

**UNIVERSIDAD PANAMERICANA**

**ESCUELA DE INGENIERIA**

Con estudios incorporados a la  
Universidad Nacional Autónoma de México

**“ADMINISTRACIÓN DE LA DEMANDA E  
INVENTARIOS EN LA INDUSTRIA DEL EMPAQUE  
FLEXIBLE”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN INGENIERÍA  
ELECTROMECAÁNICA**

**P R E S E N T A N  
CARLOS HERNANDO ZAMAYOA GAMA**

**DIRECTOR DE TESIS:  
MTRO. FRANCISCO ORTÍZ ARANGO**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## **AGRADECIMIENTOS**

"A Dios por haberme dado la vida, la capacidad y oportunidad de tener una educación"

"A mi esposa, que gracias a su insistencia, apoyo y paciencia logre cumplir una meta mas en mi vida"

"A mis padres por el apoyo que me dieron para lograr tener una carrera"

"A mis hermanos por haber estado conmigo y por todos los momentos que vivimos juntos"

## ÍNDICE

OBJETIVO GENERAL:.....	6
OBJETIVOS ESPECÍFICOS: .....	6
INTRODUCCIÓN.....	7
CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO: ADMINISTRACIÓN DE LA DEMANDA .....	10
1.1 Administración de la Demanda y el ambiente de la MPC.....	14
1.1.1 El Ambiente de fabricación para inventario (FPI).....	16
1.2 Comunicación con otros departamentos y clientes de la MPC.....	18
1.2.1 Planeación de ventas y operaciones.....	18
1.2.2 Plan maestro de producción. ....	20
1.2.3 Trato cotidiano con los clientes.....	22
1.3 Uso de la información en la administración de la demanda .....	24
1.3.1 Fabricación con conocimiento.....	24
1.3.2 Captura y monitoreo de datos .....	25
1.3.3 Administración de las relaciones con los clientes .....	27
1.3.4 Flujo saliente de producto.....	28
1.4 Administración de la demanda .....	29
1.4.1 Organizar para la administración de la demanda .....	29

1.4.2	Monitoreo a los sistemas de administración de la demanda.....	31
1.4.3	Equilibrio de la oferta y la demanda.....	32
1.5	Gestión de la cadena de suministro: importancia de la previsión de la demanda .....	33
1.6	Estatus de la Administración de la Demanda en la Industria del Empaque Flexible y Metodología para implementarla .....	37
1.7	Enfoque de la cadena de suministro basado en el cliente y en la administración estratégica de la demanda .....	41
CAPÍTULO 2 GESTIÓN DE INVENTARIOS .....		46
2.1	Gestión de Inventarios .....	46
2.1.1	Determinación de las existencias .....	46
2.1.2	Análisis de inventarios .....	47
2.1.3.	Control de producción.....	47
2.1.4	¿Qué son los Inventarios? .....	47
2.1.4.1	Tipos de Inventarios. ....	47
2.1.4.2	Significado Económico de los Inventarios.....	49
2.2	Modelo de Inventario para Demanda Independiente .....	51
2.2.1	Punto de Pedido.....	52
2.2.2	Máximos y Mínimos .....	52

2.3	Modelo de la Demanda Dependiente para la Producción.....	52
2.3.1	Planificación de los Requerimientos de Materiales .....	53
2.3.2	Justo a Tiempo. ....	54
2.4	Codificación, Clasificación de Materiales y Organización de Almacenes. ....	55
2.4.1	Clasificación de Materiales por Pareto o ABC.....	55
2.4.2	Clasificación de Materiales por Criticidad. ....	58
CAPÍTULO 3 EMPAQUE FLEXIBLE EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA .....		59
3.1	Envases flexibles: requisitos y propiedades .....	59
3.2	Materiales empleados en los envases flexibles.....	62
3.3	Procesos de fabricación de envases flexibles .....	63
3.4	Estructura de un envase flexible.....	64
3.5	Tipos de envases flexibles .....	65
3.6	Aplicaciones a la industria alimentaria.....	65
CAPÍTULO 4. SISTEMA PUSH Y PULL Y SIMULACIÓN DE CÁLCULO DE INVENTARIOS.....		69
4.1	Logística: estrategias .....	69
4.2	Sistema Empujar (Push System) .....	70
4.2.1	Metodología del Sistema PUSH .....	71

4.2.2 Control de Piso SFC (Shop Floor Control).....	72
4.2.3 Debilidades de un Sistema PUSH .....	73
4.2.4 Actividades de Autorización .....	74
4.2.5 Revisión de Disponibilidad.....	74
4.3 Sistema Jalar (Pull System).....	75
4.3.1 Objetivo Sistemas Pull:.....	76
4.3.2 Metodología Sistema PULL.....	77
4.3.3 Diferencias entre los sistemas PUSH y PULL .....	78
4.3.4 Aplicabilidad del Sistema PULL .....	79
4.3.5 Ventajas y Desventajas de un sistema PULL.....	80
4.3.6 Características de un Sistema PULL .....	80
4.3.7 Beneficios del Sistema PULL .....	82
4.3.8 ¿Cuándo usar los Sistemas PULL?.....	83
4.4 Reabastecimiento Basado en consumo (demanda del cliente).....	84
CONCLUSIONES.....	101
BIBLIOGRAFÍA.....	103

## **OBJETIVO GENERAL:**

- El objetivo general de esta tesis es definir un Modelo Matemático para la Administración de Inventarios por medio de la Administración de la Demanda y con esto mejorar el servicio que se les da a los clientes teniendo solamente la cantidad necesaria para que no tengan desabasto de material de los productos A, B y C.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Introducir y/o Fortalecer el concepto de Administración de la Demanda para la definición y control de los Inventarios
- Crear una metodología para la implementación de la Administración de la Demanda dentro de una empresa de Empaque Flexible.
- Demostrar que para el mercado del Empaque Flexible se puede usar una combinación de Fabricación para Inventario MTS y vs órdenes MTO
- Crear un modelo matemático para el establecimiento y definición de cantidades de inventario por producto para un mejor control de la demanda.

## INTRODUCCIÓN

Una de las primeras aplicaciones de los métodos cuantitativos para la toma de decisiones gerenciales han sido los modelos de inventarios. Ya que, los inventarios usualmente representan un porcentaje considerable de capital total invertido en una organización de negocios, a menudo más del 25%.

Con tantos miles de pesos invertidos en inventarios hoy en día, el control adecuado y la administración de ellos puede traer ahorros considerables a una compañía.

El desarrollo del primer modelo de inventario se le acredita a Harris (1915). Raymond (1931) extendió el trabajo de Harris a comienzo de los años 1930. Particularmente desde la Segunda Guerra Mundial, las decisiones básicas de inventarios comprenden cuántas unidades se deben pedir y cuándo se deben pedir.

Aunque existen muchas semejanzas en todos los sistemas de inventario, cada sistema es único para excluir la utilización de un modelo general de decisión de inventarios para todas las situaciones. En esta parte del programa de la materia Administración de Operaciones, analizaremos varios modelos clásicos de decisión de inventarios y algunas de las variantes más comunes y de utilidad práctica, tanto de demanda conocida como de demanda incierta.

Con la finalidad de por lo menos mantener sus ventajas competitivas todo tipo de empresa, grande o pequeña de cualquier sector, requiere continuamente incrementar su nivel de respuesta ante los cambios que presenta la demanda en el nuevo contexto de la economía global y la competitividad. Como parte de sus acciones y desde un punto vista económico, en la actualidad es imprescindible que las compañías conozcan cuáles son las ten-

dencias y prioridades sobre las que tendrán que trabajar para garantizar su éxito en el medio en que se desempeñan.

No obstante, el adecuado desempeño de una empresa y de su sistema logístico, hoy por hoy ya no depende de sí misma, sino también de sus proveedores, distribuidores y sobre todo de sus clientes. Por lo anterior, algunas sociedades mercantiles se están reinventando, bajo el nuevo enfoque logístico basado en una integración "aguas arriba" y "aguas abajo" en el contexto de la cadena de suministro con el propósito de ser más funcionales.

Dicho enfoque ha dado pie al surgimiento del nuevo concepto de gestión en la cadena de suministro, el cual exige que las empresas revisen cada una de sus partes al interior e incluso al exterior, para con ello identificar las áreas de oportunidad y sus factores críticos de éxito.

A lo largo del tiempo, la evolución de la gestión logística de las empresas ha ido cambiando. Según Carrasco (2001)<sup>1</sup>, a nivel global son diversos los factores que afectan a este fenómeno, entre los que destacan: (I) Cambios en el entorno; (II) Experiencia de los directivos; (III) Nuevos enfoques; (IV) Conceptos organizativos; (V) Nuevas tecnologías; (VI) Nuevos métodos, técnicas y herramientas de gestión, entre otros.

En efecto, los rápidos cambios que se presentan hoy en día influyen de manera espectacular en los procesos de gestión logística y su enfoque. No hace mucho tiempo, por ejemplo, se hablaba de integración logística, la cual se caracterizaba por la organización ordenada y secuencial de las actividades logísticas apoyadas con mecanismos de control semiautomatizados. En la actualidad, las empresas no sólo buscan automatizar sus actividades más elementales, sino que tratan principalmente de integrar sus procesos

<sup>1</sup> Carrasco, Javier. "Evolución de los enfoques y conceptos de la logística: su impacto en la dirección y gestión de las organizaciones ". Rev. Economía Industrial, No. 331 (2001).

“clave”, bajo un enfoque de colaboración en términos de modelos de ganar-ganar.

Este trabajo busca enfocarse principalmente en la Administración de la Demanda, en la Industria del Empaque Flexible al igual que en la mayoría de las industrias el conocer la demanda de los clientes se ha vuelto primordial ya que debido a los costos que éstos implican se necesita optimizar los inventarios y maximizar el servicio por lo que en este trabajo se busca establecer un modelo matemático para calcular en base a datos históricos de la demanda las cantidades óptimas a tener de inventarios y a saber distinguir los productos que se deben manejar para inventario y cuáles contra órdenes.

En el capítulo 1 se habla de la Administración de la Demanda y la interrelación que tiene con el resto de las áreas de la empresa y con los clientes, la forma en que interactúa con el área de Planeación para la elaboración del Plan Maestro de Producción y se hace revisión del estatus de la Administración de la Demanda en la Industria del Empaque Flexible y lo que se necesita para implementarla. En el capítulo 2 se realiza una explicación de lo que son los inventarios, los tipos de inventarios que existen, cómo se clasifican los inventarios según su valor o criticidad, los costos lo que son los máximos, mínimos y punto de reorden.

En el capítulo 3 se expone una introducción a la industria del empaque, los tipos de empaque o envase que existen y una explicación de los procesos que se tienen.

En el capítulo 4 se desarrolla una comparación entre el sistema PUSH que es contra órdenes y el sistema PULL que es lo que se llama fabricación contra inventario, se comenta por qué se está eligiendo el sistema PULL, las ventajas y se propone un Modelo Matemático para la definición de los inventarios basados en el tiempo de proceso y de ciclo.

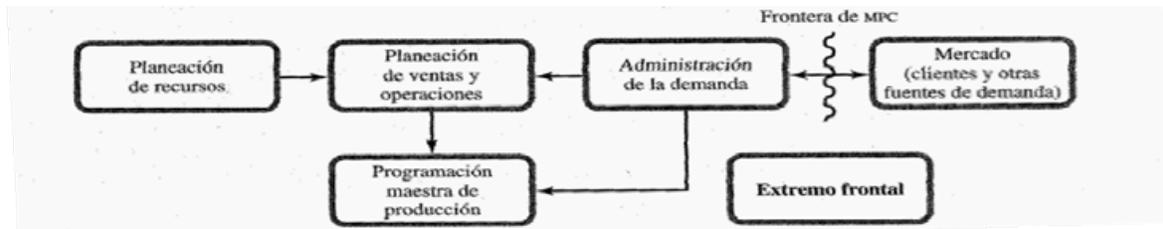
## **CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO: ADMINISTRACIÓN DE LA DEMANDA**

En esta tesis se busca probar que por medio de la administración de la demanda se puede llevar a cabo un buen cálculo y control de inventarios ya que es quien suministra el enlace entre el mercado y la planeación y control de la manufactura MPC (Manufacturing Planning and Control), con las plantas y almacenes hermanos y con otros “clientes” importantes. Como tal, es en la administración de la demanda que se recoge la información acerca del mercado, realizando funciones como pronosticar la demanda de los clientes, introducir órdenes y determinar los requerimientos específicos de productos. Más aún, es a través de este módulo que se concretan las comunicaciones con los clientes al prometer fechas de entrega, confirmar el status de las órdenes e informar acerca de los cambios. La administración de la demanda también tiene que ver con las identificaciones con todas las fuentes de demanda de capacidad de manufactura, incluyendo las demandas de partes de servicio, requerimientos intracompañía y la acumulación de inventario promocional y otras necesidades para el almacenaje de inventario para consumo.

La posición de la Administración de la Demanda en el sistema de MPC se muestra en la figura 1.1. Es la conexión clave con el mercado en el extremo delantero del sistema de MPC. Los aspectos externos del módulo de administración de la demanda se muestran como la fecha con 2 cabezas conectada al mercado fuera del sistema de MPC. Esto simplemente subraya la necesidad de comunicarse con los clientes así como recopilar información a cerca de ellos. Las otras conexiones son con el módulo de Planeación de Ventas y Operaciones (PVO) y con el módulo del Plan Maestro de Producción (PMP). La información suministrada a la PVO se

utiliza para desarrollar planes de ventas y operaciones (incluida la manufactura) que abarcan un año o más de duración en un alto nivel de incorporación.

**Fig. 1.1 Administración de la demanda en el sistema MPC**



Fuente: Planeación y Control de la Producción, Administración de la Cadena de Suministros, Thomas E. Vollman, William L. Berry. Quinta Edición, Ed. Mc Graw Hill

Tanto el pronóstico como la información real de la demanda se suministran al módulo de PMP. Es en este módulo donde los planes de manufactura a corto plazo y específicos por producto se desarrollan y controlan en tanto la demanda real se vuelve disponible y se suministra la información necesaria para repartir promesas de entrega y estatus de órdenes a los clientes.

Es a través de estos enlaces que las cantidades y tiempos para todas las demandas deben recopilarse y coordinarse para las actividades de planeación y control de la compañía. La parte de planeación del proceso de MPC involucra la determinación de la capacidad que estará disponible para cumplir con las demandas reales futuras de productos. Mucha de esta actividad de planeación ocurre en el módulo de ventas y operaciones. La parte de control determina cómo se convertirá la capacidad en productos al llegar las órdenes. La compañía ejecuta el plan al volverse asequible la información sobre la demanda real. La función control determina cómo la compañía modificará los planes a la luz de los errores del pronóstico y otros cambios en las suposiciones que inevitablemente ocurrirán. Una porción

sustancial de la actividad de control se lleva a cabo en el módulo de planeación maestra de la producción. Tanto el módulo de PVO como el de PMP requieren de la información suministrada a través del módulo de Administración de la Demanda.

Para muchas compañías planear la ejecución y controlar las cantidades y tiempos de la demanda involucra un diálogo interactivo cotidiano con los clientes. Para otras, particularmente en las industrias de proceso, la coordinación crítica está en programación de grandes requerimientos inter e intracompañías. En otras, la distribución física es crítica, ya que la compañía debe soportar un programa de reabastecimiento de almacén que puede diferir bastante del patrón de demanda final de los clientes.

La diferencia entre el patrón de la demanda y la respuesta de la compañía señala la importante distinción entre pronósticos y planes. En la administración de la demanda se desarrollan los pronósticos de las cantidades y tiempos de la demanda de los clientes. Estos son estimaciones de lo que podría ocurrir en el mercado. Los planes de manufactura que especifican cómo responderá la compañía están basados en tales pronósticos. El plan de respuesta puede verse muy diferente de los pronósticos. Considérese, por ejemplo, un producto altamente estacional, como las tablas para nieve. El patrón real de la demanda de los clientes será alto en los meses de otoño e invierno y muy bajo en otra temporada. El plan de manufactura sin embargo, podría ser constante a través de todo el año.

Esta distinción entre pronósticos y planes es importante por dos razones. Primero, un gerente no puede ser señalado como responsable por no obtener un pronóstico correcto. Sin embargo, es posible y debe hacerse responsables a los gerentes por los planes que elaboran. Mucho de lo que se trata el sistema de MPC es suministrar los medios para hacer juegos de planes ejecutables tan buenos como sean posibles y entonces proporcionar la información para ejecutarlos. Cuando las condiciones cambian, la función de control deberá cambiar los planes y éstos

ejecutarse fielmente. De la forma como quisiera hacerse el meteorólogo responsable por no pronosticar la lluvia, el pronóstico es solamente una adivinación, aunque inteligente. Si el pronóstico es de lluvia, el plan inteligente sería llevar paraguas. Si no se lleva, sería difícil sentir lástima por quien se moje. Se tiene control sobre el plan y la ejecución pero no sobre la demanda.

Esto lleva a la segunda razón para hacer la distinción entre el plan y el pronóstico. Las demandas de los clientes son demandas independientes. Cuando (y si) un cliente se decide por un producto, esta acción es independiente de las acciones de la compañía. Obviamente, se puede influir a través de la publicidad, precios, promociones y demás, pero la decisión la toma el cliente. Por otro lado, si existen planes para fabricar tablas para nieve a una tasa constante a través de todo el año, la demanda para las calcomanías depende de los planes para fabricar tablas de nieve. Es una demanda dependiente. De maneja similar, la "demanda" de los almacenes por tablas para nieve depende de los planes para reabastecer los almacenes. Cuando las condiciones cambian, los planes pueden necesitar cambiar y esto, a su vez, puede cambiar las demandas dependientes que necesitan ser coordinadas en el módulo de administración de la demanda.

Puede también ser necesario reconciliar las diferentes fuentes de información de demanda, suministrar pronósticos de nuevos productos y modificar los pronósticos para cumplir los requerimientos de los usuarios o de otra manera ajustar la información que será usada por la compañía. Todas estas consideraciones son tomadas en cuenta en el proceso de administración de la demanda. Las técnicas para pronosticar, agregar (consolidar) la demanda y desagregarla pueden facilitar este proceso.

El eslabón entre la administración de la demanda, la planeación de ventas y operaciones y la programación maestra de la producción en el extremo delantero dejan clara la importancia de suministrar pronósticos completos y de suministrarlos

en el nivel apropiado de detalle. La importancia de identificar todas las fuentes de demanda es obvia, pero en ocasiones pasada por alto. Si los recursos materiales y de capacidad van a ser planeados efectivamente, se debe identificar todas las fuentes de demanda: refacciones, distribución, cambio en inventario, inventario para demostración, artículos nuevos, promociones y demás. Sólo cuando se han considerado todas las fuentes de demanda pueden desarrollarse planes realistas de MPC.

## **1.1 Administración de la Demanda y el ambiente de la MPC.**

Las actividades de Administración de la demanda deben acoplarse a la estrategia de la compañía, las capacidades de la manufactura y las necesidades de los clientes. Diferentes estrategias, capacidades y necesidades de los clientes definen distintos ambientes para la MPC dentro de los que las actividades de la administración de la demanda son llevadas a cabo. Para comprender cómo las actividades pueden diferir de un ambiente a otro, primero se desarrolla una clasificación amplia de los ambientes de manufactura.

El concepto de punto de acople de la orden del cliente o, como en ocasiones se le llama, el punto de penetración de la orden, es clave para esta clasificación.

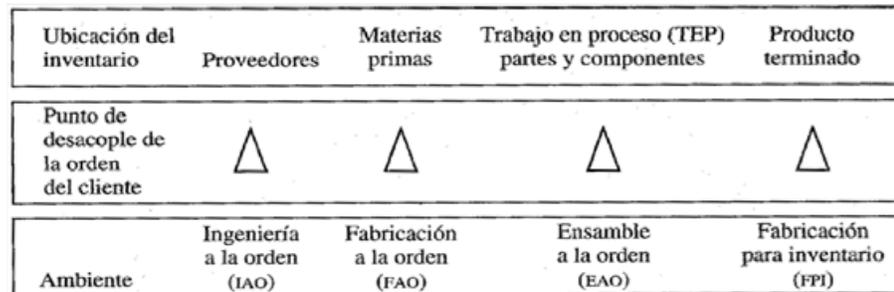
El punto de desacople de la orden del cliente puede considerarse como el punto en el que la demanda pasa de ser independiente a dependiente. Es el punto en el que la compañía—en lugar del cliente— se convierte en responsable de determinar el tiempo y cantidad de material que debe ser comprada, hecho o terminado. Considérese, por un momento, una pequeña sastrería. Si los clientes entran a la tienda y compran trajes del inventario disponible (ropa hecha), el punto de desacople de la orden del cliente es el traje terminado (el inventario de producto

terminado). En este caso, el cliente decide qué traje comprar y cuándo comprarlo (demanda independiente de los trajes). El sastre decide qué trajes hacer y cuándo hacerlos (demanda dependiente para la tela).

Si por otra parte, los clientes revisan el inventario disponible de telas, hacen su elección y solicitan un diseño específico de traje, el punto de desacople de la orden del cliente es el inventario de materia prima (de telas). De manera similar, si el cliente mira catálogos de telas, elige una y pide al sastre que haga un diseño específico, el punto de desacople de la orden del cliente es el proveedor. En este último caso, tanto el cliente como el proveedor están incluidos en las decisiones de manufactura del sastre. En los ejemplos de hechura o compra de trajes, el punto de desacople de la orden del cliente se ha movido más profundamente dentro de la organización del sastre.

La figura 1.2 brinda un medio para visualizar el punto de desacople de la orden del cliente, cómo podría moverse desde el inventario de producto terminado a través de la compañía hasta llegar al proveedor. Las diferentes localizaciones del punto de desacople de la orden del cliente dan lugar a diversas categorías de ambientes de manufactura. Las compañías que sirven a sus clientes desde el inventario de producto terminado son compañías que **fabrican para inventario**. Aquéllas que combinan un número de opciones para cumplir las especificaciones del cliente se llaman empresas de **ensamble a la medida**. Una empresa que diseña (hace ingeniería) a la medida es la que trabajara con el cliente para diseñar el producto, y entonces lo fabricará con materiales, partes y componentes comprados. Desde luego, muchas compañías proporcionarán una combinación de estos ambientes y otras, los tendrán simultáneamente.

**FIGURA 1.2**  
Punto de desacople de la orden del cliente en diferentes ambientes



Fuente: Planeación y Control de la Producción, Administración de la Cadena de Suministros, Thomas E. Vollman, William L. Berry. Quinta Edición, Ed. Mc Graw Hill

Para describir el papel de la administración de la demanda en diferentes situaciones, se caracterizarán los ambientes de MPC como de fabricación para inventario, ensamble a la medida o hechura a la medida (se considerarán juntos los ambientes de diseño a la medida y hechura a la medida).

### **1.1.1 El Ambiente de fabricación para inventario (FPI)**

En el ambiente de fabricación para inventario (FPI) o make-to-stock, el enfoque principal de las actividades de administración de la demanda se encuentra sobre el mantenimiento de los inventarios de producto terminado. En este ambiente, como los clientes compran directamente del inventario disponible, el servicio al cliente es determinado a partir de si el producto deseado está disponible o no. Como se vio con el sastre que vende trajes hechos, el punto de desacople de la orden del cliente es el inventario de producto terminado. Es en este punto que la demanda independiente del cliente por trajes se convierte en demanda dependiente por tela para apoyar los planes del sastre de hacer trajes. Sin embargo, al contrario del sastre, el inventario de bienes manufacturados puede estar localizado muy lejos de la planta de manufactura. Además, podría haber varias localidades desde las que los clientes compren sus bienes. Esto significa que hay tanto una dimensión geográfica como una temporal al mantenimiento del inventario de producto terminado.

Así, el rastreo de la demanda por localidad a través de la cadena de suministro es una actividad importante en el ambiente de FPI.

Un aspecto clave de la administración del inventario de producto terminado es la determinación de cuándo, cuánto y cómo resurtir el inventario en una localidad específica. Esta es la preocupación por la distribución física en la administración de la demanda. Puede ser una preocupación muy amplia, que abarque numerosas localidades en muchos países involucrando varios niveles de distribución y almacenamiento. Algunas empresas con FPI emplean almacenes de planta, centros de distribución y almacenes locales y aún inventario administrado por el proveedor dentro de las localidades de sus clientes. La administración de esta cadena de suministros requiere información sobre el estatus del inventario en las diferentes localidades, de relaciones con los proveedores de transporte y de estimaciones de las demandas de los clientes por localidad y por artículo. Los métodos formales para pronosticar la demanda del cliente pueden ayudar en este proceso.

El punto esencial para satisfacer a los clientes en el ambiente de fabricación para inventario es equilibrar el nivel de éste contra el nivel de servicio al cliente. Si fuera posible tener inventarios ilimitados, sin costo, la tarea sería trivial, pero no es el caso. Suministrar más inventario aumenta el costo, así que debe lograrse un equilibrio entre los costos del inventario y el nivel del servicio al cliente. Este equilibrio puede mejorarse con buenos estimados (o conocimiento) de la demanda de los clientes, con alternativas más rápidas de transporte, por producción más veloz y con manufactura más flexible. Muchas empresas con FPI están invirtiendo en tales programas de manufactura esbelta para variar el equilibrio, es decir, lograr niveles de servicio más altos para una inversión en inventario dada. Sin importar cómo ocurre el equilibrio, el enfoque de la administración de la demanda en el ambiente de fabricación para inventario se encuentra en suministrar los bienes terminados dónde y cuándo el cliente los desea.

## **1.2 Comunicación con otros departamentos y clientes de la MPC**

Sin importar el ambiente, la administración de la demanda tiene importantes tareas de comunicación interna y externa. La información de pronósticos se suministrará a la planeación de ventas y operaciones (PVO). Debe comunicarse información detallada sobre la demanda al plan maestro de producción (PMP) y tenerse a la mano la información sobre la disponibilidad de los productos para los clientes tanto para propósitos de planeación como para manejar las actividades cotidianas de las órdenes de los clientes. Algunas de las principales necesidades de comunicación se muestran en la figura 1.3

### ***1.2.1 Planeación de ventas y operaciones***

Un requerimiento clave para la comunicación de la administración de la demanda con la planeación de ventas y operaciones es suministrar información sobre el pronóstico de la demanda. A su vez, la planeación de ventas y operaciones suministrará planes coordinados de ventas y operaciones. Para que estos planes sean globales deben considerarse todas las fuentes de demanda, tanto en cantidad como en tiempo. No es suficiente determinar la necesidad del mercado hacia el producto. Para determinar un cuadro completo de los requerimientos sobre la capacidad de manufactura, recursos de ingeniería y necesidades de materiales, debe recopilarse la información de demanda de refacciones, transferencias inter e intracompañía, requerimientos de promoción, acumulaciones de producción, necesidades de aseguramiento de calidad, requerimientos de exhibición o de proyecto piloto y aún de donaciones caritativas. En ocasiones esto es más difícil de lo que parece. La dificultad aparenta ser máxima para compañías que tienen un número significativo de transferencias interplanta. Con frecuencia se escucha a los gerentes de planta quejarse de que su peor cliente es una planta o división hermana.

**FIGURA 1.3 Actividades de comunicación de la administración de la demanda para cualquier ambiente**

Conexión	FPI	EAO	FAO
PVO	Pronósticos de la Demanda	Pronósticos de demanda, mezcla de familia de productos	Pronósticos de demanda detalles de ingeniería
PMP	Demandas Reales	Pronósticos de mezcla, demandas reales	Configuración final
Cliente(s)	Siguiente reabastecimiento de inventario	Asuntos de configuración, fecha de entrega	Estatus del diseño, fecha de entrega

Fuente: Planeación y Control de la Producción, Administración de la Cadena de Suministros, Thomas E. Vollman, William L. Berry. Quinta Edición, Ed. Mc Graw Hill

La elección de la medida apropiada para determinar las necesidades de capacidad es importante para una comunicación efectiva entre la administración de la demanda y la PVO. La medida puede cambiar con el ambiente. Por ejemplo, la capacidad de materiales podría ser lo más importante en un ambiente de fabricación para inventario, mientras que en el ambiente de fabricación a la medida pueden serlo las horas-máquina o las horas-hombre. La capacidad de ingeniería es con frecuencia la más crítica en el ambiente de ingeniería a la medida. Es necesario que la comunicación de la administración de la demanda con la planeación de ventas y operaciones sea en las unidades correctas para el desarrollo de sus planes. Además los asuntos de temporalidad tanto interna como externa necesitan ser comunicados. Por ejemplo, si los cambios en el tiempo de las entregas a un cliente significativo pudieran afectar los planes, esta información debe ser comunicada a planeación de ventas y operaciones. De modo similar, un cambio importante en la política del inventario de distribución podría influir en el plan.

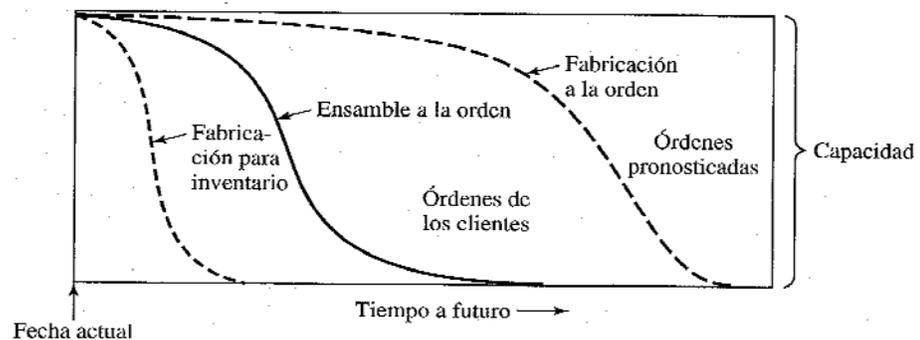
La Planeación de ventas y operaciones puede desarrollar planes por producto, por región geográfica, por unidad organizacional o aún por combinaciones de

éstas y otras categorías. Esto significa que los planes pueden no alinearse completamente con el mercado. Por ejemplo, algunos clientes pueden desear varias familias completas. Además, los planes de ventas y operaciones se pueden expresar en dólares u otra medida agregada, mientras el mercado compra productos específicos. Esto requiere que la administración de la demanda traduzca y sincronice la comunicación de datos entre las actividades del mercado y la PVO.

### 1.2.2 Plan maestro de producción.

Las interacciones entre la administración de la demanda y el plan maestro de producción (PMP) son frecuentes y detalladas. Al ser recibidas e ingresadas las órdenes de los clientes el PMP, la información detallada de la orden debe ser entregada al programador maestro de la producción a medida que las órdenes ocurren. Asimismo, la administración de la demanda requiere de información sobre el estatus de las órdenes, capacidad consumida y capacidad disponible para que los clientes puedan mantenerse informados. Los detalles varían significativamente entre los ambientes de fabricación para inventario, ensamble a la orden y fabricación a la orden. Sin embargo, en todos los casos el concepto subyacente es que los pronósticos son consumidos a lo largo del tiempo por las órdenes reales, como lo muestra la figura 1.4. En cada caso, las órdenes futuras pronosticadas se encuentran a la derecha y arriba de la línea, mientras que las órdenes reales de los clientes se encuentran a la izquierda y bajo la línea.

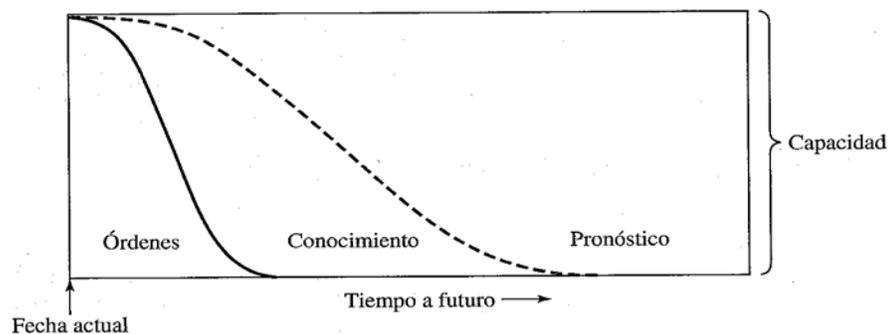
**FIGURA 1.4**  
Pronósticos consumidos por órdenes



Fuente: Planeación y Control de la Producción, Administración de la Cadena de Suministros, Thomas E. Vollman, William L. Berry. Quinta Edición, Ed. Mc Graw Hill

Obsérvese en la figura 1.5 que las líneas de los tres ambientes son diferentes. Para el ambiente de fabricación para inventario, hay muy pocas órdenes reales de los clientes, ya que la demanda se satisface desde el inventario. Esto refleja la necesidad de administrar el inventario de productos terminados. En el ambiente de ensamble a la orden ya hay órdenes de los clientes en los libros para varios periodos futuros, lo que refleja la necesidad de suministrar fechas precisas de promesa de entrega a los clientes. Otros problemas diferentes de administración de la demanda confrontan a las compañías con ambientes de fabricación (o ingeniería) a la orden, aun cuando existe un retraso de órdenes de clientes aún mayor. La comunicación entre la empresa y el cliente primero involucra a la ingeniería, mientras las órdenes son completamente especificadas, y después al estatus de administración de proyectos y a la promesa de fecha de entrega.

**FIGURA 1.5**  
Reemplazo de pronósticos con conocimiento.



Fuente: Planeación y Control de la Producción, Administración de la Cadena de Suministros, Thomas E. Vollman, William L. Berry. Quinta Edición, Ed. Mc Graw Hill

Los tipos de incertidumbre también difieren entre estos ambientes. En el caso de fabricación para inventario, la incertidumbre se encuentra en las variaciones de demanda alrededor del pronóstico en cada una de las localidades del inventario.

En este caso, se conservan niveles adicionales de inventario (inventario de seguridad) para suministrar los niveles de servicio requeridos. En el caso de ensamble a la orden, la incertidumbre involucra no sólo la cantidad y oportunidad de las órdenes de los clientes, sino también la mezcla de producto. Para el ambiente de fabricación a la orden, la incertidumbre no se encuentra en el tiempo ni en la cantidad de las órdenes del cliente sino en qué nivel de recursos de la compañía se requerirá terminar la ingeniería y fabricar el producto una vez que los requerimientos exactos han sido determinados. Un aspecto de las comunicaciones entre la programación maestra de producción y la administración de la demanda es facilitar un aislamiento contra las incertidumbres que existen.

### ***1.2.3 Trato cotidiano con los clientes***

Una función primaria del módulo de administración de la demanda es convertir las órdenes cotidianas específicas de los clientes en acciones detalladas de la MPC. A través de la función de administración de la demanda, las demandas reales consumen los materiales y capacidades planeados. Las demandas reales de los clientes deben ser convertidas en acciones de producción sin importar si la empresa manufactura productos fabricados para inventario, ensamblados a la orden o fabricados a la orden. Los detalles pueden variar, dependiendo de la naturaleza del ambiente manufacturero de la empresa.

En los ambientes de fabricación a la orden, la actividad primaria es controlar el progreso de las órdenes del cliente para cumplir con las fechas prometidas del cliente. Cualesquiera cambios en ingeniería o manufactura deben remitirse al programador maestro de producción para determinar su impacto sobre la entrega final al cliente. Si las compañías desempeñan esta función en la misma forma para productos ensamblados a la orden, sólo sería necesaria una comunicación limitada con ingeniería para determinar las fechas prometidas. En ambos casos, existe co-

municación del cliente (una solicitud de producto) y hacia el cliente (una fecha de entrega) a través del módulo de administración de la demanda. Posteriormente puede haber comunicación adicional con el cliente para responder a solicitudes del estatus de la orden. Estos aspectos de la administración de la demanda tienen nombres como ingreso, registro y servicio a las órdenes del cliente.

En un ambiente de fabricación para inventario, la administración de la demanda no suministra, ordinariamente, fechas promisorias a los clientes. Como los productos terminados están almacenados, el cliente con frecuencia es servido desde el inventario. Si no hay suficiente inventario para una solicitud específica, el cliente debe ser informado sobre cuándo habrá más material disponible o, si hay asignación, informado de qué porción de la solicitud puede ser satisfecha. La conversión de órdenes de los clientes a acciones de MPC en el ambiente de fabricación para inventario activa el reabastecimiento del mismo desde que se efectúan las ventas. Esta conversión es principalmente a través del pronóstico, ya que la decisión del reabastecimiento se anticipa a las órdenes del cliente.

En todos estos ambientes, deben acomodarse demandas extraordinarias. Los ejemplos incluyen el reemplazo de artículos después de un desastre, órdenes anticipadas en el ambiente de fabricación para inventario, necesidades interplanta inesperadas, pedidos grandes de refacciones, previsión para unidades de demostración y aumento de los inventarios de canal. Todas ellas representan demandas "reales" sobre el sistema de materiales.

Algunos principios claros emergen de esta consideración de la relación entre la administración de la demanda y los otros módulos en el extremo delantero del sistema de MPC. Es necesario que todas las fuentes de demanda sean identificadas e incorporadas a las actividades de planeación y control de la empresa. La administración de la demanda es también responsable de comunicarse con los clientes.

Mantener al cliente informado honestamente del estatus de la orden es importante para su satisfacción, aun si deben comunicarse malas noticias.

## **1.3 Uso de la información en la administración de la demanda**

La información recopilada en la administración de la demanda puede ser utilizada para mejorar el desempeño actual y futuro de la compañía. Algunas formas en que esto puede hacerse se analizan a continuación.

### ***1.3.1 Fabricación con conocimiento***

Como se muestra en la figura 1.4, un concepto básico de la administración de la demanda es que hay una "tubería" de capacidad, la cual se llena en el corto plazo con las órdenes de los clientes y en el largo con los pronósticos.; el ingreso de órdenes es un proceso de consumo del pronóstico con órdenes reales. El desempeño ha mejorado para muchas situaciones de estado de arte., donde se crean sociedades de cadena de suministros. Entre otros proveedores y los clientes la meta es mejorar la competitividad de toda la cadena, no sólo la de cada una de las compañías independientemente. En algunos casos esto permite a las dos compañías operar con el conocimiento (*make-to-knowledge*) de las necesidades de la compañía. La figura 1.5 muestra esta situación donde un proveedor tiene un pronóstico de la demanda, un juego de órdenes reales y también el conocimiento de la situación en algunos clientes clave. Ejemplos de tal conocimiento incluirían la posición del inventario del cliente (cuando se usan inventarios manejados por el proveedor, por ejemplo) y/o su programa de producción. Esta información permite conocer al cliente cuándo será necesaria una orden. Esto reduce la dependencia de los pronósticos.

El conocimiento viene de una evolución natural en el uso del intercambio electrónico de datos (EDI, por sus siglas en inglés) y en los sistemas basados en Internet. Las primeras aplicaciones intercompañías de este medio de comunicación tienden a consistir en el proceso electrónico de transacciones, como órdenes, facturas y pagos. Un siguiente paso lógico es utilizar los canales de información para aumentar el conocimiento. Esto requiere determinar los datos clave en las compañías de los clientes y proveedores que pudieran ser accesados por la sociedad para una mejor efectividad global. Hay importantes implicaciones potenciales del uso del conocimiento. Un ejemplo es el número decreciente de transacciones de órdenes. Si la meta es maximizar la efectividad de la cadena de suministro en general, muchos de estos tipos de transacciones pueden ser eliminados.

Philips Consumer Electronics (EUA) está operando de esta manera con Wal-Mart. Philips, usando el IED, sabe cuáles son las posiciones del inventario en los almacenes de las tiendas Wal-Mart. Esto permite a Philips saber (no pronosticar) cuándo necesitará Wal-Mart más productos Philips. Una comunicación similar existe entre muchos supermercados grandes y sus proveedores. Los datos de punto de venta (POS, por sus siglas en inglés) son comunicados electrónicamente a los proveedores, para que sepan cuándo es necesaria una entrega. De hecho, algunas sociedades están tratando de implementar el pago al proveedor con base a las ventas reales medidas a través de los datos POS, sin transacciones de órdenes o entregas.

### ***1.3.2 Captura y monitoreo de datos***

Las actividades de captura y monitoreo de datos de la administración de la demanda caen en dos amplias categorías: el mercado en general y la mezcla detallada de productos. Los datos más apropiados para la planeación de ventas y operaciones son las tendencias y patrones generales del mercado para las familias de

productos. La intención es determinar con una base continua cualesquiera cambios en los niveles de negocio real para ingresarlos al proceso de planeación de ventas y operaciones. La segunda actividad concierne al monitoreo de la mezcla de productos para la programación maestra de producción y las promesas de las órdenes de los clientes. La intención es determinar de manera oportuna los cambios en las preferencias de los clientes para ajustar la manufactura y suministrar información sobre entregas.

Tanto para el mercado en general como para la mezcla detallada de productos, es importante capturar datos reales de demanda donde sea posible. Muchas compañías utilizan las ventas en lugar de la demanda para el propósito de hacer proyecciones de demanda. A menos que todas las demandas hayan sido satisfechas, las ventas pueden quedar por debajo de la demanda real. En otros casos se sabe de compañías que utilizan los embarques como base para proyectar demandas. En un caso así, la compañía concluyó que su demanda estaba aumentando ya que sus embarques estaban aumentando. No fue sino hasta que se habían comprometido a incrementar sus compras de materia prima que se dieron cuenta que el incremento en embarques eran órdenes de reemplazo para dos embarques ultramarinos sucesivos que se habían perdido en el mar.

Es en la administración de la demanda que se definen los niveles de servicio y los inventarios de seguridad resultantes. El grado requerido de flexibilidad de producción para responder a cambios en la mezcla o en el diseño ingenieril es fijado aquí también. Entonces, a través de la conversión de las órdenes cotidianas de los clientes a embarques de productos, se realizan los niveles reales de servicio de la compañía. La captura y administración cuidadosas de las demandas reales pueden proveer de la estabilidad necesaria para una producción eficiente, y esa estabilidad sienta la base para las promesas y servicio realistas al cliente. El registro de las órdenes reales también sirve para monitorear la demanda contra los pronós-

ticos. Al ocurrir los cambios en el mercado, la administración de la demanda puede y debe recogerlos rutinariamente, indicando cuándo es requerida la atención gerencial.

### ***1.3.3 Administración de las relaciones con los clientes***

Una herramienta importante para recopilar información acerca de los clientes es la administración de las relaciones con los clientes (CRM, por sus siglas en inglés). Este es un tema muy amplio por derecho propio, así que se analizarán únicamente algunos de los usos de esta herramienta para la administración de la demanda. En muchas compañías de productos de consumo, particularmente aquellas que establecen relaciones de cadena de suministros a través de Internet, los datos individuales se capturan y monitorean utilizando software para CRM. Como los datos vienen de las solicitudes de clientes individuales, reflejan más cerca la demanda de los clientes. Además, puede permitir vislumbrar las necesidades reales actuales de los clientes más que los datos históricos o las tendencias proyectadas. Para compañías con FPI, capturar información con este nivel de detalle puede permitir discernir tempranamente las tendencias de demanda y de mezcla, proveer la base para nuevos productos y servicios y conducir al desarrollo de actividades para obtención de conocimiento que mejoren la eficiencia a lo largo de la cadena de suministros.

En los ambientes de fabricación o ensamble a la medida, la CRM puede ser un medio útil para desarrollar un conocimiento similar de los clientes. Los datos de la CRM pueden ser usados para desarrollar planes de fabricación con conocimiento basado en clientes individuales. Recopilar información actual sobre las preferencias de los clientes puede advertir sobre los cambios en las preferencias de diseño y mezcla. Esto puede ser una ventaja para ingeniería y además suministrar información que puede ser útil para el desarrollo de las compras de materias primas y la

programación de la manufactura. Aunque no es tan explícito como el conocimiento disponible con inventarios manejados por el proveedor, puede ser útil para administrar los niveles de mezcla y de servicio.

#### ***1.3.4 Flujo saliente de producto***

Las actividades de distribución física (flujo saliente de producto) se planean con base en la información desarrollada en la función de administración de la demanda. Las fechas prometidas de entrega al cliente, los embarques de reabastecimiento de inventario, los embarques interplantas y otra información semejante de la administración de la demanda se emplean para desarrollar programas de transporte a corto plazo. La información del tiempo específico para los embarques de reabastecimiento puede ser integrada con la planeación de distribución. Por ejemplo, la información puede ser usada para programar recursos en el almacén y suministrar la capacidad requerida de entregas.

El equivalente en distribución de las funciones de PVO y PMP es la determinación de los planes generales para entregar el producto al cliente y programar los embarques a través del sistema de distribución. Esto significa determinar la capacidad de transporte y almacenaje, programar el movimiento del producto y contabilizar la disponibilidad del mismo para mantener informados a los clientes. La administración de la distribución del producto requiere igual amplitud que la determinación de la demanda que las otras funciones necesitan, ya que es dentro de esta capacidad derivada de dicha demanda que la función de distribución cotidiana opera. Una planeación adecuada de las necesidades de capacidad facilita en gran medida las operaciones cotidianas de distribución.

## **1.4 Administración de la demanda**

Como se dijo anteriormente, la administración de la demanda es el módulo de entrada entre la compañía y el mercado. Como tal, es aquí donde se recopila la experiencia del mercado, al desarrollar los pronósticos de la demanda y se mantiene la información del estatus de las órdenes de los clientes. Mucho de lo que se requiere para administrar la demanda es la disciplina de ser honesto con los clientes tanto internos como externos. Esto es en parte político, organizacional y un asunto de sistemas.

### ***1.4.1 Organizar para la administración de la demanda***

La mayoría de las compañías, si no todas, realiza las actividades asociadas con la administración de la demanda. En muchos casos, la responsabilidad organizacional para estas actividades está dispersa ampliamente a través de la compañía. El departamento de finanzas o de crédito realiza las investigaciones de crédito y el filtrado de órdenes asociado con las órdenes de los clientes. Los departamentos de ventas, servicio a clientes de administración de la cadena de suministros manejan el ingreso o registro de la orden. Las actividades del producto que sale están asociadas con los departamentos de distribución, logística o tráfico de las compañías.

La responsabilidad organizacional para la administración de la demanda tiende a ser una función de la historia y naturaleza de la organización. En las empresas orientadas a la manufactura (donde el éxito requiere un contacto íntimo con las tendencias de demanda y buenas relaciones con los clientes), la administración de la demanda bien puede ser realizada por la organización de manufactura o de ventas. En compañías donde el desarrollo de un producto requiere una interacción cercana entre ingeniería y los clientes, un departamento de servicio técnico podría administrar la demanda. Algunas compañías establecen la adminis-

tración o de cadena de suministros para coordinar las actividades de la administración de la demanda. Éstas tienden a ser empresas que consideran importante administrar el flujo de materiales desde la compra de materias primas a través del proceso de producción hasta el cliente. En todos los casos, deben asignarse claramente las responsabilidades para asegurar que nada se deje al azar.

Si la flexibilidad es un objetivo clave, entonces la administración debe diseñar y hacer cumplir cuidadosamente las reglas para interactuar con el sistema y con los clientes de manera que éste pueda suministrar flexibilidad. Con esto quiere decirse que el procesamiento de las órdenes de los clientes establecido y cumplido a través de la comunicación con el módulo de programación maestra de producción. Involucra el cuidadoso establecimiento de reglas para dar servicio a particularmente especiales. Por ejemplo, si se recibe una orden grande en un almacén de campo, deberán establecerse procedimientos para determinar si se permitirá a dicha orden consumir una gran porción del inventario local o si debe ser enviada a la fábrica. Deben definirse y hacerse cumplir los límites dentro de los que pueden realizarse cambios. Si un gerente viola cualquiera de estos procedimientos diciendo, por ejemplo: "no me importa cómo lo hagan, pero el cliente X debe recibir su orden en el tiempo Y", la administración de la demanda es seriamente trastornada.

Una técnica útil para definir y manejar estas áreas de responsabilidad es requerir niveles de aprobación cada vez más altos mientras más cerca esté la fecha actual en que se solicita el cambio. Este procedimiento no evita el cambio, pero obliga a un nivel más alto de revisión para programar cambios cerca del tiempo límite. El concepto subyacente es sacar las negociaciones informales del sistema. Para establecer y cumplir tales procedimientos para el ingreso de órdenes, la promisión de fechas de entrega a los clientes, cambios al sistema de materiales y respuestas a cambios de mezcla en la línea de producto, todo mundo juega con las mismas reglas. Esto es más un asunto de disciplina administrativa que de técnica.

La capacidad de responder “¿Qué no quieres?” al pedido “debo tenerlo inmediatamente” ante la petición de un cliente en particular ayuda a establecer esta disciplina.

### ***1.4.2 Monitoreo a los sistemas de administración de la demanda***

Si la administración de la demanda va a desempeñar bien su papel en el sistema de MPC, los datos que se producen deben ser correctos, oportunos y apropiados. Esto vale no sólo para la información que se consume internamente, sino también para la información que se entrega a los clientes. Obviamente esto significa que los datos (tanto de entrada como de salida) deben ser monitoreados y también que los sistemas mismos deben monitorearse. Si los pronósticos para una línea de producto en particular se incrementan súbitamente cuatro veces, más vale que haya una manera de que alguien se entere de ello y empiece a averiguar por qué. Hacerlo requiere de capacidad de monitoreo de datos, no sólo de los de entrada sino también de los datos calculados. Lo último que se desea es comunicar información errónea a los clientes. Considérese las implicaciones de una fecha prometida de entrega muy corta o muy larga.

El monitoreo del ingreso y salida del sistema de administración de configuración puede revelar oportunidades de producto y suministrar conocimiento para administrar las prioridades para producir módulos y opciones de producto. Si los clientes solicitan cada vez más combinaciones de productos que no pueden construirse, puede ser una señal para que ingeniería trabaje en hacer tales productos factibles. Estas combinaciones podrían representar nuevas ofertas de productos. Si las combinaciones que se han configurado correctamente están cambiando, puede significar que la demanda para componentes específicos está cambiando y que deben ajustarse las prioridades de manufactura. Cuando manufactura y/o ingenie-

ría empiezan a quejarse de que muchas configuraciones “malas” están pasando a través de configuración, puede significar que algo ha salido mal en el sistema de administración de la configuración.

Oportunidades y preocupaciones similares pueden surgir en el sistema de ingreso de órdenes. Al momento de ingresar la orden hay una oportunidad para obtener experiencia del mercado a través del CRM, hacer ventas cruzadas de productos complementarios y mejorar las relaciones con los clientes. La esencia de las quejas de los clientes, órdenes incorrectas, información faltante y otras señales semejantes pueden requerir de más capacitación. Las quejas de manufactura acerca de información insuficiente del cliente pueden también significar que se requiere más capacitación o aun revelar un problema en el sistema mismo. La entrega tardía o anticipada consistente puede señalar un problema en el enlace de comunicación entre la administración de la demanda y el PMP o algún otro aspecto de la promisión de fecha de entrega.

El tema común en todos estos ejemplos es que los datos deben ser capturados y evaluados para mantener un sistema adecuado. Como un eslabón clave de comunicaciones con el mercado es importante monitorear los sistemas en la administración de la demanda. Un módulo efectivo de administración de la demanda recopilará la información de manufactura, generará información para pronosticar, filtrará y monitoreará la información de desempeño y suministrará instrucciones detalladas de acción al sistema de planeación y control de materiales. Sólo con un monitoreo cuidadoso del sistema puede asegurarse que esto sea efectivo.

### ***1.4.3 Equilibrio de la oferta y la demanda***

Un elemento clave del módulo de administración de la demanda es suministrar la información para ayudar a equilibrar el suministro de productos con la demanda.

Obtener experiencia sobre las condiciones reales del mercado suministra la base para decidir si se deben cambiar los planes de la compañía.

En este momento se requiere verdadera disciplina administrativa. Dejar intencionalmente algo de demanda sobre la mesa es extremadamente difícil. Es difícil despedir a un cliente que ruega. Tal vez la actividad más importante en la administración de la demanda es ser honesto con los clientes. Los clientes prefieren respuestas honestas (aunque sean desagradables) que información imprecisa. Un módulo de administración de la demanda con disciplina en la administración y sistemas efectivos sienta la base para comunicación honesta con los clientes. Puede decirse cuándo esperar la entrega o cuándo será reabastecido el inventario, y pueden contar con ello. Poner la base para una comunicación honesta con los clientes puede rendir valiosos dividendos en términos de lealtad del cliente.

## **1.5 Gestión de la cadena de suministro: importancia de la previsión de la demanda**

Para sincronizar adecuadamente los procesos de planificación y gestión de la cadena de suministro, las empresas intercambian cada vez una mayor cantidad de información. A continuación se detalla cómo el intercambio adecuado de previsiones de demanda es un factor crítico de clara incidencia sobre la gestión de cadenas de suministro.

La incidencia de las previsiones sobre la cadena de suministro fue remarcada por Joseph Andraski en el Journal of Business Logistics Strategic Visioning Series: Si la gestión de la cadena de suministro comienza con una previsión substancialmente errónea en términos de plazo o cantidad, se apreciarán consecuencias en todo el proceso. En términos de producción se dispondrá de capacidad sobrante o se deberá trabajar tiempo extra para cubrir la demanda real; en términos logísti-

cos no se alcanzará el óptimo ya que el producto se encontrará en el lugar equivocado y en el momento equivocado, repercutiendo sobre el servicio al cliente.

A fin de mejorar la bondad de las previsiones, las empresas confían cada vez más en avanzados sistemas que proporcionan información en tiempo real cada miembro de la cadena. Sin embargo, a pesar de los avances tecnológicos, las mejoras relacionadas con la precisión de las previsiones en los últimos años no han sido importantes.

Por ello, al intentar comprender la demanda y los factores que influyen sobre la precisión de las previsiones se ha pasado del interés inicial por las técnicas utilizadas a la consideración de la influencia de dos nuevas dimensiones:

- El componente humano, es decir, percepciones, motivaciones y comportamientos cuando participan en el desarrollo y aplicación de previsiones.
- La cadena de suministro, incorporando previsiones que exceden los límites de la corporación y abarcan al conjunto de la cadena.

A continuación se recoge con mayor detalle la influencia de determinados aspectos sobre el rendimiento de la previsión de demanda.

- La utilización de técnicas más complejas o sofisticadas desde el punto de vista estadístico no proporciona necesariamente las previsiones más ajustadas. La precisión puede verse afectada por una gran variedad de factores como, por ejemplo, el tipo y nivel de detalle de los datos de demanda utilizados y el horizonte e intervalo de previsión.
- La realización de previsiones no es exclusivamente un ejercicio cuantitativo ya que existen métodos cualitativos adecuados. Mentzer, Bienstock, y Kahn

(1999) realizaron un estudio de las mejores prácticas de previsión e identificaron cuatro dimensiones básicas de la gestión de previsiones:

- Integración funcional. Necesidad de posibilitar la comunicación, coordinación y colaboración dirigidas a desarrollar y aplicar previsiones en las funciones de negocio.
- Metodología. Necesidad de establecer, teniendo en cuenta la previsión de productos y servicios, los procesos y las técnicas de previsión a aplicar.
- Sistemas. Importancia de disponer del hardware y software para realizar las previsiones y de integrarlo con otros sistemas de planificación y gestión.
- Medición de la precisión. Necesidad de determinar la medida de evaluación de la efectividad de la previsión y su impacto en las operaciones de negocio.

Comparando las prácticas de previsión seguidas con las dimensiones indicadas, las empresas pueden valorar su situación actual y definir un plan de acción para mejorar la gestión de previsión de demanda. Para sincronizar adecuadamente los procesos de planificación y gestión de la cadena de suministro, las empresas intercambian cada vez una mayor cantidad de información. A continuación se detalla cómo el intercambio adecuado de previsiones de demanda es un factor crítico de clara incidencia sobre la gestión de cadenas de suministro.

Para minimizar la variabilidad de la demanda y el efecto bullwhip<sup>2</sup>, existen estudios que sugieren que las empresas empleen técnicas de previsión que se basen en más información histórica y centralicen la información de demanda de las empresas que conforman la cadena de suministro. Ambas estrategias son viables sobre todo si se trata de realizar previsiones dentro de una empresa.

En cadenas de suministro en las que se comparte información es importante el uso correcto de las previsiones por los distintos miembros de la cadena. Así, la bondad de la planificación y gestión de una empresa aguas arriba puede estar influida por la precisión de la previsión y por la medida en que un miembro de la cadena de suministro situado aguas abajo utilice dichas previsiones en su planifi-

- 2 El efecto Bullwhip, es la tendencia a una excesiva fluctuación de los inventarios y pedidos que se reciben en los niveles "upstream" o "aguas arriba", o primarios de las cadenas de suministro.

teniendo en cuenta todo lo indicado, cabe preguntarse qué se puede hacer para mejorar el rendimiento de las previsiones y, consecuencia de ello, la gestión de cadenas de suministro. A continuación se recogen algunos de los aspectos que pueden abordarse a tal fin.

Mejorar el conocimiento de las técnicas de previsión alternativas. Esto no requiere profundos conocimientos matemáticos pero sí un buen conocimiento conceptual sobre cómo se realizan las previsiones y cuáles son los factores en los que se basan las técnicas. Por otra parte, no todas las técnicas de previsión son cuantitativas, de hecho, comprender qué variables influye sobre la demanda de productos y servicios se puede lograr habitualmente de forma más efectiva aplicando técnicas cualitativas para ajustar las previsiones cuantitativas o para establecer previsiones iniciales.

Pensar en términos de gestión de la previsión incorporando las dimensiones de integración funcional, metodología, sistemas y evaluación. Al representar de forma gráfica el estado actual de los procesos y utilizar criterios dimensionales de evaluación es posible identificar las acciones que pueden mejorar la precisión de la gestión de previsión.

Considerar las implicaciones de mejorar la previsión sobre la cadena de suministro. Las empresas que operan considerando la filosofía de la cadena de sumi-

nistro reconocen los beneficios potenciales de mejorar la sincronización con proveedores directos e indirectos y con clientes.

Evaluar posibles relaciones entre precisión de la gestión de la previsión y gestión de la cadena de suministro. Para ello se ha de analizar si existen desconexiones que afecten a la planificación y realización de actividades en los distintos miembros de la cadena. Asimismo, puede resultar de ayuda asegurar que las empresas de la cadena colaboran adecuadamente al realizar previsiones.

En definitiva, un aspecto clave para mejorar la gestión de las cadenas de suministro consiste en que sus miembros compartan y utilicen de forma adecuada una información básica: las previsiones de demanda.

## **1.6 Estatus de la Administración de la Demanda en la Industria del Empaque Flexible y Metodología para implementarla.**

En la industria del empaque flexible se tiene una gran diversidad de estructuras y tipo de productos, debido a la gran competencia que existe en ésta es necesario dar un valor agregado al servicio ya que casi todos los proveedores dan una muy buena calidad.

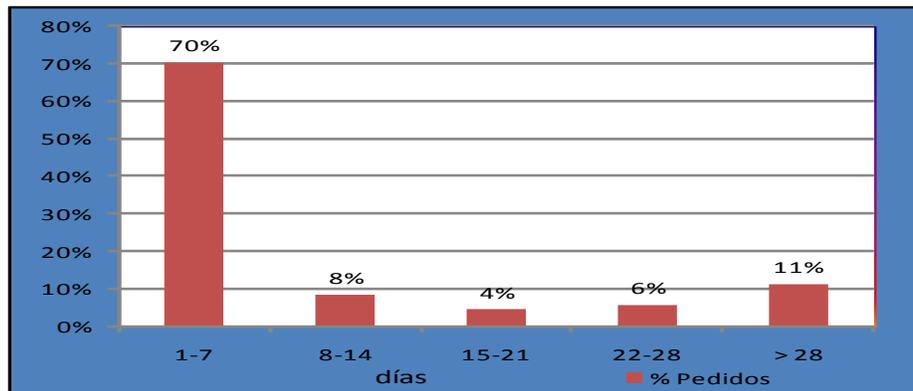
Hoy en día todas las empresas de esta industria cuentan con un área de Servicio a Clientes o CRM (Customer Relationship Management) que da una atención personalizada a los almacenistas, gente de Compras o Logística por lo que este servicio ya no es un plus, también hay empresas que tienen máquinas paradas con tal de tener capacidad disponible para cuando un cliente "importante coloca su pedido del mes, algunas fabrican su propia película o tintas y hasta se llegan a integrar con sus proveedores para tener "inplant" <sup>3</sup> de tinta o inventarios en con-

signación de película, cajas de cartón corrugado, etc., que van pidiendo a los proveedores conforme las van necesitando y así no tener tan altos inventarios de materia prima en sus almacenes pero a la vez no caer en desabasto para poder producir cuando el cliente pida material.

Actualmente debido a que existen tantos productos en el mercado y que los clientes que utilizan empaque flexible (Bimbo, Barcel, Ricolino, Gamesa, Sabritas, Kimberly-Clark, Procter & Gamble, Coca Cola, Pepsi, Aga, Cadbury, etc.) también tienen una gran competencia que continuamente está haciendo lanzamientos de nuevos productos, promociones, cambio de gramaje y otros, y por lo tanto están pidiendo cada vez tiempos de respuesta más cortos y en ocasiones que se les entregue producto al día siguiente en que solicita su producto.

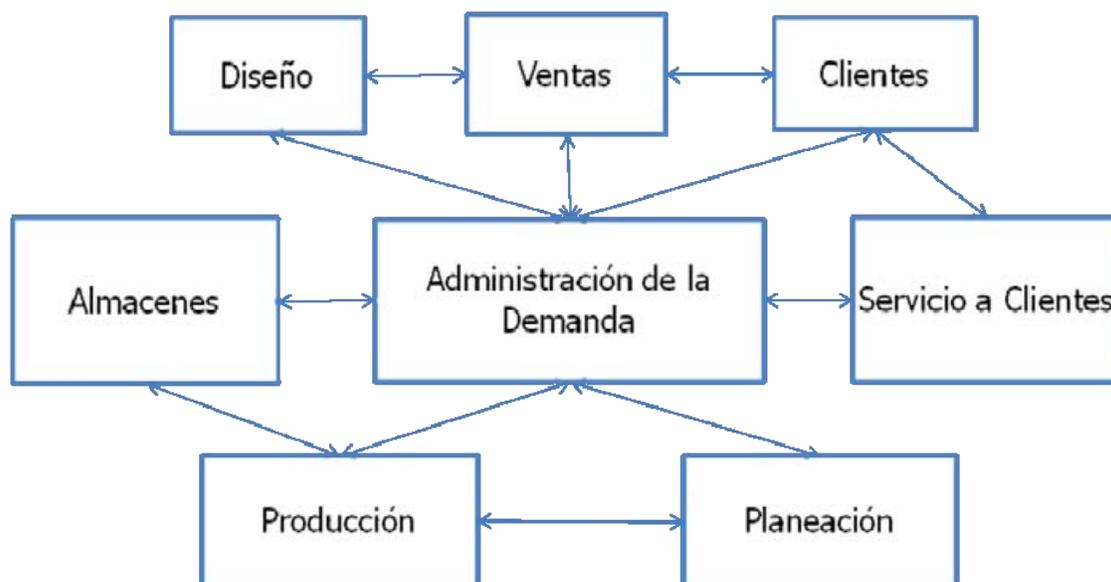
En las figuras 1.6 se puede ver cómo el 70 % de los pedidos son colocados solicitando de 1-7 días de respuesta mientras que el 11% pide con más de 28 días, para poder dar un buen servicio se ha tenido que contratar más gente para Servicio a Clientes que además de estar en contacto directo con todos los clientes, también debe controlar los inventarios con base en la información que obtienen de los clientes o de ventas de cambios en los productos o promociones y junto con la Administración de la Demanda hacen un estimado de la demanda de los próximos 2-3 meses y aún con esta información deben estar muy cerca de los clientes para saber si de imprevisto va a haber algún cambio, baja de demanda o salida del mercado en el producto.

**Fig. 1.6 Porcentaje de pedidos colocados por el cliente por rango de días**



Fuente propia

Fig. 1.7 Diagrama de Relaciones de Administración de la Demanda.



Fuente Propia

Además de estar controlando los tamaños de los pedidos de inventario, determinar qué productos se van a manejar contra inventario y cuáles contra orden, la Administración de la demanda tiene que estar trabajando en conjunto con el área de Producción para que las cantidades que estén dadas en las órdenes de producción sean las correctas, que no se fabrique de más, estar controlando junto

con servicio a clientes, o ventas los inventarios de lento movimiento para ir desplazando si se llega a quedar algún producto por alguna baja en el consumo y estar controlando junto con Planeación el cumplimiento de las fechas de entrega de los clientes, confirmarle las fechas de entrega a Servicio a Clientes, darle seguimiento a los nuevos productos en conjunto con la gente de Diseño y de planeación para cumplir con las fechas de lanzamiento de productos, estar en contacto con Servicio a Clientes para coordinar que el final del inventario de un producto coincida con el cambio de diseño o la promoción y que al regresar con ese producto no se quede inventario de la promoción.

La Administración de la demanda obtiene el pronóstico de demanda por producto a partir del presupuesto de ventas que genera la Gerencia o Dirección Comercial.

La determinación de las cantidades y las fechas aproximadas en las que se debe estar entrando a máquina y para la cual se debe tener producto terminado se presentará en el capítulo 4 con el modelo matemático.

Para el mercado del empaque flexible tener una Administración de la Demanda es muy importante seguramente al igual que el resto de los mercados, pero aquí se debe tener una persona altamente capacitada en todos los procesos, que sepa las capacidades de los procesos de Ventas, Diseño, Grabado de Cilindros, Producción, Planeación, Empaque y Embarques y de ser posible algo de Logística, debe tener una mente muy abierta y una alta capacidad de negociación ya que debe estar todo el tiempo negociando con las áreas para poder presionar y cumplir con los tiempos prometidos además de que debe tener mucha credibilidad internamente y con los clientes para que funcione el puesto, debe tener una fuerte dedicación y tener el apoyo de las áreas de Servicio a Clientes, ventas, Planeación y Logística para que tenga una información completa y confiable y así este puesto se

pueda dedicar a trabajar la información y estar calculando la cantidades a fabricar por producto y mantener al 100% la información para que no se tengan errores que provoquen fabricar de mas o de menos además de que se tiene que estar consiguiendo mucha información de ventas o los clientes.

Obviamente debe comenzar poco a poco, con los clientes más grandes ya que esto requiere de mucha negociación para convencerlos de que el proyecto les conviene y que es necesario que participen por medio de información oportuna de cambios de diseño, lanzamientos, bajas de consumos y así además de que se tiene inventario para que no caigan en desabasto y bajen sus inventarios también uno como proveedor no pierda con inventarios obsoletos y así se evita tener conflictos con el cliente por este motivo.

Como se puede ver es posible tener una Administración de la Demanda en este mercado pero se requiere de experiencia, mucho trabajo, comunicación y negociación para que ésta funcione.

## **1.7 Enfoque de la cadena de suministro basado en el cliente y en la administración estratégica de la demanda**

En una cadena de suministro, el movimiento de materias primas y materiales que se extiende hacia los proveedores se le conoce como "aguas arriba", en tanto que el movimiento hacia los mayoristas y minoristas, hasta llegar al consumidor final, se le denomina "aguas abajo".

En varias oportunidades se ha expresado que no es posible pensar en una adecuada gestión logística si no se tienen en cuenta los requerimientos "aguas abajo", es decir, si no se toma en cuenta el punto de vista de los clientes o con-

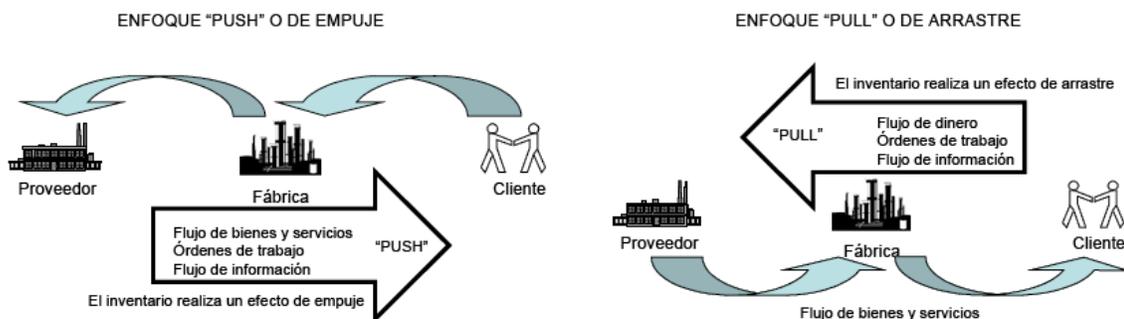
sumidores. Porto y Castromán (2000), señalan que el servicio al cliente debe ser definido, medido y gestionado. Sostienen que su gestión es una actividad central de la gestión logística en la que se puede establecer un enfoque a segmentos específicos a partir de servicios diferenciados.

Algunos autores coinciden que tal gestión debiera partir de la voz del cliente y sincronizar hacia atrás todas las actividades y procesos, incluidos los detallistas, la distribución, el abastecimiento y la manufactura. Por ello, prefieren hablar de la cadena de demanda (*demand network management*) con énfasis en el papel del cliente como punto de partida. En otras palabras, la gestión logística se puede visualizar como un concepto más amplio que nace a partir de las necesidades del consumidor, enfatizando el enfoque de "empuje" (*PULL*).

En términos generales, las empresas dirigen sus acciones de manera inadecuada hacia aspectos que no son suficientemente valorados por el cliente; por eso, es de suma importancia conocer el mercado al que cada compañía se dirige y concentrar los esfuerzos de diferenciación en aquello que realmente ofrezca un valor superior desde su punto de vista, desarrollando incluso, técnicas de *Ingeniería de Servicios*. Desde de esta perspectiva, Picazo y Martínez, sugieren que "...un análisis estratégico debe concentrarse, no en la participación que se tenga en el mercado, sino en la capacidad de la empresa para proporcionar productos, cuyo valor agregado y de servicios de apoyo proporcionados al cliente, superen a los que ofrezca la competencia". Esto implica el reconocimiento y aceptación de un cambio importante en la cultura y estrategia empresarial: el cambio de una ideología "*PUSH*" a una ideología "*PULL*", en donde el cliente es el que da origen al proceso de negocios, o sea, a la demanda (véase figura 1.8). Desde el punto de vista operativo, uno de los principales problemas que afectan la producción y que constituye el principal motivador de la formulación de una estrategia en la cadena de suministro se refiere a la administración de la demanda. El efecto látigo en las cadenas de

suministro es uno de los principales problemas que ha motivado la instrumentación de estrategias. En términos generales, dicho efecto consiste en la distorsión que sufre la demanda a lo largo de la cadena, desde el consumidor final hasta los proveedores primarios, que por lo general se amplifica a través de distribuidores, fabricantes y proveedores, haciendo que se generen gran parte de los costos de las cadenas.

**Figura 1.8 Enfoque "PULL" o "de arrastre"**



Fuente: Marco conceptual de la cadena de suministro: un nuevo enfoque logístico, SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE, Publicación Técnica No. 215, José Elías Jiménez Sánchez

Smichi Levi, *et al.* (2002) y Acero (2000), señalan que es importante identificar las técnicas y herramientas que van a permitir el control del efecto látigo. Para controlar el incremento de la variabilidad de la demanda en la cadena de suministro, se necesita entender los factores que contribuyen a dicha variabilidad. En este sentido, ambos autores identifican los siguientes acontecimientos:

a. Actualización del pronóstico de la demanda. Cada unidad de negocios en la cadena ubica un pedido que reabastece sus existencias (stock) y el inventario de seguridad. En la práctica, está comprobado que cuanto más largo es el tiempo de suministro, mayor es la fluctuación entre una y otra demanda

b. Tiempo de entrega. En contraparte al punto anterior, se ha observado que la variedad de la demanda es magnificada por un aumento en el tiempo de respuesta (*lead time*). Es decir, cuanto más grande sea el tiempo de respuesta del proveedor, se estima un cambio en la variabilidad de la demanda, lo que implica un cambio significativo en las existencias de seguridad, en el nivel de reabastecimiento, y por supuesto en las cantidades a pedir.

c. Pedidos excesivos. Las empresas, para reducir costos de procesamiento de pedidos y/o transporte, hacen pedidos más grandes, en tandas (*batch*) que no corresponden a las verdaderas demandas

d. Fluctuación de precios. Cuando hay promociones especiales hace que los clientes compren grandes cantidades y las existencias (stocks) suben, cuando los precios regresan a la normalidad, paran las compras dando como resultado que sus patrones de compra no reflejan su comportamiento de consumo, desvirtuando la verdadera situación de la demanda

En concreto, el efecto látigo establece que cada entidad (empresa en la cadena) distorsiona la demanda del consumidor final o cliente, de acuerdo con sus restricciones de capacidad, tiempos de aprovisionamiento y oportunidad. Estas fluctuaciones causan grandes dificultades a todos los niveles de la misma.

A partir de esta problemática, el cliente debe ser considerado como un "socio" en el proceso de prestación de un servicio o en la generación de un producto. Un socio que puede aportar distintas experiencias, actitudes e incluso emociones.

Conocer a los clientes es de suma importancia para establecer las diferentes necesidades que tiene, y con ello poder generar ideas sobre cómo satisfacerlas adecuadamente.<sup>4</sup> M. Porter (2000), señala que "...la empresa interactúa de la mejor manera con el socio-cliente cuando a éste, se le otorga con el producto alguna ventaja competitiva".

Es importante reconocer que todo proceso de transformación, desde las materias primas hasta la distribución del producto final, culmina cuando el consumidor dispone del bien o hace uso del servicio. Por lo tanto, el cliente juega dos importantes papeles: es tanto el que inicia como el que finaliza dicho proceso, y por lo tanto puede ser considerado como el eslabón que permite dar forma a la cadena.

A partir de los altos niveles de competitividad en el mundo, el consumidor

<sup>4</sup> La investigación de mercados se realizan con este fin y además, se debe tener en cuenta que en la cadena de empresas participantes en el proceso de abastecimiento-fabricación-distribución, cada una de las compañías es cliente de otra "aguas arriba".

y tener éxito en las exigentes condiciones de los mercados actuales. Por esta razón, muchas empresas asignan su presupuesto bajo principios de "necesidad y oportunidad", es decir, reconocen las actividades de distribución y servicio al cliente como una inversión, más que un costo en el que incurre posterior a la venta (Blanding, 1999). En este sentido, Porto y Castromán (2000), confirman tal situación cuando señalan que "...el enfoque financiero está cambiando de la rentabilidad del producto a una rentabilidad del cliente, afirman que el producto no da beneficios, el cliente sí...".

Mucho se ha mencionado que los nuevos clientes siempre son primordiales. Sin embargo, en la actualidad se reconoce que es más significativo retenerlos, es decir, fomentarles la lealtad. La importancia de la lealtad del cliente está concebida como "valor de vida del cliente" que en una primera aproximación, Christopher (1994) los define como: el producto entre el valor de la transacción media por la

frecuencia anual de compra y por las "expectativas de vida" del cliente. Con mayor precisión, puede ser definido como "...el valor actual de los ingresos netos aportados cada año de su vida en la empresa, calculados al tipo de interés considerado como necesario para igualar el costo de capital de la empresa".

En general, se ha comprobado que un cliente ya existente proporciona una contribución más alta a los beneficios y tiene el potencial de crecer en términos de valor y frecuencia de compras. Esta orientación ha conducido al "marketing" de un enfoque "transaccional" a un enfoque "relacional" (Porto y Castromán, 2000), el cual se adapta mejor a la filosofía de cadena de suministro.

## **CAPÍTULO 2 GESTIÓN DE INVENTARIOS**

### **2.1 Gestión de Inventarios.**

Se entiende por Gestión de Inventarios, todo lo relativo al control y manejo de las existencias de determinados bienes, en la cual se aplican métodos y estrategias que pueden hacer rentable y productivo la tenencia de estos bienes y a la vez sirve para evaluar los procedimientos de entradas y salidas de dichos productos.

En la Gestión de Inventarios están involucradas tres (3) actividades básicas a saber:

#### ***2.1.1 Determinación de las existencias***

Ésta se refiere a todos los procesos necesarios para consolidar la información referente a las existencias físicas de los productos a controlar y podemos detallar estos procesos como:

**Toma física de inventarios**

**Auditoría de Existencias**

**Evaluación a los procedimientos de recepción y ventas (entradas y salidas)**

**Conteos cíclicos**

### ***2.1.2 Análisis de inventarios***

La cual está referida a todos los análisis estadísticos que se realicen para establecer si las existencias que fueron previamente determinadas son las que deberíamos tener en nuestra planta, es decir aplicar aquello de que “nada sobra y nada falta”, pensando siempre en la rentabilidad que pueden producir estas existencias. Algunas metodologías aplicables para lograr este fin son:

- Fórmula de Wilson (máximos y mínimos)
- Just in Time (justo a tiempo)

### ***2.1.3 Control de producción***

Ésta se refiere a la evaluación de todos los procesos de manufactura realizados en el departamento a controlar, es decir donde hay transformación de materia prima en productos terminados para su comercialización, los métodos mas utilizados para lograr este fin son:

- MRP (planeación de recursos de manufactura)
- MPS (plan maestro de producción)

### ***2.1.4 ¿Qué son los Inventarios?***

Inventarios o stocks son la cantidad de bienes o activos fijos que una empresa mantiene en existencia en un momento determinado, el cual pertenece al patrimonio productivo de la empresa.

#### **2.1.4.1 Tipos de Inventarios.**

Los inventarios de acuerdo a las características físicas de los objetos a contar, pueden ser de los siguientes tipos:

**Inventarios de materia prima o insumos:** Son aquéllos en los cuales se contabilizan todos aquellos materiales que no han sido modificados por el proceso productivo de las empresa.

**Inventarios de materia semielaborada o productos en proceso:** Como su propio nombre lo indica, son aquellos materiales que han sido modificados por el proceso productivo de la empresa, pero que todavía no son aptos para la venta.

**Inventarios de productos terminados:** Son aquéllos donde se contabilizan todos los productos que van a ser ofrecidos a los clientes, es decir que se encuentran aptos para la venta.

**Inventarios de materiales para soporte de las operaciones, o piezas y repuestos:** son aquéllos donde se contabilizan los productos que aunque no forman parte directa del proceso productivo de la empresa, es decir no serán colocados a la venta, hacen posible las operaciones productivas de la misma, estos productos pueden ser: maquinarias, repuestos, artículos de oficinas, etc.

De acuerdo a la naturaleza de la empresa, se hará más énfasis en algunos de estos inventarios. Una empresa distribuidora, por ejemplo, sólo tendrá inventarios de productos terminados y de piezas y repuestos; mientras que una empresa manufacturera que posea unos veinte artículos de materia prima, pudiera tener más de diez mil tipos diferentes de piezas y repuestos así como de productos terminados y productos en proceso.

Existe otra clasificación de inventarios que se refiere a la concepción logística del mismo, los cuales son los siguientes:

**Inventarios cíclicos o de lote:** Se generan al producir en lotes no de manera continua. Por ejemplo cuando un tornero acumula piezas hasta completar un

lote que será enviado al fresado o al siguiente proceso. Estos inventarios facilitan las operaciones en sistemas clásicos de producción, porque permiten que el sistema productivo no se detenga.

**Inventarios estacionales (por estación):** Son aquéllos donde se contabilizan productos que poseen demandas que depende de alguna estación o periodo de tiempo específico. Un ejemplo de éstos pueden ser: los paraguas, los juguetes y los artículos de moda.

**Inventarios de seguridad:** Se generan para amortiguar variaciones en la demanda o para cubrir errores en la estimación de la misma. Estos inventarios derivan del hecho de que la demanda de un bien o servicio proviene usualmente de estudios de mercado que difícilmente ofrecen una precisión total.

**Inventarios especulativos:** Éstos se derivan cuando se espera un aumento de precios superior a los costos de acumulación de inventarios, por ejemplo, si las tasas de interés son negativas o inferiores a la inflación.

#### **2.1.4.2 Significado Económico de los Inventarios.**

La gestión de inventarios implica dos costos básicos:

##### **Costos de penalización por inexistencia de los materiales**

Estos costos son proporcionales a las ventas perdidas por inexistencia del producto. Frecuentemente, no es cuantificable si la carencia del material produce problemas de pérdida de imagen, como es el caso de empresas de distribución, en las que se produce una degradación de disponibilidad o seguridad, como consecuencia de la falta de productos a ofrecer en el mercado.

## **Costos de almacenamiento**

Éstos representan costos tanto en capital inmovilizado como de gestión física y administrativa de estos inventarios. Los costos de acumulación de inventarios pueden ser muy importantes dentro del capital de inversión de una empresa, veamos algunos ejemplos:

EE.UU.: en una empresa común, los inventarios representan el 34% del valor de los activos y el 90% del capital circulante (es decir dinero en efectivo). A escala nacional casi la quinta parte del PTB (1.100 millones en 1993 según Economic Report of the President of the United States, 1993).

España: En 1981, los inventarios representaron el 19% de los activos de las empresas.

### **Consumo.**

Es la cantidad de unidades de un artículo que son retiradas del almacén en un periodo de tiempo determinado. Por ejemplo, si el inventario de determinado artículo al comienzo del mes era de 20 unidades y al finalizar el mes es de 15, el consumo es de 5 unidades por mes.

### **Demanda.**

Se refiere a la cantidad de unidades solicitadas a la empresa. Si existe suficiente inventario, el consumo será igual a la demanda, ya que cada unidad solicitada fue despachada. Si se presenta una ruptura de inventario y durante ese periodo se requieren materiales, la demanda será superior al consumo. En este caso puede ocurrir que el cliente decida retirar la demanda (caso más común en el comercio) o que el cliente solicite que la demanda no satisfecha, le sea atendida al ocurrir la próxima recepción.

### **Tiempo de Reposición.**

El tiempo de reposición es el tiempo comprendido entre la detección de la necesidad de adquirir una cierta cantidad de un material y el momento en que éste llega físicamente a nuestro almacén.

Como hemos podido ver, administrar inventarios es encontrar un equilibrio razonable entre mantener mucho o poco inventario y los costos que ambos extremos suponen.

La calidad de la gestión de inventarios puede ser medida con una figura llamada factor de servicio o índice de atención, que es la relación que existe entre la cantidad de renglones debidamente atendidos y la cantidad de los mismos que fueron requeridos.

## **2.2 Modelo de Inventario para Demanda Independiente**

El modelo de demanda independiente, se refiere al caso en que la demanda de productos no esté sincronizada con los planes de producción, este modelo de gestión de inventario usualmente se combina con el modelo de cantidad óptima de compra, también conocido como modelo de cantidad de pedido fijo o fórmula de Wilson. El cual consiste en establecer un punto de pedido y cada vez que las existencias llegan a este punto colocar pedido por una cantidad que se estima como óptima, de acuerdo a un estudio de demanda preestablecido.

### ***2.2.1 Punto de Reorden.***

Teóricamente, el punto de reorden será igual a la esperanza matemática de demanda en el tiempo de reposición

### ***2.2.2 Máximos y Mínimos.***

Consiste en establecer niveles máximos y mínimos de inventario y un periodo fijo de revisión de sus niveles. El inventario se revisa sólo en estas ocasiones y se ordena o se pide la diferencia entre el máximo y la existencia total (cantidad existente más cantidad en tránsito). Sólo en casos especiales se colocaran pedido fuera de las fechas de revisión cuando por una demanda anormalmente alta la existencia llegue al punto mínimo antes de la revisión. En sistemas automatizados estas fechas no se preestablecen, sino que se calculan los puntos de revisión y el sistema avisa cuál es el mejor momento para efectuar la compra y la cantidad a solicitar.

## **2.3 Modelo de la Demanda Dependiente para la Producción.**

En la última década, han cobrado un gran auge dos políticas de aplicación particularmente importante en procesos de manufactura, que representan maneras diferentes de entender la gestión de inventarios y de producción. Se trata del JIT, Just In Time o Justo a Tiempo, y del MRP, Materials requirement Planning o Planificación de los Requerimientos de Materiales.

El MRP representa una filosofía diferente a los sistemas de demanda independiente tradicionales. Bajo este sistema, se integran la programación de la producción y el control de los inventarios de materiales. Requiere para su aplicación conocer los programas de producción y una relación arborizada de los componen-

tes que se necesitan para ensamblar los productos, conocida como BOM (Bill of Materials o Lista de materiales, Recetas). El MRP integra esta información y presenta los requerimientos de materiales necesarios para cubrir un cierto programa de producción.

### ***2.3.1 Planificación de los Requerimientos de Materiales.***

En muchos sistemas de producción la demanda de materiales es determinista pero no constante. Esto quiere decir que aunque pueda predecirse con exactitud, varía de periodo a periodo. Por ejemplo, la demanda de muslos de pollo en una carnicería es determinista, ya que el plan de producción determina exactamente la cantidad de pollos requeridos para producir, pero no es constante ya que variará de manera proporcional a los volúmenes de venta. El modelo tradicional de tamaño óptimo de lote no funciona muy bien en condiciones de demanda variable, pero podemos hacer uso de las características planificadas de la demanda para introducir un concepto diferente llamado "sistemas de demanda dependiente", es decir, dependiente de un proceso de producción planificado, en contraposición a los sistemas de demanda independiente.

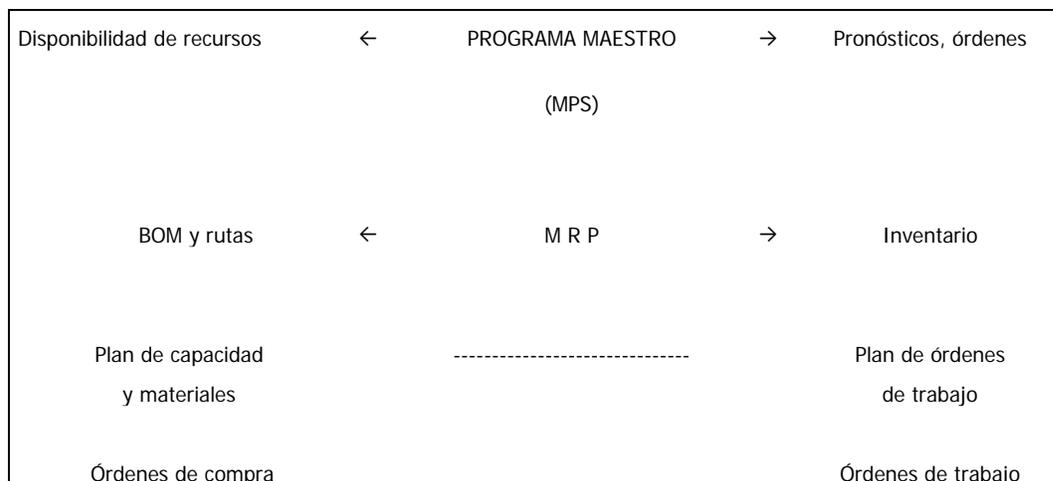
El proceso de planificación se materializa en planes anuales, conocidos como planificación agregada, que es una estimación no detallada a escala de producto individual (es decir, agregada) de las capacidades de producción y de las demandas esperadas. De esta manera, si por ejemplo se espera un aumento de demanda estacional en temporada alta, puede preverse la contratación de personal adicional o la subcontratación de un porcentaje de la producción.

Los planes agregados se convierten, finalmente en programas detallados de producción, conocidos como Programas Maestros de Producción (MPS o Master Production Schedule) utilizando MRP o sistemas similares.

### Gráfica 2.1 PROCESO GENERAL DE PLANIFICACIÓN DE PRODUCCIÓN.

PLANIFICACIÓN A LARGO PLAZO	ESTRATÉGICO
* Predicción de mercado	(5 años o más)
* Análisis de capacidad	
PLANIFICACIÓN AGREGADA	TÁCTICO
	(1 año)
PROGRAMACIÓN	OPERACIONAL
Ajuste necesidad-disponibilidad de recursos	(mes-semana)
CONTROL	
Evaluación	

### Gráfica 2.2 PROCESO DETALLADO DE PROGRAMACIÓN DE PRODUCCIÓN.



#### 2.3.2 *Justo a Tiempo.*

A principios de los años ochenta, los Estados Unidos despertaron a una dura realidad: ya no eran los líderes mundiales en producción, dos eventos ayudaron a este despertar: en el mundo académico, la publicación, en 1983, de un artículo de David Garvin (Quality on the Line) mostraba que los fabricantes japoneses de aires acondicionados lograban productos de calidad quinientas a mil veces superior a sus equivalentes norteamericanos: y el otro evento fue la aparición en un progra-

ma de televisión de la cadena CBS, llamado Sixty Minutes (Sesenta Minutos), de un anciano desconocido hasta ese entonces llamado W. E. Deming, quien explicaba cómo la adopción de técnicas originales de los Estados Unidos (pero no utilizadas allí) había permitido a los japoneses desarrollar importantes ventajas en manufactura. Así comienza un proceso de aproximadamente diez años en el que diferentes técnicas son desarrolladas y se conocerán colectivamente como Just in Time (JIT) Justo a Tiempo, las cuales son percibidas como una panacea a los males de la industria manufacturera y a la gestión de inventarios.

Los sistemas JIT forman parte de un conjunto de tecnologías de proceso conocido como "tecnologías blandas", ya que pone más énfasis en la tecnología organizacional que en la de la máquina. Sin embargo, más que un método de reducción de inventarios, el JIT representa una filosofía o forma de entender la producción. El espíritu del JIT, desarrollado en Japón hace unos 20 años en la Toyota, y divulgado por Ohno, vicepresidente de esta empresa, es que los inventarios representan gasto o desperdicio, ya que son el resultado de nuestra incapacidad de crear un flujo uniforme de materiales, por lo que no se requeriría de "colchones" para cubrir nuestros errores de pronósticos o de planificación. El interés despertado por el JIT es considerable; sin embargo, en muchos países en desarrollo, como el nuestro, su aplicación se complica por la poca confiabilidad de los proveedores nacionales y la lejanía de los proveedores internacionales.

## **2.4 Codificación, Clasificación de Materiales y Organización de Almacenes.**

### ***2.4.1 Clasificación de Materiales por Pareto o "ABC".***

Pareto fue un economista italiano quien hacia 1897, afirmó que el 20% de las personas poseen el 80% de las riquezas. Este principio puede aplicarse a muchas co-

sas y conforma un estilo de gerencia. En gestión de inventario, el principio de Pareto significa que unos pocos materiales representan la mayor parte del valor de uso de los mismos; entendiendo por valor de uso, el producto del consumo de un artículo en un periodo determinado (usualmente un año) por el precio promedio del mismo.

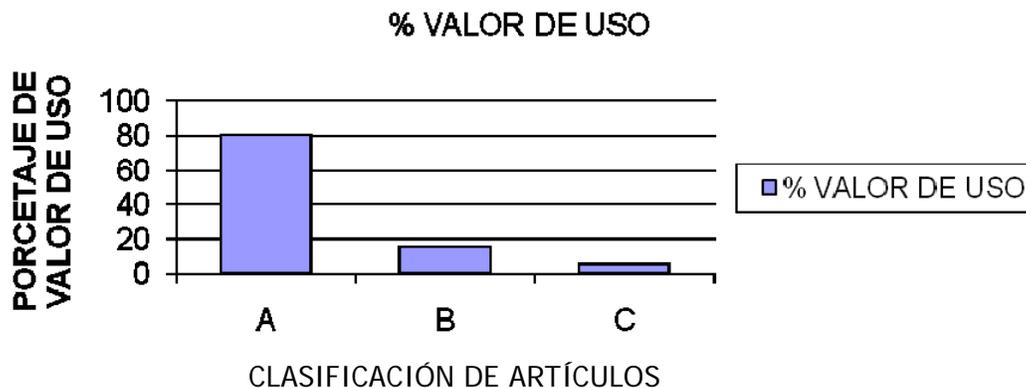
Ejemplo:

	<b>Consumo</b>	<b>Precio</b>	<b>Valor de uso</b>
Artículo 1	100.0	\$100.0	\$10.0
Artículo 2	1.0	\$1.0	\$1.0
Artículo 3	1.0	\$0.1	\$100.0

Es fácil ver cómo el artículo que representa el mayor flujo de dinero en el periodo determinado, no es ni el más costoso, ni el de mayor uso. Por tanto, el interés de realizar una buena gestión de inventarios debería centrarse en el artículo 1.

Los gráficos de Pareto, suelen representarse de la siguiente manera:

**Gráfica 2.3 Ejemplo de Gráfico de Pareto**



Los artículos de tipo "A" son aquéllos que, aún siendo pocos, representan un porcentaje importante del total del valor de uso, los de tipo "B" son intermedios y los "C" son una gran cantidad de artículos que tan sólo representan un pequeño porcentaje del total del valor de uso. Aquí los porcentajes mencionados son sólo indicativos, ya que varían según el tipo de sistema. Lo que es realmente importante es el concepto de que el mayor esfuerzo en la realización de la gestión de inventario debe ser hecho sobre una cantidad pequeña de materiales, que son los "A" y sobre un porcentaje importante de artículos, que son los "C"; es aceptable realizar una gestión menos rigurosa y por tanto, mas económica.

Una manera sencilla de realizar una clasificación de Pareto es la siguiente, la cual puede hacerse con la ayuda de tarjetas de cartón, una por artículo o más fácilmente con la ayuda de una computadora (hoja de cálculo Excel):

- 1.- Obtener para cada artículo el precio promedio y el consumo real en un periodo de, preferiblemente, un año.
- 2.- Multiplicar ambos valores.
- 3.- Colocar en orden, de mayor a menor.
- 4.- Sumar todos los valores y dividir cada uno entre el total de la suma.
- 5.- Sumar estos valores hasta llegar a 0,80.
- 6.- Colocar "A" a estos materiales.
- 7.- Repetir hasta 0,95 para "B" y hasta 1,0 para "C".

### ***2.4.2 Clasificación de Materiales por Criticidad.***

Un factor adicional que se debe tomar en cuenta a la hora de diseñar un sistema de gestión de inventarios es la criticidad de los materiales, el impacto que produce la carencia del producto sobre el nivel de ventas de una empresa. El asignar a cada producto un orden de prioridades permitirá:

Fijar altos factores de servicio deseados sólo a productos críticos, compensando los altos costos que esto conlleva y fijar factores de servicio más bajos a productos menos críticos.

Hacer matrices de valor de uso-criticidad, de manera de obtener elementos de decisión a la hora de escoger las políticas más adecuadas en gestión de inventarios.

## **CAPÍTULO 3 EMPAQUE FLEXIBLE EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA**

Los alimentos han sido envasados o empacados en muy diversas maneras desde hace miles de años. Sin duda lo primero que el hombre aprendió a envasar fue el agua, y lentamente esta práctica se extendió a otros productos porque los mantenía limpios, secos, no se contaminaban con otros elementos, hacía fácil el transporte e impedía que los insectos u otros animales los consumieran. La experiencia también enseñó que el envasado ayudaba a preservar los alimentos al protegerlos de agentes ambientales dañinos como el agua, el aire o la luz.

Hasta comienzos de este siglo, los envases de alimentos eran esencialmente rígidos (frascos, latas, bidones, barriles); y se fabricaban básicamente apelando al uso de metales (predominantemente acero) y vidrio.

Aunque habían existido varias experiencias exitosas de envasado de caramelos y golosinas en papel y foil de estaño, la técnica del envase flexible todavía no había demostrado su potencial para llevar un producto al mercado de manera segura y además atractiva al consumidor.

Es en 1911 que puede considerarse que nace la industria de los envases flexibles. Simultáneamente en Francia y en Alemania se desarrolla el proceso de fabricación de una lámina de celulosa regenerada: el conocido CELOFÁN.

### **3.1 Empaques flexibles: requisitos y propiedades**

Los empaques flexibles deben cumplir una misión fundamental: preservar el producto en su interior desde el momento en que es envasado, durante el transporte,

transporte, almacenamiento, distribución y exhibición, hasta el momento en que es abierto por el consumidor.

Muchas de las propiedades deseables obtenibles de los empaques flexibles están íntimamente relacionadas con las propiedades de los plásticos. Desde el punto de vista de sus aplicaciones a los empaques, vamos a ver algunas propiedades importantes y por qué son significativas:

### **Resistencia mecánica a la tracción**

Esta propiedad frecuentemente determina la cantidad material plástico que se necesita para formar la pared de un envase.

### **Resistencia mecánica a la perforación**

Muchos productos envasados tienen aristas cortantes y puntas agudas; por ejemplo galletas, fideos, bocaditos. El material de envase debe ser mecánicamente resistente al efecto destructivo de estas formas características de ciertos productos envasados, cediendo elásticamente ante el efecto de perforación, sin romperse ni deformarse.

### **Resistencia mecánica a bajas temperaturas**

Una gran parte de alimentos empacados tienen que mantenerse refrigerados, cuando no congelados, para llegar en óptimas condiciones de preservación al consumidor.

## **Barrera**

Una de las funciones primarias de un convertidor es la de proveer envases con las bajas permeabilidades posibles a los gases y vapores, al oxígeno, a la luz, a los aromas.

## **Sellabilidad**

Todos los empaques flexibles deben ser cerrados de alguna manera, y la gran mayoría lo son por termosellado. Este es un proceso en el cual una de las capas que componen al conseguir su fusión y luego es mantenida en contacto con la superficie opuesta, de similar constitución, hasta que las dos capas solidifiquen formando una única capa.

## **Imprimibilidad**

El uso del empaque o envase para promocionar y describir al producto es una muy importante herramienta de mercadeo. Los gráficos, el texto, la disposición de las figuras en el empaque o envase, tienen que estar reproducidos de manera muy precisa y atractiva.

## **Versatilidad de fabricación**

Todos los plásticos de uso corriente pueden ser convertidos en películas delgadas, fuertes y transparentes.

## **Durabilidad**

Como el vidrio, los plásticos no se oxidan y son inertes al ataque de la gran mayoría de agentes ambientales comunes, con excepción de los rayos ultravioleta.

## **Costo**

Por último, y no menos importante, tenemos el costo del empaque o envase, que es en muchos casos, el factor que decide entre un tipo de envase y otro.

## **3.2 Materiales empleados en los empaques flexibles**

La inmensa variedad y disponibilidad de materiales con diversas propiedades permite al fabricante de envolturas flexibles "confeccionar a medida" un tipo de material de envase para cada aplicación. Vamos a ver algunos de los principales materiales: Papel Celofán Polietileno

El de uso más difundido es el polietileno de baja densidad (LDPE). La lámina hecha de este material es suave al tacto, flexible y fácilmente estirable, tiene buena claridad, provee una barrera al vapor de agua pero es una pobre barrera al oxígeno. No tiene olor o sabor que pueda afectar el del producto empacado, y es fácilmente sellable por calor.

### **Polipropileno**

Es el plástico de menor densidad utilizado en aplicaciones de envasado. Biorientado, es mucho más transparente que el LDPE, además de ser más rígido y resistente. Posee menor permeabilidad a los gases y a la humedad y tiene un punto de fusión más elevado, haciéndolo útil en aplicaciones de empacado a altas temperaturas.

### **Poliéster**

Es un material muy importante de envasado por sus excepcionales características mecánicas y dimensionales a alta temperatura.

### **Poliamidas**

Es el nombre técnico del conocido NYLON. Es una lámina clara, con muy buenas propiedades de barrera al oxígeno y a otros gases, pero muy pobre al vapor de agua. Es muy resistente, y tiene sobresalientes propiedades de resistencia a la perforación y al rasgado, aún a altas temperaturas.

### **Polímeros especiales**

Son plásticos de aplicación muy específica cuando se requiere de características excepcionales de barrera, sobre todo al oxígeno.

### **Foil de aluminio**

Este material es insustituible cuando se requiere una protección completa del producto. Se le utiliza esencialmente como lámina de barrera a los gases y a la luz; además proporciona al material de envase una atractiva apariencia metálica. El foil de aluminio se utiliza como componente de estructuras multicapa.

### **Películas metalizadas**

La mayoría de materiales descritos, y fundamentalmente el BOPP Y el PET, pueden ser sometidos a la deposición de metal (aluminio) en su superficie por evaporación al alto vacío.

## **3.3 Procesos de fabricación de empaques flexibles**

La fabricación de un empaque o envase flexible consta de pocas o varias etapas de conversión, según sea la complejidad de éste. Vamos a ver algunas de las operaciones básicas de conversión:

### **Extrusión**

El proceso de extrusión es utilizado para fabricar láminas y hojas de materiales termoplásticos.

### **Coextrusión**

Proceso en el cual varias capas de resinas plásticas son extruidas simultáneamente formando una sola lámina.

### **Laminación**

En este proceso, un substrato es adherido a otro mediante aplicación de adhesivos.

### **Impresión**

En este proceso, se aplican las tintas al material de empaque, en una manera controlada y según un cierto patrón.

### **Procesos especiales**

Son procesos usados en ciertas aplicaciones. El parafinado por ejemplo, se utiliza para recubrir con cera o mezclas de ceras y plastificantes (Hotmelts) la superficie de papeles o laminados de papel como uno de los componentes.

## **3.4 Estructura de un empaque flexible**

Estructuras monocapa, estructuras multicapa.

### 3.5 Tipos de empaques flexibles

Envases de tres sellos, envases de cuatro sellos, envases estables, envases termoformados.

### 3.6 Aplicaciones a la industria alimentaria

**Lácteos.** Ya hablamos anteriormente de la leche en polvo. La leche fresca debe tener un envase económico y a la vez protector; se emplea usualmente una Coextrusión de LDPE pigmentado de negro para la cara interna en contacto con el producto (protección a la luz) con LDPE pigmentado de blanco como cara externa e impresa. Otra posibilidad es el envasado en Tetra Pak o Tetra Brik.

Las **margarinas y mantequillas** se empaquen frecuentemente en materiales opacos a la luz: papel apergaminado con o sin recubrimiento de parafina, o si se desea una mejor apariencia, en laminados de foil de aluminio/papel, también con o sin recubrimiento de parafina. La cara del aluminio es la externa, que recibe la impresión.

Los **quesos** en molde se empaquen en láminas con alta barrera al oxígeno; normalmente coextrusiones de poliamidas con polietilenos y/o láminas especiales de barrera: PVDC, EVOH. Los quesos procesados usan una gran variedad de materiales: PET, BOPP, ya sea recubiertos con PVDC, o sustratos metalizados laminados a polietileno simple o coextruido.

El **yogurt** se envasa como la leche fresca: polietileno monocapa o coextruido, siempre pigmentado (blanco, normalmente) para dar opacidad a la lámina. En el Perú se envasa casi totalmente en bolsas tipo almohada (tres sellos).

**Carnes** No es normal en nuestro país, pero la carne fresca en los mercados norteamericano y europeo se envasa en coextrusiones y laminaciones de alta barrera al oxígeno; por ejemplo, PET/PVDC/LDPE copolímero. El PVDC es también sustituido por EVOH. Usualmente los envases son termoformados y se utilizan bandejas de resinas plásticas expandidas (poliestireno, por ejemplo).

Las **carnes procesadas** incluyen las salchichas, embutidos, carnes curadas y carnes ahumadas. La barrera al oxígeno debe ser la suficiente para garantizar la vida útil deseada. Los embutidos son productos de rápida salida que rara vez requieren de vidas útiles de más de 60 días. Se utiliza de manera muy extendida el envasado al vacío o con atmósfera modificada y con láminas de alta barrera al oxígeno.

**Verduras** El empaque sofisticado de verduras y vegetales frescos se hallan todavía en etapa de experimentación, básicamente porque los procesos de maduración y putrefacción son bastante complejos y necesitan ser entendidos completamente antes de diseñar empaques para estas aplicaciones. Como estos productos "respiran" en su mayoría, se han hecho intentos de envasarlos con atmósferas modificadas, ricas en CO<sub>2</sub> y pobres en O<sub>2</sub>, con láminas permeables al oxígeno de tal manera que se cree un equilibrio entre el oxígeno consumido por la respiración del producto y el oxígeno que ingresa por permeación hacia adentro del envase. Son técnicas sofisticadas que necesitan todavía de muchas pruebas.

Actualmente el empacado de algunos de estos productos (zanahorias y manzanas) se realiza en bolsas de polietileno, microperforadas para permitir la respiración del producto.

**Café.** En esta aplicación se requiere de láminas que evitan la migración de los constituyentes aromáticos del producto, que también son sensibles al oxígeno. El café en granos se envasa en bolsas de papel con recubrimiento interior de cera,

LDPE o PET. El café molido es normalmente envasado en laminados de PET/Foil/LDPE, haciendo vacío en el interior de modo que quede un paquete compacto en forma de ladrillo. El café molido libera CO<sub>2</sub>, de modo que se deben tomar precauciones en el procesamiento anterior al envasado para asegurarse que el producto haya liberado gran parte de este gas y evitar inflar el paquete herméticamente cerrado.

**Bebidas.** Los jugos de frutas y refrescos preparados se envasan en laminados de PET/LDPE, BOPP/LDPE, o PET/foil/LDPE. Son aplicaciones limitadas, ya que este mercado hace uso mayormente de envases rígidos.

**Snacks** Los snacks o bocadillos normalmente tienen un cierto contenido graso que genera un sabor rancio si el oxígeno ha penetrado en el envase. Estos productos son de consumo rápido, de modo que se requieren de láminas con relativamente alta barrera al oxígeno. Se utiliza el celofán recubierto con PVDC o las laminaciones de BOPP/BOPP o BOPP/BOPP metalizado que da una protección aún mayor.

**Galletas.** Las galletas son muy sensibles primariamente al vapor de agua; los materiales más usados son el celofán recubierto, el BOPP y el BOPP perlado.

**Golosinas.** Bajo esta denominación agrupamos los chocolates en barra, chocolates en tabletas, los caramelos, caramelos masticables, gomas de mascar. Los materiales de empaque son también diversos, que van desde papeles glassine, papeles parafinados, celofán, BOPP perlado, hasta las laminaciones de BOPP/LDPE, PET/LDPE, PET/BOPP metalizado.

**Cereales.** Estos productos se venden normalmente en pesos de 1 Kg y envasados en máquinas verticales. El material de empaque debe dar entonces un sello fuerte. Se utiliza lámina de LDPE mezclado con LDPE, coextrusiones de LDPE/HDPE/LDPE, o laminaciones de BOPP/LDPE.

**Mezclas en polvo.** Las sopas en polvo y los refrescos a tienen componentes higroscópicos, sensibles a la humedad. Las sopas en polvo se han envasado tradicionalmente en laminaciones de papel/foil/LDPE; también se está utilizando el PET/foil/LDPE.

Los **refrescos** se envasan en laminaciones de celofán recubierto/LDPE, PET/LDPE/HDPE/LDPE o PET/BOPP/perlado/LDPE que proveen la necesaria protección al vapor de agua, además de impedir la pérdida de sabor por migración de las esencias.

Las **gelatinas** tienen salidas bastante rápidas, se envasan en láminas monocapa de polietileno.

**Aceites comestibles.** Los ácidos grasos insaturados siempre presentes en los aceites corren el riesgo de ser oxidados, causando olores y sabores en muchos casos objetables. El empaque debe brindar la necesaria protección al vapor, ser impermeable a la migración de las grasas y estar libre de aditivos que puedan contribuir a desarrollar sabores desagradables al ser extraídos por el mismo producto, en Latinoamérica se envasa el aceite en laminaciones de PET/LDPE o LDPE/PA/LDPE.

Condimentos Los establecimientos de comida rápida hacen uso extenso de raciones personales de catsup, mostaza, mayonesa. Son productos muy sensibles al oxígeno pero de rápida salida, se envasan en sachets de PET/LDPE

## **CAPÍTULO 4. SISTEMA PUSH Y PULL Y SIMULACIÓN DE CÁLCULO DE INVENTARIOS**

### **4.1 Logística: estrategias “PUSH” y “PULL”**

La gestión logística está evolucionando. Del sistema “PUSH”, donde el producto era “presionado” hacia los canales comerciales, se está pasando a otro denominado “PULL”, en el que la demanda “jala” del sistema. Así, la satisfacción de ésta es mayor y los gastos se reducen.

La gestión logística está adquiriendo cada día más importancia en las organizaciones, e incluye funciones tales como la planificación, organización, control y ejecución de los materiales desde el inicio de una actividad hasta su entrega, a la vez que se busca la máxima satisfacción de la clientela al menor costo posible.

En el pasado, la logística carecía de estrategia alguna, y las empresas ponían su producción en el mercado por medio del método “PUSH”. Así, se realizaban pronósticos sobre la demanda, y, según los resultados, se colocaban los productos. En muchas ocasiones las empresas producían más que lo exigido por el público y su mercancía era “presionada” hacia el mercado, con la creencia de que la demanda igualaría la oferta.

Sin embargo, el mercado no era capaz de consumir tales cantidades, y la clientela no se sentía satisfecha, puesto que sus gustos y preferencias no eran tenidos en cuenta. Se producía el denominado “efecto látigo”: mayor producción, más “stock” y menor servicio.

Las relaciones con las compañías proveedoras, por otro lado, no eran óptimamente aprovechadas. Las empresas, en definitiva, no eran conscientes de que

mejorar las relaciones tanto con los proveedores como con la clientela final supone alcanzar un mayor volumen de negocio y a un menor coste.

Actualmente, satisfacer la demanda real del público consumidor es el objetivo principal de la mayoría de las empresas, al mismo tiempo que minimizar los tiempos de entrega, la cantidad de mercancías almacenadas y los costos. Para cumplir estos fines muchas utilizan el método de gestión logística denominado "Pull".

Según este sistema, las demandas del mercado dictan el funcionamiento de las empresas, incluida su logística. La producción se basa ahora en demandas reales que permiten conocer, por ejemplo, quién será el consumidor final de un producto que se está empezando a fabricar. De las economías de escala se ha pasado a una producción más limitada, que reduce los inventarios en los almacenes y los costos necesarios para mantenerlos.

En este capítulo se explicará cómo se puede saber qué sistemas de inventarios se deben utilizar para cierta colección de productos y también como calcular los inventarios mínimos (el Punto de Reorden) y máximos que se deben tener en almacén en Kg., y semanas de Inventario.

## **4.2 Sistema "Empujar" (Push System)**

El Sistema de Empujar (Push System), caracteriza el acercamiento tradicional de la planeación de la producción. Los productos son liberados y empujados a través de producción y distribución basados en un programa. El flujo de la producción es predeterminado y programado basado en:

- Requerimientos proyectados

- Inventario disponible (posiblemente incluyendo el inventario en los almacenes centrales y regionales)
- Inventario en tránsito
- Recibos programados.

Los productos son fabricados solamente cuando son programados. Una analogía común para este sistema es “¡Listo o no, ahí voy!” que es asumida, basada en el programa, que los centros de trabajo o departamentos van a estar listos en cuanto lleguen los productos.

De acuerdo al *Diccionario APICS*, el método empujar (PUSH) tiene tres diferentes definiciones, contingente en donde el material está siendo empujado.

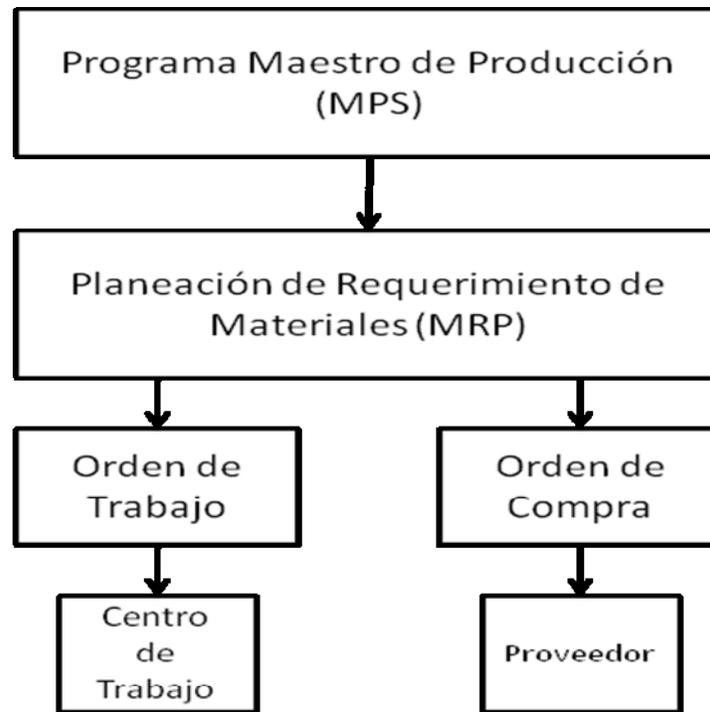
- 1) En producción, la fabricación de artículos en ocasiones requerido por un determinado programa planeado por adelantado.
- 2) En control de materiales, el envío de productos de acuerdo a un programa o a una orden de trabajo a su hora de inicio.
- 3) En distribución, un sistema para reabastecimiento de inventarios del almacén de campo donde la toma de decisiones es centralizada, usualmente en el sitio de la manufactura o el sitio central de suministro.

#### ***4.2.1 Metodología del Sistema PUSH***

Como se puede ver en la figura 3.1, dentro de un Sistema PUSH la información es empujada desde el Programa Maestro de Producción MPS (Master Scheduling Program) al sistema de Planeación de Requerimientos de materiales MRP (Material Requirements Planning). La información es entonces empujada desde el MRP a órdenes de trabajo u órdenes de compra. Las órdenes de trabajo son empujadas a centros de trabajo. Los centros de trabajo producen lo que es liberado. Una orden

de compra es empujada a un proveedor, que debe entonces reunir los materiales apropiados y enviárselos al cliente.

**Figura 4.1 Metodología PUSH**



#### ***4.2.2 Control de Piso SFC (Shop Floor Control)***

El Control de Piso SFC dentro de un Sistema PUSH, también se refiere a un Control de Actividades de Producción PAC (Production Activity Control), usa datos para mantener y comunicar el estatus en el piso y en los centros de trabajo de las órdenes de producción. Las principales funciones del SFC dentro del Sistema PUSH son:

- Asignar prioridades a cada orden de piso

- Dar mantenimiento a la información de la cantidad de inventario en proceso WIP (Work in Progress)
- Transmitir la información del estatus de las órdenes de piso.
- Proveer datos de salida reales para el control de las capacidades
- Proveer las cantidades por sitio con el propósito de conocer el inventario en proceso (WIP) y de contabilidad.
- Medición de eficiencias, utilización y productividad de la fuerza de trabajo y equipo.

Estas subfunciones son manejadas liberando actividades, Staggering<sup>5</sup>/Kitting<sup>6</sup>, despachando y con técnicas de expedición, re-expedición.

### ***4.2.3 Debilidades de un Sistema PUSH***

El sistema de Empujar (PUSH) tiene dos grandes debilidades:

- Si hay alguna interrupción en cualquier parte del proceso, las fechas atrasadas en las órdenes de trabajo previamente generadas se vuelven inválidas. Sin embargo, las actividades de producción continúan en otro sitio del proceso como había sido originalmente planeado. Así, la salida continúa sin tomar en consideración las necesidades reales de flujo aguas abajo (downstream) hasta que los planes de materiales y programas detallados sean revisados.
- La respuesta a los cambios rápidos en la demanda requiere regeneración del sistema para producir un nuevo conjunto de órdenes de trabajo o expeditar alrededor del sistema. De otra forma, la respuesta es retrasada y el sistema de producción es interrumpido de su funcionamiento normal.

Esto no significa que el MRP tenga que ser eliminado, pero éste debe ser usado de manera diferente. El sistema PUSH es de ayuda para planear pero tiene sus limitaciones para la ejecución.

#### ***4.2.4 Actividades de Autorización***

La liberación de las órdenes de trabajo autoriza la producción en el sistema PUSH. Una vez que la orden ha sido liberada, la manufactura comienza poco tiempo después. La planeación de la liberación de las órdenes de trabajo puede ser hecha hasta que la orden sea liberada. La autorización de la liberación de la orden está basada en:

- Las órdenes planeadas en la salida del MRP
- Las prioridades actuales
- Disponibilidad de materiales y herramientas
- Cargas especificadas por la planeación de entradas/salidas.

La liberación de una orden dispara la liberación de:

- Requisiciones de materiales y componentes requeridos por una orden
- Documentación de las órdenes de la producción a la planta
- Requisiciones para herramientas requeridas

### ***4.2.5 Revisión de Disponibilidad***

La disponibilidad de recursos debe ser verificada antes de que el trabajo sea liberado al proceso. A menudo, la producción comienza aunque existan problemas importantes. Ésta puede:

- Agravar las operaciones que son cuellos de botella
- Incrementar las colas
- Extiende los tiempos de respuesta.

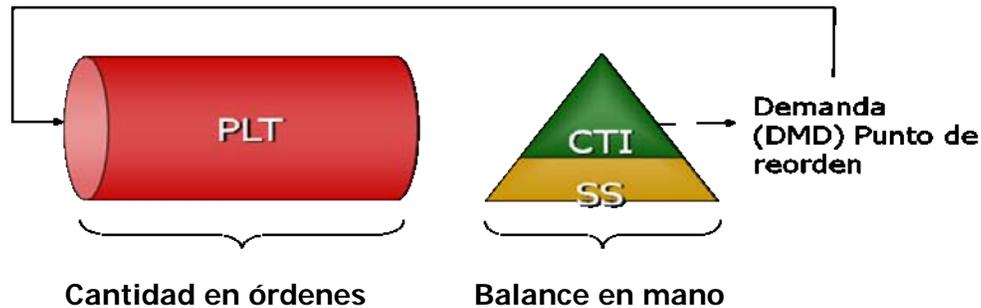
Aun los mejores planes son sujetos a problemas no previstos. Los ajustes deben ser hechos si los materiales, capacidades o herramientas están faltando. La disponibilidad de recursos debe ser confirmada.

## **4.3 Sistema “Jalar” (Pull System)**

Los sistemas Pull establecen la ubicación estratégica de inventarios de partes en un proceso y están basados en el Sistema Justo a Tiempo JIT (Just in Time).

En un Sistema “Jalar”, en lugar de lanzar órdenes de un Programa Maestro de Producción MPS y empujar a través de los procesos de producción para apoyar el MPS, se emplea un sistema de señalización visual. Este sistema comienza al final de la línea de producción y jala materiales secuencialmente a través de la planta

**Figura 4.2 Sistema Pull**



Fuente propia

Un Sistema "Jalar" trabaja bien en un ambiente estructurado porque la fuente de los materiales entrantes es consistente. Como la variación del flujo en el proceso se incrementa, la implementación de un Sistema "Jalar" se vuelve más difícil. Por ejemplo, si el MPS y los programas resultantes para las llamadas de artículos individuales para la llegada de partes de varios centros de trabajo diferentes en un patrón irregular, un sistema PULL de JIT usualmente no es factible.

La metodología PULL emplea una variedad de dispositivos de señalización visual y utiliza el concepto de Kanban extensivamente. Un sistema PULL puede ser altamente efectivo proveyendo la correcta cantidad de control existente dentro de un sistema. Los viejos hábitos de "second-guessing"<sup>7</sup>, el programa de outsmarting<sup>8</sup> no puede ser usado si una organización necesita implementar exitosamente un sistema PULL de manufactura.

- Materia Prima
- Partes Fabricadas
- Partes compradas
- Producto terminado

El reabastecimiento de los inventarios o partes del sistema Pull es ordenado con base en el consumo en lugar de empujar con base en requerimientos netos. Futuros requerimientos ayudan a establecer el tamaño del buffer y no las entregas actuales de material.

### ***4.3.1 Objetivo Sistemas Pull:***

Los objetivos de un sistema PULL son:

- Sincronizar el movimiento de materiales a través de los sistemas de distribución y manufactura.
- Limitar el inventario total en el sistema: producir exactamente lo que se necesita, cuando se requiera.
- Facilitar el análisis, mejoras en el proceso, y posteriores reducciones en el inventario.
- Reducir el tiempo de "throughput" que es el tiempo que tarda en recorrer

7. La práctica de revisar cualquier decisión adoptada por un subordinado,

8. Sobrepasar en inteligencia.

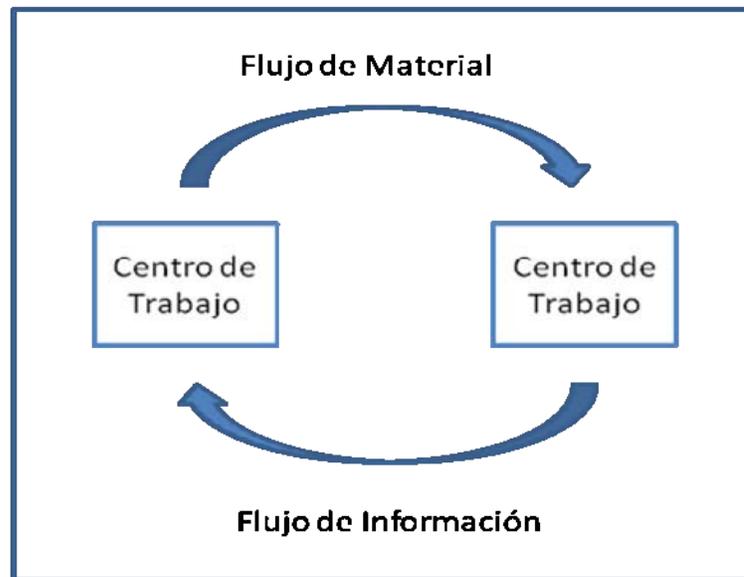
- Simplificar o eliminar documentación
- Mejorar calidad.

### ***4.3.2 Metodología Sistema PULL***

En la gráfica 3.2 se ilustra que dentro del sistema PULL, el material es jalado de un centro de trabajo al siguiente. El jalado del material típicamente comienza desde el embarque o el lugar final de ensamblaje. Cuando se necesita el material, el centro de trabajo solicita material al centro de alimentación. En cambio, ese centro de alimentación solicita a su centro por material, en caso de que lo necesi-

te. Este proceso puede continuar todo el camino hasta los proveedores y extenderse hasta los clientes.

**Figura 4.3 Metodología del Sistema PULL**



Fuente. APICS CPIM Detailed Scheduling and Planning, Participant Workbook, Versión 3.0

En la figura 3.3 se puede observar la metodología del sistema PULL desde una perspectiva más amplia. Esto conceptualiza el proceso más largo e integrado.

**Figura 4.4 Vista General de la Metodología del Sistema PULL**



centro de trabajo. La cantidad no es determinada por una fuente de planeación.

- En un sistema PUSH, todo el trabajo es completado basado en el sistema de planeación.

### **Autorización del Trabajo**

- En el sistema PULL, las partes no son reexpedidas a la siguiente operación hasta que éstas son solicitadas.
- En el sistema PUSH, cuando una orden es completada en un centro de trabajo, es enviada al siguiente. Se asume que el siguiente centro de trabajo estará listo para procesar la orden.

### ***4.3.4 Aplicabilidad del Sistema PULL***

Para que un sistema PULL funcione, se necesita un grado importante de repetitividad dentro de las operaciones de producción. Ésta sería incorrecta para concluir, sin embargo, un sistema PULL solamente puede ser implementado en un ambiente de manufactura repetitivo. Del otro lado, puede ser aplicado en cualquier ambiente donde las actividades de producción caigan dentro de parámetros bien definidos. Por ejemplo, en una operación caracterizada como de taller, la secuencia de procesos es a menudo la misma para diferentes partes.

### ***4.3.5 Ventajas y Desventajas de un sistema PULL***

El mayor beneficio derivado de un sistema PULL es el oportuno y efectivo control de las operaciones de producción. La operación de un sistema PULL inherentemente ajusta prioridades y programas basados en el consumo real de ma-

teriales. Así, comparado con un sistema PUSH, las operaciones de producción del sistema PULL está mejor coordinado y sincronizado y los inventarios en proceso llegan a ser menores y mejor balanceados. Adicionalmente, un sistema PULL puede operar de forma autónoma y necesita poco procesamiento de datos y gastos de comunicación.

Una desventaja del sistema PULL es que a veces es más difícil para responder rápidamente a un cambio significativo de la demanda. Los cambios importantes en la demanda requieren pronósticos para planear por una subida o bajada de la demanda con los proveedores y una empresa con recursos propios de producción.

#### ***4.3.6 Características de un Sistema PULL***

Fundamentalmente, el sistema PULL une cada proceso en la red completa de manufactura, dentro y fuera de la planta, usando simples señales para sincronizar la producción. Esto es siempre ejecutado de acuerdo a la demanda cambiante. Las siguientes características son únicas para un sistema PULL.

##### **Aplicación Estandarizada**

El mismo tipo de señal es usada para dirigir a los proveedores internos y externos. El sistema PULL integra las dos señales en una red universal de ejecución. La mayoría de los centros de trabajo en el sistema funciona de ambas formas como cliente y proveedor, de esta forma teniendo la misma metodología hace más fácil controlar la producción.

##### **Visibilidad**

Los sistemas de señalización son altamente visibles por medios no verbales, la comunicación no escrita, como son tarjetas, contenedores y luces. Las señales visi-

bles requieren que el lugar de trabajo esté bien organizado y libre de cosas amontonadas. Ejemplo de un lugar de trabajo organizado incluyen cajas, estantes y el uso de luces o tarjetas codificadas por colores.

### **Simplicidad**

Las terminales de computadora no son requeridas en el piso dentro del sistema PULL. El sistema PULL emplea señales recirculantes, generalmente tarjetas para mover automáticamente materiales. El número de señales se basa el plan de producción y controla el nivel de trabajo en proceso. Debido a que el material debe ser consumido para liberar una tarjeta de señal, el sistema PULL responde a cambios y es auto-regulado.

### **Tamaños de Lote Estándar.**

Normalmente el sistema PULL utiliza una cantidad estándar de contenedores que son movibles. OSHA<sup>9</sup> sugiere que un contenedor lleno no debe sobrepasar las 44 libras (20 Kg). Adicionalmente, la cantidad ideal del contenedor no debe ser mayor al 10% del uso diario. Aunque puede haber excepciones a este ideal, el objetivo es ser capaces de hacer pequeños ajustes en los niveles del inventario en proceso WIP en producción.

### **Disciplina**

Dentro de un Sistema PULL, las actividades son autorizadas en el preciso orden en el cual éstas van a ser ejecutadas. Las prioridades son automáticamente mantenidas. Sin embargo, si los individuos mal entienden o fallan en responder a aquellas

9. OSHA- Occupational Safety and Health Administration, Seguridad Ocupacional y Administración de la Salud, es una agencia de los Estados Unidos encargada de prevenir heridas, enfermedades y muertes relacionadas con el trabajo, generando y reforzando reglas (llamados estándares) para seguridad y salud en el lugar de trabajo.

### **Versatilidad/Flexibilidad**

Un sistema PULL debe ser flexible. Los trabajadores y equipo deben ser versátiles para poder responder las demandas del sistema. Los trabajadores deben ser capaces de moverse de una actividad a otra fácilmente. El equipo y la línea de producción debe ser capaz de adaptarse a cambios en proceso o en el producto sin problemas.

### **Aplanando la Lista de Materiales**

Cuando un producto es hecho en un sistema PULL, los sub-ensamblajes que ya no son programados y son producidos por separado pueden ser borrados de la lista de materiales o convertidos en listas fantasmas. Sin embargo, no siempre puede ser deseable el aplanar la lista toda junta porque el nivel de la estructura puede ser usado para partes de servicio. Por lo tanto, al menos durante las etapas piloto, la lista de materiales no debe ser aplanada.

#### ***4.3.7 Beneficios del Sistema Pull***

Efectividad: Suministrando el producto correcto en el momento correcto al cliente incrementando las entregas a tiempo.

Eficiencia: La misma salida como un empuje al sistema con menos trabajo en proceso (promedio) y por lo tanto "lead time" más corto.

Productividad: Elimina escasez de partes y permite que los recursos estén dedicados a producir.

Calidad: Los sistemas con menos trabajo en proceso son más sensibles a la calidad y la facilitan mejorando los ciclos de aprendizaje y la retroalimentación.

Fácil de controlar: Los sistemas Pull dependen del establecimiento de un fácil control al nivel de trabajo en proceso.

**Figura 4.5 Información de entrada y salida del Sistema de Administración de inventarios tipo “Jalar”**

Sistema de Administración de Inventarios tipo “jalar”: Información de entrada y salida				
Etapas	Planeación		Ejecución	
Parámetros	Frecuencia y calendario de entrega	-Inventario de seguridad -Inventario máximo requerido	Cantidad a solicitar	Cantidad a entregar
Frecuencia	Anual/semestral	Anual/semestral	Quincenal/mensual	
Información de entrada	- Capacidades actuales de entrega - Costos de entregar e inventariar	- Política de frecuencias de entregas - Tiempo de entrega - Política de inventario de seguridad - Consumo/demanda histórica (12 meses) - Pronóstico de demanda (12 meses)	- Inventario de seguridad por clave - Inventario máximo requerido por clave - Existencia disponible al hacer solicitud - Demanda esperada - Tiempo de entrega	- Inventario disponible en almacén para entregar - Inventario máximo requerido en almacén - Existencia disponible al hacer la solicitud - Entregas en tránsito
Información de salida	- Políticas de frecuencias de entregas - Calendario de solicitud de entrega	- Parámetros por clave - Inventario de seguridad - Inventario máximo requerido	- Cantidad a solicitar por clave	- Cantidad a entregar por clave 

#### ***4.3.8 ¿Cuándo usar los Sistemas PULL?***

- El tiempo de respuesta (Lead Time) es mayor que el requerido por el cliente
- Se ofrecen los mismos productos repetidamente
- Hay demandas relativamente consistentes (Baja variabilidad)
- Se aplica igual de bien a las partes compradas, suministradas y fabricadas.

## 4.4 Reabastecimiento Basado en consumo (demanda del cliente)

Para saber si se debe utilizar un sistema PULL, tiempo de respuesta (Lead Time), frecuencia de las órdenes y el nivel de servicio deseado

- La escasez de partes es reducida y/o eliminada
- Inventario total es reducido (tamaños correctos)
- Parámetros de los sistemas Pull de Manufactura
- Demanda (DMD)
- Típicamente expresada como el promedio de uso diario (ADU) o semanal
- Basada tanto en históricos, pronósticos o combinación de ambas
- Re-calculada frecuentemente por las tendencias y cambios

### La gestión de la demanda

El "Supply Chain Management" (SCM) se ha definido como "la integración, desde el consumidor hasta los primeros proveedores, de los procesos de negocio clave que proporcionan los productos, servicios e información que añaden valor a los clientes y accionistas" (Lambert, Cooper & Pagh, 1998). El "Global Supply Chain Forum" identificó ocho procesos que debían ser implantados en las empresas y gestionados de forma integrada a lo largo de la cadena de suministros, que son:

1. Gestión de las relaciones con los clientes (customer relationship management).
2. Gestión del servicio al cliente.

3. Gestión de la demanda.
4. Satisfacción de los pedidos (order fulfillment).
5. Gestión de los flujos de producción.
6. Aprovisionamientos,
7. Desarrollo de nuevos productos y comercialización.
8. Devoluciones.

El principal objetivo de la gestión de la demanda, es nivelar las necesidades de los clientes con las capacidades de suministro de la empresa. Esto incluye la generación de la demanda (1) y la elaboración de previsiones y la sincronización de la distribución, la producción y los aprovisionamientos con la demanda (2).

El subproceso de generación de la demanda tiene como principal objetivo eliminar o minimizar las fluctuaciones de la demanda, que ocasionan elevados costos y una mayor complejidad en los procesos logísticos. Una demanda con mucha variabilidad genera unos elevados costos logísticos por: la necesidad de más personal en los picos (generalmente a un mayor costo por hora de trabajo), necesidad de subcontratación de capacidad extra de almacenaje y transporte, exceso de "stock" en los valles, etc. La volatilidad en la demanda también genera una mayor complejidad en el sistema, haciendo más inexactas las previsiones. Esta menor precisión conduce a dos situaciones: una con excedentes de inventarios y otra con rupturas de "stocks". En el primer caso existen mayores costos asociados con los inventarios (costos de posesión, almacenaje y obsolescencia) y en el segundo, una pérdida de ventas o servicio con retraso (con la consecuente pérdida en servicio al cliente).

## **Volatilidad inducida**

Algunas empresas se han dado cuenta de que son sus propias políticas de precios, facturación, tamaño mínimo de pedido, etc., las que inducen a los consumidores a presentar una demanda tan volátil. Un ejemplo típico de volatilidad inducida en la demanda es la generada por las promociones de precios. Para algunos productos, una promoción de precios no genera un mayor consumo sino un pico en las ventas durante la promoción y un valle en el período inmediatamente posterior. Tómese por ejemplo, el caso de los dentífricos, donde una promoción de precios puede inducir a los clientes a comprar más durante la promoción (actualizando compras futuras). Sin embargo, a pesar de haber comprado más, su hábito de limpieza bucal continuará siendo el mismo: no por tener más dentífrico se van a limpiar más los dientes. El efecto global de la promoción de precios puede haber llevado a la empresa a captar clientes de otras marcas, pero este incremento puntual en las ventas debería ser comparado con los costos logísticos de la promoción para determinar si ha resultado o no eficiente. Para reducir las fluctuaciones en la demanda algunas organizaciones, como Walmart, Asda y Mercadona, han implantado la estrategia de precios conocida como "Every Day Low Price" (EDLP), que consiste en no realizar promociones de precios y tratar de ofrecer a los clientes el mismo precio "bajo" cada vez que visitan el supermercado, como Walmart, Asda y Mercadona.

La sincronización de la logística y la demanda tiene que ver con la elaboración de las previsiones y la sincronización de las actividades logísticas necesarias para servir a los clientes. Este subproceso está íntimamente relacionado con el anterior, ya que una demanda menos volátil permite mayor exactitud en las previsiones y, por tanto, mejora la sincronización de las actividades logísticas con la demanda.

El tiempo que los clientes están dispuestos a esperar para recibir el producto o servicio (customer lead time) y el tiempo de suministro total (el requerido por la empresa para los aprovisionamientos, la producción y la distribución) determinarán cómo se pueden sincronizar las actividades logísticas con la demanda. Todas las empresas con una diferencia entre estos dos tiempos de suministro basan su sincronización con la demanda en las previsiones, sean utilizadas para decidir qué comprar y/o qué producir.

Una mayor exactitud en las previsiones conlleva una reducción de inventarios, una disminución de rupturas de "stock" y un mejor servicio al cliente (por los cumplimientos en las cantidades y fechas de entrega). Y todo ello se traduce en unos menores costos (por disminución de inventarios y mejor uso de los recursos) y unos mayores ingresos (por disminución de rupturas de "stock").

Para mejorar las previsiones muchas empresas del sector de distribución de productos de gran consumo han adoptado programas de reaprovisionamiento continuo (CRP- Continuous Replenishment Programs) o de CPFR (Collaborative Planning Forecasting & Replenishment). Un CRP consiste en que el fabricante suministre al distribuidor en función de las ventas reales y los niveles de "stock" que éste tiene del producto en cuestión. El fabricante tiene visibilidad "casi" a tiempo real sobre las ventas de su producto en los establecimientos de ese distribuidor; y con base en ella decide cuánto enviar (el distribuidor ya no hace pedidos). La mayor visibilidad sobre niveles reales de ventas permite a los fabricantes mejorar sus previsiones y sincronizar mejor la producción con la demanda.

En un programa de CPFR, fabricantes y distribuidores no sólo colaboran en el reaprovisionamiento sino también en la elaboración de las previsiones. El CPFR consiste básicamente en comparar dos previsiones (la del fabricante y la del distribuidor) y decidir cuál es más correcta. La comparación se realiza usando las nue-

vas TIC y la implantación de software de CPFR. En este tipo de programas el fabricante no sólo tiene mayor visibilidad sobre las ventas reales sino que mejora sus previsiones compartiéndolas con el cliente.

Hay que tener precaución cuando se usen solamente demandas históricas para obtener el promedio. Puede no reflejar los cambios en el negocio (mezcla de productos, incremento de volumen, temporadas, etc.) Típicamente usamos combinaciones de:

- Histórica
- Demanda pronosticada
- Visualización (apreciativa)
- Demanda promedio usualmente es el número más difícil de establecer en los cálculos PULL.

Se debe calcular el tamaño de inventario y está en función de la variabilidad de la demanda CV que se da de la siguiente forma:

El coeficiente de variación (CV) de la demanda para cada parte es uno de los factores usados para determinar si una parte es candidata o no para sistemas Pull y basado en la experiencia se definen las siguientes Reglas por medio Promedio Diario Utilizado, Average Daily Use (ADU):

ADU:  $CV < 1.0 = \text{PULL}$

ADU:  $1.0 < CV < 1.5 = \text{Son requeridos datos adicionales}$

ADU:  $CV > 1.5 = \text{PUSH}$

El indicador para seleccionar un sistema PUSH en lugar de PULL es la inversión requerida en el inventario para enfrentar la variabilidad de la demanda para sistemas PULL o la cantidad de esfuerzo para manejar las partes en sistemas PUSH.

El coeficiente de variación es útil para comparar dispersiones a escalas distintas pues es una medida invariante ante cambios de escala. Por otro lado presenta problemas ya que a diferencia de la desviación típica, este coeficiente es variable ante cambios de origen. Por ello es importante que todos los valores sean positivos y su media de por tanto, un valor positivo.

Considerando que:  $\bar{x} > 0$

Se calcula:

$$C_V = \frac{\sigma}{\bar{x}} \quad (1)$$

Donde  $\sigma$  es la desviación típica. Se puede dar en tanto por ciento calculando:

$$C_V = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100$$

Donde

$\sigma$  = la desviación estándar

X barra = la demanda promedio

Para ilustrar cómo se deduce si un producto se va a utilizar órdenes o un sistema PUSH o si se va a utilizar la demanda histórica para calcular los inventarios a tener o hacer un pronóstico o un sistema PULL, se van a tomar los datos de la Figura 3.4 y obtener el coeficiente de variación (CV)

**Figura 4.6, Demanda de productos A, B, C y D**

	Periodo								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Producto A</b>	108,000.00	130,000.00	110,000.00	95,000.00	106,000.00	150,000.00	100,000.00	130,000.00	125,000.00
<b>Producto B</b>	22,000.00	38,000.00	27,000.00	23,000.00	31,000.00	25,000.00	20,000.00	18,000.00	28,000.00
<b>Producto C</b>	8,000.00	5,500.00	6,000.00	4,500.00	4,500.00	5,000.00	6,000.00	5,000.00	3,000.00
<b>Producto D</b>	1,000.00	2,000.00	10,000.00	-	5,000.00	3,000.00	-	1,000.00	-

Primero se debe calcular la demanda promedio de cada producto y la desviación estándar. Utilizando las siguientes fórmulas:

$$X \text{ Prom (Demanda Prom semanal)} = (\text{Suma}(X_1, X_2, \dots, X_n))/n \quad (2)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (3)$$

Se obtiene la siguiente información donde como se puede ver los CV para los productos A, B y C son menores a 1 por lo que se puede utilizar el sistema PULL para ellos al contrario del producto D que por estar el CV cercano a 1.5 es mejor manejarlo en el sistema PUSH por lo que para este producto sólo se van a manejar órdenes o pedidos:

	X prom Sem	$\sigma$ Sem	CV	
<i>Producto A:</i>	27,325.93	4,137.05	0.15	<b>PULL</b>

<i>Producto B:</i>	<i>6,014.81</i>	<i>1,427.81</i>	<i>0.24</i>	<b>PULL</b>
<i>Producto C</i>	<i>1,231.48</i>	<i>320.10</i>	<i>0.26</i>	<b>PULL</b>
<i>Producto D</i>	<i>570.37</i>	<i>766.02</i>	<i>1.34</i>	<b>PUSH</b>

Ya teniendo esta información podemos calcular el inventario de Seguridad que es el inventario necesario para estar listo en caso de:

- Demanda variable
- Lead Time (LT) Variable
- Problemas de Calidad

El inventario de Seguridad está en función de:

- Variabilidad de la demanda (desviación estándar:  $\sigma$ )
- Nivel de servicio deseado (cobertura para falta de "stock")
- Lead Time (PLT)
- Indicador de la Producción a tiempo ( $\beta$ )
- Hay muchas formas de calcular el "safety stock", aquí se usará la que tiene como base cálculos empíricos y la experiencia.

Suposición clave: El perfil de la demanda tiene una distribución normal.

$$SS = \sigma * \text{Nivel de servicio} * (\text{PLT})^\beta \quad (4)$$

Beta es una unidad de medida del desempeño a tiempo en manufactura. Éste tiene valores posible de entre 0.0 a 1.0 donde 0 = todo se tiene a tiempo y 1 que hay gran posibilidad de fallar en fechas (producción rara vez cumple en fe-

chas). Un buen punto de inicio para el valor de Beta tomando en cuenta la experiencia es de 0.7.

Para poder calcular esto se debe obtener la siguiente información que es:

### **Tiempo de Respuesta del Proceso (Process Lead Time (PLT))**

Tiempo desde cuando se lanza una orden y es enviada para producirse hasta que las partes son recibidas por el cliente.

### **Trabajo en proceso, "Work in Process" (WIP)**

Suma de todos los inventarios dentro (trabajo en proceso) de un área de trabajo

$$PLT = \frac{WIP}{Salida} \quad (5)$$

Considerando que tenemos un inventario en proceso de 110 ton. y que las entregas de almacén diarias son aprox. de 20 ton., vamos a considerar un PLT de 5 semanas

Es importante confirmar el cálculo a través de muestrear el histórico de las órdenes de trabajo de producción, ya que algún inventario no visto o atrapado, puede inflar el resultado.

También necesitamos saber el Intervalo de Tiempo de Ciclo y definir qué Nivel de Servicio que representa la frecuencia (días), con la que una parte es fabricada y basado en la cantidad ordenada que será producida

Cambiar el CTI permite intercambios entre transacciones, capacidad e inventario, también es la frecuencia en la una parte es producida (controlado por el tamaño o cantidad de la orden). Esta es medida de la siguiente forma:

$$CTI = \frac{\text{Lotex Yield}}{\text{Demanda}} \quad (6)$$

CTI es calculado para una parte en específico – cada parte tiene su propio CTI, en base al tamaño del lote y su demanda.

### **Nivel de Servicio:**

En este modelo, se define el Nivel de Servicio como el número de desviaciones estándar en relación a la media, relacionado al “safety stock”.

Este es literalmente, el número de veces calculado que se espera estar fuera de “stock”.

**Nivel de servicio = 1** significa que se tiene un 84% de probabilidad de tener “stock”.

**Nivel de servicio = 2** significa que se el 98% de probabilidad de tener “stock”.

Y así sucesivamente...

El Nivel de Servicio es el valor deseado expresado en un porcentaje y el Factor de Servicio es usado como un multiplicador con la desviación estándar para calcular una cantidad específica para alcanzar un nivel específico de servicio. Se anexa una tabla del Factor de Servicio y también se puede usar la función NORMSINV de Excel para convertir el Nivel de Servicio en Factor de Servicio Figura 3.5.

**Figura 4.7 Nivel y Factor de Servicio**

Nivel de Servicio	Factor de Servicio
50.00%	0
55.00%	0.13
60.00%	0.25
65.00%	0.39
70.00%	0.52
75.00%	0.67
80.00%	0.84
81.00%	0.88
81.00%	0.92
83.00%	0.95
84.00%	0.99
85.00%	1.04
86.00%	1.08
87.00%	1.13
88.00%	1.17
89.00%	1.23

Nivel de Servicio	Factor de Servicio
90.00%	1.28
91.00%	1.34
91.00%	1.41
93.00%	1.48
94.00%	1.55
95.00%	1.64
96.00%	1.75
97.00%	1.88
98.00%	2.05
99.00%	2.33
99.50%	2.58
99.60%	2.65
99.70%	2.75
99.80%	2.88
99.90%	3.09
99.99%	3.72

Siempre se estará cubierto cuando la demanda esté más abajo de la media, por lo tanto:

Nivel de Servicio = 1

$$1 * \sigma = 68.27\% / 2 + 50.0\% = 84.14\%$$

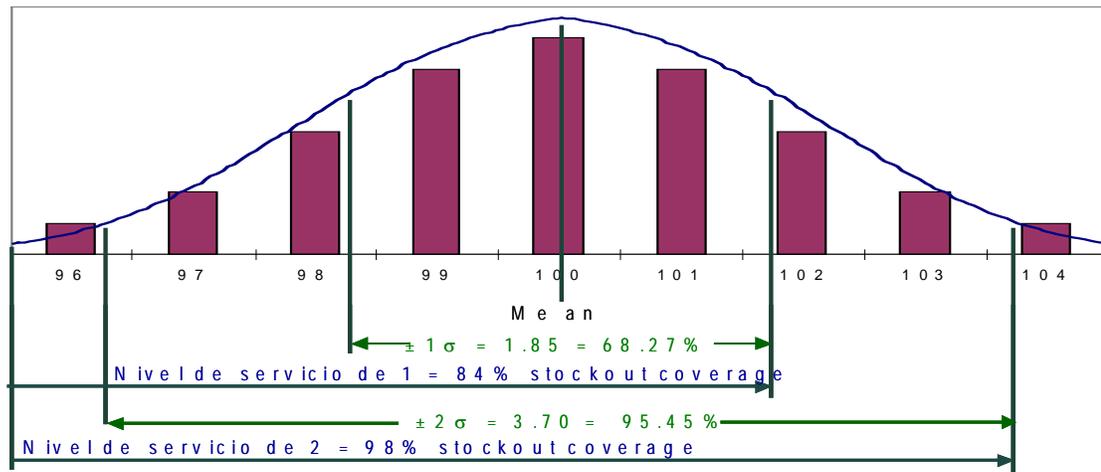
Y:

Nivel de servicio = 2

$$2 * \sigma = 95.45\% / 2 + 50.0\% = 97.73\%$$

Recordemos que asumimos que nuestra demanda puede ser representada por una distribución normal (Figura 3.6):

**Figura 4.8 Gráfica de Representación de la demanda**



Conforme los parámetros cambian, el tamaño del sistema PULL se necesita ajustar respectivamente.

***Ejemplo 3.1:***

En el siguiente ejemplo podemos ver cómo una vez determinando que sólo los productos A, B y C son para inventario y usaremos el sistema PULL entonces determinaremos el Inventario de Seguridad (SS), tomaremos como variable el Tiempo de Respuesta del proceso (PLT) de 4 semanas para los productos A que son los de mayor demanda y que nos conviene estar fabricando, de 6 semanas para los productos B que son de demanda medio y 8 semanas para los productos C que son los de demanda baja pero estable y considerando que el nivel de servicio que vamos a usar es  $2\sigma$  y con base en la fórmula del Inventario de Seguridad:

Producto A:  $SS = 2 * (4,137.05) * 4^{0.7} = 33,653 \text{ Kg.}$

Producto B:  $SS = 2 * (1,427.81) * 6^{0.7} = 9,839 \text{ Kg.}$

Producto C:  $SS = 2(320.10) * 8^{0.7} = 2,464 \text{ Kg.}$

Para saber cuáles son los inventarios mínimos y máximos a tener en nuestro almacén se debe calcular el Kanban Máximo y Mínimo

**Kanban Max (Kmax):** Inventario máximo en el ciclo del sistema PULL

$$= \text{Inventario PLT} + \text{Inventario CTI} + \text{Inventario de Seguridad} \quad (7)$$

$$= [(\text{PLT} \times \text{DMD}) + (\text{CTI} \times \text{DMD}) + \text{SS}]$$

**Kanban Min (Kmin) = Punto de reorden:** Mínimo esperado del Balance en mano (Balance On Hand (BOH)) inventario en el ciclo del sistema PULL

$$= \text{Inventario PLT} + \text{Inventario de Seguridad} = [(\text{PLT} \times \text{DMD}) + \text{SS}] \quad (8)$$

**Ordenar si: Promedio** en Mano + Pedido (BOH + OOQ)  $\leq$  Punto de reorden

**Pedido (OQ) = [Kmax - (BOH + OOQ)]**

Donde

Inventario CTI: Es el inventario necesario para cubrir la demanda del cliente hasta que el proceso esté listo para producir una parte nuevamente.

Inventario PLT: Es el inventario necesario para cubrir la demanda del cliente mientras un producto se está fabricando.

Tomando las siguientes consideraciones:

- Inventario en mano BOH (Balance On-Hand) que es la cantidad de inventario en el buffer estratégico
- Cantidad en Órdenes OOQ (On Order Quantity) = número de unidades en el proceso en un punto en el tiempo

- Si es necesario, hay que redondear el tamaño de lote recomendado
- Hay que asegurarse de manejar las mismas unidades para cada componente

Como se puede ver en la figura 3.7 el proceso de reabastecimiento trabaja de la siguiente forma:

1. Comienza con  $K_{max}$  : Buffer completo y una orden al inicio del proceso
2. Conforme la demanda se consume el inventario del buffer, la orden se mueve a través del proceso
3. El inventario se continúa consumiendo y la orden sigue su curso.
4. En tanto lo que se tiene en mano BOH llega al nivel del Inventario de Seguridad, la orden termina el proceso

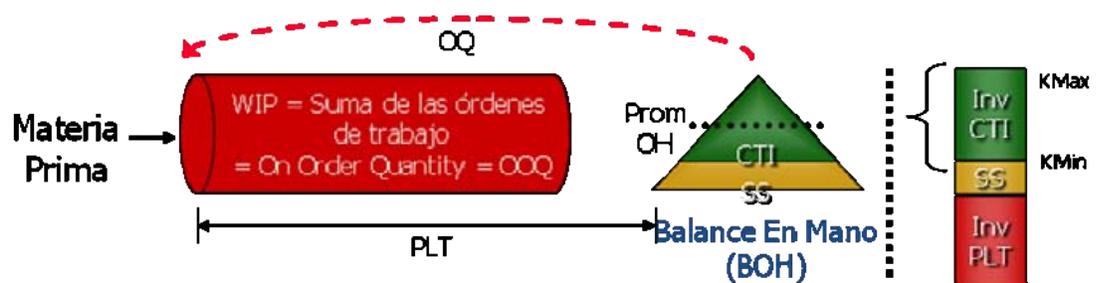
La orden reabastece el BOH (inventario en mano)

El sistema está ahora nuevamente en  $K_{min}$  y otra orden es colocada en el proceso

5. Es sistema ha regresado al  $K_{max}$

*Nota: Esta descripción es para cuando  $PLT = CTI$*

**Figura 4.9 Cómo trabaja el proceso de reabastecimiento**



Fuente propia

### Ejemplo 3.2

Continuamos usando PLT= semanas para Prod. A, 6 semanas para Prod. B y 8 semanas para Prod. C, y CTI (Cycle Time Interval), Intervalo de Tiempo de Ciclo fijo de 4 semanas para todos los productos, y tomando los datos del ejemplo 3.1 tenemos la siguiente información:

$$\begin{aligned}
 \text{Producto A: } K_{min} &= 5 * 27,325.93 + 39,342 &= & 175,972.01 \text{ Kg. (6.4 Sem.)} \\
 K_{max} &= 5 * 27,325.93 + 4 * 27,325.93 + 44,698 &= & 285,275.72 \text{ Kg. (10.4 Sem.)} \\
 \\
 \text{Producto B: } K_{min} &= 5 * 6,014.81 + 9,831 &= & 38,733.88 \text{ Kg. (6.4 Sem.)} \\
 K_{max} &= 5 * 6,014.81 + 6 * 6,014.81 + 9,831 &= & 74,822.77 \text{ Kg. (12.4 Sem.)} \\
 \\
 \text{Producto C: } K_{min} &= 5 * 1,231.48 + 320.1 &= & 7,930.43 \text{ Kg. (6.4 Sem.)} \\
 K_{max} &= 5 * 1,231.48 + 8 * 1,231.48 + 320.1 &= & 17,782.28 \text{ Kg. (14.4 Sem.)}
 \end{aligned}$$

Por lo que ya teniendo el Kanban Máximo, se le descuenta lo que se tiene en Inventario de Producto Terminado, lo que se tiene en tránsito y es lo que se tiene que fabricar y el Kanban Min es el Inventario mínimo que se puede tener en inventario antes de entrar a fabricar (el punto de reorden)

Se puede calcular hasta qué fecha se tiene de inventario tomando en cuenta la demanda semanal, convirtiéndola a diaria y dividiendo el inventario entre ésta, se sabe cuántos días de inventario se tiene y de ahí se puede convertir a semanas,

por lo que sabemos cuándo se acaba el inventario y es parte de la responsabilidad de la Administración de la Demanda saber cuándo entra a máquina para avisarle al cliente si se va a quedar sin inventario a tiempo o para qué fecha estaría listo, de esta forma ya sabiendo esto sabríamos ya después de fabricar hasta cuando tenemos en Inventario.

Ya teniendo esta información establecemos la estrategia para poder atacar estos productos que es la siguiente:

Productos Tipo A: (Rotación Alta)

- Corrida cada 5 Semanas
- Inventario Promedio 5 Semanas

Productos Tipo B: (Rotación Media)

- Corrida 7-8 Semanas
- Inventario Promedio 7 Semanas

Productos Tipo C: (Rotación Baja)

- Corrida 10 Semanas
- Inventario Promedio 9 Semanas

Productos D:

- Fabricación sobre Pedido o Contrato

Para que este método para calcular los inventarios por producto sea funcional, la Administración de la Demanda debe seguir las actividades que a continua-

ción se enuncian con la siguiente periodicidad, éstas que no se pueden descuidar por ningún motivo:

**Anualmente:**

- Proyección de la demanda anual por familia de producto (no por estructura)
- Análisis de capacidad para determinar recursos

**Trimestralmente:**

- Determinar los productos a ser fabricados bajo una estrategia MTS. Basado en datos históricos o proyecciones futuras.
- Clasificación ABC de los productos MTS.
- Cálculo del inventario de seguridad, punto de re-orden y nivel máximo de inventario.

**Mensualmente:**

- Cálculo de la cantidad a ordenar
- Programación de productos MTS

**Semanalmente y Diariamente:**

- Programación de productos MTO y determinación del "BackLog"  
(Cantidad pendiente a fabricar o surtir)
  
- Ejecución y seguimiento a órdenes.

## CONCLUSIONES

Esta tesis pretende demostrar que para el mercado del empaque flexible se pueden manejar gran parte del volumen con el Sistema PULL y por lo tanto se debe usar la demanda para definir los inventarios, también que es muy importante definir el perfil de persona que va a estar a cargo de la Administración de la Demanda para que éste funcione como controlador de estos inventarios en conjunto con el área de Servicio a Clientes y debe asegurarse de tener una muy completa base de información.

La persona a cargo de la Administración de la Demanda debe ser capacitado en todas las áreas de la empresa y debe conocer la información de todos los clientes, debe ser capaz de hacer una proyección de ventas de cada mercado y debe saber si la planta tiene la capacidad para fabricar lo necesario para satisfacer las necesidades de los clientes incluyendo la fabricación y almacenamiento del inventario en caso de ser necesario.

Hoy en día se ha vuelto muy difícil trabajar solamente con órdenes ya que ante la gran competencia que existe en todos los mercados los tiempos de respuesta que solicitan son cada vez más cortos pero los tiempos de los proveedores no disminuyen por lo que si no se le da a la gente de logística un panorama de un mínimo de 3 meses no nos van a garantizar el abasto de nuestros insumos y se nos encarece considerablemente el costo por expedir de urgencia lo que nos falte vía aérea o comprarlo con proveedores locales a un precio mucho más caro.

Se puede finalizar considerando que en la actualidad debido a la complejidad de todos los mercados es imposible utilizar una sola metodología para determinar las cantidades a tener de inventario de un producto, generalmente se deben usar dos o tres técnicas incluyendo algún tipo de pronóstico y lo más importante

es que se debe usar el factor humano para hacerlo más real, con los cambios que hay en los mercados y la variación de la demanda es muy difícil basarse 100% en los que pronósticos que se obtengan por medio de una computadora, se debe usar información de los mismos clientes, otros proveedores internos y externos ya que los precios de las materias primas y la capacidad de abasto de los proveedores de éstas afectan fuertemente a la demanda.

El modelo matemático que se propone en esta tesis puede servir como base para la definición de los inventarios de muchas otras industrias y una vez que se tenga experiencia se pueden mover las semanas de Tiempo de Respuesta del Proceso (PLT) y de Tiempo de Intervalo de Ciclo (CTI) para poder ajustar los tamaños de los inventarios de acuerdo a las necesidades de costos o capacidad de la empresa.

## BIBLIOGRAFÍA

Vollmann, Thomas E., Berry, William I., Whybark, D. Clay, Jacobs, F. Robert, Planeación y Control de la Producción, Administración de la cadena de suministros, Quinta Edición, Ed. Mc Graw Hill

Jiménez Sánchez, José Elías, Hernández García, Salvador, Marco conceptual de la cadena de suministro: un nuevo enfoque logístico, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Instituto Mexicano del Transporte, Publicación Técnica No. 215, ISSN 0188-7297, Sanfandila, Qro. 2002

Solar, Lorenzo J., Maldonado Torres, R. 2005. Ubicación de plantas y almacenes en una cadena de abastecimiento. Tesis Licenciatura. Actuaría. Departamento de Actuaría, Escuela de Ciencias, Universidad de las Américas Puebla. Diciembre. Derechos Reservados © 2005, Universidad de las Américas Puebla.

Jiménez Sánchez, José Elías. Los Factores Críticos de Éxito de la Cadena de Suministro, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Instituto Mexicano del Transporte, Publicación Técnica No. 237, , ISSN 0188-7297, Sanfandila, Qro. 2004

Ballou, Ronald H., Logística: Administración de la Cadena de Suministro, Editorial Prentice Hall México, ISBN: 9789702605409, 5ª Edición 2004

Gestión de la cadena de suministro: importancia de la previsión de la demanda FCC Logística, S.A. – B.U. Automoción 08/09/2006, [www.navactiva.com/web/es/alog/doc/articulos/2006/09/39528.php](http://www.navactiva.com/web/es/alog/doc/articulos/2006/09/39528.php)

Díaz Matalobos, Ángel., Gerencia de Inventarios, Caracas: Ediciones IESA, 1999.

Ballot, Ronald, Gerencia de Materiales, American Management Association, 1971.

Díaz, R., Como Gestionar los Stocks, Instituto de la Pequeña y Mediana Empresa Español, 1985.

Graves, S., Logísticas de Producción e Inventario, North-Holland, Ámsterdam, 1993.

Orlicky, J., Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP), McGraw-Hill, 1975.

FCC Logística, S.A. – B.U. Automoción, 08/09/2006, <http://www.navactiva.com/web/es/alog/doc/articulos/2006/09/39528.php?np=1>

Ronald H. Ballou, Carlos Mendoza Barraza, Mendoza Barraza Carlos tr, María Jesús Herrero Díaz, Herrero Díaz María Jesús tr, Martínez del Campo Varela Guillermo rev., Fernández Gamero Ángel rev., Logística: Administración de la cadena de suministro, Editorial Pearson Educación, 2004, ISBN 9702605407, 9789702605409

APICS CPIM Detailed Scheduling and Planning, Participant Workbook, Version 3.0

Carrasco, Javier. "Evolución de los enfoques y conceptos de la logística: su impacto en la dirección y gestión de las organizaciones ". Rev. Economía Industrial, No. 331 (2001).

[www.upct.es](http://www.upct.es)

[es.wikipedia.org/wiki](http://es.wikipedia.org/wiki)

[rmorales.mayo.uson.mx](http://rmorales.mayo.uson.mx)