clima meteorológico.
- Actividad Promocional.
- Actividad de la Competencia.
- Crecimiento de la Población.

La mayoría de los expertos dividen a las técnicas de pronóstico en dos :

<p>Quantitativos Cualitativos</p>
--

En la Industria Alimenticia como en una gran variedad de industrias, la combinación de ambas técnicas es la más socorrida : se apoyan de la Estadística para conocer el comportamiento estándar de la demanda y también de los juicios de valor de la gente experta involucrada en el proceso para prever los cambios que harán la diferencia en los ciclos de tiempo a predecir.

La combinación de ambas técnicas se conoce como Pronóstico Q2 (Quantitative - Qualitative Forecasting). Para entender el proceso y cómo se interrelacionan ambas técnicas veamos sus características :

- **Fundamento Cuantitativo**

Existen dos enfoques comúnmente usados para determinar la parte cuantitativa del pronóstico Q2 y cada uno tiene muchas variantes.

El primero se refiere a las técnicas de Series de Tiempo el cual en su forma más simple, se conoce como pronóstico intuitivo, donde se asume que el mañana es como el día de hoy. Básicamente, se trata de recuperar el comportamiento histórico de al menos 3 años y extenderlo en los periodos futuros.

En los casos en los que no hay historia o muy poca para el empleo conveniente de las Series de Tiempo, se suelen ocupar las Técnicas de Regresión. Estas suelen ocuparse para desarrollar un análisis basado en una sola variable conocida. Existen también modelos más complejos que emplean variables múltiples en un esfuerzo por adecuar más exactamente el modelo.

En general, todo este proceso de cálculo se delega al proceso de cómputo del software más conveniente que produzca los resultados más satisfactorios de acuerdo al tipo de industria en el que se encuentre la organización en cuestión.

- **Filtrado cualitativo**

El pronóstico cualitativo se basa en el juicio y en general se presenta como una serie de filtros. Por ejemplo, se pueden usar una gran cantidad de juicios para modificar el pronóstico de ventas del siguiente año, entre las que se encuentran las tendencias en la macroeconomía, en las industrias de insumos, en segmentos de la misma industria, productos requeridos por la mayoría de los clientes o los lanzamientos de la competencia. Cada uno de los juicios que emitan los expertos sobre estos filtros servirán para ajustar el pronóstico cuantitativo.

Una vez que toda esta información se ha reunido se debe decidir cómo combinarla en un pronóstico Q2. Se recomienda partir de una base cuantitativa del pronóstico y mostrarla a los responsables sobre bases diferentes: como cuotas de ventas divididas por regiones geográficas para el personal de ventas, como análisis anual a la fecha (*Year to date*) para representar el crecimiento de la compañía para los Gerentes de Marca de Mercadotecnia y en unidades para la gente de Operaciones.

Una vez que se ha pasado la información a través de estos "filtros", se garantiza el consenso sobre los números finales del pronóstico.

3.3. PROCESO DE FACTURACION Y VENTAS

En el Anexo I mostramos la estructura de la fuerza de Ventas, que se encarga de negociar con los clientes y levantar los pedidos. El proceso central es la facturación. El proceso comienza cuando un representante levanta un pedido de venta. Este pedido puede ingresar por dos formas al sistema de la compañía : Por captura manual, en cuyo caso hay que presentar o la Orden de Compra del cliente o el pedido levantado, o bien a través de las modernas terminales **Hand Held**, las cuales son computadoras portátiles que se enlazan por medio de un satélite al sistema central de la compañía. Si se hace por medio de una Hand Held, se debe verificar que la transmisión del pedido haya sido correcta. Se debe ejecutar un proceso para actualizar el pedido en la base de datos de Ventas.

Posteriormente, el pedido pasa por una validación de la línea de Crédito del cliente para saber por cuánto se va a comprometer la orden del cliente y si ha sido puntual en sus pagos. Si no se autoriza, se debe comunicar al cliente y se

negocia la liberación del pedido. Si no hay problema, la orden del cliente ya ingresada pasa a un segundo estado, en el que se reserva el inventario para surtirla. Si no hay suficiente inventario, la orden se convierte en un **backorder** y si después de cierto tiempo no se ha podido surtir, se cancela el pedido por inventario.

Las cancelaciones de pedidos de clientes pueden generarse por varios motivos. En el cuadro adjunto se enlistan los motivos tipificados por la compañía en

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Por inventario. 2. Por distribución. 3. Por arrastre 4. Por crédito. 5. Promoción inválida 6. Cancelaciones manuales |
|--|

cuestión. De estos motivos, los tres primeros son causas de la Cadena de Suministro. Las cancelaciones por inventario es por falta de existencias del artículo facturado. Por distribución es la cancelación por falta de rutas que lleven el producto al cliente. La cancelación por arrastre en realidad es una

cancelación por inventario que se dan en pedidos compuestos por varios productos.

Así, si no hay existencia de uno de los productos del pedido, los demás no pueden entregarse, pues sería una orden incompleta. Hay clientes con quienes no hay problema por entregar parcialmente, pero cada vez son más los clientes que exigen entregas *smart* ("perfectas") en productos, cantidades y fechas. Las cancelaciones por promociones inválidas se refieren a facturas de promociones que ya no están vigentes. Las cancelaciones manuales se hacen por errores de captura del pedido. Posteriormente, comienza propiamente el proceso de surtido. Este comienza con la consolidación de las rutas, para optimizar el uso del transporte. Se elaboran las hojas de carga de los transportes y el programa de rutas por prioridades de los clientes.

Comienza el flujo de manejo físico de materiales. Se asigna el transporte de acuerdo a los programas de rutas y se hacen los surtidos. Es importante conocer el volumen para decidir el transporte y además si en los pedidos van productos que requieran refrigeración o no. Se hacen los surtidos de las órdenes y se cargan los transportes. En este momento, se entregan las facturas y las remisiones a los transportistas para entregarse junto con el pedido. Finalmente se embarcan.

El proceso no termina aquí, sino que una vez que la mercancía ha sido entregada, el transportista entrega las evidencias de entrega (que pueden ser las remisiones selladas o los sellos de la caja del trailer si se sellaron las puertas al embarcarlo). Se reciben y se registran las fechas en que se cumplió la orden. El diagrama del procesamiento de las órdenes de los clientes se muestra en la Anexo II.

3.4. PLANEACION DE LA PRODUCCION

3.4.1. PLANEACION MAESTRA

El Plan Maestro de Producción (MPS) es sin lugar a dudas, la parte más importante de la planeación. Es la representación de la demanda, los pronósticos, los pedidos pendientes por surtir, el inventario disponible proyectado, la cuota de producción y las políticas de administración del inventario ²³.

Representa lo que una compañía manufacturera piensa producir expresado en presentaciones específicas, cantidades y fechas. No es el pronóstico de ventas solamente, sino calculado contra el inventario existente disponible y el plan de producción global.

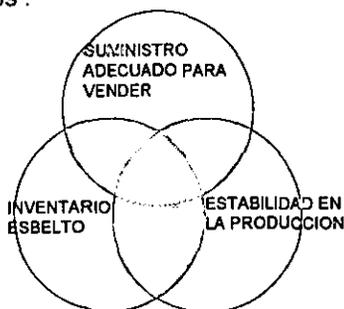
Un ejemplo de la elaboración de este Plan es el siguiente :

PLAN MAESTRO DE PRODUCCION - VERDURAS								
MES : JULIO			Planeador : 27					
No.Parte	Descripción	Inv. Inicial Julio	Pronóstico ventas Julio	Producción Julio	Inv.Proy. Agosto	Política Agosto	Pronóstico ventas Ago	
6114	Purè de Tomate	100	300	520	320	80%	400	
6231	Granitos de elote	300	200	50	150	100%	150	
6372	Avena precocida	50	500	900	450	75%	600	

El reto más grande en la elaboración del programa maestro de Producción consiste en balancear la demanda del producto con el suministro del mismo. La disyuntiva que presenta la elaboración de este trabajo es la siguiente:

1. ¿ Cómo conocer lo que el mercado demandará de un determinado producto bajo condiciones de incertidumbre ?
2. ¿ Cómo mantener la producción estable ?
3. ¿ Cuánto inventario se debe mantener en existencia para que sea óptimo en la cuestión financiera ?

La disyuntiva que enfrenta el planeador de la producción está circunscrita por tanto a tres ámbitos distintos :



Mientras que la demanda del mercado es completamente variable y depende de una gran cantidad de factores, la estabilidad en planta es de vital importancia. En efecto, cualquier cambio brusco en la operación de una fábrica hace que la parte fija del costo se incremente (p.ej. si se decide contratar a un nuevo grupo de obreros que trabaje un turno adicional a los habituales con los que trabaja la planta, el costo de la contratación termina asentado en el costo del producto. De igual forma la liquidación de personal termina reflejada en el mismo rubro).

La elaboración del MPS se enfrenta a una problemática específica que hace que el cálculo del mismo se haga más complejo de lo que pareciera en una primera instancia. De hecho, existe un autor (John F.Proud) que dice que la programación maestra es "más un arte que una ciencia." En efecto, entre otros factores importantes que afectan su cálculo correcto están los siguientes :

1. Inexactitud del pronóstico

El proceso de planeación maestra es un proceso dirigido por la demanda (*Demand-Driven*) de igual forma que el MRP. Así que la parte lógica por donde comenzar a revisar este proceso es en la previsión de ventas. Aunque haya compañías que no elaboren nada hasta que específicamente se les solicite por parte de un cliente y sea el cliente mismo quien asuma el costo de la producción, siempre debe existir alguna especie de pronóstico para poder programar algunas cosas mínimas : la gente de *staff* requerida (ingenieros de soporte, mantenimiento, etc.), algún inventario inicial de materiales e inclusive los lotes de refacciones de maquinaria.

El pronóstico juega además un papel importante en un ambiente de fabricación para *stock*. En un ambiente de fabricación sobre pedido, cada orden de cliente "jala" independientemente cada recurso necesario para satisfacerla especialmente si los productos son muy diferenciados. Sin embargo, los ambientes para *stock* son por regla general de volúmenes muy elevados y abarcan casi siempre productos poco diferenciados. Así que uno de los supuestos iniciales de la administración del inventario es qué cantidad de éste debe mantenerse en existencia previo a que comiencen a surtirse las órdenes de clientes.

Una de las premisas del pronóstico, irónicamente, es la de que no va a cumplirse nunca cabalmente, con la lógica confusión que esto genera en el piso de producción y en la cadena de suministro por completo.

Otro problema importante al no manejar el pronóstico adecuadamente proviene de la parte de Ventas. Muchas veces, el área comercial para asegurar que los faltantes o las cancelaciones de pedidos por falta de inventarios sean grandes, sobreestima el pronóstico. O por otro lado, lo subestima debido a las estructuras de comisiones de los agentes de ventas, planes de bonos y

objetivos de desempeño. Y demasiado a menudo, no hay penalización para la exactitud del pronóstico.

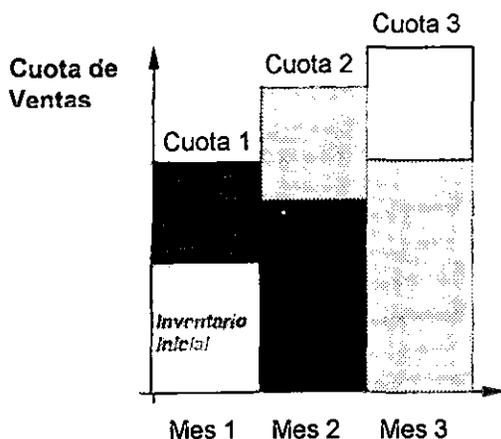
¿ Cuáles son los costos de esta ineficiencia ? Podemos citar algunos :

- Exceso de inventarios.
- Tiempo extra innecesario.
- *Stress* en el equipo de trabajo.
- Baja productividad.
- Capacidad ociosa.
- Altos desperdicios por arranques.
- Segundos estimados.
- Temor de la fuerza de ventas a comprometer fechas de entrega.
- Cambios en los compromisos hechos de rentabilidad ante los accionistas.

De cualquier forma, cualquier esfuerzo que se haga por mejorar continuamente la exactitud del pronóstico es una buena iniciativa. El pronóstico debe ser monitoreado continuamente para verificar su exactitud y mantener su validez. A fin de cuentas, muchas de las respuestas a los problemas de producción se encuentran en las manos del pronosticador y del planeador.

2. Sobrecarga del Plan Maestro

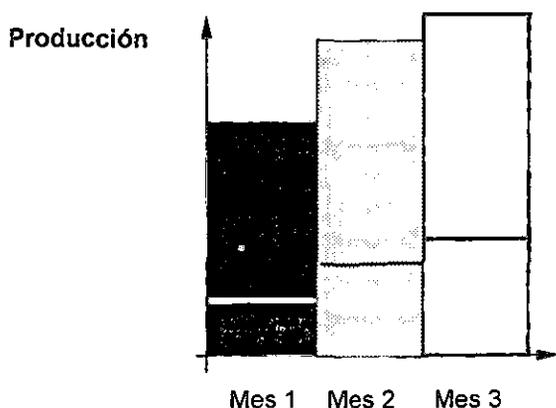
Un plan maestro se puede sobrecargar por varias razones. Puede ser porque se haya sobreestimado la cuota de ventas, tal y como se describió en el punto anterior. Otra causa también debida a la inexactitud del pronóstico es que no se arranque un determinado periodo de la planeación con el inventario final proyectado. Consideremos la siguiente gráfica :



Para esta gráfica, asumamos que el inventario inicial es real. Para alcanzar a cubrir la Cuota 1, se deberá fabricar por lo tanto el diferencial entre el Inventario Inicial y la Cuota 1. Si solamente se fabricara este diferencial, al

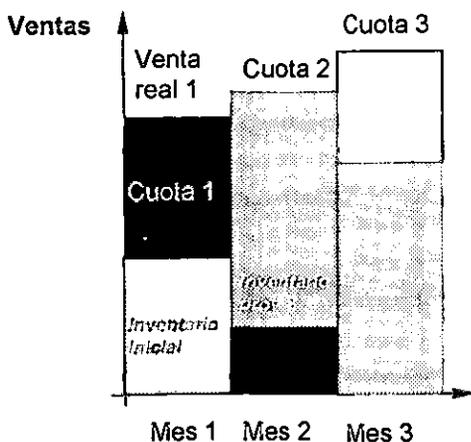
comenzar el mes 2 no existiría inventario al inicio. Por lo tanto, se deberá fabricar un determinado porcentaje de la Cuota 2 (llamado *Política*) para comenzar el Mes 2 con existencias. Esta producción de inventario del Mes 2 se fabrica en el mes 1 junto con la diferencia entre inventario real y cuota del Mes 1. Similarmente para la cuota del mes 2 y el inventario inicial del mes 3.

De esta forma, las gráficas de la producción proyectada para cada uno de los meses se vería de la siguiente forma :

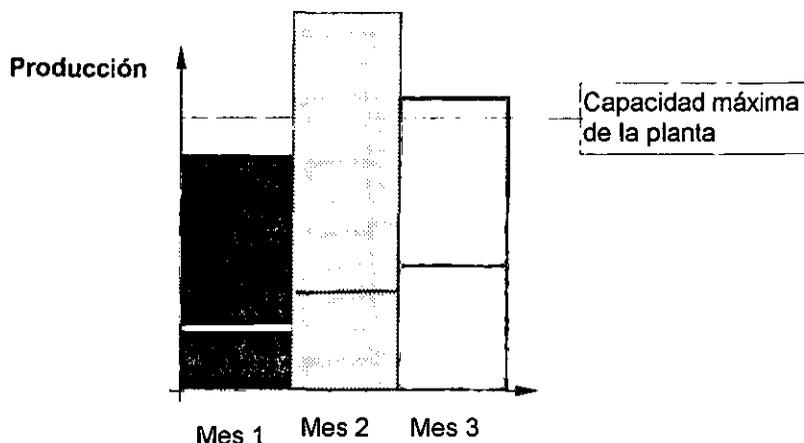


¿ Cómo se puede sobrecargar un plan maestro ?

Si hay una disparidad importante entre la cuota de ventas y la venta real en el mes 1, parte del inventario del mes 2 que se construye en el mes 1 sirve para cubrir esta disparidad. Entonces, el inventario inicial real del mes 2 es menor al proyectado, como se muestra a continuación :



Así que la producción resultante después de esta disparidad se muestra a continuación :



Así, el esquema de la planeación maestra ha fallado. No se alcanzarán a cubrir los niveles de inventario "política" con que se administra el inventario. Se producen además, otros efectos secundarios en producción : la productividad se va al suelo, se incrementa el gasto de tiempo extra, los tiempos de cambio no se aprovechan como se debería, se hacen comunes los paros de líneas por falta de materiales, el *stress* está rampante, los costos de distribución se incrementan por la urgencia con que se despachan los transportes, se ocupan fletes aéreos, etc.

La solución a este problema comienza con una buena dosis de honestidad en torno a los números, en beneficio de la misma compañía, implementando el Plan de Ventas y Operaciones que se citó en el Marco Teórico de esta tesis.

3. No se cubre el plan de ventas.

¿ Qué sucede si las órdenes esperadas no se materializan ? Inevitablemente, el inventario comienza a crecer más de lo esperado, tanto en la parte de materiales como en la parte de productos terminados. De igual forma, la planta disminuirá su ritmo de producción paulatinamente.

El administrador del plan maestro comienza su búsqueda de actividad para eliminar capacidad ociosa. Esto puede resultar positivo para el periodo actual pero probablemente se resienta en el siguiente. El optimismo indica que se construya el inventario para las órdenes que seguramente llegarán. El pesimismo puede llevar a reducir inmediatamente la capacidad de la planta despidiendo a la gente prematuramente.

El pragmatismo busca soluciones alternativas. Puede ser que se decida elaborar partes comunes y hacer una especie de mutación temporal a un

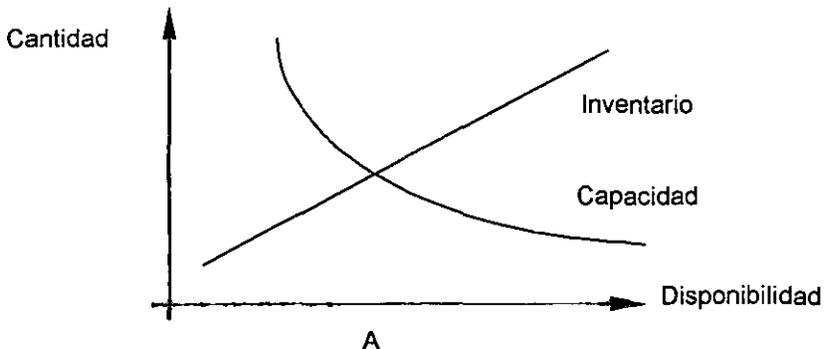
ambiente de ensamble sobre pedido, y además, se buscará reprogramar las entregas de materiales a fechas posteriores. Quizá también se puedan asignar los recursos disponibles de manufactura a otras actividades útiles como algo de mantenimiento. Por supuesto, esto requiere flexibilidad en las manos de planeador, y todo termina por llegar a un límite.

4. Lanzamientos y nuevos diseños.

Si bien es cierto que el pronóstico no se cumple a cabalidad casi nunca, el problema merece un comentario aparte cuando se habla de un nuevo lanzamiento o un cambio en el diseño. Son dos problemas muy similares que deben enfrentarse de manera especial, pues el estimado de ventas y los nuevos materiales que se deben pedir por estas razones afectan tanto la programación de los nuevos y los viejos productos como la administración de la capacidad de la planta.

5. Construcción del inventario

Otra decisión importante que se debe tomar para la creación del Plan Maestro de Producción es la de los niveles de inventario a mantener en *stock*, ya sea que se fabrique para inventario o se fabrique para pedido. Por regla general, esta situación se confronta con la disponibilidad de capacidad. El análisis de esta decisión se encuentra mostrado en la siguiente gráfica :



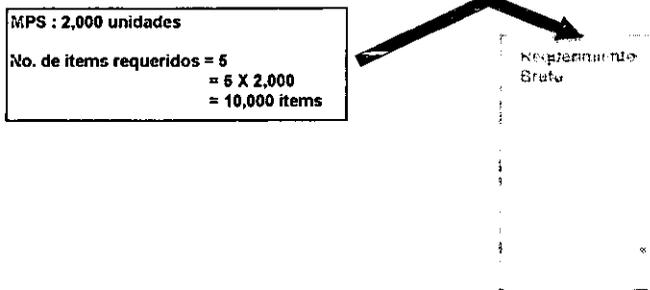
Si el inventario se encuentra por debajo del punto A, entonces se corre el riesgo de no tener el inventario suficiente y caer en faltantes y cancelaciones. Si por otro lado, el inventario está en un punto muy superior al A, la compañía podría encarar una situación de inventario invendible. Además, por regla general (y en especial para la industria alimenticia) siempre existen algunas cuestiones de *vida de anaquel* que el excedente de inventario podrá provocar que se vuelvan catastróficas (p.ej. que se deba destruir el producto terminado por caducidad).

El óptimo siempre queda en un nivel razonable entre ambas disponibilidades y el encontrarlo es parte del *arte* requerido para construir un Plan Maestro ²⁴.

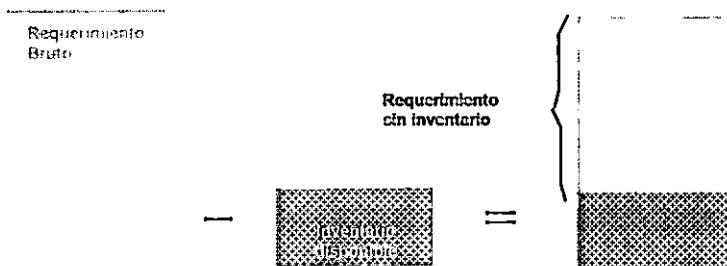
3.4.2. PLANEACION DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES

La Planeación de Requerimientos de materiales se define como " Un conjunto de técnicas que usa la lista de materiales, inventarios y el Plan Maestro de Producción para calcular las necesidades de materiales. Además, dado que está dimensionado en el tiempo, hace recomendaciones para retrasar o adelantar órdenes de compra cuando las fechas requeridas y las fechas reales no corresponden. El MRP toma los artículos listados en el Plan Maestro de Producción y determina la cantidad de componentes y materiales requeridos para producir estos artículos y la fecha en que se requieren tanto los materiales como los componentes " ²⁵ .

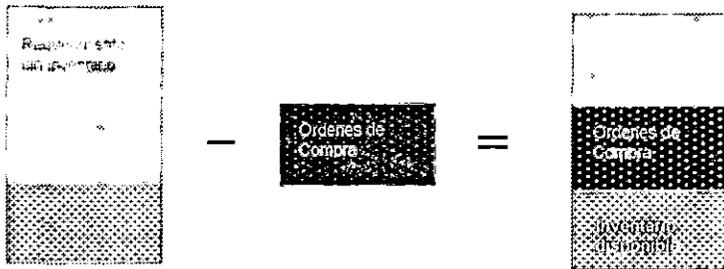
El proceso de cálculo del MRP es relativamente simple. La entrada del sistema de planeación de la producción es el Plan Maestro y es este mismo quien alimenta al MRP, diciéndole cuánto se debe producir para una fecha determinada. Lo que hace el MRP es multiplicar esta producción requerida por la cantidad de semiterminados necesarios para realizar la producción tal y como se lo indica la lista de materiales. Esta lista original de necesidades se conoce como el **Requerimiento Bruto**. Se ilustra en el siguiente diagrama:



El requerimiento bruto no es la cantidad a procesar, sino que a éste debe restársele la cantidad de inventario disponible en el almacén de ese material o de ese componente. Este inventario se le llama inventario disponible :



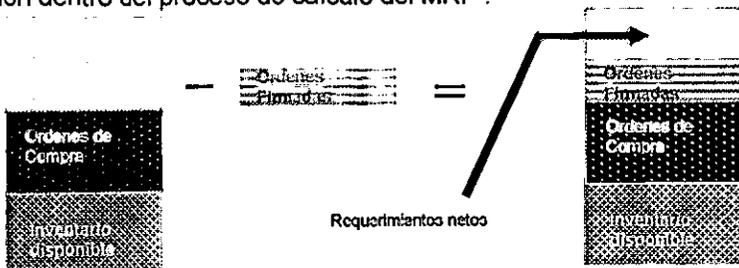
Al requerimiento sin inventario debe restársele todavía las órdenes de compra firmadas y que se refieren a materiales que están por ser entregados. En este punto es importante la validación de las fechas que hace el MRP y que sigue la siguiente lógica: siempre se tratará de adelantar lo que ya está pedido y de retrasar lo que no se requiera en el futuro próximo y que esté dentro de los tiempos normales de entrega del proveedor.



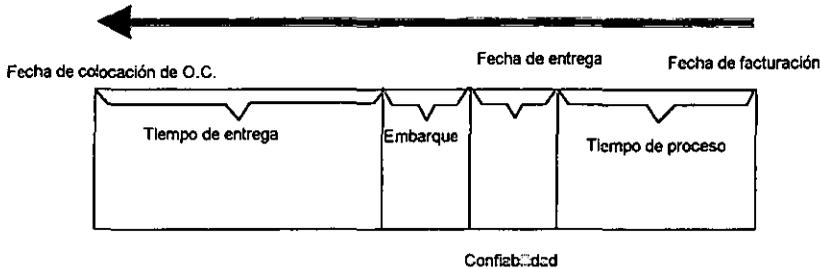
La mayoría de los sistemas tradicionales de Planeación de Requerimientos de Materiales terminan aquí, y consideran a la diferencia resultante como la cantidad neta a ordenar. Sin embargo, en la **Industria que Produce para Stock** la mayoría de los materiales se encuentran bajo contrato, lo que implica que mientras la cuestión comercial ya está firmada (proveedores, precios, descuentos por volumen, etc.) la parte de programación de entregas queda abierta a las necesidades del cliente. Dependiendo del tipo de arreglo y del material específico, se crea otro tipo de órdenes de compra llamadas **Órdenes Firmadas** y corresponden a pedidos no respaldados por una orden de compra pero considerados dentro de la planeación.

Como es bien sabido, en el proceso de cálculo del MRP las órdenes de compra sugeridas pero no firmadas son eliminadas del sistema cada vez que se corre el proceso regenerativo. Las órdenes firmadas no se borran y se consideran dentro de la planeación. Un ejemplo de cómo se ocupan las órdenes firmadas es cuando se maneja material a consignación o se pasa un estimado de programación para un ciclo largo de tiempo para que el proveedor lo produzca y lo entregue poco a poco en ciclos más cortos de tiempo.

Así, si se trabaja con órdenes firmadas, se debe considerar la siguiente operación dentro del proceso de cálculo del MRP :



La parte final del proceso de cálculo del MRP se llama Cálculo de Tiempos de Entrega (*Lead Time Offsetting*). En este punto, se calculan las fechas de cuándo deben de comenzarse las actividades del pedido con una técnica conocida como *Backward Scheduling* o Programación hacia atrás. Un ejemplo de esta técnica se muestra a continuación :



En este ejemplo, se comienzan a calcular las fechas tomando como referencia la fecha deseada de facturación al cliente. El proceso de producción o de liberación de la orden de producción a piso es otro periodo de tiempo a considerar. Antes de que sea requerido el material en planta, conviene tenerlo con anticipación de acuerdo a la estadística de entrega del proveedor y que marca su confiabilidad, tomando ésta como el día promedio de días demorados (considerando entre otros factores el modo de transporte por el cual se desplaza la mercancía p.ej.).

Finalmente, después de procesar el tiempo de embarque y de procesamiento del material en la fábrica del proveedor, se calcula la fecha límite en la cual debe de "colocarse" (o pedirse) el material al proveedor.

El horizonte de tiempo mínimo que debe considerarse para el cálculo del MRP debe coincidir al menos con el *lead time* de entrega más largo, entendido éste como la suma de los tiempos anteriores.

3.5 ALMACENAMIENTO

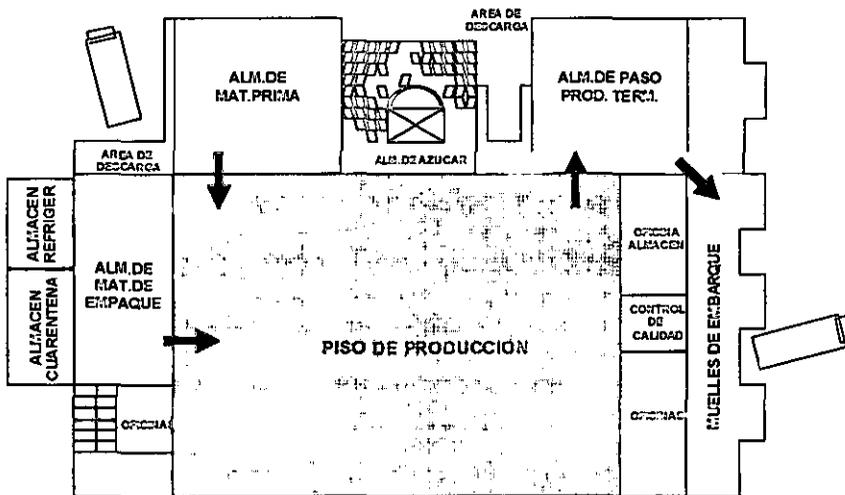
Un punto que generalmente se pasa por obvio pero que en realidad debe ser un presupuesto para asegurar la eficiencia de la cadena de suministro es el manejo de los inventarios. La exactitud de su control y el manejo físico que se le da al inventario en sus diferentes etapas puede convertirse plenamente en un factor de éxito o de fracaso de la cadena de suministro completa. Sin un sistema eficaz de almacenamiento funcionando, no es posible hablar de planeación, ni de un abastecimiento eficiente, ni de un buen ritmo de producción, y finalmente, la suma de estas ineficiencias termina registrándose en la calidad del producto, mucho más si hablamos de la industria alimenticia.

En general, podemos hablar de cuatro factores críticos sobre los que debe medirse el desempeño del almacén :

1. Diseño y utilización del lay out del almacén
2. Identificación del material
3. Sistema de registro y control de los inventarios
4. Entrenamiento y participación del personal

• Lay Out

La figura mostrada da una idea del *lay out* del almacén descrito en este trabajo. Básicamente se manejan inventarios de azúcar, materia prima, material de empaque y producto terminado.



El diseño del almacén debe buscar que los recorridos entre los diferentes puntos de recepción y de surtido sean los mínimos, de manera que se disminuyan los trayectos y se evite el contacto con los materiales o el producto terminado lo más posible.

Es rara una compañía cuyo almacén permanezca sin cambios a través del tiempo y no evolucione. Es bastante común que el almacén inicie en una esquina del área de producción y su necesidad de espacio crezca o disminuya conforme la demanda del piso de producción. Junto con esta necesidad de espacio, la mezcla de inventario almacenado dentro del almacén siempre está bajo un constante estado de transición debido a la introducción de nuevos productos, cambios de ingeniería, discontinuación de viejos productos, etc. Una mezcla cambiante de inventario requiere de la constante actualización de las localizaciones de almacenamiento, un mejoramiento continuo en las técnicas de

manejo de los materiales y aun un *lay out* siempre flexible para satisfacer las necesidades de almacenamiento. Un almacén estático sin un proceso de constante revisión es un almacén condenado a salirse lentamente de control ²⁷.

De igual manera, el diseño del almacén debe contemplar que sea lo más seguro posible para que las maniobras que se realicen en él no pongan en riesgo ni a los materiales ni a las personas.

Debe recordarse que en la medida en la que se implemente como elemento de control el conteo cíclico ABC de los materiales, los materiales A (mayor volumen y costo) deben estar más cerca de las zonas de surtido y su manejo debe ser más accesible que los C.

• Identificación

En cada una de las etapas por las que pase el material (inspección, cuarentena o inspección bacteriológica, liberado, disponible, retenido, rechazado) siempre debe identificarse plenamente el estado que guarde el material dentro del almacén. Es tan necesaria la exactitud de los inventarios físicos como la exactitud del estado que guarde el material en el almacén, principalmente en la industria alimenticia, donde el manejo sanitario hace esta función vital. Sin una correcta identificación, el material está condenado a ser relegado y aun a volverse obsoleto o caduco.

El almacenamiento es crítico para que la vida de anaquel del material se prolongue. En general, se buscan condiciones secas, ventiladas y templadas, aunque algunos materiales deben aislarse del contacto con el aire para minimizar el riesgo de una rápida oxidación, y otros deben permanecer en condiciones de baja temperatura para que sus propiedades físicas permanezcan sin alteración.

Una regla nemotécnica usada regularmente para conocer el tipo de material en referencia consiste en asignar a los números de parte del sistema una serie lógica que identifique familias de materiales de modo que pueda conocerse las reglas de manejo de cada familia. En el cuadro mostrado aparece un ejemplo de algunas reglas nemotécnicas por familia.

TIPO INVENTARIO	P	MATERIA PRIMA
P	0	Aditivos
E	1	Saborizantes
S	2	Aromatizantes
0	3	Conservadores
	4	Vehículos
	5	Acidos
	6	Colorantes
	7	Extractos natur.
	8	Sustitutos
	9	Temporales

Con el advenimiento de los conteos cíclicos, el manejo del surtido y de la misma recepción cobra gran importancia. En lugar de realizar grandes cortes mensuales de inventario físico, un correcto manejo del almacén se encarga de surtir por lotes completos, y de

mantener paletizado y entarimadas recepciones completas, de modo que cuando no se surtan y permanezcan sin cambio, ya no necesiten volver a contarse o pesarse en el conteo cíclico ciego, sino solamente los lotes incompletos, agilizando el control del almacén.

- **Registro y control**

El proceso tradicional por el que pasa todo el material es el siguiente :



De acuerdo al código de buenas prácticas de manufactura, todas las recepciones deben acompañarse con un certificado de control de calidad emitido por el proveedor.

El manejo de materiales para la industria alimenticia requiere que todo el personal que esté directamente involucrado con su manejo físico deba estar sano y libre de enfermedades contagiosas aun temporales, use cofia para el cabello y cubrebocas, en algunos casos guantes, y siempre debe usar bata o un uniforme aséptico, además de las reglas dictadas por seguridad industrial, como lo pueden ser zapatos de seguridad y casco de protección.

Los inventarios necesitan ser controlados, y el control viene de manejar los materiales eficientemente y plasmar el esfuerzo físico realizado en el sistema. Un ejemplo sencillo de la información que aparece en una cédula de almacén se muestra en el diagrama anexo. Esta misma información debe de registrarse en el sistema de administración de inventarios.

CEDULA DE ALMACEN	
Fecha recepción:	____/____/____
No. de parte :	_____
Cantidad recibida :	_____ Unidades : _____
Localización de ingreso :	_____
Lote :	Reck : _____ Nivel : _____
Fecha de caducidad :	____/____/____
Surtidor :	Turno : _____

Cada uno de los pasos por los que debe pasar el material en cada etapa se realiza a través de las transacciones del sistema de administración de inventarios, en este caso PRISM. Las transacciones afectan las cantidades y los estados del inventario. Deben ser la única vía formal de administrar estos recursos, tanto contable como operativamente. La realización de actualizaciones periódicas y del mantenimiento de la veracidad de la información del sistema debe formar parte del control del inventario del almacén y del piso de producción.

- **Personal**

Finalmente, el elemento que hace posible que todo el sistema planteado anteriormente sea una realidad es el personal. Debido a la necesidad de mantener los inventarios actualizados y exactos, se puede caer en la tentación de contratar un grupo de empleados que se dediquen a mantener la información en el sistema y otro grupo de gente que se dedique a surtir el material y a manejar físicamente el material. Esto es un error : la única forma de mantener vigente la información del sistema es cuando el grupo de gente que maneja el material en la práctica es el mismo grupo que necesita tener actualizada esa misma información en el sistema.

Además, esto crea un sistema de pertenencia en el grupo de trabajo que hace que los miembros del equipo de producción también se preocupen por mantener vigente la información en el sistema, pues las diferencias en inventario no podrán ser imputadas al almacén. En la práctica, esto crea que las diferencias puedan ser fácilmente aclaradas y casi inmediatamente que surjan.

Este mismo personal debe ser responsable de otras actividades, como la limpieza del *site*, el uso correcto del equipo de manejo de materiales (bandas, patines, montacargas), la rotación de los inventarios de bajo desplazamiento para mantener vigentes los FIFOS, la optimización del cubo de almacenamiento y la correcta estiba de los materiales.

El resultado concreto de estas prácticas en el almacén descrito anteriormente es que la exactitud del inventario en el año de 1997 fue de 99.7%. Sin lugar a dudas un resultado impresionante.

3.6. ABASTECIMIENTOS

Tradicionalmente, se le llama proceso de abastecimiento al ciclo de suministro de materiales, que puede incluir o no algunos semiterminados comprados que intervienen en el proceso de producción ²⁸.

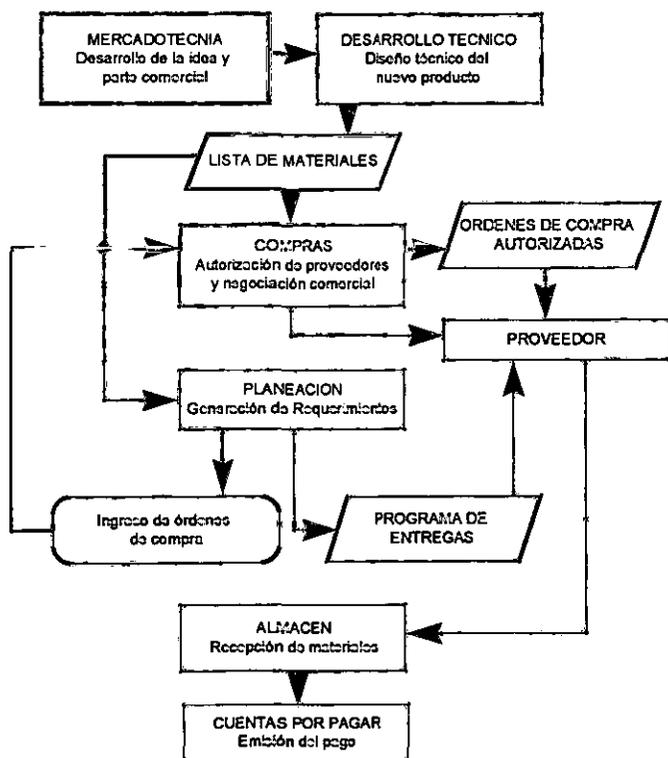
El procurar la disponibilidad de insumos para la conversión de éstos en productos terminados denota tanto una función como una responsabilidad. Dentro de los usos comúnmente aceptados en la industria, el proceso del suministro de materiales se liga con la función de Compras, es decir, con la acción comercial de adquirir estos bienes.

Sin embargo, en la industria de fines de siglo este concepto comienza a hacerse más amplio. En efecto, con la diversificación de los mercados y las tendencias globalizadoras de la década de los noventa, se ha demostrado que en realidad

este proceso debe quedar bajo la responsabilidad de un grupo interrelacionado de profesionales especialistas en diferentes áreas y que incluye desde los técnicos expertos en las características tangibles del insumo, hasta aquellos que hacen posible su traslado físico al lugar en donde es requerido este bien, pasando por los responsables de que esta operación se realice bajo las condiciones comerciales más benéficas posibles para la empresa que emprende esta actividad.

Así, la procuración de los insumos no es sólo responsabilidad de Compras, sino también de los departamentos de Diseño de Productos (que son quienes deciden qué es lo que se debe adquirir), de Planeación de la Producción (que se encarga de solicitar estos recursos en las cantidades y fechas apropiadas para la fabricación de bienes terminados) y de Cuentas por Pagar (quien es finalmente el responsable de pagar estos materiales).

En la Industria Alimenticia, generalmente el flujo que sigue este proceso es el siguiente :



1. Mercadotecnia.

Es de quien parten las iniciativas de nuevos productos o la modificación de los ya existentes para lograr la mayor aceptación posible en el mercado.

2. Desarrollo Técnico.

Es un área dominada por ingenieros químicos, en alimentos y químicos farmacéuticos, encargados del diseño de los productos alimenticios que cumplan tanto con las legislaciones existentes, desde sanitarias hasta comerciales, dentro de márgenes de rentabilidad óptimos.

3. Compras.

Se encarga de elegir al proveedor que satisfaga con los requerimientos técnicos del área de Desarrollo Técnico bajo las condiciones comerciales más satisfactorias. Como ya se comentó anteriormente, la Industria Alimenticia (como muchas otras) es una industria de altos volúmenes y de productos estándar, poco diferenciados, lo que comercialmente se traduce con un fuerte poder de negociación del productor frente a los proveedores. En efecto, es especialmente importante contar con fuentes de suministro de al menos, la misma escala que el productor, para garantizar la disponibilidad de insumos en las cantidades necesarias, o bien el dividir el volumen de compra entre varios proveedores que alcancen a satisfacer las necesidades de materiales.

Por otro lado, dado que la mayor parte de los alimentos tienen cortas vidas de anaquel y son generalmente inestables químicamente hablando (se oxidan pronto, se evaporan, se aglomeran, se derriten, se descomponen en otros compuestos, etc.), la cercanía geográfica entre los proveedores y las plantas transformadoras debe ser considerada o bien, la disponibilidad de almacenes con condiciones controladas (temperatura, humedad, estibaje, etc.). Estos factores generalmente deben quedar amarrados en una buena negociación comercial, antes de darle participación del negocio a un nuevo proveedor.

4. Planeación de la Producción.

Se encarga de solicitar los materiales que se requieren para la producción planeada con los proveedores previamente autorizados por Compras. Así, mientras que Compras negocia precios para un cierto periodo de tiempo con base en volúmenes estimados, el área de Planeación se encarga de solicitar en intervalos más frecuentes de tiempo. La responsabilidad queda pues, delegada dentro de las funciones de planeación operativa de esta área.

4.1 Expedición.

Es un departamento que depende de Planeación de la Producción responsable de establecer contacto continuo con los proveedores para garantizar la disponibilidad de materiales a las plantas productoras. Se encarga del cumplimiento de las órdenes de compra fincadas por Planeación. Esta figura es de notable importancia en una fábrica mexicana

de fines de siglo, pues es en quien finalmente recae la actividad del suministro.

En las áreas de Planeación desde finales de la década de los setenta se ha observado el surgimiento de la figura del planeador-comprador que se define como la persona cuya función principal es comunicar a los proveedores las necesidades de suministro en cantidades y fechas.

Se encargan del análisis de fechas y cantidades requeridas de los insumos, la comunicación a los proveedores de la programación de entregas, hacer el *follow-up* y resolver problemas de estas entregas, así como tomar decisiones sobre aquellos recursos que no llegaran a tiempo y que ponen en riesgo la actividad de las líneas de producción.

El surgimiento de esta figura libera a los compradores de la colocación y expedición diaria de los órdenes de compra y los faculta para poder participar más activamente en reducciones de costos, negociaciones a largo plazo, selección asertiva de proveedores, fuentes alternas de suministro, etc.

5. Almacén.

Se encarga de recibir físicamente los materiales y checar la documentación correspondiente (remisiones o facturas y órdenes de compra) a los materiales que el proveedor ha enviado. Envía esta documentación, previa inspección física y cotejo con los papeles para su pago.

6. Cuentas por pagar.

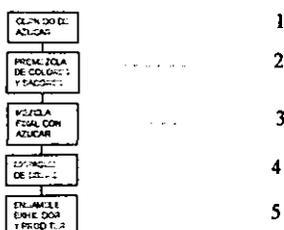
Una vez que ha recibido los documentos que amparan que efectivamente se cubrió la orden de compra, procede a pagar por las cantidades entregadas conforme al precio pactado en la orden de compra.

3.7. PROCESO DE PRODUCCION

El proceso de Producción de las bebidas en polvo es relativamente simple. Nos encontramos en un ambiente de manufactura que produce para inventario, por lo que la Planta cumple con ciertas características típicas de este ambiente :

1. El producto producido es estándar y poco diferenciado.
2. El proceso está orientado hacia grandes volúmenes.
3. El equipo es poco flexible para hacer otro tipo de productos.
4. Las rutas de trabajo son fijas.
5. Las cargas en los centros de trabajo son estables.
6. No hay gran variedad de operaciones.
7. Es ideal para la automatización.

El proceso de producción pasa por las siguientes etapas :



En sí, la fábrica está dividida en tres departamentos : Mezclas o Preparación, Empaque y Ensamble. Las tres primeras operaciones se realizan en el departamento de Mezclas, la cuarta operación en el departamento de Empaque y la quinta se realiza en Ensamble.

Como es lógico suponer, los tres departamentos cuentan con diferente equipo. A continuación, se muestra una tabla con el equipo productivo más representativo de cada área, así como el personal que labora en cada centro :

	MEZCLAS	EMPAQUE	ENSAMBLE
EQUIPO	6 Mezcladoras de listones	2 Pouchkings Jones de Alta Vel	2 Bandas móviles
	1 Elevador de canchilones	2 Pouchkings Jones de Baja Vel	2 Encartonadoras Wrap Around
	2 Cernidores de tamiz de 15 mm	1 PK 4000 Key de alto rendim	
PERSONAL POR TURNO	10 obreros 5 operadores 1 supervisor	25 obreros 5 operadores 2 supervisores	45 obreros 2 operadores 2 supervisores

El proceso comienza con el cernido del azúcar. No existe propiamente un almacén para el azúcar, sino que ésta se entrega directamente al departamento de mezclas para que sea cernida inmediatamente. Por esta razón, las entregas de azúcar deben programarse *justo a tiempo*.

El cernido de azúcar se hace con objeto de que este vehículo pase a través de un tamiz o malla de manera que los gruesos del azúcar sean filtrados antes de pasar al resto del proceso. Esto se hace porque como el polvo se empaqueta en una estructura laminar de papel y aluminio básicamente, si el tamaño de la partícula del azúcar es demasiado grande, puede provocar microfisuras no detectables a simple vista que podrían ocasionar que bajo un ambiente de humedad la mezcla se aterrone y no se diluya en agua al momento de que el consumidor trate de preparar la bebida en polvo.

La operación del cernido la efectúa una plantilla de obreros que cogen el saco de azúcar, lo descosen y lo voltean sobre el cernidor. Este cernidor está vibrando intermitentemente para que el azúcar pase por la malla. Una vez que

se ha separado el azúcar gruesa de la fina, pasa por un tornillo sinfin que mueve el azúcar hacia un elevador de cangilones.

Este elevador de aproximadamente 30 metros de longitud, lleva el azúcar cernida a un mezzanine en donde están las mezcladoras. En este mezzanine se preparan las premezclas conforme a la fórmula, las cuales contienen los colores y los sabores de las bebidas en dosificaciones muy concentradas. Los obreros premezcladores pesan cada uno de los ingredientes en balanzas analíticas y lo separan en bolsas de polietileno asépticas. Estas bolsitas conocidas como "pesadas" contienen la cantidad requerida de este ingrediente para un lote de producción. El lote mínimo en mezclas es de 1 tonelada. Se preparan premezclas para un día completo de producción en una mezcladora especial, dedicada exclusivamente al menos un turno a esta actividad.

Una vez que se ha elaborado la premezcla, se guarda en costales. Cuando se va a elaborar un lote de mezcla se toma la premezcla y se dosifica conforme a la fórmula. En general, a las premezclas se les añade azúcar, ácido cítrico, citrato de sodio, enturbiantes, ácido ascórbico (vitamina C) y otros vehículos o conservadores que formaran la mezcla final.

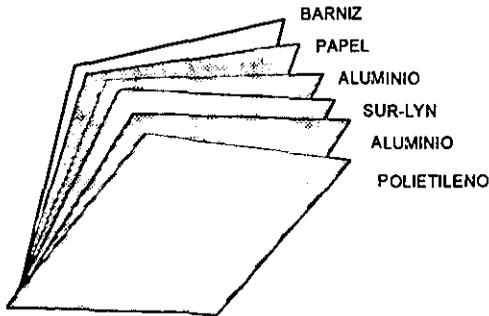
El tiempo de mezclado para cada presentación y sabor varía dependiendo del tiempo necesario para que se integren todos los ingredientes uniformemente, pero oscila entre los 25 y los 40 minutos. En este tiempo, todos los ingredientes del lote se depositan en la mezcladora, que es una coraza de acero (similar a un tinaco) con una flecha también de acero adentro de ella. Esta flecha tiene solenoides de acero inoxidable, como las batidoras domésticas comunes, cuya función es mezclar una y otra vez a los ingredientes, hasta que se integren completamente.

Una vez que se ha terminado el tiempo de mezclado, el producto se pasa por gravedad a tolvas, las cuales se encuentran en la parte inferior del mezzanine. En este punto, se toma una muestra del polvo mezclado y se lleva al Laboratorio de Control de Calidad, quien se encarga de verificar que el producto se encuentre dentro de las especificaciones correspondientes y se pesan las tolvas para control de piso. Una vez que el producto se aprueba, se monta la tolva sobre uno de los ductos que alimentan a las *Pouchkings* para que baje por gravedad y se dosifique en los sobres.

El departamento de empaque se encuentra en la planta baja de la fábrica. El polvo suministrado por máquinas entra por la parte superior de la ensobretadora o *Pouchking*, la cual es una máquina compleja pues se encarga tanto de dosificar el polvo en el sobre como de sellarlo, y todo esto a una gran velocidad.

El sobre está hecho de una estructura laminar compuesta básicamente de papel, aluminio y películas de polietileno. En el diagrama mostrado a

continuación se detalla la composición de la laminación, la cual es de vital importancia para la conservación del producto en condiciones óptimas.



En la *pouchking* se montan las bobinas de este material, que es tomado por la máquina y doblado longitudinalmente e introducido en los dosificadores, que están colocados en un carrusel, por medio de la lectura de fotoceldas que vienen registradas en la laminación y sirven para separar cada impresión independiente.

La laminación doblada es colocada sobre unas guías del carrusel, que son resistencias que se encargan de fundir el aluminio de la estructura laminar junto con el Sur-lyn, que es una laminación simple de DuPont con excelentes características selladoras y que también es termofusible. Ya montadas sobre los formatos de estas guías, los dosificadores llenan cada sobre con la cantidad exacta de polvo y lo sellan por la parte superior.

Posteriormente, se codifica cada sobre con el lote de producción, fecha, hora y máquina en donde se elaboró para poder realizar un seguimiento post-venta si fuera necesario. El sobre ya identificado y armado se corta del resto de los sobres y sale de la máquina.

Hasta aquí hemos hablado de la elaboración del producto y de su empaque. Sin embargo, esta no es la presentación final para venta. Los sobres se venden por caja que contiene varios exhibidores. Esta tarea se realiza en el departamento de ensamble. A diferencia de los demás centros de trabajo, este departamento es preponderantemente de mano de obra, porque cada presentación lleva una cierta cantidad de sobres que hay que contar y guardar en exhibidores.

Las *pouchkings* se encargan de producir los sobres, sin embargo, el manejo de ellos es responsabilidad de Ensamble. A las máquinas rápidas se conectan dos bandas móviles que se encargan de mover el sobre saliente a las mesas de ensamble. A estas bandas se les llama " Líneas Turbo ". Este concepto ha hecho que la productividad de esta Planta se incremente radicalmente, pues se elimina una gran cantidad de operaciones que no agregaban valor al proceso

(como la generación de graneles, captación y surtido posterior del sobre) y se automatizó el manejo del sobre.

Las mesas de ensamble son pequeñas estaciones de trabajo en donde el ensamblador arma el exhibidor semi-automático de cartón plegadizo. Toma una cierta cantidad de sobres de acuerdo a la presentación y al sabor que esté armando, lo cuenta y lo acomoda en el exhibidor. Cierra el exhibidor y lo pone en la banda superior que corre paralelamente a la banda transportadora de sobre. Sobre esta banda paralela se transportan los displays ya armados y con producto, hasta las máquinas encartonadoras, que son máquinas automáticas que cuentan la cantidad correcta de exhibidores y los envuelven con una hoja de cartón corrugado, mientras que arman la caja y pegan con adhesivo los extremos de la caja así formada. Se encinta la caja, se codifica y se estiba en tarimas. El cursograma analítico de este proceso se muestra en el siguiente diagrama.

CURSOGRAMA ANALÍTICO		OPERARIO Y MATERIAL / EQUIPO		R E S U M E N		
DIAGRAMA núm 1	HOJA núm 1	ACTIVIDAD	ACTUAL	PROP.	ECONOMIA	
Objeto		OPERACION	20	-	-	
Cajas con 3 exhibidores con sobre de 35g de botellas en polvo		TRANSPORTE	0	-	-	
Actividad		ESPERA	1	-	-	
Cenir, Mezclar, Empacar y Ensamblar el objeto		INSPECCION	1	-	-	
MÉTODO ACTUAL / PROPUESTO		ALMACENAR	1	-	-	
LUGAR Planta de Botellas		DISTANCIA (metros)	111.0	-	-	
OPERARIO(S)		TÍPICO (minutos)	153.0	-	-	
CORRESPONTO POR V.P.		COSTO				
APROBADO POR FECHA		MANO DE OERA MATERIAL	H.D.			
DESCRIPCION		CANT	DISTANCIA (m)	TIEMPO (m:n)	SIMBOLO	
Comida de Acción		1		Continuo	O D D N V	
Mover cosas al comedor				0.5		
Depositar cosas						
Volver cosas en el comedor						
Cenir y limpiar						
Elevación con escalones			30.0		1 elevador	
Esperar				N.D.		
Volver cosas al comedor y embalar		Variable				
Distancia de material						
Recepción de inyectores						
Disponición en mezcladores						
Mezclar				30.0	1 lot 1,000 lit	
Llenado de botellas						
Atmosferización					Máximo 1 comprimido	
Mesa de 1 ton		1000 Kg				
Distancia de material						
Recepción de inyectores						
Disponición en mezcladores						
Mezclar				30.0	1 lot 1,000 lit	
Vacío de Tolera						
Llenado de Comed de Comida		0.5 Kg			Llenado 10 p. 1	
Mezclar en ducto						
1500 lit 1000 lit				0.5		
Empaque de sobre		1000 Kg				
Materia prima						
Doblar y sellado de sobre				60.0	Empaque de 1 ton	
Disponición en sobres						
Código en						
Corte de sobre						
Ensamblado Producto Terminado		1		5.0		
Mover sobre en línea burbuja			25.0		Distancia promedio 25.0 m	
Distancia de sobre						
Arma de est. 3.0						
Cambio y acomodo de sobre						
Corte de est. 3.0						
Transportación embaladora			25.0		Distancia promedio 25.0 m	
Ensamblado de est. 3.0						
Código y envasado est. 3.0						
Arma de est. 3.0						
Ensamblado			30.0			
TOTAL				111.0	153.0	20 C 1 1 1

Esta Planta parece simple tal y como la hemos descrito en este apartado. Sin embargo, a esta descripción le hacen falta dos características más que no habíamos mencionado :

1. Los sobres que se producen en esta planta son prácticamente idénticos. Lo que los diferencia es el empaque que corresponde a cada marca específica. También el peso, pues no todos son dosificados en la misma cantidad. Este es un cambio menor que las *pouchkings* enfrentan muy fácilmente. El problema se presenta en la limpieza de las máquinas. Cada cambio de color dependiendo de la presentación hace necesaria la limpieza. La secuencia es simple, y debe ir de los colores claros a los oscuros. Pero si en la programación debe violarse esa secuencia por necesidades urgentes de producto, los tiempos de limpieza son más largos, pues para cambiar de un color oscuro a uno claro deben desarmarse completamente las *pouchkings* y lavarse con agua, lo cual es una operación más larga del lavado normal. Así, la eficiencia del departamento de Empaque depende del Programa de Producción, pues éste determina las prioridades de producto, y por lo tanto, la secuencia de lavados.
2. No todos los exhibidores contienen la misma cantidad de sobres, ni es igualmente fácil su armado. Hay exhibidores que se venden para el canal minorista (tiendas de abarrotes y de conveniencia) y los hay que se dirigen al consumidor final (cuyo display lleva menos sobres) pues es el tamaño ideal para una familia pequeña. En las presentaciones de autoservicios, se ensamblan la mayor cantidad posible de sobres. Así que aunque el producto sea prácticamente idéntico, en la presentación final (ensamble) se ha diferenciado tanto que el estándar de producción es distinto entre presentaciones similares. En Producción, parece que la productividad con una marca de ciertas características es mucho menor que para otra.
3. El problema se vuelve más complejo pues sobre la misma línea con la misma ruta de producción se producen todas las marcas y todas las presentaciones. En realidad, tenemos una línea *múltiple* en un cierto sentido, pues aunque el producto sea prácticamente igual, los nichos de mercado a que se dirige cada marca o presentación son tan distintos que hace necesario que el suministro de cada uno se maneje como una cosa independiente, lo cual termina representando en la práctica productos distintos, tal y como está en la percepción del consumidor.

3.8. PLANEACION DE RECURSOS DE DISTRIBUCION

La distribución propiamente dicha (o el reabasto) de las sucursales corre bajo responsabilidad del área de Distribución. Como hemos explicado en el flujo del proceso del pronóstico de ventas, el volúmen total a vender por cada marca parte desde Mercadotecnia, conforme a los planes anuales de ventas que se comprometen con la Dirección. Este Plan de Ventas se enuncia en kilogramos de producto a nivel nacional, y conforme a éste se atribuye el presupuesto de

Mercadotecnia de cada marca de producto (si existen planes de crecimiento o son nuevos lanzamientos p.ej. este presupuesto puede incrementarse. Si la rentabilidad del producto está en duda p.ej., este presupuesto puede disminuirse). Este es sin embargo, una primera aproximación al volumen de ventas a comercializarse y no tiene utilidad para el área operativa sino hasta que este volumen se asigna por presentación y se estima durante un periodo de ventas (por ejemplo, un mes). A su vez, este volumen mensual por presentación se asigna por División de Ventas (esto es, por región geográfica) para cubrir el volumen a nivel nacional.

Una vez con este estimado a nivel mensual por bodega, se obtienen los SKU a considerar para ese periodo. El SKU se obtiene conforme a las políticas de Reabasto de Producto Terminado : Se estima una cierta cantidad de días o semanas a mantener en inventario como un porcentaje fijo del volumen total a vender y se convierte en cajas. Para entender a mayor cabalidad este concepto, veamos el siguiente ejemplo :

Volumen de Ventas Anual Marca A : 600,000 Ton.

Mix de participación por presentación :

Presentación I : 40 %

Presentación II : 25 %

Presentación III : 35 %

Estimado de Ventas por mes para el año en curso :

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
MARCA A	60,000	72,000	120,000	120,000	102,000	60,000
Present I	24,000	28,800	48,000	48,000	40,800	24,000
Present II	15,000	18,000	30,000	30,000	25,500	15,000
Present III	21,000	25,200	42,000	42,000	35,700	21,000

Mes a considerar : Marzo .

Volumen Total : 120'000

	División 1	División 2	División 3	División 4	División 5	División 6	TOTAL
Present I	14,400	4,800	9,600	7,200	2,400	9,600	48,000
Present II	9,000	3,000	6,000	4,500	1,500	6,000	30,000
Present III	12,600	4,200	8,400	6,300	2,100	8,400	42,000

Hasta aquí todos los datos son en toneladas. Para poder transmitirlos a la Planta, se requiere conocer los volúmenes en cajas. Para este ejemplo consideremos :

Presentación I : 24 paquetes de 1.00 Kg. por caja. Contenido Neto : 24.00 Kg.

Presentación II : 36 paquetes de 0.40 Kg. por caja. Contenido Neto : 14.40 Kg.

Presentación III : 92 paquetes de 0.10 Kg. por caja. Contenido Neto : 9.20 Kg.

La tabla anterior expresada en cajas sería :

	División 1	División 2	División 3	División 4	División 5	División 6	TOTAL
Present I	600	200	400	300	100	400	2.000
Present II	625	208	417	313	104	417	2.084
Present III	1,370	457	913	685	228	913	4.636

Esta última tabla sería el volumen en cajas que se deberá suministrar a la compañía en el mes de marzo para cubrir el plan de ventas mensual.

Como hemos descrito, cada División de Ventas es independiente y se maneja con cierta autonomía. Asimismo, cada bodega de la División correspondiente se encuentra a diferente distancia del Centro Maestro de Distribución. De esta manera, se estiman los siguientes parámetros para el cálculo del Plan de Distribución :

1. Días de Tránsito.- Es la cantidad de días que tarda un transporte de carga normalmente en recorrer la distancia entre el Centro Maestro y la Bodega Periférica.
2. Política de Suministro.- Es la cantidad de días que se desea mantener en esa bodega de un artículo determinado.
3. Inventario de Seguridad.- Es la cantidad de días que podrá mantenerse la bodega sin reabastecerse de producto antes de que se agoten las existencias.
4. Días de espera de pedidos pendientes.- Es la cantidad de días en los cuales se encontrará un pedido vigente de un producto en espera de poder ser surtido en caso de que no exista inventario suficiente para poder embarcarse al cliente.

Los días de inventario se calculan con base en la cuota de SKU por mes, dividido entre el número de días que comprende el mes en cuestión. Por ejemplo, si la cuota mensual de una cierta presentación es de 1000 cajas y el mes de ventas es de 20 días, un día de inventario será de 50 cajas.

De esta manera se fijan las políticas de inventario para reabastecer las sucursales. Continuando con nuestro ejemplo, para la Presentación I de la marca A en el mes de marzo para la bodega de la División I tenemos :

Días de Tránsito : 2 días. Política de Suministro : 10 días. Inventario de Seguridad : 3 días.
--

Cuota de Marzo : 600 cajas. Días de Inventario a mantener : 15 días. Días facturables del mes de marzo : 25 días. Día equivalente de inventario : $600 / 25 = 24$ cj/día

SKU de Reabasto Presentación I División 1 : 24 cj/día X 15 días = 360 cj.

El cálculo de este inventario es la base para el cálculo del DRP, pero no es lo único : El sistema de reabasto puede parametrizarse de tal forma que haga más simple ver en qué condiciones se encuentra el inventario en las diferentes bodegas de ventas. Esto se hace con el símil de un **semáforo**. Se fijan políticas para medir este inventario : Más del 80 % de este inventario en una bodega querrá decir que existe mucho inventario y se identifica con el color "Rojo" del semáforo. Entre un 80 % y un 30 % de este inventario de reabasto querrá decir que el inventario está en su nivel óptimo y se identifica con el color "Amarillo", y por último, menos de un 30 % de este inventario querrá decir que existe muy poco inventario y se identifica con el color "Verde". Visto desde la óptica de distribución, rojo querrá decir que no hay necesidad de producto, amarillo que deberá vigilarse este inventario atendiendo a la cantidad de días para reabastecer el producto y verde indicará que hay necesidad de producto a enviarse a esa bodega.

3.8.1 FALTANTES.

Aún hay otro parámetro para medir la disponibilidad de producto en una cierta bodega y es lo que se conoce como **Out of stock** y que se relaciona con la inminente desaparición de la disponibilidad de producto en una bodega en específico. Así, utilizando el ejemplo anterior, si se parametriza el DRP con un 10% de la existencia del inventario de reabasto como *out-of-stock*, cada vez que existan menos de 36 cajas de la presentación I en la bodega de la División I se considera que el producto tiene inventario "faltante", es decir, hay faltante de existencias de ese artículo. Este parámetro es crítico y se considera la prioridad principal en un sistema común de logística.

Veamos un ejemplo del DRP. En la columna I encontraremos el inventario de reabasto del producto en esa bodega y en la columna II el inventario actualmente disponible para resurtir. En la columna III veremos el color del semáforo que nos indica el estado del inventario :

PRESEN	BODEGA 1				BODEGA 2				BODEGA 3			
	I	II	III	?	I	II	III	?	I	II	III	?
a	200	360	ROJO		400	189	AMARILLO		300	18	VERDE	*
b	1,000	290	VERDE		600	556	ROJO		1,200	809	AMARILLO	*
c	500	271	AMARILLO		1,000	935	ROJO		1,000	89	VERDE	*
d	400	324	AMARILLO		60	55	ROJO		650	800	ROJO	
e	600	43	VERDE		400	378	ROJO		300	478	ROJO	
f	100	881	ROJO		150	114	AMARILLO		100	48	AMARILLO	
g	20	12	AMARILLO		45	10	VERDE		50	7	VERDE	
h	2,500	384	VERDE		3,600	5	VERDE	*	1,900	1,055	ROJO	

En el ejemplo anterior, además se ha identificado con un asterisco el inventario faltante. No necesariamente el color verde del semáforo del inventario indica que existe faltante de producto en esa bodega; como hemos dicho anteriormente el color verde indica menos de un 30 % del estimado de reabasto de producto, mientras que el faltante indica menos de un 10 % de disponibilidad del inventario de resurtimiento.

De esta manera se puede monitorear el estado del inventario de un determinado producto en cada sucursal. Este cálculo es muy fácilmente procesable para cualquier sistema de cómputo y se puede obtener periódicamente un informe con los artículos con inventario faltante. Este parámetro es muy útil para evaluar a la cadena de suministro en su totalidad. Por ejemplo, se podría evaluar en un mes la disponibilidad de producto hacia ventas midiendo la cantidad de faltantes en el periodo. Si se divide esta cantidad entre los SKU por día, podemos hablar de una razón o índice de faltantes del periodo. Por ejemplo, imagínese que durante un periodo se tuvieron 18 faltantes en total de una cierta marca (en este caso, los 18 faltantes quieren decir que 18 veces existió menos del 10% de disponibilidad de todos los artículos de esa marca). Si en total tenemos 4 presentaciones de esa marca y son 5 bodegas por ejemplo, la cantidad de SKU manejados por día es de 20. Si el periodo de ventas comprende 25 días, entonces 25 veces se vigiló 20 SKU. Así, la razón sería la división de 18 entre 500, o sea 3.6% de faltantes. Este número solo no quiere decir nada : es la diferencia del 100% menos el índice de faltantes lo que nos indica el nivel de servicio a ventas, o sea, para el ejemplo anterior, 96.4 % de las veces el inventario tuvo más del 10 % de su estimado de reabasto durante el ciclo de ventas considerado.

Dado que el sistema de distribución descansa sobre el concepto de *faltantes*, se evidencia la necesidad de detallar las causas que originan los faltantes, analizarlas y emprender acciones al respecto para que no vuelvan a ocurrir. En la empresa en donde estamos circunscribiendo nuestro estudio, tradicionalmente se han dividido las causas en tres grandes rubros :

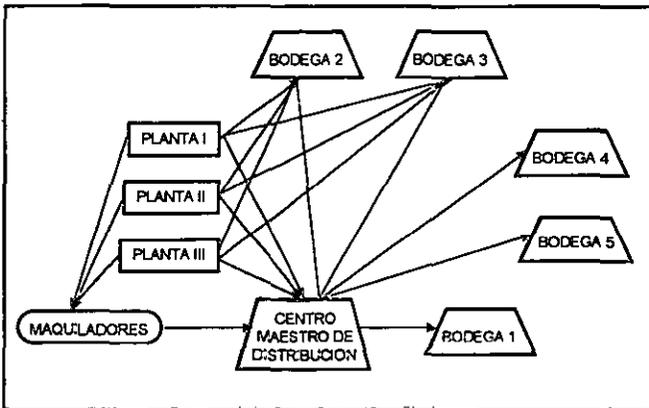
1. Por distribución : Quiere decir que el producto se encontraba físicamente en las bodegas de las Divisiones de Ventas, pero no se movió oportunamente a donde se requería (por ejemplo, podría haberse encontrado en el almacén virtual pero no se embarcó a tiempo).
2. Por suministro : Este rubro indica que el problema es de Planta, es decir, la fábrica no proporcionó el producto en el tiempo o en la cantidad adecuada y ocasionó que en algún lugar disminuyera el inventario a menos de un 10%.
3. Por sobreventa : Aquí se encuentran los faltantes que además registran una venta superior al 40 % de la cuota de ese día.

Adicionalmente, la fábrica subdivide los faltantes por suministro en las siguientes causas :

1. Por abasto : Cuando el proveedor de un bien comprado o algún maquilador no proporcionó el material o el semiterminado en la fecha en la cual fue requerido.
2. Por producción : Cuando no se cumplió el programa de producción en piso en el tiempo pactado o en la cantidad completa.
3. Por planeación : Cuando se cometió un error en la programación de un producto (por ejemplo, se solicitó para un día más tarde o no se programó la cantidad suficiente).

3.8.2 CENTROS DE DISTRIBUCION

Tradicionalmente, compañías de esta envergadura funcionan con un esquema muy similar al que maneja esta compañía, y que se ilustra en el siguiente diagrama :



Esta compañía cuenta con tres plantas principales, más una gran cantidad de maquiladores en donde se mueven los productos de la compañía : se reacondicionan, se reempacan, se hacen presentaciones especiales para autoservicios, etc. Pero todos los productos antes de facturarse deben ingresarse al almacén maestro de distribución. De aquí se distribuyen a las sucursales descritas anteriormente. Estas bodegas a su vez funcionan como pequeños centros maestros de distribución para las demás ciudades que se encuentran dentro de los límites geográficos a los que pertenece esa división de ventas. De estas sucursales es de donde se embarca directamente a los clientes de la compañía : Grandes Mayoristas y Cadenas de Autoservicios.

Este esquema funciona para la organización tradicional de ventas y para la distribución directa. En el caso de los mercados extranjeros, usualmente se embarcan directamente de las plantas los contenedores correspondientes a los pedidos solicitados por estos clientes. Estos contenedores se transportan por vía terrestre a los puertos correspondientes y usualmente se embarcan por vía marítima.

Diseño del modelo de simulación

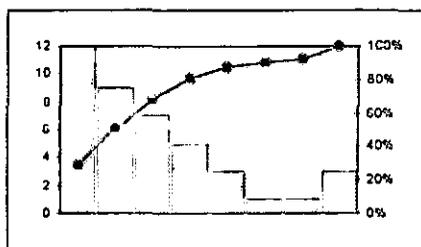
4. DISEÑO DEL MODELO DE SIMULACION

Como hemos definido anteriormente, la Cadena de Suministro es un proceso interfuncional. Su *razón extrínseca* (es decir, hacia afuera de la organización) es formar esa Cadena de Valor que determina la aceptación del producto en el mercado. La *razón intrínseca* (que es la que se estudia particularmente en este trabajo) es proporcionar la cantidad de producto adecuada en el momento oportuno para que el producto pueda venderse conforme con los objetivos comerciales, dentro de márgenes rentables de operación.

Sin embargo, al ser interfuncional, la cadena de suministro atraviesa por problemas tan diversos como lo son los procesos que la conforman. Cada función que la integra se justifica independientemente debido a la problemática particular a la que se enfrenta cada área.

Existen muchos factores desde los cuales puede medirse el desempeño de la cadena. Sin embargo, en una encuesta realizada entre los gerentes de la empresa en estudio, se les preguntó cuál era desde su punto de vista, los factores más importantes que determinaban el éxito o el fracaso del suministro de esa compañía. A continuación, se muestran los resultados de esta encuesta :

Factor	Menciones
Indice de Cancelaciones	12
Exactitud del pronóstico	9
Capacidad de la Planta	7
Proveedores	5
Disponibilidad Mano de Obra	3
Diseño del Producto	1
Tecnología	1
Otros	3



Los factores mencionados como "Diseño del Producto y Tecnología" los hemos considerado como puntos aparte de la Cadena de Suministro. En nuestra opinión, estos puntos forman parte de la planeación del sistema productivo y no dependen propiamente de la ejecución, aunque la afecten directamente.

Entre los cuatro primeros factores se determina el 80 % de las causas. Vamos a analizar cada situación específica para tratar de descubrir algún o algunos puntos específicos en donde poder centrar la problemática más específicamente (la problemática del éxito o fracaso de la cadena).

4.1 VARIABLES QUE DETERMINAN EL MODELO DE LA CADENA DE SUMINISTRO.

4.1.1. INDICE DE FALTANTES Y CANCELACIONES.

Como se detalló en este trabajo en el apartado de Distribución, toda la funcionalidad de la cadena de suministro puede resumirse en la siguiente pregunta : *¿ Podemos cubrir toda la demanda del mercado ?*

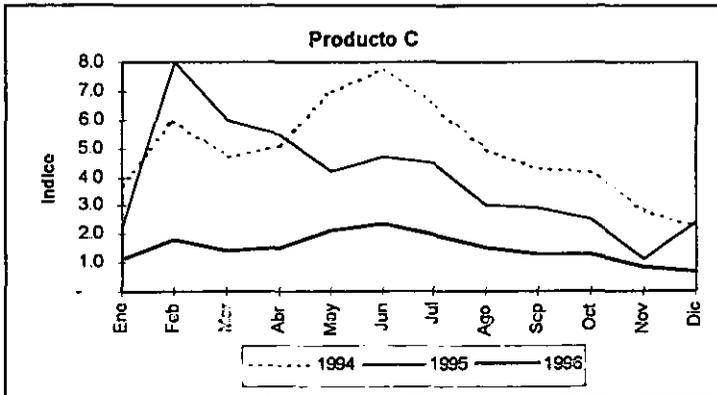
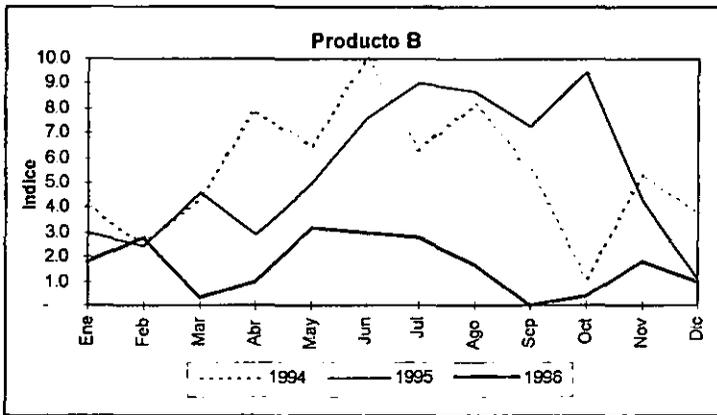
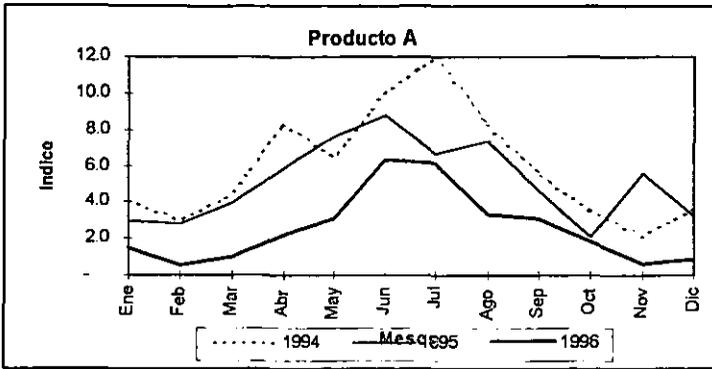
Para poder monitorear la respuesta a esta pregunta, se han creado los índices de servicio a clientes. Entre los más críticos (y que además quedan dentro del rango de responsabilidad de la Cadena de Suministro) están los niveles de faltantes y las cancelaciones, así como el estado intermedio, el de los *backorders*.

Las órdenes retrasadas o *backorders* se definen como las órdenes o pedidos de clientes que no se pueden surtir por diferentes causas, siendo la más común la falta de existencias. No implican necesariamente perder la venta, pero es el estado previo a la cancelación, como se explicó en el apartado del Proceso de Facturación.

El problema de los *backorders* se puede resumir en los siguientes puntos :

1. En algunas compañías, el cliente puede decidir si cancela la orden porque la compañía que vende no satisfizo plenamente su pedido.
2. En una misma orden de cliente se pueden incluir varios productos a la vez, y con que solamente uno de ellos no esté disponible, la orden completa puede convertirse en un *backorder*.
3. Los *backorders* originan gastos administrativos adicionales que no pueden ser transferidos al cliente. Inclusive, pueden causar gastos extras por transportación en caso de que para embarcar un *backorder* liberado no pueda consolidarse un embarque y deba darse la orden de despacho a un transporte con menos del cien por ciento de su capacidad disponible.
4. Afectan el nivel de servicio de la compañía hacia sus clientes.
5. Puede ocasionar (en un caso grave) la pérdida de espacio en anaquel en puntos de venta porque alguna otra marca similar de algún competidor se entregó primero al cliente.

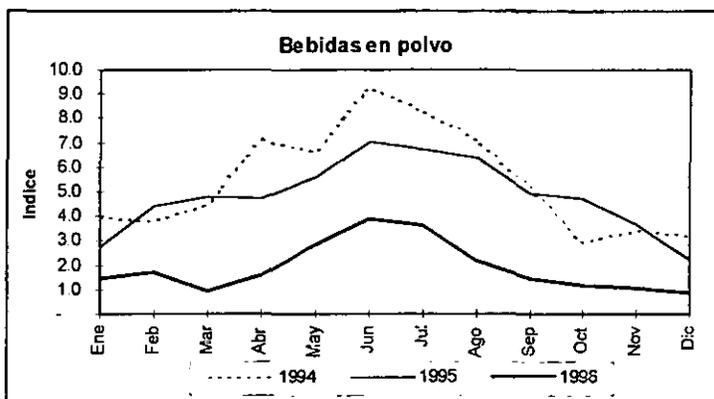
El índice de cancelaciones por inventario es muy similar al ritmo de faltantes e incluso es menor. Nos centraremos en el índice de faltantes. De acuerdo con la información proporcionada por esta compañía, los índices de faltantes de los últimos tres años de cada una de las tres marcas analizadas se muestran a continuación :



Cada uno de los productos tiene comportamientos distintos, lo que nos hace reforzar lo dicho anteriormente de que el suministro de cada producto debe considerarse como independiente, pues también así son los canales donde se comercializa cada

uno y su mercadotecnia, aunque el proceso de producción sea muy similar entre ellos.

El índice de faltantes total de bebidas en polvo se muestra a continuación :



Podemos apreciar claramente una disminución anual de los faltantes a nivel "Bebidas en Polvo", pese a que como se mostrará más adelante, el crecimiento de la compañía es positivo. Medida en forma inversa, el índice de faltantes nos muestra el nivel de servicio a ventas, el cual tiene su nivel más bajo en junio de 1994 (90.7 %) y el más alto en 1996 en marzo y diciembre de 1996 (99.1 %). El nivel de servicio se muestra en la tabla anexa. Sin embargo, podemos notar que la tendencia de los faltantes sigue la misma de la estacionalidad de la temporada de ventas.

	Índice de servicio a Ventas		
	1994	1995	1996
Ene	96.0	97.3	98.5
Feb	96.2	95.6	98.3
Mar	95.5	95.2	99.1
Abr	92.9	95.2	98.4
May	93.3	94.4	97.2
Jun	90.7	93.0	96.1
Jul	91.7	93.3	96.4
Ago	92.9	93.6	97.8
Sep	94.9	95.1	98.5
Oct	97.0	95.3	98.8
Nov	96.6	96.3	98.9
Dic	96.8	97.8	99.1

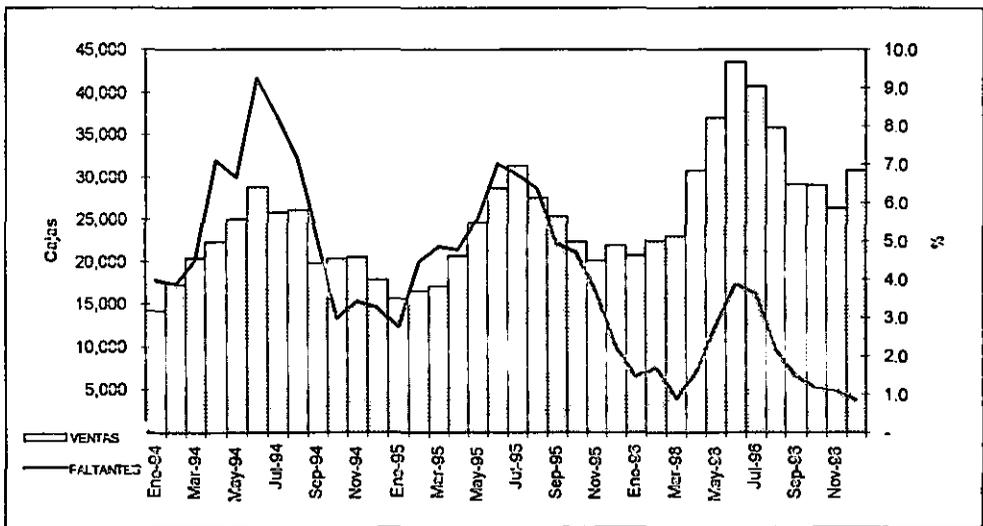
En teoría, no debería existir ninguna relación entre la temporada de ventas y el nivel de faltantes, pues lo único que está ocurriendo es que se elevan los niveles tanto de producción como de facturación. Sin embargo, el índice es **porcentual**, por lo que el efecto incremental debería desaparecer. Si no lo hace así, quiere decir que el nivel de servicio de la Cadena de Suministro tiene su índice más bajo justamente en la temporada de ventas más alta.

Esta situación podría deberse a dos factores :

1. El inventario existente en esa época claramente no alcanza a satisfacer las necesidades de mercado, lo cual implica que debería haberse tenido más inventario especialmente en esa temporada. Si ese inventario no estuvo ahí, debe ser porque no se alcanzó a **construir** éste con la suficiente anticipación, previamente a la temporada "pico".
2. Aunque se haya construido este inventario, puede ser que la **confiabilidad** del estimado de ventas sea tan baja que en realidad el mercado demandó más en esa temporada (de por sí alta) de lo que originalmente se había previsto.

La primera opción centra el problema en las decisiones tomadas en la Planta (entre Planeación y Producción) sobre el momento oportuno de comenzar a elevar los niveles de inventario. La segunda opción centra el problema en una variación del comportamiento real de la demanda contra el pronóstico en esta época.

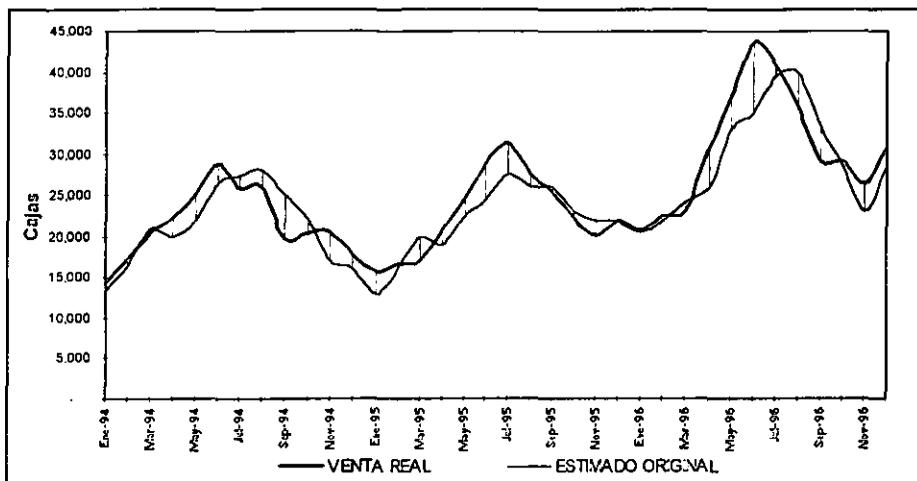
A continuación, se muestra la misma gráfica junto con la de las ventas totales :



Vemos que existe una relación directa entre el ritmo de ventas y el nivel de faltantes. Sin embargo, es importante destacar que mientras que los niveles de ventas suben, los niveles de faltantes han decrecido anualmente.

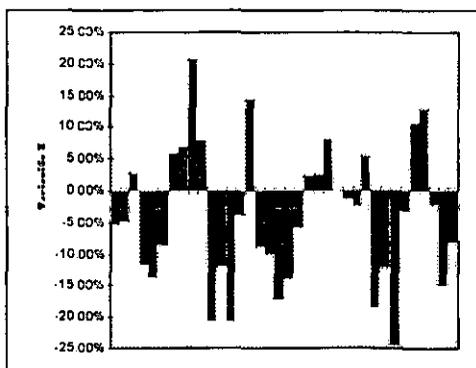
4.1. 2 PRONOSTICO Y COMPORTAMIENTO HISTORICO DE LA DEMANDA.

A continuación, mostramos el pronóstico de ventas de los últimos tres años de los productos que estamos analizando, comparándolo contra el comportamiento real de la venta :



Las líneas verticales muestran la variación entre el estimado original contra el comportamiento real de la venta. Las diferencias porcentuales se muestran en la tabla anexa.

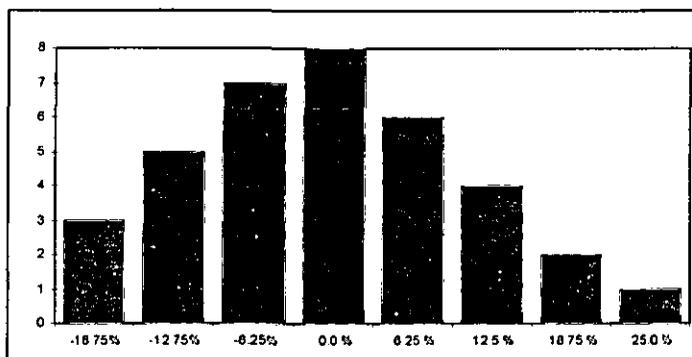
% Variación del Pronóstico			
	1994	1995	1996
Ene	-5.19%	-20.77%	-1.22%
Feb	-4.85%	-3.75%	-2.27%
Mar	2.86%	14.50%	5.35%
Abr	-11.50%	-8.95%	-18.46%
May	-13.64%	-9.78%	-12.12%
Jun	-8.68%	-17.14%	-24.57%
Jul	5.84%	-13.82%	-3.29%
Ago	6.79%	-5.77%	10.50%
Sep	20.80%	2.31%	12.96%
Oct	7.73%	2.61%	-2.11%
Nov	-20.59%	8.18%	-14.78%
Dic	-11.88%	0.00%	-8.07%



La variación del pronóstico contra la demanda real nos muestra que existe un margen muy amplio de variación, desde un -24.57% de junio de 1996 hasta un

excedente de +20.80 % en septiembre de 1994, esto es, un margen de 45.37 %. Esta información la agrupamos en 8 intervalos para ver el comportamiento probabilístico de asertividad del pronóstico contra la venta real.

Los resultados se muestran en la siguiente gráfica :



Podemos observar que la probabilidad de asertividad del pronóstico en esta compañía sigue una distribución empírica que puede aproximarse por medio de una curva normal.

4.1.3. CAPACIDAD DE LA PLANTA

En el apartado de Producción, definimos que el proceso de Bebidas en polvo está compuesto por los procesos de Mezclado, Empaque y Ensamble. Las características de cada departamento se definieron en ese apartado. Aquí trataremos de encontrar la capacidad del proceso de Producción más limitado por disponibilidad (esto es, la "restricción" al modo en que Goldratt lo define), de modo que podamos identificar la velocidad de salida de la producción total de la fábrica (*throughput* en términos de Teoría de Restricciones nuevamente).

Con este fin, hemos reunido aquí los estándares de cada operación. Los resultados resumidos se muestran en las tablas mostradas a continuación.

Cerrido de Azúcar	
Tamaño de lote	50 Kg
Operación turno	7.5 Hr
	Equipos
DESCRIPCION	TIEMPO ESTANDAR
Mover cosas al comedor	5 min
Descargar cosas	10 min
Verificar cosas en el comedor	15 min
Cargar y transportar	Comedor
Empacar al comedor	Comedor
Empacar	Ind. Cerrido
TOTAL	30 seg.
Tiempo estándar por lote =	30 seg.
No. de lotes por turno =	100.0
Producción por turno =	45,000 kg
Eficiencia =	67%
Producción estándar por equipo =	43,650 kg
Producción estándar por lote =	43,650 kg

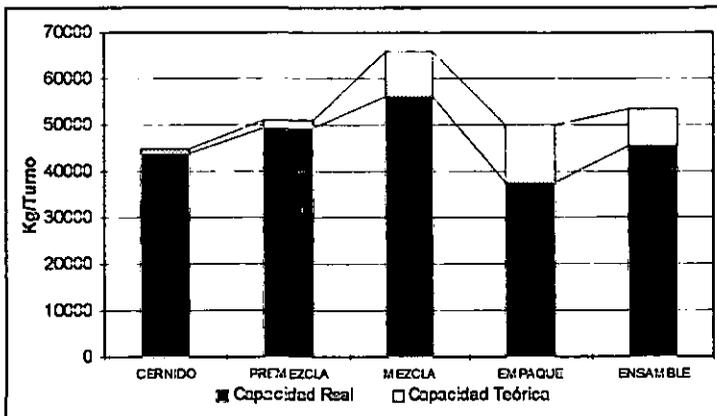
Premezcla de colores y sabores	
Tamaño de lote :	1,000 Kg
Duración turno std :	7.5 Hr
	Equipos :
	6
DESCRIPCION	TIEMPO ESTANDAR
Surtido de materiales	Provio
Pesado de ingredientes	10 min.
Dosificación en mezcladora	5 min.
Mezclado	35 min.
Llenado de costales	3 min.
Almacenamiento	Continuo
TOTAL	63 min.
Tiempo estándar por lote =	63 min.
No. de lotes por turno =	8.5
Producción por turno =	8,500 kg
Eficiencia =	97%
Producción estándar por equipo =	8,245 kg
Producción estándar total =	49,470 kg

Mezclado final	
Tamaño de lote :	1,000 Kg
Duración turno std :	7.5 Hr
	Equipos :
	6
DESCRIPCION	TIEMPO ESTANDAR
Surtido de materiales	Provio
Pesado de ingredientes	5 min.
Dosificación en mezcladora	2 min.
Mezclado	30 min.
Veado a Tolvas	3 min.
Muestra de Control de Calidad	En línea
Montaje en ducto	1 min.
Bolsado o Pouchking	Continuo
TOTAL	41 min.
Tiempo estándar por lote =	41 min.
No. de lotes por turno =	11.0
Producción por turno =	11,000 kg
Eficiencia =	85%
Producción estándar por equipo =	9,350 kg
Producción estándar total =	56,100 kg

Empaquetado de cobro	
Tamaño de lote :	1,000 Kg
Duración turno std :	7.5 Hr
	Equipos :
	5
DESCRIPCION	TIEMPO ESTANDAR
Montaje bobinas y armigue	10 min.
Dobrado y sellado de cobro	Continuo
Dosificación en cobros	35 min.
Codificación	Continuo
Corte de cobro	Continuo
TOTAL	45 min.
Tiempo estándar por lote =	45 min.
No. de lotes por turno =	10.0
Producción por turno =	10,000 kg
Eficiencia =	76%
Producción estándar por equipo =	7,600 kg
Producción estándar total =	37,600 kg

Ensamble de Producto Terminado		
Tamaño de lote	63 q = 238.14 Kg	Equipos
Duración turno (d)	7.5 Hr	2
DESCRIPCIÓN	TEMPO ESTÁNDAR	
Movimiento en línea turbo	Continuo	
Surtido de sabores restantes	Continuo	
Armedo de exhibidor	26.7 ccq	
Corta y escomoda de cobre	89.1 ccq	
Cerrado exhibidor	35.6 ccq	
Transportación encartonadora	Continuo	
Encartonado de exhibidor	88.2 ccq	
Codificado y encajado caja	Continuo	
Armedo de tarimas	Continuo	
Entrega a/moción	Posterior	
TOTAL	4.01 min.	
Tempo estándar por lote =	4.01 min.	
No. de lotes por turno =	112.0	
Producción por turno =	26,603 kg	
Eficiencia =	05%	
Producción estándar por equipo	22,600 kg	
Producción estándar total	45,300 kg	

Como podemos notar, la restricción de esta planta está en el departamento de **Empaque**. Es interesante ver la comparación de la siguiente gráfica, en donde se ve que la capacidad teórica del Empaque es mayor que la de Cernido. Sin embargo, la eficiencia de Empaque es mucho menor (75 %) que la de Cernido (97 %). Como ya habíamos señalado, las *pouchkings* son las máquinas más complejas de la planta, pues son prácticamente automáticas. La incidencia de fallas por lo tanto es mayor que en el resto del equipo. Por si esto no fuera poco, también tiene los tiempos de arranque más largos (aproximadamente 10 minutos por tonelada) y además sus tiempos de limpieza también son los más largos, pues en el peor de los casos (cambios de colores oscuros a claros o sabores con alta hidroscofia - véase el apartado de Producción de este trabajo -) se debe lavar con agua toda la máquina, para lo cual debe desmontarse completamente la bajada y los dosificadores de llenado para evitar contaminaciones. Este trabajo puede tardarse hasta 3 hr. por cambio.



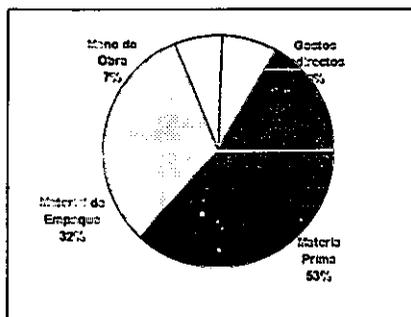
Así, la capacidad de la planta es igual a 37,500 Kg por turno. Para efectos de productividad, podemos asumir que todas las cajas de Producto Terminado que salen de esta planta pesan 3.78 Kg. Con este supuesto, la velocidad máxima de salida de Producto Terminado es igual a 9,920.6 cj por turno.

En la siguiente tabla se resume la carga o utilización de cada centro de trabajo así como los estándares totales de producción de acuerdo al número de turnos.

CENTRO	Carga	No. de Turnos	Cajas de P.T.
CERNIDO	86%	1	9,921
PREMEZCLA	76%	2	19,841
MEZCLA	67%	3	29,762
EMPAQUE	100%	4	39,683
ENSAMBLE	83%		

4.1.4. LA MANO DE OBRA . CONTRATACIONES Y TIEMPO EXTRA.

La mano de obra participa en un pequeño porcentaje del costo directo de las bebidas en polvo. La gráfica anexa muestra un ejemplo típico del rompimiento por clases del costo de una bebida en polvo.



Podemos notar que en realidad, la mano de obra participa en menos de un 7 % del costo total. El ejemplo anterior muestra que en realidad, el problema de la mano de obra no es tanto su costo directo, pues en relación con los demás componentes, la mano de obra en México es barata. El problema más bien se centra en el costo fijo que representa la contratación o despido de las personas que conforman un turno completo de trabajo. Así, mientras que es importante darle al mercado

todo el producto que requiera, sin importar sus fluctuaciones, también es importante mantener a la fábrica trabajando lo más estable posible. Uno de los factores de estabilidad del trabajo de la planta es el equilibrio de las plantillas de trabajadores a lo largo del año. Y no solamente por el costo, sino por las repercusiones sindicales que puede traer consigo el no administrar de manera óptima al personal.

De acuerdo a la estacionalidad de las ventas de las bebidas en polvo, existen 5 meses (abril a agosto) de ventas que sobrepasan la capacidad de trabajo de dos turnos. En esa época generalmente el ritmo de producción debe elevarse y contratar plantillas de trabajadores para uno o dos turnos más. La técnica que se sigue para tener la flexibilidad de trabajar la cantidad de turnos deseada es contratar eventualmente a los trabajadores durante un mes. Si al terminar el mes se desea continuar con el trabajo del turno completo, se les vuelve a contratar durante otro

mes, hasta que al término del contrato eventual se prescindiera de los servicios del turno.

En las tablas siguientes se muestra el costo aproximado de contratación de un trabajador sindicalizado, así como el costo de rescindir el contrato.

CONTRATACION		RESCISION	
AVISO	\$ 50	AGUINALDO	\$ 330
EXAMEN MEDICO	\$ 40	VACACIONES	\$ 120
UNIFORMES	\$170	FONDO DE AHORRO	\$ 75
GASTOS ADMINISTRATIVOS	\$ 35		
TOTAL	\$ 295	TOTAL	\$ 525

Datos el 15/Ene/97

Los turnos completos se cubren con 160 trabajadores (solamente en producción, pues también debe incrementarse el personal en otras áreas de soporte, como Mantenimiento, Control de Calidad, etc.).

De acuerdo a lo dispuesto en la Ley Federal del Trabajo ²⁹ un trabajador que labore tiempo extra recibirá:

1. El cien por ciento adicional por las primeras nueve horas semanales.
2. El doscientos por ciento adicional por las jornadas extraordinarias superiores a las nueve horas semanales.

La jornada de trabajo extraordinaria no debe exceder tres horas adicionales al día ni tres veces en una misma semana.

4.1.5. ABASTECIMIENTO DE MATERIALES.

Cuando un proveedor deja de abastecer normalmente un material, el programa original de producción debe modificarse hacia productos que cuentan con disponibilidad completa de materiales (si es que el Plan Maestro de Producción indica que se debe producir una cantidad mayor de ese artículo) y de esa manera aprovechar la capacidad ociosa que se genera por no poder producir la cantidad requerida de un producto. La relación entre las demoras de las entregas de un proveedor en el Programa de Producción no es tan simple.

No se puede calcular simplemente a través del nivel de servicio de un proveedor determinado, ni siquiera de todos juntos, pues no todas las demoras implican que hubo una repercusión directa en producción, pues existen inventarios de seguridad para cada material, que cumplen su función en estos imprevistos.

Programas de Producción afectados por falta de materiales				
	1994	1995	1996	TOTAL
Ene	1	0	0	1
Feb	0	2	1	3
Mar	0	0	0	-
Abr	1	1	0	2
May	1	0	1	2
Jun	0	1	1	2
Jul	1	1	1	3
Ago	0	2	0	2
Sep	0	0	0	-
Oct	1	1	0	2
Nov	0	0	1	1
Dic	2	0	0	2
Total	7	8	5	20
Programas	51	50	52	153
%	14%	16%	10%	13%

Sin embargo, investigando en los programas históricos de producción, no existe un nivel de ejecución perfecta de estos programas por parte de Producción. Existen infinidad de causas por las que un programa de producción difícilmente es cumplido al cien por ciento, pero la mayor parte de las veces es por falta de algún material. La cantidad de programas de producción no cubiertos completamente por falta de materiales no supera al 13% de ellos como se muestra en la tabla.

Existe otra estadística importante. Un proveedor se retrasa usualmente sin ninguna regla fija que guíe este comportamiento. Sin embargo, de

acuerdo a la experiencia, se sabe que no retrasa nunca más de quince días, bajo riesgo de cancelar el pedido completamente por parte de Compras. Y se calcula que la afectación del programa de producción puede variar cualquier cantidad, sin embargo, difícilmente este retraso ha logrado superar al 40 % del programa de producción en donde se ocupa. Esta información será retomada más adelante.

4.2. ADMINISTRACION DEL PLAN MAESTRO DE PRODUCCION.

El Plan Maestro de Producción está diseñado en su parte más simple por las siguientes partes :

Artículos con no. de parte		Estimaciones de ventas					
PLAN MAESTRO DE PRODUCCION - VERDURAS							
MES : JULIO				Planeador : 27			
6114	Puré de Tomate	100	300	520	320	80%	400
6231	Granitos de elote	300	200	50	150	100%	150
6372	Avena precocida	50	500	500	450	75%	600

Inventarios Físicos Contables → Cálculo de Producción → Administración del Inventario

Para poder hacer una Planeación efectiva de Producto Terminado, debemos hacer ciertas consideraciones respecto a los factores que lo integran :

1. Inventarios Iniciales.

Es importante que esta información sea lo más exacta posible. En este sentido, no cabe hacer aproximaciones teóricas sobre las existencias disponibles : debe ser

el inventario real. Por esta razón, no debe incluirse aquí el producto que está en Control de Calidad (cuarentena), ya que en caso de que existiera, no forma parte de la disponibilidad del inventario y debería considerarse como un factor por separado. Si se toman inventarios cíclicos para mantener la exactitud del inventario, esta información es la que debe aparecer.

2. Pronósticos.

Aunque la información de pronósticos generalmente la elabora un área externa a Planeación, es necesario que este departamento la valide. No se trata de un retrabajo, sino de la aportación de esta área al resto de la Cadena de Suministro, especialmente útil para determinar la estrategia de inventarios. Es deseable que se revise esta información comparándola con la información histórica disponible por dos causas :

- a) Estacionalidad. La principal validación que puede hacerse desde Planeación es el de las tendencias propias del mercado, sus duraciones y límites.
- b) Promociones. Si los volúmenes son distintos de lo que marcan los cálculos históricos, debe haber algún factor diferente en la estrategia comercial, no existente en el pasado, que los modifique. Así, es deseable que esta área cuente con el Plan de Mercadotecnia para conocer los tiempos, además de los diseños y mecánicas, de las promociones planeadas.

3. Producción.

La fórmula de cálculo es la siguiente :

$$\text{Producción}_t = \begin{cases} \text{Pronóstico}_t - \text{Inventario Inicial}_t + \% \text{Política}_t \times \text{Pronóstico}_{t+1} \\ \quad (\text{ Si Pronóstico}_t > \text{Inventario Inicial}_t + \% \text{Política}_t \times \text{Pronóstico}_{t+1}) \\ \\ 0 \\ \quad (\text{ Si Pronóstico}_t < \text{Inventario Inicial}_t + \% \text{Política}_t \times \text{Pronóstico}_{t+1}) \end{cases}$$

Esta fórmula contempla la producción máxima de dos meses. Es deseable que este cálculo se redondee al tamaño de lote con el cual se lanzan los programas de producción (de producto terminado) a la planta.

4. Políticas de inventario.

La producción se calcula automáticamente con la información previamente descrita. Prácticamente, pareciera que la producción es fruto del simple cálculo y no existiera ninguna participación del administrador de la producción. Las entradas de la fórmula no dependen de la planeación : los inventarios físicos son datos reales tomados en los conteos cíclicos y los pronósticos los elabora un grupo de expertos en mercadotecnia. Sin embargo, el verdadero arte de la planeación maestra está en la determinación de estas **políticas de inventario**. De ellas depende el resultado de la fórmula. Representan en realidad la manera en la que el planeador percibe el entorno en el que se mueve : si tiene confianza

o no en el pronóstico, si desea equilibrar el trabajo de la planta, el momento en el que desea comenzar a construir el inventario, si cree en los tiempos de reacción de los proveedores, etc.

Esta es la parte central del Plan Maestro. No existe un método de cálculo para determinarlas y son sin embargo, quienes logran o no el éxito del suministro.

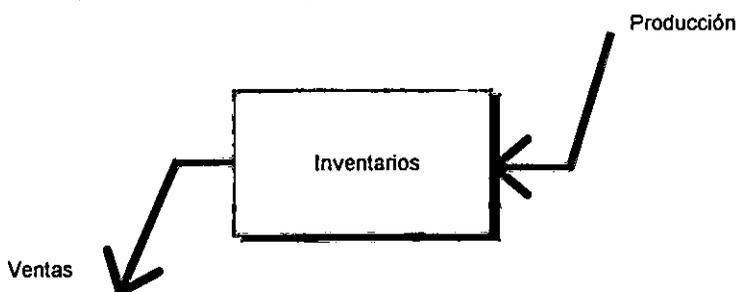
4.3. PROPUESTA METODOLOGICA : LA ELECCION DEL MODELO.

Al comienzo de este capítulo, dijimos que lo que buscamos en este trabajo es encontrar un punto importante dentro de la Cadena de Suministro donde confluyan todas las variables que hemos enunciado : un punto de control de los faltantes y las cancelaciones; un mecanismo que nos permita suavizar las imprecisiones del pronóstico; un método de cálculo para balancear el trabajo de la planta y de los equipos de trabajadores y una manera confiable de planear el inventario. El suministro de materiales puede convertirse en un factor crítico en producción, sin embargo, preferimos tratarlo como una actividad más que como una estrategia, pues los resultados que arroja dependen completamente del Plan Maestro de Producción.

Así, nos planteamos nuevamente la pregunta :

¿ En qué punto se intersectan las problemáticas de ventas (cancelaciones, faltantes, distribución oportuna, exactitud del pronóstico), de producción (capacidad, mano de obra, tiempo extra, suministro de materiales), y finalmente del inventario necesario para abastecer de producto terminado al área de ventas?

La respuesta es fácil : en el Plan Maestro de Producción. En el esquema siguiente se muestra el problema en forma gráfica :



Este esquema es la representación más simple de la cadena de suministro. La parte de Ventas es la salida del sistema, mientras que la entrada son los factores que logran que se produzca un artículo. El inventario es por lo tanto el factor que logra que ambas fuerzas se equilibren.

En el punto anterior de este capítulo vimos los factores que componen al Plan Maestro de Producción. Esos factores son los mismos que estamos reencontrando

en la respuesta a nuestra pregunta, los que determinan el éxito o fracaso de la Cadena de Suministro y se encuentran en el Plan Maestro de Producción.

Por lo tanto, la planeación completa del sistema diseñado para abastecer al mercado encuentra su punto más importante en el Plan Maestro. El realizarlo (y cumplirlo) de una manera por demás óptima repercutirá finalmente en el servicio que proporciona toda la Cadena de Suministro al cliente. De esta forma, el Plan Maestro de Producción debe convertirse en un factor primordial para determinar la competitividad de una compañía entera y determinarlo óptimamente es una función esencial.

De manera que si el Plan Maestro de Producción puede convertirse en un factor ganador en una empresa manufacturera, vale la pena retomar los factores que lo conforman. En este punto, la atención se centrará totalmente en el Pronóstico de Ventas; sin embargo, debemos asumir que finalmente un pronóstico es simplemente una estimación de lo que podrá suceder en el futuro. **No vale la pena poner la competitividad de la compañía en manos de una estimación** que por lo demás ha demostrado siempre sus límites.

El punto que nosotros queremos plantear es la conclusión del apartado anterior :
" ... el verdadero arte de la Planeación Maestra está en la determinación de las **políticas de inventario**. (...) Esta es la parte central del Plan Maestro. No existe un método de cálculo para determinarlas y son sin embargo, quienes logran o no el éxito del suministro ". De manera que nos enfocaremos en un método para determinarlas de una manera óptima.

El principal problema para encontrar este método es que varios de los factores (entre ellos las ventas) siguen un mecanismo *probabilístico*. La manera en la que nosotros planteamos un método para determinar estos factores es por medio de un modelo de simulación, aunque debemos destacar que no es el único método factible. Sin embargo, con la información que disponemos, nos parece arriesgado construir un modelo matemático sofisticado y asumir ecuaciones empíricas con un mínimo de información.

Existen dos razones por las que nos inclinamos por hacerlo con una simulación :

1. El objetivo de esta simulación es validar las políticas de inventario de la Planeación Maestra. No queremos que la simulación las calcule, sino solamente que muestre su validez, de manera que el planeador pueda conocer el impacto de sus decisiones en el resto de la Cadena. De esta forma, la función más valiosa de este ejercicio será que el planeador *aprenda* de sus decisiones *antes* de que ocurran en la práctica.
2. Nuestra idea es que el usuario pueda actualizar la información cada vez que se requiera de una manera muy simple, sin que tenga que modificar el modelo.

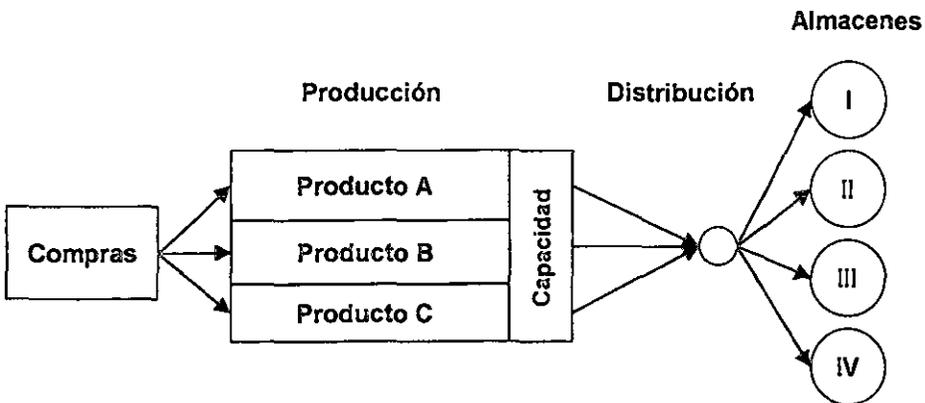
Aunque el modelo de simulación también asumirá ciertos parámetros de la información como en el caso del modelado matemático, queda en manos del usuario actualizar la información para que de una manera muy sencilla se pueda mantener al modelo utilizable.

El resultado de la simulación será validar los parámetros con los que se elabora el Plan Maestro de Producción y medir los principales indicadores del **performance** de la Cadena de Suministro bajo los supuestos que enunciamos anteriormente.

4.4. SIMULACION DE LA CADENA DE SUMINISTRO

4.4.1. MODELO A SIMULAR

La Cadena de Suministro a simular es muy simple. Presenta un primer proceso, que es el de compras. El segundo proceso es el de producción y finalmente, la tercera parte de la cadena es el proceso de distribución, tal y como se muestra en la siguiente figura :



La idea básica de la simulación es obtener a través del comportamiento de las variables principales de la Cadena de Suministro, un comportamiento estadístico representativo por medio de *pruebas Montecarlo* de modo que puedan inferirse de dichos resultados un comportamiento esperado de las principales variables.

La idea central detrás de la simulación es que cada uno de los tres sistemas que componen al modelo (compras, producción y distribución) son sistemas probabilísticos independientes. Cada uno de ellos tiene sus propias funciones

aleatorias y se trata de encontrar una manera óptima de administrar la producción, de modo que se optimicen las variables de salida en los siguientes términos :

- Minimizar los inventarios y el costo de contratación y tiempo extra de la mano de obra.
- Minimizar los faltantes y las cajas canceladas por falta de inventario.
- Maximizar la utilización de la planta.

Se han elegido tres productos de bebidas en polvo, cuyos nombres reales se han omitido por discreción y se denotan como A,B y C. El Producto A es un producto maduro y con una demanda estable y menor que la de los otros productos. El Producto B y el C son de alta variabilidad en su demanda y representan el mayor volumen (aproximadamente el 80%).

La distribución se concentra en cuatro almacenes que equivalen a almacenes fuera de la localidad donde se encuentra la planta (foráneos).

Vale la pena hacer algunas aclaraciones antes de continuar con este trabajo :

- Este modelo es solamente una aproximación al problema de la planeación de la producción en ambientes de alto volumen que fabrican para inventario. El supuesto más importante sobre el que se ha construido este modelo es que las variables de los tres procesos más importantes del modelo son aleatorias, lo cual no es completamente cierto en la realidad. Sin embargo, al ser procesos tan complejos en la realidad (más de lo que pudiera imaginarse en un primer acercamiento), las causas que originan el comportamiento de estos procesos son tantas y tan variadas que hacen que su resultado final se asemeje bastante a un modelo probabilístico.
- Por otro lado, la probabilidad tampoco está completamente ausente en la realidad, pues interviene por ejemplo en un modo errático y complicado en la confiabilidad de los proveedores, en las máquinas de la producción que originan fallas y paros inesperados así como en el comportamiento siempre caprichoso del mercado.
- Resta decir sin embargo que el ver el problema de esta forma, como un complejo problema probabilístico y asumir que es imposible conocer y medir las causas del modelo en su totalidad, proporciona un enfoque práctico al profesional de la planeación y permite tomar medidas eficaces para optimizar el desempeño de la Cadena de Suministro. Es útil en la práctica y lleva a conclusiones válidas, tanto y como un modelo de computadora puede hacerlo con una realidad que es, como siempre, mucho más rica.

4.4.2. DEFINICION DE LAS VARIABLES

Las variables que intervienen en el modelo pueden ser clasificadas en tres grupos : de entrada, de estado o intermedias y de salida.

Variables de Salida.

La idea central de la simulación consiste en observar el comportamiento de estas variables, por lo que se convierten en la razón de ser de este trabajo.

Dichas variables son las siguientes :

- Cajas canceladas
- Faltantes de inventario
- Inventarios
- Producción
- Utilización de Planta

Variables Intermedias

Las variables de paso que se requieren para obtener otros indicadores importantes son :

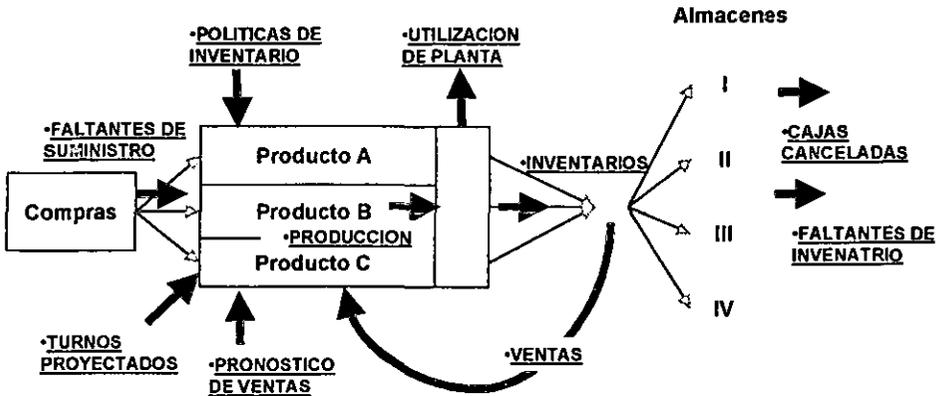
- Ventas reales
- Coberturas de inventario
- Porcentaje de Faltantes de Suministro

Variables de Entrada.

Estas variables son requeridas inicialmente para echar a andar la simulación del sistema. Son las siguientes :

- Políticas de Inventario
- Pronóstico de Ventas
- Inventarios iniciales
- Turnos proyectados
- Desviación estándar del pronóstico

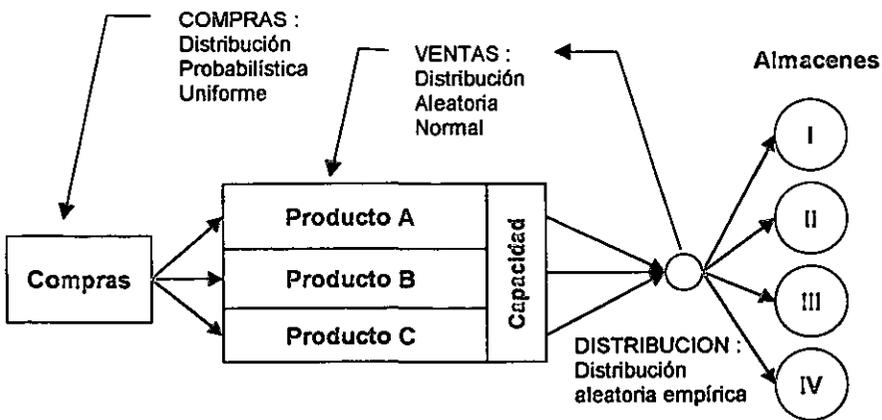
Una idea más completa de la ubicación de las variables dentro del modelo puede apreciarse en el siguiente diagrama :



Tal como se ha planteado con anterioridad, **la variable más importante es el conjunto de las políticas de inventario**. Estas son realmente la única variable de control de la simulación, pues es la única que se modifica para plantear diferentes escenarios. Adicionalmente, diferentes recomendaciones e ideas para mejorar la planeación de la producción han surgido como ideas paralelas al desarrollar este modelo y se incluyen dentro de las conclusiones finales de este trabajo.

4.4.3. CONSTRUCCION DEL MODELO

El modelo de simulación puede ser descrito de la siguiente manera :



La principal restricción de este modelo es que la producción está sujeta a una capacidad finita y constante por periodo, mientras que las ventas pueden dispararse conforme la distribución aleatoria normal lo simule, y las compras mermen la producción de acuerdo a faltantes de materiales para producción, que impiden completar el 100% de la producción esperada. Todo esto de tal manera que la inversión en inventarios de producto terminado sea mínima, así como el nivel de cancelaciones de ventas por falta de producto y de faltantes de inventario para distribución.

4.4.3.1. MODELO TEORICO

La primera parte del problema es determinar de modo ideal (es decir, sin variaciones) el Plan Maestro de Producción conforme a los datos conocidos.

Turnos	Capacidad
1	238,094
2	476,189
3	714,283
4	833,330

CAPACIDAD : La capacidad de la planta es uno de estos datos conocidos. Esta capacidad está determinada de acuerdo al recurso escaso, en este caso el departamento de Empaque. Como se puede inferir de los estándares presentados en este trabajo en el apartado de Capacidad

de la Planta , esta capacidad por turno es de 9,920 unidades equivalentes. Considerando que la planta trabaja 24 días hábiles por mes (incluyendo los sábados), la capacidad de la planta a un turno es de 238,094 unidades equivalentes. De igual forma para el turno segundo y tercero. Sin embargo, el caso del cuarto turno es especial : no es posible trabajar más de tres turnos de 8 horas por día, de modo que este concepto denota más bien la contratación de una plantilla extra de trabajadores para poder trabajar todos los días de la semana sin parar, durante un período de tiempo. Con objeto de no agotar al personal, se les descansa 1 día por cada 3 que trabajan. Una muestra de cómo se hace esta programación se muestra en la siguiente figura:

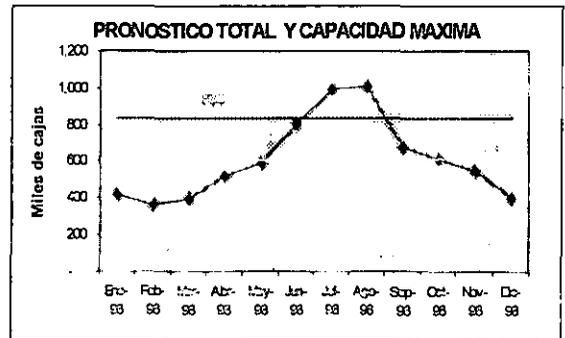
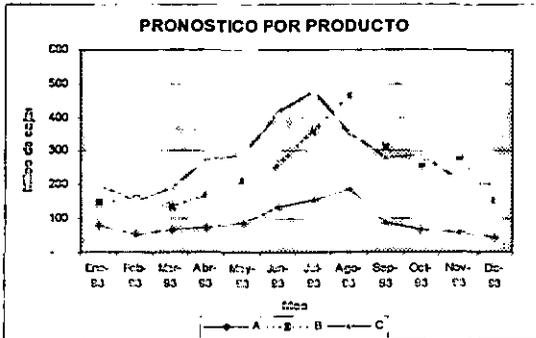
EJEMPLO DE LA PROGRAMACION DEL CUARTO TURNO DE PRODUCCION

Lun 01	Mar 02	Mie 03	Jue 04	Vie 05	Sab 06	Dom 07
1	4	3	2	1	4	3
2	1	4	3	2	1	4
3	2	1	4	3	2	1
4	3	2	1	4	3	2
Lun 08	Mar 09	Mie 10	Jue 11	Vie 12	Sab 13	Dom 14
2	1	4	3	2	1	4
3	2	1	4	3	2	1
4	3	2	1	4	3	2
Lun 15	Mar 16	Mie 17	Jue 18	Vie 19	Sab 20	Dom 21
3	2	1	4	3	2	1
4	3	2	1	4	3	2
1	4	3	2	1	4	3
Lun 22	Mar 23	Mie 24	Jue 25	Vie 26	Sab 27	Dom 28
4	3	2	1	4	3	2
1	4	3	2	1	4	3
2	1	4	3	2	1	4

Con este esquema las 4 plantillas de trabajadores trabajan exactamente la misma cantidad de tiempo rotándose los diferentes turnos, sin sobrepasar las disposiciones

de la Ley Federal del Trabajo. Sin embargo, la capacidad incremental es equivalente a trabajar solamente un día más por mes, de modo que si trabajando 3 turnos con tres plantillas la capacidad es de 714,283 cj, la de un día más es $9,920 \times 3 = 29,762 \times 4$ semanas = 119,047 cj equivalentes adicionales al mes (833,330 cj), que es la mitad del rendimiento de un turno normal. Cabe aclarar que estos estándares ya incluyen eficiencias menores al 100% de modo que ya están incluidas fallas estándares de máquina, cambios programados de producción y tiempos de arranque.

PRONOSTICO DE VENTAS : El siguiente elemento a considerar es la información de Ventas. El Pronóstico de Ventas (realizado con información histórica de tres años -1994,1995 y 1996) fue calculado conforme a Promedios Móviles Ponderados con factor $\beta=0.20$ de Dos Periodos, más un factor de ajuste cualitativo realizado con ayuda de un experto en Mercadotecnia de la misma compañía. La mecánica de cálculo se encuentra ilustrada en el Anexo III . El resultado final del pronóstico se muestra a continuación contrastado con la capacidad máxima de la planta :



Es evidente de estas gráficas que el problema presente es de planeación y de balanceo de la planta más que de capacidad. Sin embargo, si la demanda se sigue incrementando anualmente, el mismo problema se convertirá eventualmente en uno de capacidad.

Hoy por hoy, el problema radica en balancear esos picos que sobrepasan la capacidad de la planta con inventario producido previamente a la estacionalidad de las ventas proyectadas.

Como anteriormente se había mencionado, **la variabilidad del pronóstico se asume en este trabajo como un hecho**. El conocer que el pronóstico no se cumplirá y actuar en consecuencia es el fundamento de este trabajo. Es preciso medirla y tratar de reducirla a cero aunque es un hecho que es prácticamente imposible.

Se ha medido la variabilidad del pronóstico contra las ventas reales y (tal como se mencionó en el apartado de Pronóstico y Comportamiento Histórico de la Demanda de este trabajo) se ha calculado la desviación estándar histórica :

% Variación del Pronóstico			
	1994	1995	1996
Ene	-5.19%	-20.77%	-1.22%
Feb	-4.85%	-3.75%	-2.27%
Mar	2.86%	14.50%	5.35%
Abr	-11.50%	-8.95%	-18.46%
May	-13.64%	-9.78%	-12.12%
Jun	-8.68%	-17.14%	-24.57%
Jul	5.84%	-13.82%	-3.29%
Ago	6.79%	-5.77%	10.50%
Sep	20.80%	2.31%	12.96%
Oct	7.73%	2.61%	-2.11%
Nov	-20.59%	8.18%	-14.78%
Dic	-11.88%	0.00%	-8.07%

$$\sum V_i = 0.4722$$

$$n = 36$$

$$\sum V_i / n = 0.0131$$

$$\sigma = 11.45 \%$$

Vamos a asumir una desviación estándar de 15% para generar la distribución de probabilidad de las ventas, que se aproximará por medio de una normal, como ya se ha explicado anteriormente.

INVENTARIOS INICIALES : Se asumirá que al inicio de la simulación, se cuenta con el 100% del estimado de ventas para el mes de enero-98.

PRODUCCION : De acuerdo con la mecánica de cálculo anteriormente descrita en este trabajo, se usará la siguiente fórmula :

$$\text{Producción}_t = \begin{cases} \text{Pronóstico}_t - \text{Inventario Inicial}_t + \% \text{Política}_t \times \text{Pronóstico}_{t+1} \\ \text{(Si Pronóstico}_t > \text{Inventario Inicial}_t + \% \text{Política}_t \times \text{Pronóstico}_{t+1}) \\ \\ 0 \\ \text{(Si Pronóstico}_t < \text{Inventario Inicial}_t + \% \text{Política}_t \times \text{Pronóstico}_{t+1}) \end{cases}$$

Esta fórmula puede parecer difícil de entender a primera vista, pero pierde su complejidad cuando recordamos que estamos en un ambiente de *Make To Stock*. La variable crítica a mantener es el inventario del inicio del mes, producido siempre un mes antes de que suceda la venta y de acuerdo a la información del pronóstico de ventas. Si existe diferencia positiva entre el inventario de inicio de mes con el estimado de ventas de ese mismo mes ($\text{Pronóstico}_t - \text{Inventario Inicial}_t$), entonces se debe producir al menos esa diferencia, pues es inventario para la venta de ese mismo mes. Si la diferencia es negativa, existe más inventario que lo que se estima vender y no se debe producir nada para ese mes.

Pero durante el mismo mes se debe producir el inventario para la venta del siguiente mes. La cantidad a producir dependerá esencialmente de la *Política* a producir (un

cierto porcentaje) del estimado de ventas del siguiente mes (%Política, X Próróstico_{t+1}). Entre más bajo este porcentaje, se está más expuesto a no cubrir completamente el volumen de ventas de ese mes.

Alineado de manera conveniente en una matriz, los excedentes de inventario que existen son tomados en cuenta en los cálculos de producción de los siguientes meses, y no se produce más de lo que se vaya requiriendo conforme se agoten esos excedentes de inventario.

Para ilustrar como funciona toda esta integración en el Plan Maestro de Producción, se anexa el MPS Teórico construido con la información proporcionada (en miles de cajas) :

MPS TEORICO

INVENTARIOS INICIALES

	Ene-98	Feb-98	Mar-98	Abr-98	May-98	Jun-98	Jul-98	Ago-98	Sep-98	Oct-98	Nov-98	Dic-98
A	79	51	66	59	88	132	154	129	79	99	88	66
B	177	162	135	135	213	257	285	334	316	357	371	154
C	196	151	188	218	287	419	382	229	196	287	213	199

PRONOSTICO

	Ene-98	Feb-98	Mar-98	Abr-98	May-98	Jun-98	Jul-98	Ago-98	Sep-98	Oct-98	Nov-98	Dic-98
A	79	51	66	74	88	132	154	184	88	66	59	44
B	177	162	135	168	213	257	330	467	308	357	372	154
C	196	151	188	272	287	419	478	353	279	287	213	199

POLITICAS DE INVENTARIO

	Ene-98	Feb-98	Mar-98	Abr-98	May-98	Jun-98	Jul-98	Ago-98	Sep-98	Oct-98	Nov-98	Dic-98
A	100%	100%	100%	80%	100%	100%	100%	70%	90%	150%	150%	150%
B	100%	100%	100%	80%	100%	100%	80%	65%	70%	100%	100%	100%
C	100%	100%	100%	80%	100%	100%	80%	65%	70%	100%	100%	100%

PRODUCCION

	Ene-98	Feb-98	Mar-98	Abr-98	May-98	Jun-98	Jul-98	Ago-98	Sep-98	Oct-98	Nov-98	Dic-98
A	51	66	59	103	132	154	129	135	108	55	37	70
B	162	168	135	147	157	268	378	352	352	372	154	141
C	157	188	218	341	419	382	325	319	371	213	199	169
Totales	364	390	412	691	809	825	829	833	829	540	360	380

Podemos ver que se han fijado los mismos valores para el inventario y el pronóstico del mes de enero de acuerdo a nuestro acuerdo inicial.

Sólo para ilustrar el cálculo de la producción, podemos ver el producto A en el mes de abril : el pronóstico del mes de abril es de 74,000 cj y el inventario es de 59,000 al inicio del mes. De modo que lo que se debe producir para cubrir el pronóstico de venta de este mes es 15,000 cj. Adicionalmente, la política de inventario del mes de mayo para el producto A es de 100% lo que implica producir totalmente el pronóstico de mayo de 88,000. De este modo, la producción resultante es : $15,000 + 88,000 = 103,000$ como aparece en la producción de A en el mes de abril.

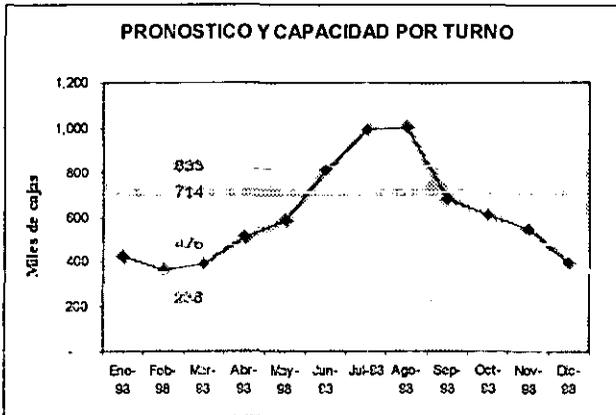
4.4.3.2. BALANCEO DE LA CAPACIDAD

Las políticas de producción dan la flexibilidad necesaria para poder equilibrar las fuerzas que convergen en la cadena de suministro. Uno de estos aspectos que se deben aprovechar óptimamente es la capacidad de la planta.

Esta industria tiene un componente relativamente importante de mano de obra, de modo que la capacidad radica básicamente en la cantidad de plantillas de trabajadores contratadas para laborar.

Este trabajo debe hacerse previamente al comienzo del período de ventas. Es esencial que se haga con anticipación, principalmente por el tiempo que se lleva reclutar a los trabajadores necesarios.

A continuación, se muestra el Pronóstico de Ventas con los diferentes niveles de capacidad por turno :



En la gráfica anterior se representa la producción total (la suma de la producción de los tres productos) contra la capacidad total de la planta, entendiéndose que el proceso de producción es el mismo y la línea de ensamble es múltiple y sirve para los tres productos.

El propósito del balanceo será determinar la cantidad de turnos requerida conforme a la producción demandada y mantener una utilización óptima. Para tal efecto, se adaptan los volúmenes de producción requeridos en cada mes modificando exclusivamente las políticas de inventario.

La solución a este balanceo no es única, ni puede plantearse en términos de programación lineal. La respuesta es más bien una conjunción entre buen juicio y capacidad de arriesgar : lo que se trata de balancear es la utilización de la planta con las políticas de inventario con las que se desea iniciar cada mes. Una solución posible es tratar de "achatar" esos periodos de alta demanda en los que la capacidad está topada construyendo inventarios desde meses antes. Los resultados son los siguientes :

INVENTARIOS

	Ene-98	Feb-98	Mar-98	Abr-98	May-98	Jun-98	Jul-98	Ago-98	Sep-98	Oct-98	Nov-98	Dic-98
A	100%	100%	100%	100%	100%	100%	80%	60%	60%	80%	100%	100%
B	100%	100%	100%	100%	100%	100%	80%	60%	60%	80%	100%	100%
C	100%	100%	100%	100%	100%	100%	80%	60%	60%	80%	100%	100%

TORNOS PROYECTADOS

	Ene-98	Feb-98	Mar-98	Abr-98	May-98	Jun-98	Jul-98	Ago-98	Sep-98	Oct-98	Nov-98	Dic-98
Torno std	9.92	9.92	9.92	9.92	9.92	9.92	9.92	9.92	9.92	9.92	9.92	9.92
No. Tornos	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7

BALANCEO DE CAPACIDAD

+ 4 turnos												
4 turnos												
3 turnos												
2 turnos												
1 turno												

UTILIZACION DE PLANTA PROMEDIO: 87%

	Ene-98	Feb-98	Mar-98	Abr-98	May-98	Jun-98	Jul-98	Ago-98	Sep-98	Oct-98	Nov-98	Dic-98
CAPACIDAD	476	476	714	714	833	833	833	833	833	714	476	476
UTILIZACION	76%	82%	72%	82%	97%	95%	95%	97%	91%	83%	83%	77%

Esta solución parece factible. Sin embargo tiene el riesgo de que durante agosto y septiembre las políticas de inventario son demasiado bajas, de modo que cualquier fluctuación en la demanda difícilmente será satisfecho cabalmente.

Después de tratar con diferentes soluciones posibles, la siguiente es la que parece adecuarse más a los requerimientos buscados :

INVENTARIOS

	Ene-98	Feb-98	Mar-98	Abr-98	May-98	Jun-98	Jul-98	Ago-98	Sep-98	Oct-98	Nov-98	Dic-98
A	100%	100%	80%	80%	100%	100%	80%	70%	80%	100%	100%	100%
B	100%	100%	100%	80%	100%	100%	80%	65%	70%	100%	100%	100%
C	100%	100%	80%	80%	100%	100%	80%	65%	70%	100%	100%	100%

TORNOS PROYECTADOS

	Ene-98	Feb-98	Mar-98	Abr-98	May-98	Jun-98	Jul-98	Ago-98	Sep-98	Oct-98	Nov-98	Dic-98
Torno std	9.92	9.92	9.92	9.92	9.92	9.92	9.92	9.92	9.92	9.92	9.92	9.92
No. Tornos	35.7	35.7	41.5	39.7	61.9	63.2	43.6	34.0	63.4	41.6	35.7	35.7

BALANCEO DE CAPACIDAD

+ 4 turnos												
4 turnos												
3 turnos												
2 turnos												
1 turno												

UTILIZACION DE PLANTA PROMEDIO: 80%

	Ene-98	Feb-98	Mar-98	Abr-98	May-98	Jun-98	Jul-98	Ago-98	Sep-98	Oct-98	Nov-98	Dic-98
CAPACIDAD	476	476	476	714	833	833	833	833	833	714	476	476
UTILIZACION	76%	82%	87%	97%	97%	99%	100%	100%	89%	76%	82%	80%

Lo más atractivo de esta segunda solución es que la utilización teórica es la más alta de cuantas se probaron, aun trabajando un turno menos que en la primera

solución en el mes de marzo. Con esta segunda solución desarrollaremos el primer escenario de la simulación.

4.4.4. SIMULACION DE PRODUCCION

La simulación de producción no es más que el resultado de la simulación de ventas y de compras. De la simulación de compras hablaremos en el siguiente apartado de este trabajo.

La simulación de ventas pretende lograr la simulación de números con una media igual al valor del pronóstico de ese mes, con una desviación estándar de 0.15 y de acuerdo con una distribución aleatoria normal.

La distribución normal la generamos de acuerdo a la siguiente fórmula :

$$X_{normal} = \sigma \left(\sum_{i=1}^{12} X_i - 6 \right) + VE(\bar{X})$$

Esta fórmula surge del hecho de que la suma de 12 variables aleatorias uniformes en (0,1) tienen un valor esperado de 6 y una variancia de 1³⁰. De este modo, al generar 12 números aleatorios uniformes restamos su sumatoria de 6 y la multiplicamos por 0.15. Este es el margen generado por la distribución normal (que puede ser positivo o negativo) y lo sumamos al valor del pronóstico de ese mes.

Esta función no es la más exacta, porque entre otras deficiencias, nunca pueden aparecer números mayores o menores que el valor esperado más o menos 6 veces la desviación estándar. Si se requiriera mayor precisión, necesitaríamos hacer la simulación con más números o con otros algoritmos más sofisticados. Sin embargo, la aproximación es buena para los propósitos de este trabajo.

Las variables aleatorias así generadas se multiplican por el valor del pronóstico de ventas y genera las ventas simuladas de la siguiente forma :

PRONOSTICO Q2

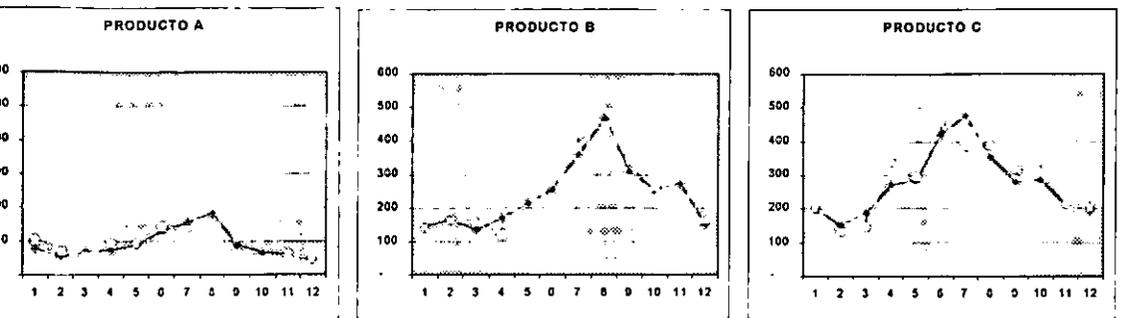
	Ene-98	Feb-98	Mar-98	Abr-98	May-98	Jun-98	Jul-98	Ago-98	Sep-98	Oct-98	Nov-98	Dic-98
B	147	162	136	169	213	257	360	467	309	257	272	154
Totales	422	384	360	515	588	609	893	1,034	676	610	544	397

VENTA SIMULADA

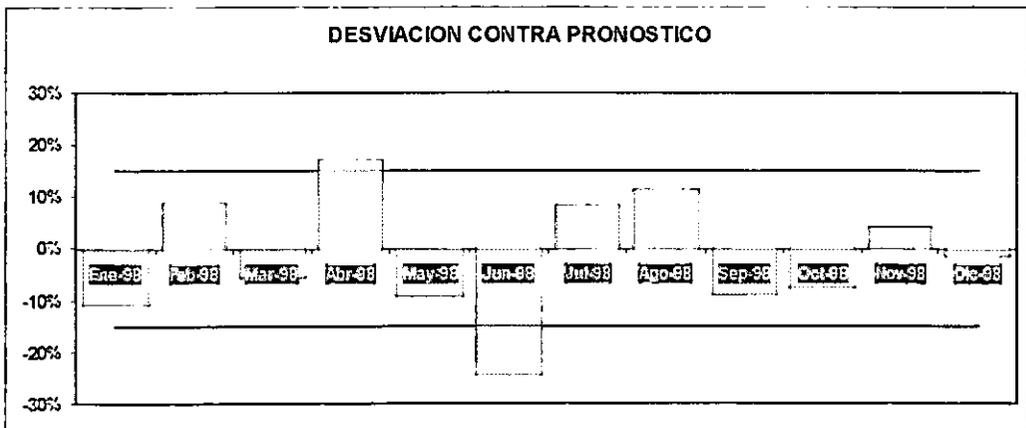
	Ene-98	Feb-98	Mar-98	Abr-98	May-98	Jun-98	Jul-98	Ago-98	Sep-98	Oct-98	Nov-98	Dic-98
B	125.8	154.1	133.3	179.0	234.9	223.0	285.1	457.4	304.4	280.0	263.7	146.0

La tabla de Venta Simulada es la multiplicación de la tabla de Pronósticos por las variables aleatorias normales generadas conforme a la fórmula anterior.

El resultado es una venta por producto generada con una desviación típica (de 0.15) del valor del pronóstico, que se asumiría como el valor esperado de la función. Las siguientes gráficas muestran ejemplos de Ventas Simuladas contra el Pronóstico esperado por producto.



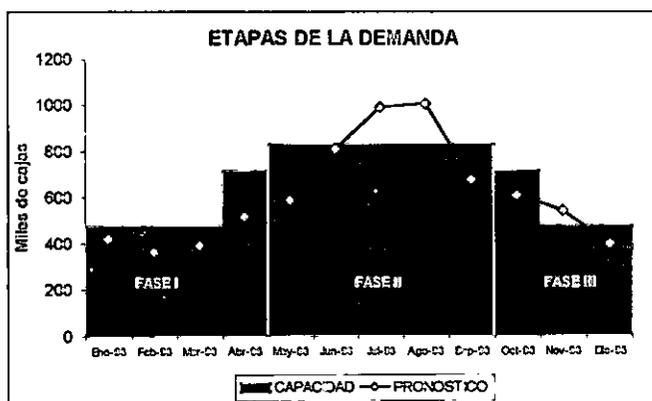
También se ha medido la dispersión del pronóstico contra las ventas estimadas en cada corrida de simulación. De la simulación es lógico esperar una distribución con un promedio igual al valor esperado de cada mes. Sin embargo, eso es en la función acumulada. En cada período, la desviación contra pronóstico nos da una gráfica como la siguiente :



Cada período está siendo simulado como una normal independiente de las demás, de modo que no es de esperarse comportamientos con una cierta tendencia, más que alrededor de cero. Esta desviación es más crítica conforme el pronóstico de cada período es mayor, pues el efecto de desviación se amplifica.

La fórmula para calcular la producción requerida de acuerdo a la demanda simulada considera los siguientes aspectos del comportamiento de la venta :

- La venta sigue una estacionalidad que puede dividirse en tres fases :
 - Crecimiento constante (Fase I) : enero a abril.
 - Alta Demanda - Cercana o superior a la capacidad disponible (Fase II) : mayo a septiembre.
 - Decrecimiento de la demanda (Fase III) : octubre a diciembre.
- En la fase I de la curva de la demanda como cada período es mayor en volumen que el anterior, es esencial mantener un inventario que satisfaga las políticas de inventario teóricas, pese al comportamiento de la venta, siempre variable. Cualquier excedente de inventario será absorbido por el siguiente período que tenga una variación hacia arriba en la venta.
- La fase II es la etapa en la que se espera que la planta esté produciendo a su máxima capacidad. Es de observarse que de acuerdo con el pronóstico, no existen más de dos meses en que la demanda es superior a la capacidad instalada disponible, sin embargo, producir cinco meses al tope de la capacidad se hace con objeto de construir suficiente inventario para superar esta etapa.
- En la fase III es importante saber cómo reaccionar ante el estado del inventario producido en los meses de alta demanda. Aquí la producción debe modificarse hacia arriba si el inventario es insuficiente o detener el ritmo de la producción si existe excedente de inventario. Es la única etapa de la curva en que no existe crecimiento constante.



De acuerdo con lo anterior, la fórmula de cálculo de producción se ha modificado para considerar las tres fases de la curva :

- En la fase I se produce la cantidad marcada por el MPS Teórico. Si al inicio del mes el inventario inicial es menor al proyectado, se inicia producción adicional en tiempo extra para recuperar ese inventario proyectado. En caso de que haya excedente de inventario, resultado de una disminución en la demanda, no se disminuye la producción.
- En la fase II como la utilización de la capacidad está al tope, se sigue la misma producción marcada por el MPS Teórico. En ningún caso se disminuye en esta fase, y obviamente tampoco puede incrementarse.
- En la fase III se verifica el inventario existente y se aumenta o disminuye la producción para satisfacer las políticas preestablecidas.

El cálculo completo de la simulación de la producción se muestra a continuación :

MPS SIMULADO

INVENTARIOS INICIALES

	Ene-98	Feb-98	Mar-98	Abr-98	May-98	Jun-98	Jul-98	Ago-98	Sep-98	Oct-98	Nov-98	Dic-98
A	79	55	71	51	93	132	139	65	13	56	48	49
B	117	107	138	135	233	277	312	319	221	308	253	161
C	196	162	165	310	264	356	327	198	71	164	181	200

VENTA REAL SIMULADA

	Ene-98	Feb-98	Mar-98	Abr-98	May-98	Jun-98	Jul-98	Ago-98	Sep-98	Oct-98	Nov-98	Dic-98
A	71	50	79	65	93	148	202	185	66	70	54	40
B	157	176	138	149	274	193	271	478	287	218	289	142
C	179	185	184	388	327	412	454	446	278	291	181	200

POLITICAS DE INVENTARIO

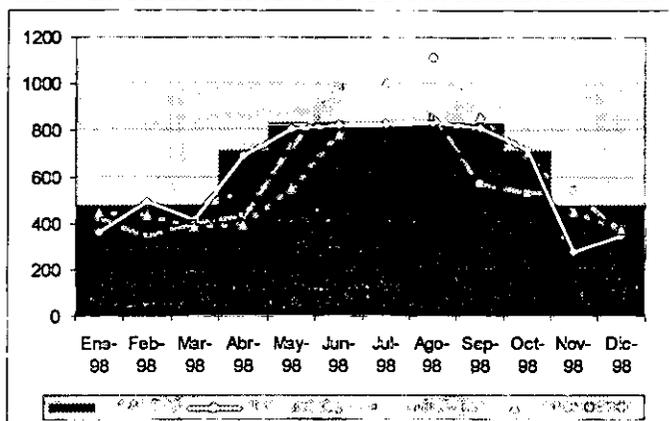
	Ene-98	Feb-98	Mar-98	Abr-98	May-98	Jun-98	Jul-98	Ago-98	Sep-98	Oct-98	Nov-98	Dic-98
A	100%	100%	100%	80%	100%	100%	100%	70%	90%	150%	150%	150%
B	100%	100%	100%	60%	100%	100%	60%	65%	70%	100%	100%	100%
C	100%	100%	100%	80%	100%	100%	80%	65%	70%	100%	100%	100%

PRODUCCION

	Ene-98	Feb-98	Mar-98	Abr-98	May-98	Jun-98	Jul-98	Ago-98	Sep-98	Oct-98	Nov-98	Dic-98
A	47	66	59	107	162	164	159	124	108	63	55	76
B	182	157	135	247	257	258	376	45	105	165	133	153
C	148	188	329	341	419	352	305	319	371	308	200	168
Tot	355	410	524	695	838	825	859	857	827	538	390	397

Estas celdas se recalculan en cada corrida de producción. Cada uno de estos indicadores se guarda por separado como el conjunto de resultados obtenidos para poder calcular las estadísticas de la simulación tipo Montecarlo.

EJEMPLO DE LOS RESULTADOS DE UNA CORRIDA COMPLETA



Como los valores de la producción se van modificando conforme lo va requiriendo la demanda, la utilización de planta también va cambiando. Este indicador también se monitorea en cada corrida.

4.4.5. SIMULACION DE COMPRAS

La fórmula para simular las compras (que más bien podría llamarse la simulación de la confiabilidad de los proveedores) parte de un hecho basado en la experiencia. La información disponible para poder simularla con un modelo teórico más exacto simplemente era inexistente.

Programas de Producción afectados por falta de materiales				
	1994	1995	1996	TOTAL
Ene	1	0	0	1
Feb	0	2	1	3
Mar	0	0	0	-
Abr	1	1	0	2
May	1	0	1	2
Jun	0	1	1	2
Jul	1	1	1	3
Ago	0	2	0	2
Sep	0	0	0	-
Oct	1	1	0	2
Nov	0	0	1	1
Dic	2	0	0	2
Total	7	8	5	20
Programas	51	50	52	153
%	14%	16%	10%	13%

El hecho del que parte esta simulación es (tal como se menciona en el apartado de Abastecimiento de Materiales) que la cantidad de Programas de Producción que no se producen completamente por falta de materiales no supera al 13% de los programas de producción totales (como se muestra en la tabla anexa) y que cuando un proveedor falla, difícilmente llega a afectar en más de un 40% de la producción planeada.

Idealmente, este 40% no se distribuye uniformemente, y como son los arribos de materiales, podría verse como una distribución de Poisson. Sin embargo, no disponíamos de datos más sólidos (como

la variancia indispensable en la fórmula de Poisson), ni modo de poder generalizar un comportamiento estándar de más de 200 proveedores, con comportamientos completamente variados.

Esta es la razón por la que decidimos hacerlo con una distribución uniforme de acuerdo a la siguiente fórmula :

$$\bar{X}_a < 0.13 \Leftrightarrow \text{Disponibilidad de Producción} = 1 - 0.40 \bar{X}_b$$

\bar{X}_a y \bar{X}_b son dos variables aleatorias independientes.

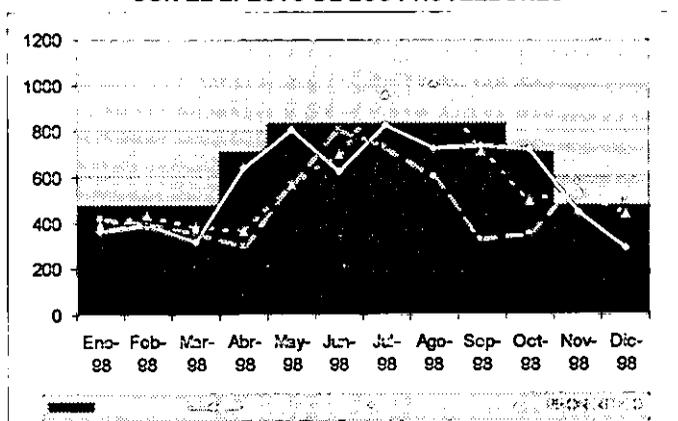
No es necesario simular el comportamiento de esta distribución, pues es fácil ver que su valor esperado y su desviación estándar son respectivamente :

$$\begin{aligned} \overline{VE}(X) &= 0.87 (1) + 0.13 [1 - (0.4)(0.50)] = 0.974. \\ \sigma &= 0.80 \end{aligned}$$

Lo que es verdaderamente interesante es ver cómo afecta a la simulación del sistema de producción, es decir, un proceso más adelante.

Esto se puede ver en la gráfica siguiente :

**EJEMPLO DE LOS RESULTADOS DE UNA CORRIDA COMPLETA
CON EL EFECTO DE LOS PROVEEDORES**



Se puede ver cómo en los períodos de la Fase II, de alta demanda y a plena capacidad, donde se esperaría una utilización de la planta cercana al 100% se pueden apreciar picos que muestran producción incompleta, resultado de entregas incompletas de materiales que afectan desde luego al volumen total producido.

Esto también tiene repercusiones no sólo en el nivel de utilización de la planta, sino también en la cantidad de faltantes y de cajas canceladas como se verá en el siguiente apartado.

4.4.6. SIMULACION DE DISTRIBUCION

El objetivo de la simulación de la distribución es determinar cómo afecta la combinación de las variables descritas anteriormente en el último eslabón de la cadena de suministro, que representa la presencia de los productos en los almacenes de producto terminado final.

Aunada a esta conjunción de factores, en la propia distribución la venta se maneja nuevamente aleatoria. La impredecibilidad de la venta está representada en la práctica por sobreventas locales en cada uno de los almacenes, los cuales tienen una estimación propia de la venta total como pronóstico de venta para las ciudades a las cuales distribuye cada uno de estos almacenes. Cada uno de los almacenes puede sobrevender o subvender su estimado original, de modo que el efecto puede ser diferente al que nos arrojaría si solamente comparáramos el estimado total nacional de ventas contra el inventario total disponible nacional (por ejemplo, un almacén puede sobrevender en un 130% y otro subvender en un 70%, de modo que los efectos se netean y se obtiene una cobertura del 100%, sin embargo, si el inventario de seguridad no alcanza a cubrir esa sobredemanda del 30%, existirá un *faltante* en ese almacén, mientras que en el otro existirá inventario ocioso).

La respuesta obvia a este problema sería enviar producto del almacén que está subvendiendo al almacén que está sobrevendiendo. Sin embargo, en la práctica esto no siempre es aplicable, dadas las economías de escala que se manejan en transporte y que necesariamente implican la consolidación de las cargas en los transportes para un manejo eficiente del costo del flete por peso transportado o la consolidación de las rutas que hace que no siempre exista el transporte adecuado o requerido en el lugar necesario.

Para efectos de la simulación, dado que simulamos primero las ventas, ahora modelaremos la distribución de la venta en los almacenes para determinar cómo afecta a la disponibilidad de inventario total el requerimiento de producto en cada almacén.

En nuestro modelo hemos incluido 4 almacenes de producto terminado (I, II, III y IV). Para simular el efecto de las ventas en la distribución, partimos del hecho empírico de que las ventas se cumplen históricamente en la siguiente proporción en cada uno de los almacenes :

ALMACEN	DEMANDA ESTIMADA
I	35 %
II	20 %
III	15 %
IV	30 %

El rango de variación de esta demanda es totalmente variable y tiene un comportamiento errático. Para efectos de esta simulación, hemos considerado una variación +/- 40% de esa demanda estimada.

A manera de ejemplo, la corrida resultante de simular con una distribución aleatoria normal a la distribución de la venta en cada almacén quedaría de la siguiente forma:

	VENTAS TOTALES	ALMACEN I	ALMACEN II	ALMACEN III	ALMACEN IV
PRONOSTICO	200	35 % 70	20 % 40	15 % 30	30 % 60
SIMULADO	240	45 % 108	19 % 46	12 % 29	24 % 58

Como podemos apreciar en el ejemplo, en el almacén I existe una sobreventa de casi el 54 %, mientras que en el almacén II y III no existe tal sobredemanda.

La fórmula ocupada para generar esta simulación de la venta es la siguiente :

$$V_i(X) = (1.4 \text{ Alm}_i - 0.6 \text{ Alm}_i) \text{ Aleat} + 0.6 \text{ Alm}_i$$

, donde $\text{Alm}_i \in$ Estimación ;

y Estimación = { $\text{Alm}_1 = 0.35$, $\text{Alm}_2 = 0.20$, $\text{Alm}_3 = 0.15$, $\text{Alm}_4 = 0.30$ }

Una vez que se ha simulado la distribución de la venta por almacén (que es la misma venta que se simula una sola vez en toda la simulación), se compara contra los inventarios finales de cada mes, producidos conforme al Plan Maestro de Producción (sujeto a la estacionalidad de las ventas y a los faltantes de materiales de las compras).

El resultado de la comparación es un faltante. Como explicamos en otro capítulo, el faltante es la existencia del inventario en una proporción menor al 30% de la venta simulada.

En este caso, la regla para contabilizar los faltantes es :

$$\text{Si } \text{Inventario}_i < 0.30 \text{ Venta}_i \Rightarrow \text{Faltante}_i = 1$$

,dónde j es el mes en cuestión y i es el subíndice que denota el producto.

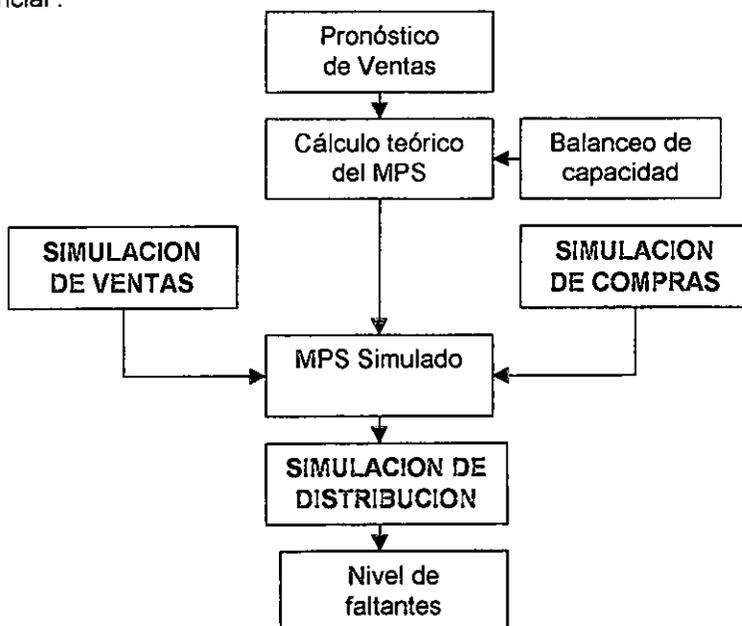
Se realizaron 1000 corridas de tipo Montecarlo para determinar la tendencia de la venta respecto a los faltantes. Los resultados se muestran en la sección de Resultados.

4.5. INTEGRACION DEL MODELO COMPLETO

El modelo de la cadena de suministro así planteado consta entonces de tres elementos lógicos :

- **SIMULACION DE COMPRAS**
- **SIMULACION DE VENTAS**
- **SIMULACION DE DISTRIBUCION**

Sin embargo, como se explicó anteriormente, la simulación sigue el siguiente orden secuencial :



Como podemos ver en el diagrama, la primera parte del modelo es simular las ventas a partir de un pronóstico Q2, mismo que sirve de base para generar números aleatorios normales, sobre la media del pronóstico, con una desviación estándar de 40%.

De aquí, una vez que se balancea la producción de acuerdo con el pronóstico, para determinar el número de turnos a trabajar y obtener un estimado del inventario, se calcula el MPS de acuerdo con las políticas definidas en el MPS teórico.

Si solamente se simulara la producción con las políticas del MPS teórico, el nivel de producción sería óptimo. Para hacerlo más adecuado a la realidad, se agrega una variable más, simulando las compras con números aleatorios uniformes, de acuerdo a una distribución empírica.

En realidad lo que hace esta simulación es afectar el nivel de disponibilidad de la producción calculada en el MPS simulado con las ventas solamente. De esta forma, a pesar de que el MPS calcule correctamente el nivel de producción requerido, la disponibilidad de materiales no siempre es 100%, sino que afecta este porcentaje, determinando la cantidad máxima a producir con los materiales disponibles.

Finalmente, se calcula la disponibilidad de producto terminado producido conforme a estas variables, en cada uno de los almacenes de producto terminado, sujeto a la tercera simulación, la distribución de las ventas en cada uno de éstos. La disponibilidad de producto se hace de acuerdo al cálculo simulado del MPS, y se asigna en cada almacén de acuerdo al pronóstico de distribución de cada almacén. Si el inventario disponible es menor al 30% de la venta, existe un faltante.

De este modelo, existen ciertas variables de salida que son las que estamos simulando y sobre las que esperamos determinar una tendencia, una forma de actuación, un rango de valores sobre los que oscilan los resultados de estas variables y que finalmente son los que dan sentido a la cadena de suministro.

Estas variables son :

- Nivel de faltantes de ventas
- Nivel de inventarios
- Nivel de producción
- Utilización de la planta
- Costo de mano de obra : tiempo extra y contrataciones

En el siguiente apartado se dan los resultados de cada una de estas variables.

==== **R**esultados de la simulación ====

5. RESULTADOS DE LA SIMULACION

5.1. VARIABLES DE SALIDA

Desde la perspectiva en la que queremos plantear este análisis de la administración de la cadena de suministro es en la manera en la que se construye el Plan Maestro de Producción (MPS). No nos referimos a la manera de construirlo metodológicamente, cosa que ya ha sido ampliamente discutido, sino a las **políticas de inventario** que deben incluirse para su cálculo y que finalmente dirigen todo el MPS. Adicionalmente, también haremos un análisis de sensibilidad sobre otros aspectos que afectan directamente a la cadena de suministro planteada y cuyo efecto no se puede ignorar dado que impactan directamente el *performance* de la cadena de suministro.

Para el conjunto de resultados que se cita a continuación, las políticas de inventario del MPS fueron las siguientes :

	ene-98	feb-98	mar-98	abr-98	may-98	jun-98	jul-98	ago-98	sep-98	oct-98	nov-98	dic-98
A	100%	100%	100%	83%	100%	100%	100%	70%	80%	100%	80%	100%
B	100%	100%	100%	80%	100%	100%	80%	65%	70%	100%	100%	100%
C	100%	100%	100%	80%	100%	100%	80%	65%	70%	100%	100%	100%

No se debe perder de vista que las variables relevantes para el análisis que se persigue no son las ventas, ni la exactitud del pronóstico, mucho menos los niveles de producción. En base a estos supuestos es que se ha construido el escenario de simulación y ha sido ampliamente comentado la manera en que se generaron estas variables.

Las variables de salida que se ha planteado originalmente analizar son las siguientes :

1. Nivel de faltantes
2. Nivel de inventarios
3. Nivel de producción
4. Utilización de planta
5. Costo de mano de obra : tiempo extra y contrataciones.

1. Nivel de faltantes

El verdadero impacto de la cobertura de inventarios se refleja en los niveles de faltantes y por lógica en el nivel de servicio a ventas. Usualmente, la referencia

de este parámetro es disminuirlo anualmente respecto al año anterior. Sin embargo, no existe manera de determinar un valor razonable de este valor.

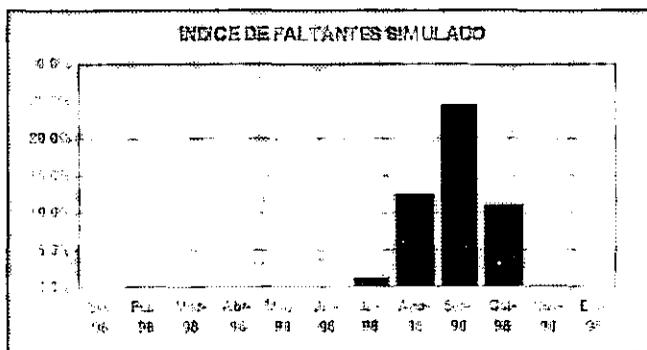
La conclusión de la simulación es que el nivel de faltantes es también una variable de las políticas de inventario. Y más importante aún, este parámetro tiene una cota mínima que sorprendentemente es más alta de lo que se puede suponer de acuerdo al comportamiento histórico de esta variable.

De acuerdo con la simulación, los resultados son los siguientes :

NIVEL DE FALTANTES SIMULADO													
	Ene-98	Feb-98	Mar-98	Abr-98	May-98	Jun-98	Jul-98	Ago-98	Sep-98	Oct-98	Nov-98	Dic-98	
I	0	13	2	1	1	5	37	369	723	326	11	1	24.6%
II	0	9	1	3	3	3	37	369	723	315	11	2	24.5%
III	0	10	2	0	2	3	36	372	726	342	11	1	24.9%
IV	0	11	2	5	4	2	40	397	757	343	12	3	25.0%
% Faltantes	0.0%	0.4%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	1.3%	12.6%	24.4%	11.1%	0.4%	0.1%	
INDICE DE FALTANTES ANUAL :									4.20%				

Este resultado contrasta grandemente con el nivel de faltantes que se maneja (y se presupuesta) tradicionalmente siguiendo un nivel histórico de comportamiento de los faltantes. Recordemos que el nivel de faltantes del año anterior era de sólo 0.9%.

Otra cosa interesante de anotar respecto al comportamiento de los faltantes es la distribución práctica que siguen a través del tiempo. Se muestra en la siguiente gráfica :



Por producto, el nivel de faltantes es el siguiente :

PRODUCTO	INDICE
A	25 %
B	28 %
C	46 %

INDICE ANUAL : 4.20 %

Llama la atención que la distribución de faltantes no se ve alterada por almacén, donde casi cada almacén tiene una participación del 25% del nivel de faltantes, mientras que por producto, la mayor participación se debe al producto C, con casi la mitad de las aportaciones.

Finalmente, diremos que como intuimos en capítulos anteriores, el nivel de faltantes no se afecta por la estacionalidad de las ventas de abril a agosto, lo cual implica que la planeación maestra de la producción está bien diseñada y no debe afectarse el nivel de servicio a ventas por el ritmo de estas últimas.

2. Nivel de Inventarios

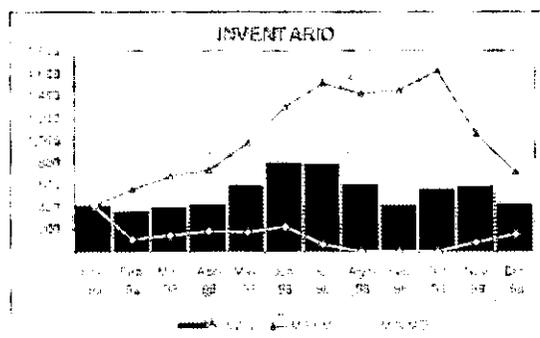
Probablemente, esta sea una de las conclusiones más dramáticas que pueden obtenerse al emplear técnicas de simulación para determinar la planeación de la producción óptimamente en una industria que fabrica para inventario.

Los resultados son los siguientes :

INVENTARIO	Eno-98	Feb-98	Mar-98	Abr-98	May-98	Jun-98	Jul-98	Ag-98	Sep-98	Oct-98	Nov-98	Dic-98	TOTAL
TEORICO	422	364	390	412	568	809	825	662	491	643	574	419	6,553
SIMULADO	422	359	403	427	592	794	787	604	420	554	581	422	6,553
MINIMO	422	113	144	182	178	226	65	-	-	-	83	160	973
MAXIMO	422	561	681	729	972	1,295	1,514	1,419	1,450	1,628	1,061	710	11,442

Para determinar el inventario simulado, de acuerdo al modelo Montecarlo, se determinó el promedio de los inventarios obtenidos por simulación. Con esto se determina que en realidad, el inventario proyectado es inferior en 4% al que se podría proyectar teóricamente. Además en varios meses, en especial en los que se encuentran en el tercer ciclo del año, existen variaciones considerables (-9% en agosto, -15 % en septiembre y -14% en octubre), lo cual implica una aproximación más exacta que debe redundar en un mejor manejo del ciclo financiero de caja, tema que retomaremos más adelante.

Adicionalmente, es interesante estudiar también los picos máximos y mínimos de los inventarios, que se muestran en la siguiente gráfica :



Las conclusiones de los niveles de producción obtenidos por simulación contra los calculados teóricamente son los siguientes :

	Ene-98	Feb-98	Mar-98	Abr-98	May-98	Jun-98	Jul-98	Ago-98	Sep-98	Oct-98	Nov-98	Dic-98	TOTALES
Capacidad	476	476	476	476	476	476	476	476	476	476	476	476	7,073
Teórico	364	390	412	691	809	825	829	833	829	540	390	380	7,292
Simulada	358	408	413	690	790	800	803	841	808	826	393	360	7,057
Simul / Teor	98%	105%	100%	98%	98%	97%	97%	97%	98%	118%	99%	95%	99.5%
Mínimo	253	268	276	444	578	574	589	554	576	128	178	174	4,426
Máximo	364	572	578	853	809	825	829	833	829	1,190	649	564	8,997
Std. Dev.	17	47	40	54	47	41	42	42	40	180	69	60	76

Es interesante notar que aun considerando las ineficiencias de los proveedores que afectan a un 13% de los programas de producción, la producción no se altera demasiado en términos totales. De hecho, la producción promedio simulada es prácticamente la misma que la calculada teóricamente (99.5%), lo cual nos dice la producción planeada de esta forma es eficiente.

Un aspecto importante a considerar es que esto es cierto en el promedio, pero también vale la pena observar el comportamiento de la desviación típica obtenida mediante el modelo de simulación Montecarlo, la cual nos da una idea más cercana al nivel de tiempo extra de mano de obra requerido y de utilización de planta obtenida mediante este modelo.

Finalmente, se debe recordar que el cuello de botella de la planta es el área de Empaque de sobre, con una producción aproximada de 9,920 cajas por turno. Al ser un departamento altamente mecanizado, podemos concluir dos puntos importantes sobre los cuales se debe realizar un análisis de sensibilidad más minucioso :

- Si se implementa una metodología **SMED (Single Minute Exchange of Die)** para eficientar los cambios de producción, ¿ se podría esperar que la producción aumentara ? ¿ en la misma proporción en que lo haría la velocidad del cambio y arranque - hasta llegar a la siguiente restricción de capacidad ?
- ¿ Hasta cuánto conviene invertir en incrementar la capacidad del departamento de Empaque para incrementar la producción contra el incremento de niveles de faltantes y de inventarios y costos de mano de obra?

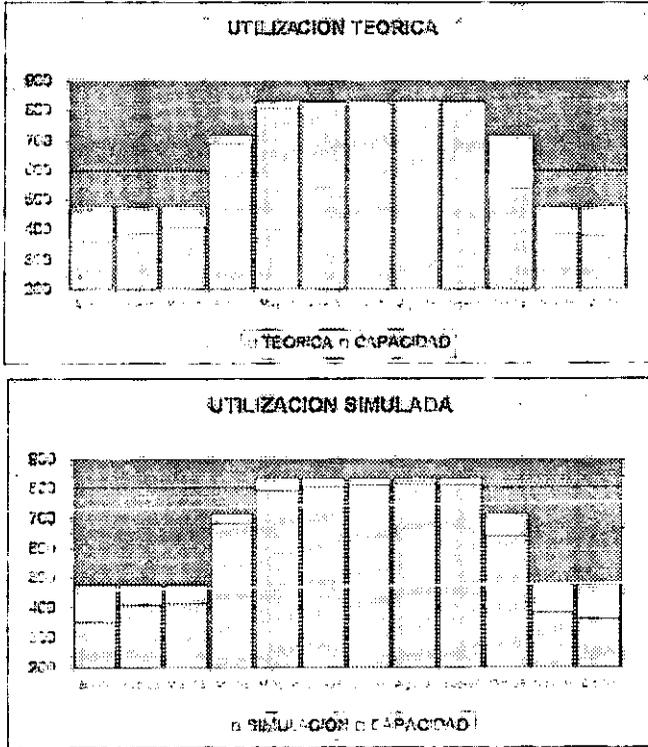
Estos temas son retomados en las conclusiones finales de este trabajo.

4. Utilización de Planta

El siguiente cuadro resumen nos muestra la planeación de la capacidad por turnos con la que se ha simulado la producción de esta cadena de suministro, así como la capacidad teórica mensual de acuerdo a esta planeación.

	Ene-88	Feb-88	Mar-88	Abr-88	May-88	Jun-88	Jul-88	Ago-88	Sep-88	Oct-88	Nov-88	Dic-88	TOTAL
TURNOS	2	2	2	3	4	4	4	4	4	3	2	2	
CAPACIDAD	475	475	475	711	833	833	833	833	833	711	475	475	7,573

De acuerdo con esta planeación de la capacidad, se obtuvieron los niveles de utilización de planta que se muestran en los siguientes gráficos :



La conclusión de ambos resultados es que la utilización de planta real contra la obtenida por simulación es del 91% en ambos casos. Sin embargo, a nivel mensual se aprecia lo que parecería una gran subutilización mensual, como se muestra en el siguiente cuadro resumen :

	Ene-88	Feb-88	Mar-88	Abr-88	May-88	Jun-88	Jul-88	Ago-88	Sep-88	Oct-88	Nov-88	Dic-88	TOTAL
TURNOS	2	2	2	3	4	4	4	4	4	3	2	2	
CAPACIDAD	475	475	475	711	833	833	833	833	833	711	475	475	7,573
PRODUC. CONTRA CAPACIDAD	348	341	412	671	699	753	753	803	626	634	365	365	7,043
PRODUCCION SIMULADA	355	403	413	623	780	803	803	811	603	633	365	300	7,257
UTILIZACION TEORICA	73%	72%	87%	94%	84%	90%	90%	96%	74%	89%	77%	77%	94%
UTILIZACION SIMULADA	75%	86%	87%	95%	95%	96%	97%	97%	97%	89%	81%	76%	91%

La gran diferencia se ve en la utilización del mes de octubre, donde existe una diferencia de 13 puntos porcentuales en la utilización de la planta. De igual forma, se demuestra que es imposible mantener a la planta trabajando al 100% de su capacidad aun durante la temporada pico de ventas (meses de junio a septiembre), pues el nivel de servicio de los proveedores de materiales terminan por disminuir este nivel de servicio hasta en un 3%. Esta conclusión la retomaremos al establecer una política de penalización por niveles de servicio de los proveedores de materiales a la planta.

5. Costo de mano de obra : tiempo extra y contrataciones.

De los resultados de la producción requerida y del balanceo de turnos para este escenario de simulación, se infieren de manera inmediata los resultados de necesidad de personal para producir con los niveles requeridos en esta cadena de suministro.

Las plantillas de personal requeridas por turno de acuerdo a información de los estándares de producción son los siguientes :

PLANTILLAS POR TURNO	
MEZCLAS	40
EMPAQUE	50
ENSAMBLE	110
Mano de Obra Especial	200

Se determina que cada turno implica una necesidad adicional de 200 trabajadores. La nómina base de este grupo de obreros sin especialización es de 1.5 veces el salario mínimo. Asumiendo un salario mínimo vigente a febrero de 1999 de \$35.50 diarios y que el mes se compone de 30 días a compensar, la nómina mensual por trabajador es de \$1,597.50

De los datos del apartado "La Mano de Obra. Contrataciones y Tiempo Extra" de este trabajo, tenemos los siguientes costos de contratación y de rescisión de contratos para los trabajadores eventuales :

CONTRATACION		RESCISION	
AVISO	\$ 50	AGUINALDO	\$ 330
EXAMEN MEDICO	\$ 40	VACACIONES	\$ 120
UNIFORMES	\$ 170	FONDO DE AHORRO	\$ 75
GASTOS ADMINISTRATIVOS	\$ 35		
TOTAL	\$ 295	TOTAL	\$ 525

Con esta información, podemos calcular el presupuesto de gasto en mano de obra para el período simulado, tal como se muestra en la siguiente tabla :

	Ene-00	Feb-00	Mar-00	Abr-00	May-00	Jun-00	Jul-00	Ago-00	Sep-00	Oct-00	Nov-00	Dic-00	TOTALES	
Turnos	2	2	2	3	4	4	4	4	4	3	3	2	2	n.a.
Personal	400	400	400	600	600	600	600	600	600	600	400	400	400	n.a.
Contrataciones	-	-	-	200	200	-	-	-	-	-	-	-	-	400
Despidos	-	-	-	-	-	-	-	-	200	-	200	-	-	400
Nómina	639,000	639,000	639,000	958,500	1,278,000	1,278,000	1,278,000	1,278,000	958,500	958,500	639,000	639,000	11,102,500	
Extraordinarias *	-	-	-	59,000	59,000	-	-	-	105,000	-	105,000	-	328,000	

Con esta información, se puede estimar que la nómina total de la mano de obra directa asciende a \$ 11'182,500 y los gastos extraordinarios de contratación y de rescisión de contratación de la mano de obra eventual es de \$ 328,000 lo cual equivale a un poco menos del 3% de la nómina pagada.

Es interesante notar que aunque la planta llegue a niveles de utilización de personal requerido de 800 personas, solamente se requiere un personal de base de 400 trabajadores (la mitad) y el resto de la producción se debe realizar con eventuales. Se aprecia que el costo de contratar trabajadores eventuales es menor a mantenerlos como trabajadores de planta los 12 meses.

Históricamente, el tiempo extra no se presupuesta. Estos costos se cargan a los índices de eficiencia de la planta. Sin embargo, hemos hecho notar que la administración de las variaciones sobre la demanda estacional, cíclica e impredecible de este mercado pueden marcar la diferencia en competitividad de costos. De esta forma, surge la necesidad de acotar estas necesidades de mano de obra conforme la variabilidad de la demanda.

Para obtener este resultado, hemos calculado los niveles promedio de producción conforme a cada corrida de simulación. Además, hemos obtenido los niveles mínimos y máximos de producción requerida conforme al modelo simulado.

Los niveles de producción mínima afectan la utilización de planta, sin embargo son **costos hundidos** y no afectan a los costos operativos totales. Sin embargo, los niveles máximos nos indican hasta qué tanta producción adicional se puede requerir y este número lo cotejamos contra la capacidad instalada. En aquellos casos en los que la producción máxima rebasa a la capacidad instalada, se requiere producir en tiempo extra.

Para determinar los niveles máximos se ha calculado la desviación estándar y sobre la producción simulada se han sumado dos veces los valores de desviación estándar, para obtener el presupuesto representativo de mano de obra en el 95.45% de los casos. Hay que destacar que esta inferencia no es del todo exacta, pues aunque las ventas se han simulado con distribuciones normales independientes lo que le da validez a este supuesto, el resultado de la simulación está afectado por la distribución aleatoria constante de las compras, en conjunto con las reglas de negocio que hemos añadido para cada etapa de la estacionalidad del pronóstico.

Sin embargo, con afán de determinar un tope límite para el tiempo extra, determinamos los datos mostrados en la siguiente tabla :

	Ene-98	Feb-98	Mar-98	Abr-98	May-98	Jun-98	Jul-98	Ago-98	Sep-98	Oct-98	Nov-98	Dic-98	TOTALES
Turnos	2	2	2	3	4	4	4	4	3	3	2	2	
Producción simulada:	355	409	413	660	790	603	608	811	608	638	385	360	7,257
Producción Máxima	354	572	578	653	609	625	629	833	629	1,180	649	564	8,997
Prod Adicional	-	28	16	73	40	52	59	62	55	282	47	15	n.a.
Pago costo T Extra	-	37,050	21,933	97,837	53,382	63,631	78,732	83,352	73,924	378,654	62,837	20,171	977,104

El cálculo del tiempo extra requerido conforme a la simulación es de \$ 977,104 el cual equivale a cerca del 9% del costo de la nómina total pagada. Este dato es el tope máximo sobre la que debería presupuestarse el tiempo extra total de la planta.

Vale la pena notar que octubre es el mes crítico en cuanto a utilización de tiempo extra de la planta. Esta situación debe preverse desde septiembre en la medida de lo posible. Puede llegar a ser conveniente no cortar el 4º turno en agosto sino todavía ocuparlo en septiembre, de modo que no se requiera tal volumen de producción en octubre, dado que por sí solo este mes representa casi el 35% del tiempo extra total.

5.2. ANALISIS DE DATOS ESPECIFICOS

Existen tres elementos en los que hemos considerado necesario profundizar un poco más, dado que son elementos cuya relevancia es absoluta para determinar algunos pasos para mejorar la administración de esta cadena de suministro. Estos elementos son los siguientes :

1. Análisis financiero de los inventarios.
2. Inversión en la capacidad de la planta.
3. Gestión de materiales y administración de proveedores.

5.2.1. ANALISIS FINANCIERO DE LOS INVENTARIOS.

Es un hecho conocido el que la disminución de los inventarios trae consigo una mejora financiera, debido a que disminuye el capital de trabajo requerido para operar una empresa. Sin embargo, esta mejora no tiene un impacto directo ni es de la misma magnitud que el monto de inventario que se ha disminuído.

La mejor manera de medir este impacto es por el flujo de efectivo que se libera resultado de la disminución en el capital de trabajo.

A continuación se muestran los estados financieros de la empresa en estudio, así como las razones financieras relevantes para el análisis de los inventarios :

	Dic-97	Dic-98
VENTAS NETAS	1,962,202 100%	2,060,905 100%
COSTO DE VENTAS	1,172,850 60%	1,215,953 59%
UTILIDAD BRUTA	789,352 40%	844,952 41%
GASTOS DE ADMINISTRACION	160,536 8%	195,566 9%
GASTOS DE VENTAS	515,219 26%	593,952 29%
UTILIDAD DE OPERACIÓN	113,597 6%	55,434 3%
PERDIDA (UTIL) EN CAMBIOS	(2,835) 0%	6,788 0%
GASTOS (PRODUCTOS) FINANCIEROS	24,762 1%	32,291 2%
PERDIDA (UTIL) MONETARIA	(63,342) -3%	(35,525) -2%
COSTO INTEGRAL DE FINANCIAMIENTO	(41,415) -2%	3,554 0%
UTILIDAD DESPUES CIF	155,012 8%	51,880 3%
OTROS GASTOS (INGRESOS) EXTRAORD	27,884 1%	8,925 0%
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	127,128 6%	42,955 2%
ISR, PTU E IMPAC	75,128 4%	50,231 2%
PARTIC EN SUBSIDIARIAS Y ASOCIADAS	25,342 1%	40,192 2%
PARTIC INTERES MINORITARIO	- 0%	- 0%
UTILIDAD NETA	77,342 4%	32,916 2%
	Dic-97	Dic-98
DIAS DE INVENTARIO	68	67
PLAZO MEDIO DE COBRO	54	44
PLAZO MEDIO DE PAGO	66	60
CICLO FINANCIERO DE CAJA	55	50

Como podemos observar, el ciclo de caja está aumentando su velocidad en 5 días, lo que permite que rote más rápidamente el capital de trabajo requerido. Sin embargo, esta mejoría no se debe a una mejor administración de los inventarios, sino a una mejoría en su cobranza, pese a que su rotación de cuentas por pagar a proveedores ha aumentado.

Del estado de resultados, podemos ver que la carga financiera ha aumentado. Este punto es el argumento central de la necesidad de una gestión eficiente de los inventarios : si los inventarios del activo circulante se financian con un incremento en la deuda de corto plazo y con costo explícito, entonces la mejoría no solamente es en el incremento en el flujo generado por la disminución del capital de trabajo proveniente de los inventarios, sino de los pasivos con costo, por lo que su efecto se amplifica.

Esto se puede apreciar en el balance :

	Dic-97	Dic-98
ACTIVO		
CAJA Y VALORES REALIZABLES	9,899 0%	25,738 1%
CUENTAS POR COBRAR (NETO)	287,885 10%	245,788 11%
DEUDORES DIVERSOS	713,216 24%	141,724 6%
INVENTARIOS (NETO)	217,059 7%	221,821 10%
CUENTAS POR COBRAR FILIALES	222,142 8%	258,248 11%
OTROS ACTIVOS CIRCULANTE	49,777 2%	8,536 0%
TOTAL ACTIVO CIRCULANTE	1,499,858 51%	897,863 39%
ACTIVO FIJO	1,427,827 49%	1,442,950 63%
REVALUACION ACUMULADA	- 0%	- 0%
DEPRECIACION ACUMULADA	373,654 13%	381,040 17%
ACTIVO FIJO NETO	1,054,173 36%	1,061,910 46%
INVERSIONES EN VALORES L.P.	- 0%	- 0%
CUENTAS POR COBRAR L.P.	- 0%	- 0%
INVERSION PERMANENTE EN ACCIONES	309,433 11%	230,644 10%
CARGOS DIFERIDOS	- 0%	- 0%
IMPUESTOS DIFERIDOS	- 0%	- 0%
OTROS ACTIVOS	57,412 2%	88,684 4%
TOTAL ACTIVO	2,920,976 100%	2,289,101 100%
PASIVO		
DEUDA A CORTO PLAZO	562,462 19%	549,342 24%
PROVEEDORES	213,007 7%	200,662 9%
GASTOS ACUMULADOS POR PAGAR	345,386 12%	54,004 2%
IMPUESTOS POR PAGAR	14,160 0%	12,191 1%
CUENTAS POR PAGAR CON FILIALES	- 0%	- 0%
OTROS PASIVOS CIRCULANTES	- 0%	- 0%
TOTAL PASIVO CIRCULANTE	1,134,855 39%	816,199 36%
DEUDA A LARGO PLAZO	310,637 11%	293,538 13%
OTROS PASIVOS A LARGO PLAZO	-	-
TOTAL PASIVO LARGO PLAZO	310,637 11%	293,538 13%
IMPUESTOS POR PAGAR DIFERIDOS	- 0%	- 0%
PRIMAS DE ANTIGÜEDAD	1,384 0%	2,152 0%
TOTAL PASIVO	1,448,976 50%	1,111,887 49%
CAPITAL CONTABLE		
CAPITAL SOCIAL	333,685 11%	307,875 13%
RESERVA LEGAL	24,878 1%	25,869 1%
EXCESO (INSUF) ACTUALIZACION CAPITAL	171,747 6%	124,617 5%
INTERES MONORITARIO	- 0%	- 0%
RESULTADO EJERCICIOS ANTERIORES	609,527 21%	398,568 17%
OTROS	283,841 10%	287,551 13%
UTILIDAD NETA DEL PERIODO	77,342 3%	32,916 1%
TOTAL CAPITAL CONTABLE	1,474,000 50%	1,177,214 51%
TOTAL PASIVO Y CAPITAL CONTABLE	2,920,976 100%	2,289,101 100%

Se pueden hacer varias lecturas de los estados financieros de la empresa. Sin embargo, lo único en lo que nos queremos detener es en el monto de la deuda

de corto plazo, que pese a que el monto total de los activos ha disminuído éste se ha mantenido casi constante en monto, y porcentualmente se ha incrementado. Mismo caso con el monto de los inventarios.

El ejercicio interesante es el que se muestra del estado de cambios en la posición financiera que se muestra a continuación :

	1999
UTILIDAD (PERDIDA) DEL PERIODO	32,916
DEPRECIACION Y AMORTIZACION	7,386
PROVISIONES DE PASIVOS	768
PARTICIPACION EN SUBSIDIARIAS	78,789
IMPUESTOS DIFERIDOS	-
OTROS	-
EFFECTO MONETARIO	-
INTERESES Y FLUCTUACIONES CAMBIARIAS	-
GENERACION BRUTA DE EFECTIVO	119,859
ACTIVIDADES DE OPERACIÓN	
CUENTAS POR COBRAR	42,059
INVENTARIOS	(4,762)
CUENTAS POR COBRAR FILIALES	(34,106)
DEUDORES DIVERSOS	571,492
PROVEEDORES	(12,345)
GASTOS ACUMULADOS POR PAGAR	(291,382)
OTROS ACTIVOS Y PASIVOS CIRCULANTES	43,241
IMPUESTOS POR PAGAR	(1,909)
RECURSOS GENERADOS (UTILIZADOS) EN LA OPERACIÓN	312,298
GENERACION OPERATIVA NETA	432,157
ACTIVIDADES DE FINANCIAMIENTO	
AUMENTO O DISMINUCION DEL CAPITAL	4,520
DIVIDENDOS COBRADOS O PAGADOS	(287,092)
INCREMENTO Y AMORTIZACION DEUDA C.P.	(13,120)
INCREMENTO Y AMORTIZACION DEUDA L.P.	(17,101)
OTROS PASIVOS CIRCULANTES Y A L.P.	-
CUENTAS CON FILIALES	-
PARTICIPACION MINORITARIA	-
FUENTES (USOS) DE FINANCIAMIENTO	(312,793)
ACTIVIDADES DE INVERSION	
ADQUISICION O VENTA DE ACTIVO FIJO	(15,123)
INVERSION EN ACCS. SUBSIDIARIAS	-
OTROS ACTIVOS DE CARACTER PERMANENTE	(41,272)
CUENTAS CON FILIALES	-
FUENTES (USOS) DE INVERSION	(56,395)
DIFERENCIAS POR ACTUALIZACION	(47,130)
AUMENTO (DISMINUCION) EN CAJA Y VALORES	15,839

Este es el flujo proyectado de acuerdo con la administración de los inventarios sin aplicar el modelo de simulación propuesto. Lo que queremos mostrar a

continuación es el impacto de la disminución de los inventarios en un 4% como se mostró en los resultados de la simulación.

El ejercicio completo nos muestra que dada la situación particular de esta empresa, que se financia de manera importante de deuda a corto plazo, la disminución en el capital de trabajo es también fuente de ahorro de la deuda de corto plazo. Esto se muestra en el balance :

	Dic-97	Dic-98
ACTIVO		
CAJA Y VALORES REALIZABLES	9,899 0%	25,738 1%
CUENTAS POR COBRAR (NETO)	287,865 10%	245,789 11%
DEUDORES DIVERSOS	713,216 24%	141,724 6%
INVENTARIOS (NETO)	217,059 7%	212,948 9%
CUENTAS POR COBRAR FILIALES	222,142 8%	256,248 11%
OTROS ACTIVOS CIRCULANTE	49,777 2%	6,538 0%
TOTAL ACTIVO CIRCULANTE	1,499,958 51%	888,980 39%
ACTIVO FIJO	1,427,627 49%	1,442,950 63%
REVALUACION ACUMULADA	- 0%	- 0%
DEPRECIACION ACUMULADA	373,654 13%	381,040 17%
ACTIVO FIJO NETO	1,054,173 36%	1,061,910 47%
INVERSIONES EN VALORES L.P.	- 0%	- 0%
CUENTAS POR COBRAR L.P.	- 0%	- 0%
INVERSION PERMANENTE EN ACCIONES	309,433 11%	230,644 10%
CARGOS DIFERIDOS	- 0%	- 0%
IMPUESTOS DIFERIDOS	- 0%	- 0%
OTROS ACTIVOS	57,412 2%	98,684 4%
TOTAL ACTIVO	2,920,976 100%	2,280,228 100%
PASIVO		
DEUDA A CORTO PLAZO	562,462 19%	540,469 24%
PROVEEDORES	213,007 7%	200,682 9%
GASTOS ACUMULADOS POR PAGAR	345,386 12%	54,004 2%
IMPUESTOS POR PAGAR	14,100 0%	12,191 1%
CUENTAS POR PAGAR CON FILIALES	- 0%	- 0%
OTROS PASIVOS CIRCULANTES	- 0%	- 0%
TOTAL PASIVO CIRCULANTE	1,134,955 39%	807,326 35%
DEUDA A LARGO PLAZO	310,637 11%	293,538 13%
OTROS PASIVOS A LARGO PLAZO	-	-
TOTAL PASIVO LARGO PLAZO	310,637 11%	293,538 13%
IMPUESTOS POR PAGAR DIFERIDOS	- 0%	- 0%
PREMIAS DE ANTIGÜEDAD	1,384 0%	2,152 0%
TOTAL PASIVO	1,446,976 50%	1,103,014 48%
CAPITAL CONTABLE		
CAPITAL SOCIAL	309,685 11%	307,675 13%
RESERVA LEGAL	24,670 1%	25,639 1%
EXCESO (INSUF) ACTUALIZACION CAPITAL	171,747 6%	124,028 5%
INTERES MENORITARIO	- 0%	- 0%
RESULTADO EJERCICIOS ANTERIORES	609,527 21%	393,586 17%
OTROS	283,841 10%	207,551 9%
UTILIDAD NETA DEL PERIODO	77,342 3%	33,433 1%
TOTAL CAPITAL CONTABLE	1,474,000 50%	1,177,214 52%
TOTAL PASIVO Y CAPITAL CONTABLE	2,920,976 100%	2,280,228 100%

Los inventarios se han disminuído en 4% respecto a su nivel original (de 221,821 a 212,948). También la deuda de corto plazo se disminuyó de 549,342 a 540,469 resultado de una mejor gestión de los inventarios.

La implicación de tomar el beneficio de la disminución de los inventarios en la aplicación de la disminución de la carga financiera se refleja en el servicio de la deuda (se pagan menos intereses, asumiendo que se estaban financiando con deuda). Obviamente, el beneficio va directo a la utilidad neta, la cual también se incrementa de 32,916 a 33,438 por estos efectos combinados, tal como se muestra en el estado de cambios en la situación financiera :

	1999
UTILIDAD (PERDIDA) DEL PERIODO	33,438
DEPRECIACION Y AMORTIZACION	7,386
PROVISIONES DE PASIVOS	768
PARTICIPACION EN SUBSIDIARIAS	78,789
IMPUESTOS DIFERIDOS	-
OTROS	-
EFFECTO MONETARIO	-
INTERESES Y FLUCTUACIONES CAMBIARIAS	-
GENERACION BRUTA DE EFECTIVO	120,381
ACTIVIDADES DE OPERACIÓN	
CUENTAS POR COBRAR	42,069
INVENTARIOS	4,111
CUENTAS POR COBRAR FILIALES	(34,106)
DEUDORES DIVERSOS	571,492
PROVEEDORES	(12,345)
GASTOS ACUMULADOS POR PAGAR	(291,382)
OTROS ACTIVOS Y PASIVOS CIRCULANTES	43,241
IMPUESTOS POR PAGAR	(1,909)
RÉCURSOS GENERADOS (UTILIZADOS) EN LA OPERACIÓN	321,171
GENERACION OPERATIVA NETA	441,551
ACTIVIDADES DE FINANCIAMIENTO	
AUMENTO O DISMINUCION DEL CAPITAL	4,520
DIVIDENDOS COBRADOS O PAGADOS	(287,092)
INCREMENTO Y AMORTIZACION DEUDA C.P.	(21,993)
INCREMENTO Y AMORTIZACION DEUDA L.P.	(17,101)
OTROS PASIVOS CIRCULANTES Y A L.P.	-
CUENTAS CON FILIALES	-
PARTICIPACION MINORITARIA	-
FUENTES (USOS) DE FINANCIAMIENTO	(321,666)
ACTIVIDADES DE INVERSION	
ADQUISICION O VENTA DE ACTIVO FIJO	(15,123)
INVERSION EN ACCS. SUBSIDIARIAS	-
OTROS ACTIVOS DE CARACTER PERMANENTE	(41,272)
CUENTAS CON FILIALES	-
FUENTES (USOS) DE INVERSION	(56,395)
DIFERENCIAS POR ACTUALIZACION	(47,652)
AUMENTO (DISM) EN CAJA Y VALORES	15,838

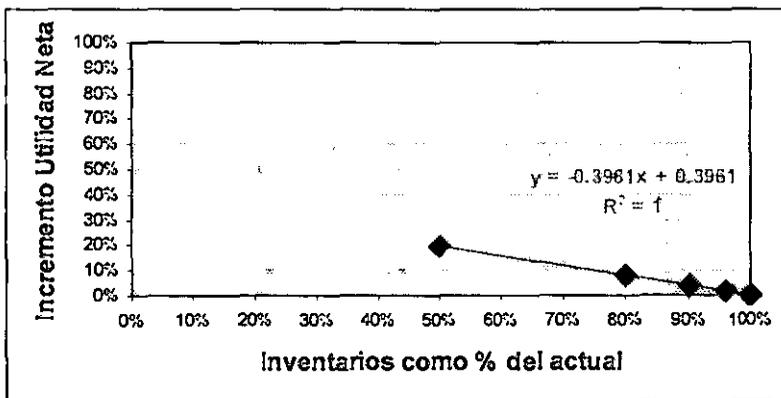
Es importante comparar ambos flujos, pues nos ayudan a determinar mejor el impacto de la disminución de los inventarios :

	Operación Normal	Con administración de inventarios
UTILIDAD NETA	32,916	33,438
GENERACION BRUTA	119,859	120,381
GENERACION NETA	432,157	441,551
FLUJO DESPUES FINANCIAMIENTO	312,793	321,666

Podemos ver un incremento de 1.6% directo en la utilidad neta derivado del efecto de la disminución de 4% en inventarios y de la utilización de esos recursos en la liquidación de la misma cantidad de deuda a corto plazo para financiar inventarios.

El efecto en monto es el mismo en la generación bruta de efectivo. Sin embargo, en la generación neta de efectivo (esto es, en la generación de operación) muestra claramente un impacto del mismo monto en el que se disminuyen los Inventarios, mejorando el perfil del desempeño de la operación.

La siguiente gráfica nos permite mostrar el efecto que tiene la disminución de inventarios sobre la utilidad neta (como ya vimos, sobre la generación operativa neta de efectivo es directa) :



Esto nos muestra que por cada punto porcentual que disminuyan los inventarios debido a una administración eficiente de los inventarios, la utilidad neta lo reconoce en 0.40 veces este cambio porcentual.

Hay que notar que no se llevó a perpetuidad el beneficio de la disminución de inventarios porque esa técnica considera que las condiciones se mantienen constantes (*ceferis paribus*), siendo que es imposible que esto suceda en la práctica, dado que existen importantes restricciones de capacidad de la planta y un incremento fuerte de la demanda año con año.

Otra acotación importante es que no se descontó el efecto financiero de mantener a los inventarios, dado que de acuerdo al diseño del sistema productivo este inventario es siempre requerido en estos niveles (y sólo en estos niveles !). Se tomaron los inventarios del balance a diciembre de cada año. El único efecto considerado y que es muy real (está en el balance) es que la liquidación de esos recursos se puede utilizar para amortizar la deuda con la que se sustenta la operación. Descontarlo a una tasa p.ej. de inflación sería creer que el costo de oportunidad de tener los recursos invertidos en inventario es más caro que tenerlo en una cuenta bancaria con rendimientos de UDIS al menos, y lo que es peor, que se puede producir instantáneamente el producto requerido por ventas en el lugar solicitado, lo cual también es erróneo.

5.2.2. INVERSION EN LA CAPACIDAD DE LA PLANTA.

Se ha visto que la demanda crece anualmente y que se presenta una estacionalidad muy marcada en cierta temporada del año. Se tratará de determinar cuánto tiempo puede mantenerse la planta sin mayor inversión en capacidad instalada a costa de una gran cantidad de inventario requerido, y se tratará de comparar este costo de ampliar la capacidad (de invertir en más equipo) contra el de mantener inventario.

Hemos asumido arbitrariamente que la demanda crece para el año 1999 y 2000 a ritmos de 15% compuesto para cada año y del 10% para el año 2001. Posteriormente balancearemos la capacidad de la planta para aprovechar eficientemente los turnos de producción que se necesitan programar en cada año y valorizaremos este inventario de acuerdo a los siguientes costos :

COSTOS TOTALES DE PRODUCTO TERMINADO

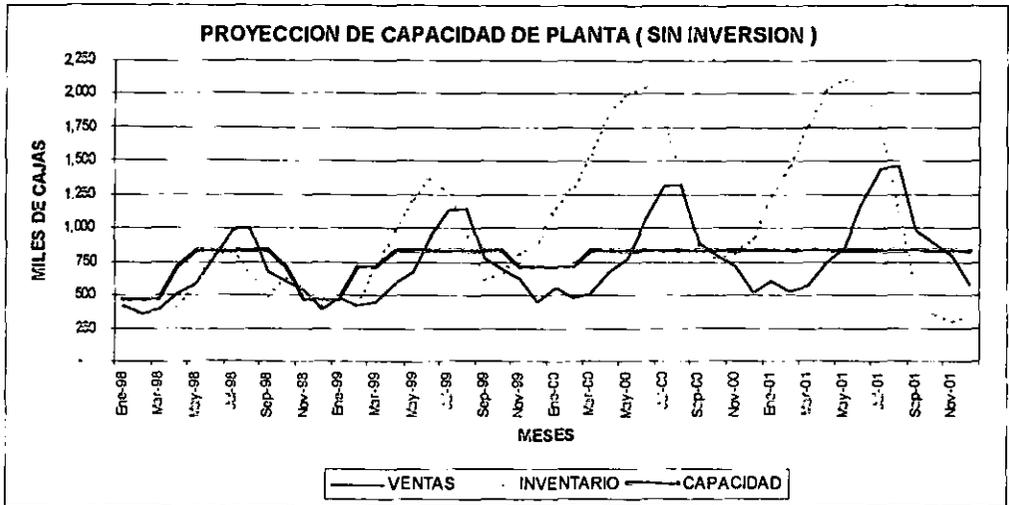
A	\$57.50
B	\$35.70
C	\$62.40

Con este inventario valorizado, lo descontamos a una tasa de 30% (costo de un crédito bancario más un premio), y lo traemos a VPN.

Obviamente, dadas las restricciones de capacidad, el inventario que debe producirse para cubrir los picos de la demanda llega a convertirse en un exceso. Sin embargo, es la única manera en la que se alcanza a cubrir la demanda hasta el año 2001. No existen problemas de caducidad pues todo el inventario alcanza

a desplazarse en menos de un año en todos los casos. El caso más extremo se presenta en septiembre del 2001 cuando se arranca con un inventario inicial menor al 40% de cobertura, sin considerar los picos de la sobre-demanda, objeto de estudio de este trabajo.

El comportamiento de esta demanda se muestra en la siguiente gráfica :



Es notorio cómo la programación de la capacidad de la planta llega a un tope paulatinamente, que para el periodo de septiembre de 2001 apenas alcanza a ser suficiente para cubrir la caída de las ventas de ese año (III etapa de la curva típica de la demanda).

Dado el alto volumen de los inventarios, se debe analizar también cuándo y cuánto debe incrementarse la capacidad de la planta (obviamente en el Departamento de Empaque, restricción - cuello de botella - de la planta, que respondería a la pregunta del dónde).

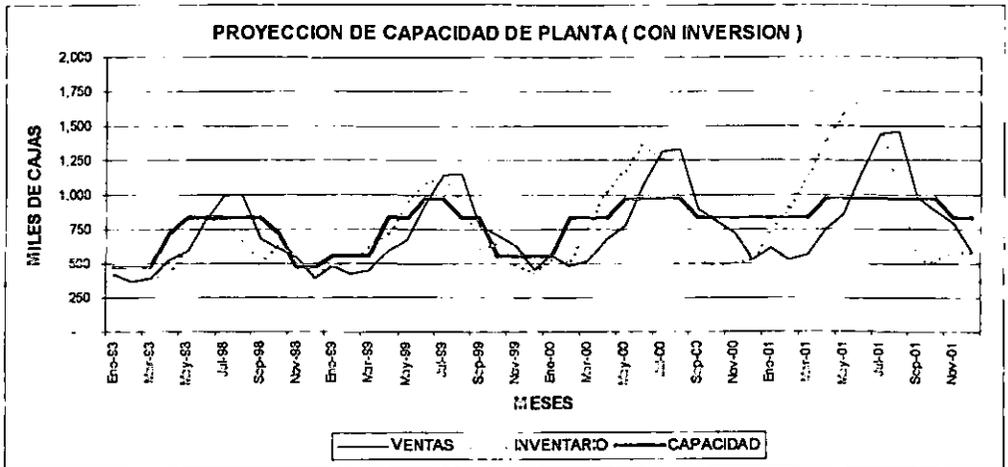
Recordemos la capacidad de cada departamento de producción:

DEPARTAMENTO	EQUIPOS	CAPACIDAD TEORICA POR EQUIPO	EFICIENCIA	PRODUCCION ESTANDAR
CERNIDO	1	45,000 Kg	97 %	43,650 Kg
PREMEZCLADO	6	8,500 Kg	97 %	49,470 Kg
MEZCLADO	6	11,000 Kg	85 %	56,100 Kg
EMPAQUE	5	10,000 Kg	75 %	37,500 Kg
ENSAMBLE	2	26,683 Kg	85 %	45,360 Kg

Se plantea la necesidad de adquirir una 6ª empacadora (pouchking). De ese modo, la capacidad de empaque sería de 45,000 Kg. Sin embargo, ahora el nuevo cuello de botella sería el cernido (43,650 Kg, equivalente a 11,547.6 cj por turno). La nueva capacidad de la planta por turno sería la siguiente :

CAPACIDAD MENSUAL DE PRODUCCION		
TORNOS	Sin inversión	Con inversión
1	238,095 cj	277,143 cj
2	476,190 cj	554,285 cj
3	714,285 cj	831,429 cj
4	833,330 cj	970,000 cj

Como se puede apreciar, el incremento en capacidad es de 16.4%. De acuerdo al balanceo de la planta, se considera un incremento en la capacidad a partir del mes de enero de 1999. Las ventas proyectadas, el inventario y la capacidad instalada se muestra en la siguiente gráfica :



Ambas proyecciones de inventario se valorizaron con los costos asumidos anteriormente y se obtuvo su valor presente neto, descontado a una tasa de 30%. El VPN obtenido se muestra en la siguiente tabla :

FLUJO DESCONTADO	VPN (Miles de \$)
SIN INVERSION	1,312,189.06
CON INVERSION	1,025,924.31
DIFERENCIA	286,264.74

La diferencia muestra el costo de oportunidad en una proyección a tres años entre invertir en equipo que permita ampliar la capacidad de la planta y entre mantener la misma capacidad actual manteniendo inventario.

Si le pedimos al equipo que se repague completamente en tres años (*payback* igual a tres años), tendríamos que generar un ahorro en inventario igual al monto de la inversión en el mismo plazo, de modo que dispondríamos hasta de la mitad de este monto (\$143'132,370) para invertir en equipo.

Es importante considerar que incluso en una proyección a tres años con inversión en capacidad de planta se vuelven a presentar picos de inventario requeridos para mantener un buen nivel de servicio a ventas. Esta inversión es a todas luces necesaria dentro de los tres siguientes años y se considera suficiente de acuerdo al análisis realizado, sin embargo se debe plantear si se necesita una segunda inversión (ahora en el departamento de Cernido) dentro de tres años dentro de la misma planta. No se ha elaborado otra proyección a esa demanda con los datos actuales, pues no es recomendable pronosticar la misma tendencia y ciclicidad en el largo plazo, pues lo más probable es que las condiciones de mercado cambien y con esto la curva de mercado. Si se mantuviera esta tendencia, inclusive se recomendaría considerar la posibilidad de construir una segunda planta para dar abasto a la demanda.

Del mismo modo, y dado que es bastante holgado el margen de inversión, bien se pudiera considerar invertir en equipo que permita efectuar cambios rápidos de equipo en empaque (*SMED*), de modo que la eficiencia actual se eleve a más del 75% actual. Para poder igualar con el equipo actualmente instalado en las ensobretadoras (*pouchkings*) a la capacidad de la que se convertiría en la siguiente restricción (*cernido*), se tendría que elevar la eficiencia a :

$$\text{Eficiencia requerida} = 5 \text{ máquinas} \times 10,000 \text{ kg} / 43,650 \text{ kg} = 87.5 \%$$

Esto implica elevar la eficiencia en más de 12.5% en ese departamento. Si por sí mismo implica un reto difícil de superar, si se recomendaría implementar a la par de la nueva inversión, o hacerlo en el cernidor para disminuir el tiempo de ciclo total.

5.2.3. GESTION DE MATERIALES Y ADMINISTRACION DE PROVEEDORES.

En realidad, el modelo final es complejo porque la distribución final sintetiza el resultado de tres distribuciones aleatorias : la de las ventas, la de la confiabilidad de los proveedores de materiales - compras -, y la de la distribución de producto terminado. El efecto final que se ha estudiado es la *convolución* de estas variables.

Sin embargo, disectamos un punto especialmente crítico de esta distribución compuesta : la distribución de las compras. El punto del que partimos para realizar esta sensibilización es determinar cuánto se afectarían las ventas si todos los programas de producción pudieran cumplirse al 100% dado que no existieran retrasos de los proveedores y comparar este nivel de producción contra el mismo que incluya el efecto de la ineficiencia de los proveedores.

El resultado es el siguiente :

UTILIZACION DE PLANTA												
	Ene-88	Feb-88	Mar-88	Abr-88	May-88	Jun-88	Jul-88	Ago-88	Sep-88	Oct-88	Nov-88	Dic-88
TEORICA	76%	82%	87%	97%	97%	99%	100%	100%	99%	76%	82%	80%
SIMULACION	75%	86%	87%	95%	95%	96%	97%	97%	97%	63%	61%	76%
PRODUCCION CALCULADA												
	Ene-88	Feb-88	Mar-88	Abr-88	May-88	Jun-88	Jul-88	Ago-88	Sep-88	Oct-88	Nov-88	Dic-88
TEORICA	364	350	412	691	809	825	829	833	829	540	330	380
SIMULADA	355	409	413	680	790	803	808	811	608	636	385	360
IMPACTO DE PROVEEDORES												
	Ene-88	Feb-88	Mar-88	Abr-88	May-88	Jun-88	Jul-88	Ago-88	Sep-88	Oct-88	Nov-88	Dic-88
SHORTAGES	(9)	19	1	(12)	(19)	(22)	(21)	(22)	(21)	95	(5)	(20)
NIVEL SERVICIO	-2%	4%	0%	-2%	-2%	-3%	-3%	-3%	-2%	13%	-1%	-4%

De acuerdo con la tabla anterior, el nivel de servicio llega a desplomarse hasta un 4% en diciembre respecto al nivel estimado de utilización de planta, mientras que en los meses de la zona crítica (zona II de la demanda : mayo-septiembre) este nivel cae un máximo de 3%.

Las consideraciones para administrar la cadena de suministro son diferentes dependiendo de la presencia de *shortages* (o faltantes de materiales para producción) en las diferentes zonas de la demanda, pues mientras que en los meses de las zonas I y III de la demanda existen capacidades instaladas ociosas y la producción perdida se puede reponer en tiempo extra, en la zona II la planta está trabajando a plena capacidad. La producción promedio perdida es de 22,000 cajas, y se asume que el único factor causante de tal efecto es la ineficiencia del proveedor de materia prima. Este efecto se traduce en pérdidas netas de ventas que no tienen forma de reponerse con producción en tiempo extra pues no existe disponibilidad de capacidad en ese periodo.

Así que si se tratara de penalizar a los proveedores por su ineficiencia en las entregas y trasladarles este costo de no calidad, se deberían asumir dos criterios:

- A. Para los meses de enero a abril (zona I) y de octubre a diciembre (zona III) el costo a penalizar debe equivaler al de la producción que deberá ser repuesta en tiempo extra.
- B. Para los meses de mayo a septiembre (zona II) el costo de penalización debe equivaler al valor de esas cajas no producidas que deberían haberse traducido en ventas inmediatas (en un máximo de dos meses, de acuerdo a las coberturas mostradas en las conclusiones de este trabajo) a precio de venta.

Para tener una fórmula muy concreta de esta conclusión, se propone penalizar a los proveedores en un plazo no mayor a dos meses de acuerdo al siguiente criterio :

ZONA DE LA DEMANDA	COSTO A PENALIZAR	VALOR POR CADA PUNTO DE NIVEL DE SERVICIO*
ZONA I	Costos indirectos más costos de mano de obra en tiempo extra	$(0.08 + 2 \times 0.07) \times 7,300 \times \text{Precio de Venta Promedio} = 1,606 \times \text{Precio de Venta Promedio}$
ZONA II	Precio de venta de cada caja no producida	$7,300 \times \text{Precio de Venta Promedio}$
ZONA III	Costos indirectos más costos de mano de obra en tiempo extra	$1,606 \times \text{Precio de Venta Promedio}$

* Se toma un nivel de 22,000 cj perdidas con una caída de 3% en el nivel de servicio = 7,300 cj. por cada punto de nivel de utilización de planta perdido.

Es importante, de cualquier forma, administrar a los proveedores de una manera inteligente para garantizar que no exista falta de materiales en cada etapa de la demanda. Esta administración es más crítica en los meses de la zona II pues no existe capacidad para reponer esta falta de producción. Entre las acciones que se pueden implementar para asegurar este suministro de materiales se pueden incluir : materiales surtidos justo a tiempo; consignación de materiales; materiales comprados por anticipación y mantenidos en almacenadora o en el almacén del proveedor; reórdenes electrónicos a través de dispositivos de control electrónico; EDI de inventarios, etc.

Conclusiones

CONCLUSIONES

Wisdom is knowing what to do next. Virtue is doing it.
Franklin D. Roosevelt

Queremos concluir con el resumen de las conclusiones de este trabajo y las políticas que se recomienda seguir para administrar óptimamente la cadena de suministro de esta industria productora de bebidas en polvo.

Políticas del MPS :

- Las determinación de las políticas de inventario del MPS son la clave para que la cadena de suministro de esta industria funcione a plenitud.
- Sin embargo, no existe un conjunto único de ellas que sea mejor que otro. Es importante que su establecimiento sea dinámico y que considere completamente la afectación directa sobre las demás variables de la cadena de suministro con las que interactúa.
- Resulta conveniente la unificación de todas las variables en un Tablero de Control que mida el *performance* de la cadena y su afectación proyectada cuando las políticas del MPS cambian. Lo que no se puede medir, no se puede administrar.
- Las políticas del MPS con las que se calcula toda la cadena de suministro siempre serán distintas a las coberturas proyectadas de inventarios. La política mínima aceptable de un producto debe ser del 65% para obtener al menos una cobertura del 80%, de acuerdo a los resultados arrojados por la simulación.

Cadena de suministro :

- Se reconoce que se puede medir completamente el *performance* de la cadena de suministro con las cinco variables de salida deducidas empíricamente en este trabajo: faltantes de ventas, inventarios, nivel de producción, utilización de planta y los costos de mano de obra, tiempo extra y contrataciones.
- Es esencial implementar la medición histórica de la exactitud del pronóstico, con objeto no solamente de mejorarlo (objetivo que sería secundario, pues el sistema productivo debe estar diseñado para funcionar óptimamente con pronósticos imperfectos), sino de retroalimentar a los miembros encargados de la cadena de suministro sobre las variables de mercado que afectan a la demanda y que se puedan prever acciones a cada cambio de estas variables del mercado (precio, penetración, promoción, nuevos mercados, cambios en los gustos de los consumidores, etc.). De igual forma, este conocimiento de mercado debe institucionalizarse a través de medios formales, para que no dependa solamente de las personas sino de los métodos de trabajar.
- La demanda se debe planear de manera distinta de acuerdo a las tres zonas en las que se plantea en este trabajo para esta cadena de suministro, pues su impacto es diferente, principalmente en producción : de enero a abril, de

mayo a septiembre y de octubre a diciembre. El verdadero arte en la administración de esta demanda está en la forma de manejar el periodo de octubre a diciembre, mientras que en los meses anteriores el éxito radica básicamente en cumplir con el volumen necesario.

Abastecimientos :

- De acuerdo con los registros históricos de entregas de materiales de los proveedores, la afectación promedio de sus entregas fuera de tiempo o de cantidad o calidad es del 4%.
- Se deben establecer penalizaciones para los proveedores que no cumplan con las fechas y los volúmenes requeridos. Si un proveedor incumple en los meses de enero a abril o de octubre a diciembre, se les debe castigar con una penalización mínima de 1,606 veces el precio promedio unitario de venta por cada punto de utilización de planta que no se pueda producir por su ineficiencia de entrega, y hasta de 7,300 veces el precio promedio unitario de venta durante los meses de mayo a septiembre por cada punto de utilización de planta que no se cumpla conforme al presupuesto.
- De igual modo, deberá premiarse a los proveedores más confiables de la cadena de suministro, reconociendo su nivel de servicio incluso al nivel de certificación de proveedores.

Producción :

- El modelo de producción debe adecuarse a las tres zonas de la demanda y la planeación de la producción debe ser distinta, de acuerdo a los siguientes criterios :
 - Para la zona I, la producción debe ser igual o mayor a la producción planeada teórica (inclusive, debe programarse tiempo extra para cubrir esta producción), pero nunca se debe permitir que se comience un nuevo mes con una cobertura de inventarios menor a la planeada.
 - En la zona II, la producción debe ser igual a la máxima capacidad instalada.
 - La zona III de la demanda debe planearse muy flexiblemente para detener el crecimiento de los inventarios de manera innecesaria.
- La utilización de la planta debe estar en niveles promedio de 91%, con una gran variabilidad en octubre y en los meses comprendidos a partir de esos meses y hasta diciembre.
- Se debe prever una inversión en capacidad instalada de un máximo de MEX\$ 143 millones en el departamento de empaque en un plazo que no debe exceder a los tres años (recomendado no mayor a un año), que tendría un plazo de repago - *payback* - de tres años. De igual forma, la implantación de métodos de SMED en este mismo departamento tendría un efecto equivalente si logra incrementar la eficiencia de este departamento hasta un 87.5% desde el nivel actual de 75%.

Administración de la mano de obra :

- El nivel máximo permisible de tiempo extra debe ser de 9% del tiempo laborado total, con la meta de minimizarlo lo más posible.
- Los costos de contratación y despido de la mano de obra no deberían exceder al 3% de los costos totales de mano de obra anuales. Optimamente, la planta productiva no debería tener a más de la mitad de los trabajadores contratados permanentemente, cubriendo el diferencial con trabajadores eventuales, los cuales solamente no son necesarios en 4 de los 12 meses.

Nivel de servicio a ventas :

- El nivel de faltantes no puede ser menor a 4.2% (es decir, el nivel de servicio a ventas no puede ser superior a 95.8%) de acuerdo al diseño actual de la cadena de suministro. Si este nivel de servicio a ventas es superior, se debe a la habilidad personal de los participantes de la cadena de suministro, no a los métodos de administración actuales, los cuales se consideran adecuados.
- El verdadero impacto de los faltantes se encuentra entre agosto y noviembre de cada año, donde se presenta la mayor cantidad de los faltantes anuales.
- Con objeto de que la cadena de suministro tenga un desempeño aceptable, debe mantenerse prioritariamente lleno el *buffer* de inventario de producto terminado del almacén maestro y ser muy flexible en el surtido de los demás almacenes locales y en la producción. Mientras más pequeños sean los lotes de producción y de distribución (cantidades de productos distintos más pequeñas surtidas continuamente), las probabilidades de éxito - ventas realizadas - son más altas.

Administración de inventarios :

- El impacto financiero de la disminución en los inventarios por una planeación más asertiva es de 4% contra el inventario teórico planeado, lo cual se traduce en un incremento de 1.6% en la utilidad neta (si es que se ocuparan al 100% los recursos liberados por la disminución en los inventarios en la amortización de pasivos con costo a corto plazo), lo que se traduce en un incremento en la generación operativa neta de más de MEX\$ 9 millones.
- La exactitud de los inventarios es uno de los requisitos indispensables para administrar exitosamente esta cadena de suministro.

Es muy importante no perder de vista otras conclusiones que se alcanzan a leer entre líneas en esta tesis, entre las que podemos citar la necesidad permanente de estar muy cerca del mercado, de diseñar completamente toda la estrategia operativa de cara a la demanda, dado que ésta es su razón de ser y su oportunidad de servir al resto de la empresa. Es difícil mantener una visión global de la cadena de suministro completa, pero es necesario, pues es muy fácil perderse en los detalles e involucrarse en la optimización local de algún proceso de la cadena de suministro que pueda traer consigo la desintonización de toda esta coordinación de actividades requerida.

Finalmente, queremos subrayar la importancia de incorporar herramientas de vanguardia como la simulación en el trabajo cotidiano de los planeadores de producción y de toda la gente que hace posible la maravilla del suministro de bienes en nuestra sociedad, en beneficio de esta misma y de la profesionalización y perfeccionamiento de la actividad logística en nuestro país, base de la competitividad y sobrevivencia de la industria mexicana.

Bibliografia

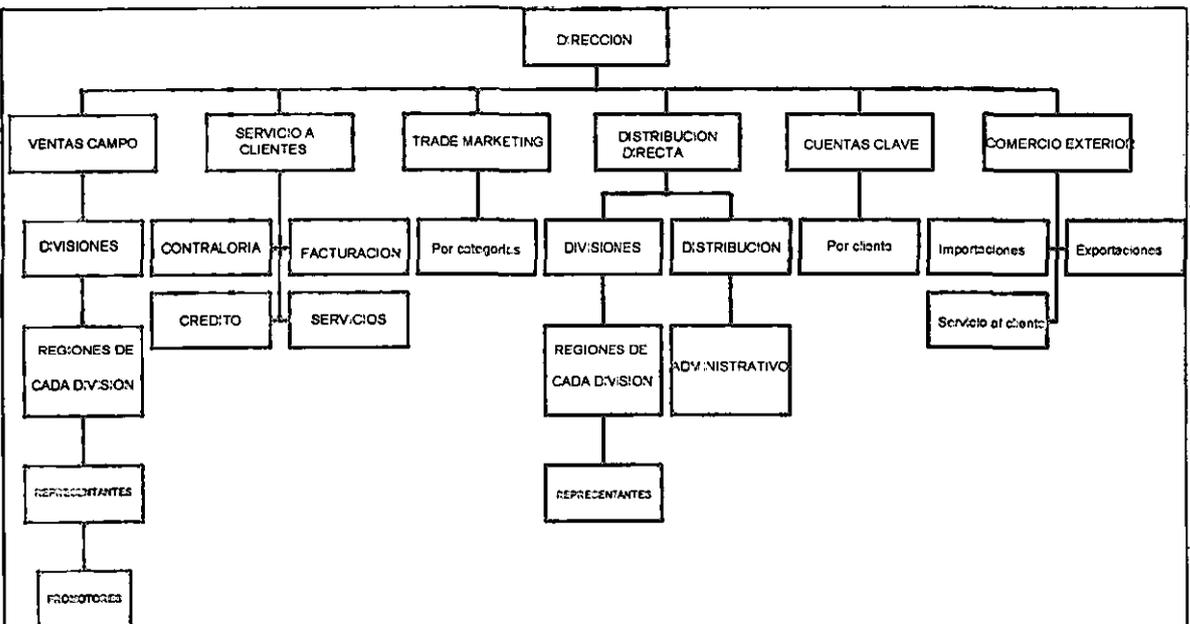
BIBLIOGRAFIA

1. Beverages : Carbonated and Noncarbonated. Woodroof, Jasper et.al. The Avi Publishing Company. 1974. pp 40-46, 368-400
2. Macroeconomic cost of physical distribution. J.L.Heskett "Marketing Logistics" Ed. Norton E.Marks and R.M.Taylor. Nueva York 1993 p.11
3. APICS Dictionary American Production and Inventory Control Society. 8a. edición. Virginia, E.U.A. 1995. p.-47 (APICS)
4. APICS p.-46
5. APICS p.-4
6. APICS p.-68
7. APICS p.-39
8. APICS p.-16
9. APICS p.-73
10. Planeación de Recursos de Manufactura MRP II. Ramos, Emilio CPIM. APICS Capítulo México 1995 p.13
11. The importance of matching production capabilities and market requirements Leschke, John P. APICS - Production and Inventory Management Journal. Volumen 36. No. 3. Tercer trimestre 1995.
12. APICS p.-29
13. From value chain to value constellation : designing interactive strategy. Normann R. y Ramírez R. Harvard Business Review. Julio-agosto 1993. Volumen 71 No. 4 Pp 65-77 Ed.Harvard University Press
14. My Years With General Motors. Sloan, Alfred. Anchor Books, Doubleday and Company Inc. Nueva York, 1972 . Capítulo 8 . Citado en Manufacturing Resource Planning: MRP II. Wight, Oliver. Oliver Wight Limited Publications Inc. Nueva Hampshire 1984. p.135
15. Manufacturing Resource Planning: MRP II Unlocking America's Productivity Potential. Wight, Oliver. Oliver Wight Limited Publications Inc. Nueva Hampshire, E.U.A. 1984. p.144-145.
16. APICS p.-85
17. Reingeniería. Hammer, M. y Champy, J. Editorial Norma. Bogotá, Colombia. 1994. p.6.
18. The human side of change. Arendt,C.H. et.al. "IIE SOLUTIONS" Mayo de 1995. pp.22-26.
19. The impact of the Information Explosion Isenberg, Howard. "Industrial Engineering". Marzo de 1995. Volumen 27. No.3. Atlanta, E.U.A. 1995 p.15
20. System Simulation Gordon, G. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 1969. Citado en Simulación por Computadora. Raczynski, Stanislaw. Grupo Noriega Editores. México 1993. p-10
21. Manual de Técnicas de Pronósticos Makridakis, S. y Wheelwright S. Capítulo 2. Ed. Noriega-Limusa. México 1989. pp 31-46.
22. Discurso inaugural de la Cumbre de Distribuidores de Bebidas. C. Manly Molpus (Presidente y CEO de la Grocery Manufacturers of America). 20 de marzo de 1997. Amelia Island, Florida. Estados Unidos.

-
23. APICS. p-49
 24. Master Scheduling : More art than science. Proud, John F. IIE SOLUTIONS. No.9 Volumen 27. Septiembre 1995. pp.38-42.
 25. APICS. pp-50 y 51.
 26. APICS. pp-10
 27. Inventory Accuracy through Warehouse Control. Wayman, Willard A. Production and Inventory Management Journal. Volumen 36. No. 2. II trimestre 1995 pp. 17 - 21.
 28. APICS. pp-03
 29. Ley Federal Del Trabajo : Comentarios, Prontuario, Jurisprudencia y Bibliografía. Trueba Urbina, Alberto et. al. Editorial Porrúa. México 1995.
 30. Simulación por Computadora. Rackzynski, Stanislaw. Ed. Noriega. 1993. p-30

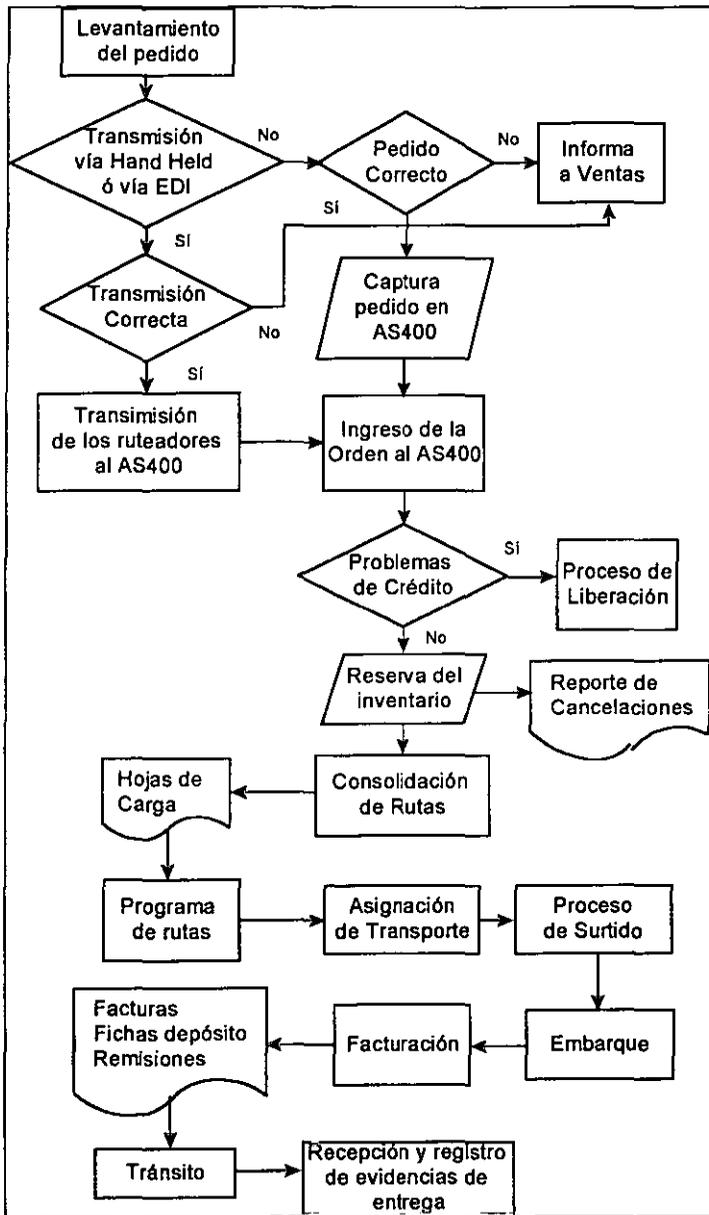
Anexos

ANEXO I. ESTRUCTURA DE LA FUERZA DE VENTAS



FUENTE : ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL. REPORTE INTERNO MAYO 1998.

ANEXO II. FLUJO DEL PROCESAMIENTO DE ORDENES A CLIENTES



FUENTE : MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE VENTA DE LA EMPRESA X. JUN 1996

ANEXO III. PRONOSTICO DE VENTAS CON PROMEDIOS MOVILES PONDERADOS

Producto A				Factor de crecimiento : 45%			
	1994 Real	1995 Real	I PROMEDIO	1995 Real	II PROMEDIO	1997 Estim	% YTD
Ene	1,300	1,800	1,460	2,850	2,572	3,729	24%
Feb	1,200	900	960	3,100	2,672	3,874	20%
Mar	1,500	1,200	1,340	3,500	3,068	4,449	21%
Abr	2,000	1,600	1,800	3,500	3,480	5,048	23%
May	3,800	2,500	2,700	4,200	3,900	5,655	26%
Jun	4,000	3,200	3,360	5,000	4,672	6,774	26%
Jul	3,200	3,600	3,520	4,700	4,464	6,473	27%
Ago	3,400	4,200	4,040	5,200	4,968	7,204	28%
Sep	2,500	3,000	2,900	4,200	3,940	5,713	26%
Oct	2,800	2,300	2,800	3,800	3,600	5,220	27%
Nov	1,500	2,400	2,300	3,300	3,100	4,495	27%
Dic	1,700	2,800	2,420	3,500	3,284	4,762	26%
TOTAL	30,000	29,500		47,250		63,394	25%

BETA = 0.20

Producto B				Factor de crecimiento : 17%			
	1994 Real	1995 Real	I PROMEDIO	1995 Real	II PROMEDIO	1997 Estim	% YTD
Ene	8,970	9,000	8,980	11,000	10,596	12,397	11%
Feb	10,500	9,600	9,780	9,600	9,636	11,274	15%
Mar	12,400	7,900	8,800	12,300	11,600	13,572	9%
Abr	13,100	9,600	10,300	15,500	14,540	17,012	8%
May	14,300	11,200	11,820	19,300	17,804	20,831	7%
Jun	18,000	13,500	14,400	23,600	21,760	25,459	7%
Jul	16,400	16,200	16,240	22,100	20,928	24,486	10%
Ago	17,000	13,800	14,440	17,600	16,968	19,853	11%
Sep	13,100	14,200	13,980	14,500	14,444	16,899	14%
Oct	12,400	12,100	12,180	16,300	15,476	18,107	10%
Nov	11,100	11,300	11,660	13,300	12,812	14,990	13%
Dic	10,700	11,800	11,560	15,300	14,952	17,494	10%
TOTAL	159,500	140,300		190,860		212,374	10%

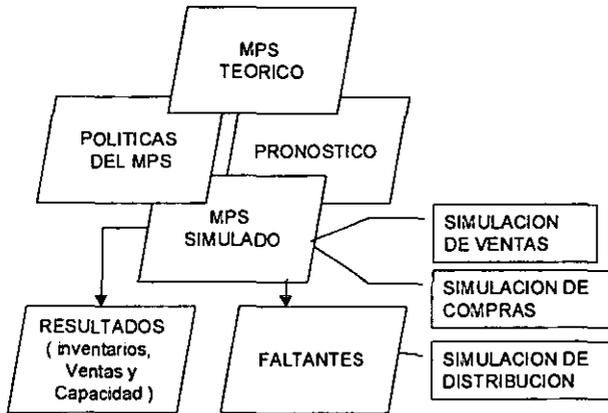
BETA = 0.20

Producto C				Factor de crecimiento : 25%			
	1994	1995	I PROMEDIO	1995	II PROMEDIO	1997	% YTD
Ene	4,000	5,200	4,960	6,900	6,512	8,140	15%
Feb	5,600	6,100	6,000	9,800	9,040	11,300	13%
Mar	6,100	8,000	7,620	7,200	7,284	9,105	21%
Abr	8,600	9,500	8,920	11,200	10,824	13,530	16%
May	7,200	11,000	10,240	14,500	12,848	16,060	16%
Jun	6,800	10,000	10,960	18,000	14,192	17,740	15%
Jul	8,200	11,500	10,440	14,000	13,288	16,810	16%
Ago	5,700	9,500	8,740	12,000	12,148	15,185	14%
Sep	4,200	8,200	7,400	10,400	9,800	12,250	15%
Oct	5,000	7,500	7,000	9,000	8,600	10,750	18%
Nov	5,500	6,500	6,300	10,000	9,260	11,575	14%
Dic	6,000	7,500	7,200	11,500	10,640	13,300	14%
TOTAL	68,800	102,500		131,600		155,545	15%

BETA = 0.20

ANEXO IV. PROGRAMA DE SIMULACION.

La estructura de la simulación en Microsoft Excel se muestra en el siguiente diagrama. Consta de 8 hojas ligadas entre sí por medio de referencias entre las diferentes hojas y con la ayuda de algunas macros :



A continuación se muestra el contenido y la estructura de las páginas :

1.- MPS TEORICO

MPS TEORICO												
INVENTARIOS INICIALES												
	ene-00	feb-00	mar-00	abr-00	may-00	jun-00	jul-00	ago-00	sep-00	oct-00	nov-00	dic-00
A	79	51	63	59	63	132	154	129	70	53	53	68
B	127	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103
C	196	151	150	218	207	419	332	229	196	237	213	189
PRONOSTICO												
	ene-00	feb-00	mar-00	abr-00	may-00	jun-00	jul-00	ago-00	sep-00	oct-00	nov-00	dic-00
A	79	51	63	74	63	132	154	124	63	63	53	44
B	127	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103
C	196	151	150	272	207	419	470	353	270	237	213	189
POLITICAS DE INVENTARIO												
	ene-00	feb-00	mar-00	abr-00	may-00	jun-00	jul-00	ago-00	sep-00	oct-00	nov-00	dic-00
A	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	70%	60%	100%	100%	100%
B	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
C	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
PRODUCCION												
	ene-00	feb-00	mar-00	abr-00	may-00	jun-00	jul-00	ago-00	sep-00	oct-00	nov-00	dic-00
A	51	63	53	103	132	154	122	135	100	63	37	70
B	127	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103
C	151	163	210	341	419	352	326	319	374	213	189	169
Totales	354	330	412	631	659	629	629	633	629	640	350	350
CAPACIDAD												
Turnos	2	2	2	3	4	4	4	4	3	3	2	2
RESUMEN DE DATOS												
FRUCCION	ene-00	feb-00	mar-00	abr-00	may-00	jun-00	jul-00	ago-00	sep-00	oct-00	nov-00	dic-00
INVENTARIO	234	220	412	631	659	629	629	633	629	640	350	350
PRONOSTICO	422	234	220	412	633	659	629	632	631	643	674	419
CAPACIDAD	476	476	476	714	833	833	833	833	833	714	476	476
UTILIZACION DE PLANTA TEORICA												
Porcentaje	ene-00	feb-00	mar-00	abr-00	may-00	jun-00	jul-00	ago-00	sep-00	oct-00	nov-00	dic-00
	76%	62%	67%	97%	97%	67%	100%	100%	67%	76%	62%	60%

2. POLITICAS DEL MPS

POLITICAS

INVENTARIOS

	ene-98	feb-98	mar-98	abr-98	may-98	jun-98	jul-98	ago-98	sep-98	oct-98	nov-98	dic-98
B	100%	100%	100%	80%	100%	100%	80%	65%	70%	100%	100%	100%

TURNOS PROYECTADOS

	ene-98	feb-98	mar-98	abr-98	may-98	jun-98	jul-98	ago-98	sep-98	oct-98	nov-98	dic-98
Turno cd	9 92	9 92	9 92	9 92	9 92	9 92	9 92	9 92	9 92	9 92	9 92	9 92

BALANCEO DE CAPACIDAD

+ 4 turnos	[Bar chart showing capacity balance for +4 shifts]											
4 turnos	[Bar chart showing capacity balance for 4 shifts]											
3 turnos	[Bar chart showing capacity balance for 3 shifts]											
2 turnos	[Bar chart showing capacity balance for 2 shifts]											
1 turno	[Bar chart showing capacity balance for 1 shift]											

UTILIZACION DE PLANTA PROMEDIO:

80%

	ene-98	feb-98	mar-98	abr-98	may-98	jun-98	jul-98	ago-98	sep-98	oct-98	nov-98	dic-98
CAPACIDAD	476	476	476	714	833	833	833	833	833	714	476	476
UTILIZACION	76%	82%	87%	97%	97%	99%	100%	100%	99%	76%	82%	80%

3.- PRONOSTICO

PRONOSTICO Q2

	ene-98	feb-98	mar-98	abr-98	may-98	jun-98	jul-98	ago-98	sep-98	oct-98	nov-98	dic-98
B	147	162	138	169	213	257	360	437	309	297	277	154
TOTAL	422	334	390	515	553	609	933	1,004	676	610	544	397

VENTA SIMULADA

	ene-98	feb-98	mar-98	abr-98	may-98	jun-98	jul-98	ago-98	sep-98	oct-98	nov-98	dic-98
B	202 3	184 5	143 7	102 7	79 3	214 0	410 1	436 8	291 1	318 2	271 8	161 2

	ene-98	feb-98	mar-98	abr-98	may-98	jun-98	jul-98	ago-98	sep-98	oct-98	nov-98	dic-98
PRONOSTICO TOTAL	422	334	390	515	553	609	933	1,004	676	610	544	397
VENTA REAL	474	347	442	553	708	825	979	1,072	578	653	563	434

ERROR DEL PRONOSTICO

	ene-98	feb-98	mar-98	abr-98	may-98	jun-98	jul-98	ago-98	sep-98	oct-98	nov-98	dic-98
TOTAL	12%	-5%	13%	7%	20%	2%	-1%	7%	-15%	4%	3%	9%
A	-6%	-32%	15%	4%	23%	5%	-8%	12%	-14%	7%	4%	9%
B	38%	14%	3%	14%	22%	-17%	14%	6%	-6%	24%	0%	4%
C	1%	-16%	20%	4%	16%	13%	-11%	5%	-24%	-14%	8%	13%

4.- MPS SIMULADO

MPS SIMULADO

INVENTARIOS INICIALES

	ene-98	feb-98	mar-98	abr-98	may-98	jun-98	jul-98	ago-98	sep-98	oct-98	nov-98	dic-98
A	79	56	87	69	83	120	77	64	-	32	92	85
B	183	149	225	218	275	356	268	164	112	168	230	183
C	183	149	225	218	275	356	268	164	112	168	230	183

VENTA REAL SIMULADA

	ene-98	feb-98	mar-98	abr-98	may-98	jun-98	jul-98	ago-98	sep-98	oct-98	nov-98	dic-98
A	74	35	76	78	103	139	142	205	76	71	61	48
B	183	127	225	284	338	472	427	371	211	246	230	225
C	183	127	225	284	338	472	427	371	211	246	230	225

POLITICAS DE INVENTARIO

	ene-98	feb-98	mar-98	abr-98	may-98	jun-98	jul-98	ago-98	sep-98	oct-98	nov-98	dic-98
A	100%	100%	100%	60%	100%	100%	100%	70%	60%	150%	150%	150%
B	100%	100%	100%	60%	100%	100%	100%	65%	70%	100%	100%	100%
C	100%	100%	100%	60%	100%	100%	100%	65%	70%	100%	100%	100%

PRODUCCION

	ene-98	feb-98	mar-98	abr-98	may-98	jun-98	jul-98	ago-98	sep-98	oct-98	nov-98	dic-98
A	51	65	59	103	139	142	205	76	71	130	54	82
B	162	219	135	247	297	427	371	211	246	420	161	133
C	151	203	218	341	338	472	427	371	211	277	183	254
Tot	364	487	412	691	809	1039	833	533	455	828	388	450

CAPACIDAD

	ene-98	feb-98	mar-98	abr-98	may-98	jun-98	jul-98	ago-98	sep-98	oct-98	nov-98	dic-98
Planta	476	476	476	714	833	833	833	833	833	714	476	476
PRODUCCION	364	487	412	691	809	768	829	833	756	828	388	450
INVENTARIO	422	312	452	422	560	664	606	455	223	400	593	429
PROMOSTICO	474	347	442	553	706	825	979	1072	578	635	563	434
CAPACIDAD	476	476	476	714	833	833	833	833	833	714	476	476

5.- RESULTADOS

Esta hoja es el acumulado de una serie de corridas del modelo. Se copian de las hojas anteriores a esta a través de la siguiente macro :

```
Sub PRODUCCION()
'
' PRODUCCION Macro
' Macro grabada el 14/07/99 por Victor Ignacio Portillo
' Sánchez
'
' Acceso directo: CTRL+u
'
  Sheets("MPS Simul").Select
  Range("A5:A05").Select
  Selection.Copy
  Sheets("Sheet11").Select
  Selection.PasteSpecial
  Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _False,
  Transpose:=False
```

End Sub

```
Sub Simulacion()
```

```
'  
' Simulacion Macro  
' Macro grabada el 19/07/99 por Victor Ignacio Portillo  
Sánchez
```

```
'  
' Acceso directo: CTRL+z  
'
```

```
Sheets("MPS Simul").Select  
Range("A5:A05").Select  
Selection.Copy  
Sheets("Resultados").Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues,  
Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _False,  
Transpose:=False  
ActiveCell.Offset(0, 43).Range("A1").Select  
Sheets("Indicadores").Select  
Range("A28:A028").Select  
Application.CutCopyMode = False  
Selection.Copy  
Sheets("Resultados").Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues,  
Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _False,  
Transpose:=False  
ActiveCell.Offset(0, 43).Range("A1").Select  
Sheets("Indicadores").Select  
ActiveWindow.LargeScroll ToRight:= -2  
ActiveCell.Offset(6, 0).Range("A1:A01").Select  
Application.CutCopyMode = False  
Selection.Copy  
Sheets("Resultados").Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues,  
Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _False,  
Transpose:=False  
ActiveCell.Offset(0, 43).Range("A1").Select  
Sheets("Indicadores").Select  
ActiveCell.Offset(-10, 0).Range("A1:M1").Select  
Application.CutCopyMode = False  
Selection.Copy  
Sheets("Resultados").Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues,  
Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _False,  
Transpose:=False  
ActiveCell.Offset(1, -129).Range("A1").Select
```

```
Application.CutCopyMode = False
Calculate
End Sub
```

Los resultados se acumulan en la hoja de la siguiente forma :

SISTEMA FLEXIBLE CON COMPRAS

INVENTARIOS INICIALES												
A	ene-93	feb-93	mar-93	abr-93	may-93	jun-93	jul-93	ago-93	sep-93	oct-93	nov-93	dic-93
A	70	47	53	53	102	134	140	110	69	123	125	107
A	70	42	72	53	63	63	53	71	40	47	07	53
A	70	47	91	53	63	133	210	202	200	153	133	62
A	70	54	53	63	68	145	140	116	79	68	03	65
A	70	42	70	50	95	113	116	116	60	110	120	107
A	70	41	52	55	62	63	143	133	122	134	120	102
A	70	48	51	53	63	132	153	133	113	123	131	115
A	70	43	70	53	70	129	164	70	-	0	01	74
A	70	44	53	57	92	132	143	63	-	23	63	62
A	70	60	70	63	63	95	123	97	45	68	61	76
A	70	48	57	60	63	122	154	109	70	37	70	53
A	70	63	74	93	123	191	203	163	133	144	126	04
A	70	52	62	56	91	132	171	129	03	97	104	63
A	70	50	66	59	63	126	152	147	115	127	127	109
A	70	56	67	69	104	162	222	191	129	143	126	66
A	70	43	62	63	63	157	154	123	93	104	119	103
A	70	53	63	77	112	122	183	163	133	163	130	115
A	70	41	74	53	110	145	147	141	91	129	163	115
A	70	53	61	61	68	111	150	142	72	92	66	70
A	70	40	68	59	63	150	167	122	76	101	133	106
A	70	45	76	69	63	144	160	237	221	221	163	115
A	70	61	63	63	103	197	175	12	15	23	103	63
A	70	53	35	63	65	111	110	72	51	48	103	70
A	70	51	60	59	99	165	140	60	45	71	103	67
A	70	49	42	54	93	132	138	121	97	117	119	92
A	70	27	77	59	60	135	154	133	133	167	147	113
A	70	63	76	63	106	147	163	163	24	49	65	53
A	70	35	53	61	63	77	110	63	60	63	63	63
A	70	36	72	56	82	132	133	133	46	67	74	53
A	70	43	74	69	91	145	126	60	-	37	93	94
A	70	45	63	62	65	114	132	121	63	50	63	76
A	70	37	73	53	76	142	131	63	-	-	63	63
A	70	53	76	54	76	132	62	40	14	7	60	65

6. FALTANTES

El resultado de la simulación de los faltantes (de la simulación de la distribución) se copia en esta hoja a través de la siguiente macro :

```
Sub Cajas()
'
' Cajas Macro
' Macro grabada el 15/07/99 por Victor Ignacio Portillo
' Sánchez
'
' Acceso directo: CTRL+z
'

Sheets("MPS Simul").Select
ActiveCell.Range("A1:A01").Select
Selection.Copy
Sheets("Sheet11").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks:=_False,
Transpose:=False
ActiveCell.Offset(0, 42).Range("A1").Select
```

```

Sheets("Coberturas").Select
ActiveCell.Range("A1:A01").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Sheet11").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _False,
Transpose:=False
ActiveCell.Offset(1, -42).Range("A1").Select
Calculate

```

End Sub

INVENTARIOS INICIALES

	ene-98	feb-98	mar-98	abr-98	may-98	jun-98	jul-98	ago-98	sep-98	oct-98	nov-98	dic-98
A	79	56	87	69	96	120	77	64	-	32	92	85
B	147	103	141	135	190	188	262	227	111	170	272	161
C	198	143	225	218	275	356	266	164	112	198	230	183

PRONOSTICO

	ene-98	feb-98	mar-98	abr-98	may-98	jun-98	jul-98	ago-98	sep-98	oct-98	nov-98	dic-98
A	79	51	66	74	88	132	154	184	88	66	59	44
B	147	162	136	169	213	257	360	467	309	257	272	154
C	196	151	188	272	287	419	478	353	279	287	213	199

VENTAS POR ALMACEN

A	ene-98	feb-98	mar-98	abr-98	may-98	jun-98	jul-98	ago-98	sep-98	oct-98	nov-98	dic-98
I	37	12	31	16	35	30	75	39	26	15	26	16
II	13	10	14	12	13	27	37	45	22	16	7	7
III	10	10	10	14	11	14	28	17	11	10	9	7
IV	20	19	11	31	29	62	15	82	29	25	17	14
	79	51	66	74	88	132	154	184	88	66	59	44

B	ene-98	feb-98	mar-98	abr-98	may-98	jun-98	jul-98	ago-98	sep-98	oct-98	nov-98	dic-98
I	58	53	58	37	75	58	128	180	109	72	118	40
II	41	37	36	23	42	48	94	97	82	43	63	33
III	25	27	19	31	29	46	33	67	38	52	56	19
IV	23	45	23	79	67	105	105	128	60	91	35	62
	147	162	136	169	213	257	360	467	309	257	272	154

C	ene-98	feb-98	mar-98	abr-98	may-98	jun-98	jul-98	ago-98	sep-98	oct-98	nov-98	dic-98
I	93	43	50	103	62	97	223	111	116	71	62	77
II	47	35	35	74	65	74	76	66	34	62	41	48
III	32	29	29	25	41	49	69	46	52	59	23	19
IV	24	36	74	70	99	199	105	130	77	85	87	56
	198	151	188	272	287	419	478	353	279	287	213	199

INVENTARIOS POR ALMACEN

A	ene-98	feb-98	mar-98	abr-98	may-98	jun-98	jul-98	ago-98	sep-98	oct-98	nov-98	dic-98
I	28	20	30	24	34	42	27	22	-	11	32	30
II	16	11	17	14	19	24	15	13	-	6	18	17
III	12	8	13	10	14	18	11	10	-	5	14	13
IV	24	17	26	21	29	38	23	19	-	10	28	25

B	ene-98	feb-98	mar-98	abr-98	may-98	jun-98	jul-98	ago-98	sep-98	oct-98	nov-98	dic-98
I	51	37	49	47	66	68	92	60	39	60	95	56
II	29	21	28	27	38	38	52	45	22	34	54	32
III	22	16	21	20	28	28	39	34	17	26	41	24
IV	44	32	42	41	57	56	79	68	33	51	82	48

C	ene-98	feb-98	mar-98	abr-98	may-98	jun-98	jul-98	ago-98	sep-98	oct-98	nov-98	dic-98
I	69	52	79	76	85	124	93	57	39	69	80	64
II	39	30	45	44	55	71	53	33	22	40	48	37
III	29	22	34	33	41	53	40	25	17	30	34	27
IV	59	45	68	65	82	107	80	49	33	59	69	55

7. SIMULACION DE VENTAS

PRODUCTO A

Desv Estándar

0.15

0.938	0.682	1.149	1.036	1.225	1.050	0.917	1.116	0.632	1.070	1.039	1.091	0.982
0.846	0.570	0.354	0.158	0.511	0.706	0.862	0.266	0.107	0.684	0.103	0.515	0.149
0.193	0.053	0.527	0.724	0.545	0.350	0.627	0.670	0.312	0.269	0.645	0.853	0.557
0.281	0.294	0.897	0.561	0.995	0.972	0.087	0.795	0.070	0.498	0.933	0.539	0.654
0.067	0.078	0.163	0.523	0.539	0.978	0.634	0.631	0.519	0.243	0.730	0.534	0.758
0.964	0.378	0.954	0.900	0.868	0.472	0.296	0.513	0.577	0.524	0.968	0.632	0.326
0.914	0.534	0.873	0.668	0.569	0.057	0.405	0.523	0.616	0.464	0.379	0.090	0.698
0.076	0.132	0.831	0.017	0.175	0.279	0.830	0.322	0.189	0.435	0.516	0.740	0.155
0.218	0.442	0.170	0.074	0.671	0.171	0.287	0.204	0.145	0.813	0.322	0.664	0.918
0.347	0.700	0.265	0.131	0.938	0.939	0.033	0.538	0.705	0.377	0.523	0.204	0.053
0.276	0.192	0.974	0.778	0.976	0.783	0.474	0.330	0.136	0.484	0.715	0.449	0.152
0.570	0.344	0.568	0.724	0.422	0.573	0.349	0.944	0.863	0.739	0.036	0.234	0.040
0.858	0.167	0.276	0.978	0.253	0.052	0.501	0.782	0.841	0.638	0.341	0.804	0.947

PRODUCTO B

Desv Estándar

0.15

1.376	1.141	1.035	1.139	1.216	0.831	1.138	1.062	0.943	1.236	0.999	1.044	1.059
0.710	0.824	0.857	0.787	0.965	0.592	0.763	0.336	0.633	0.623	0.279	0.513	0.118
0.920	0.770	0.429	0.431	0.903	0.074	0.470	0.718	0.848	0.775	0.655	0.870	0.609
0.643	0.431	0.951	0.950	0.405	0.907	0.528	0.471	0.257	0.818	0.173	0.296	0.552
0.779	0.755	0.099	0.693	0.413	0.277	0.082	0.517	0.347	0.822	0.438	0.580	0.356
0.998	0.230	0.154	0.432	0.735	0.605	0.711	0.741	0.180	0.236	0.371	0.730	0.834
0.365	0.360	0.722	0.380	0.808	0.409	0.979	0.400	0.216	0.757	0.098	0.563	0.367
0.638	0.359	0.774	0.245	0.693	0.329	0.571	0.035	0.301	0.884	0.284	0.513	0.684
0.726	0.602	0.079	0.788	0.418	0.048	0.768	0.278	0.332	0.663	0.887	0.056	0.707
0.911	0.619	0.304	0.699	0.696	0.686	0.676	0.697	0.276	0.421	0.900	0.876	0.378
0.670	0.796	0.349	0.530	0.633	0.349	0.695	0.640	0.827	0.952	0.118	0.613	0.823
0.337	0.710	0.660	0.820	0.385	0.406	0.272	0.769	0.691	0.478	0.857	0.567	0.485
0.587	0.231	0.654	0.203	0.389	0.193	0.416	0.603	0.710	0.141	0.672	0.123	0.152

PRODUCTO C

Desv Estándar

0.15

1.003	0.842	1.201	1.045	1.179	1.126	0.894	1.082	0.756	0.897	1.077	1.133	1.258
0.612	0.197	0.532	0.873	0.485	0.345	0.354	0.188	0.062	0.064	0.736	1.000	0.941
0.548	0.431	0.633	0.834	0.957	0.838	0.738	0.724	0.140	0.297	0.435	0.732	0.972
0.262	0.917	0.816	0.037	0.802	0.589	0.369	0.747	0.267	0.687	0.918	0.367	0.628
0.184	0.260	0.739	0.081	0.735	0.913	0.851	0.488	0.095	0.187	0.398	0.621	0.732
0.675	0.693	0.771	0.414	0.163	0.544	0.143	0.567	0.644	0.216	0.421	0.990	0.687
0.927	0.054	0.258	0.041	0.937	0.447	0.628	0.477	0.704	0.197	0.193	0.884	0.565
0.606	0.432	0.643	0.970	0.634	0.734	0.212	0.521	0.331	0.118	0.567	0.539	0.160
0.687	0.014	0.612	0.568	0.936	0.522	0.689	0.332	0.910	0.278	0.961	0.340	0.727
0.560	0.316	0.188	0.243	0.058	0.821	0.046	0.275	0.641	0.599	0.209	0.246	0.134
0.512	0.789	0.968	0.600	0.645	0.039	0.449	0.867	0.140	0.949	0.602	0.799	0.761
0.183	0.435	0.824	0.702	0.093	0.961	0.140	0.573	0.433	0.643	0.595	0.335	0.504
0.175	0.233	0.304	0.544	0.747	0.038	0.443	0.438	0.037	0.616	0.224	0.040	0.637

8. SIMULACION DE COMPRAS

COMPORTAMIENTO DE LOS PROVEEDORES

	ene-93	feb-93	mar-93	abr-93	may-93	jun-93	jul-93	ago-93	sep-93	oct-93	nov-93	dic-93
A	0.677973	0.044079	0.683412	0.491951	0.770113	0.003042	0.204437	0.277976	0.231343	0.324311	0.100103	0.3826
B	0.645756	0.330174	0.269767	0.044058	0.297295	0.973128	0.368291	0.908313	0.631893	0.415377	0.628672	0.309278
C	0.941971	0.181013	0.652378	0.511338	0.350839	0.639332	0.720352	0.450337	0.038614	0.921177	0.203809	0.502398

PRODUCCION FACTIBLE

	100%	75%	100%	100%	100%	62%	100%	100%	100%	100%	85%	100%
A	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
B	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
C	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	65%	100%	100%	100%

9. SIMULACION DE DISTRIBUCION

DISTRIBUCION VENTA

A															
	ene-03	feb-03	mar-03	abr-03	may-03	jun-03	jul-03	ago-03	sep-03	oct-03	nov-03	dic-03	TENDEN	MINIMO	MAXIMO
I	46%	23%	47%	22%	40%	23%	40%	21%	30%	23%	45%	35%	35%	21%	49%
II	17%	20%	21%	17%	15%	20%	24%	25%	25%	25%	12%	15%	20%	12%	25%
III	12%	15%	16%	19%	12%	10%	16%	9%	13%	15%	14%	16%	15%	9%	21%
IV	25%	38%	17%	42%	33%	47%	9%	45%	32%	37%	29%	32%	30%	16%	42%
B															
	ene-08	feb-08	mar-08	abr-08	may-08	jun-08	jul-08	ago-08	sep-08	oct-08	nov-08	dic-08	TENDEN	MINIMO	MAXIMO
I	40%	33%	42%	22%	35%	22%	30%	39%	35%	20%	43%	20%	35%	21%	49%
II	20%	23%	27%	13%	19%	15%	20%	21%	27%	17%	23%	21%	23%	12%	25%
III	17%	17%	14%	16%	14%	10%	8%	13%	12%	20%	20%	13%	15%	8%	21%
IV	16%	25%	17%	47%	32%	41%	25%	27%	25%	35%	13%	40%	35%	10%	42%
C															
	ene-03	feb-03	mar-03	abr-03	may-03	jun-03	jul-03	ago-03	sep-03	oct-03	nov-03	dic-03	TENDEN	MINIMO	MAXIMO
I	40%	33%	27%	35%	29%	23%	40%	32%	42%	25%	20%	30%	35%	21%	49%
II	24%	24%	10%	27%	23%	15%	16%	19%	12%	22%	19%	23%	20%	12%	25%
III	16%	19%	15%	9%	14%	12%	14%	13%	16%	20%	11%	10%	15%	9%	21%
IV	12%	24%	30%	28%	35%	47%	22%	37%	20%	33%	41%	28%	30%	16%	42%