



**Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial**

**INTRODUCCIÓN DEL SISTEMA *PULL* EN LAS ACTIVIDADES  
DE PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CEPILLOS  
DENTALES**

**Rene Gilberto Arriaga Orellana  
Asesorado por Ing. Jaime Manuel Sitaví Cos**

**Guatemala, febrero de 2004**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**INTRODUCCIÓN DEL SISTEMA *PULL* EN LAS ACTIVIDADES DE  
PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CEPILLOS DENTALES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**RENE GILBERTO ARRIAGA ORELLANA**  
ASESORADO POR ING. JAIME MANUEL SITAVÍ COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

<b>DECANO</b>	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
<b>VOCAL I</b>	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
<b>VOCAL II</b>	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
<b>VOCAL III</b>	Ing. Julio David Galicia Celada
<b>VOCAL IV</b>	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
<b>VOCAL V</b>	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
<b>SECRETARIO</b>	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

<b>DECANO</b>	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
<b>EXAMINADOR</b>	Ing. Edwin Adalberto Bracamonte Orozco
<b>EXAMINADOR</b>	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
<b>EXAMINADOR</b>	Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
<b>SECRETARIA</b>	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **INTRODUCCIÓN DEL SISTEMA *PULL* EN LAS ACTIVIDADES DE PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CEPILLOS DENTALES**

tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha 1 de abril de 2003.

Rene Gilberto Arriaga Orellana

## **DEDICATORIA**

A Dios

A mis padres

Luis Rene Arriaga

Leonor Orellana de Arriaga

A mis abuelos

Gilberto Orellana

Lidia Barrientos

A mis hermanas

Claudia Leonor

Mónica Andrea

A mi novia

Sheny Ramírez

A mis tíos, primos y sobrinos

A los miembros de la Iglesia Evangélica Presbiteriana El Divino Salvador, Coro Mayor  
y Sociedad de Jóvenes Kadima

A mis amigos en general

# **AGRADECIMIENTOS**

## **A Dios**

Por darme la sabiduría y conocimiento para poder culminar con éxito esta etapa de mi vida. A Él sea la gloria

## **A mis padres**

Por apoyarme y darme ánimo en cada decisión que he tomado en mi vida

## **A mis abuelos**

Por haber estado siempre pendientes de mí

## **A mis hermanas**

Por ser compañía y ayuda a cada momento

## **A Sheny Ramírez**

Por su comprensión, tiempo y motivación desde el inicio hasta el final de la carrera

## **A la Iglesia El Divino Salvador**

Por sus múltiples y constantes oraciones

## **A mis primos**

Por su apoyo incondicional. Espero poder ser un buen ejemplo para ustedes

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b> .....	V
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b> .....	VII
<b>GLOSARIO</b> .....	IX
<b>RESUMEN</b> .....	XI
<b>OBJETIVOS</b> .....	XIII
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	XV
<b>1. ANTECEDENTES</b>	
1.1. Sistema <i>pull</i> .....	1
1.1.1. Manejo de <i>buffers</i> y <i>kanban</i> .....	2
1.1.2. Parámetros involucrados en el sistema <i>pull</i> .....	5
1.1.2.1. Sistema con tiempo de ciclo y pronóstico.....	5
<b>2. EVALUACIÓN ACTUAL</b>	
2.1. Ventas 2001 – 2003.....	9
2.2. Parámetros de planificación de la producción.....	13
2.2.1. Parámetros actuales de producción de producto terminado.....	16
2.2.2. Parámetros actuales de producción de producto semiterminado.....	16
2.2.3. Parámetros actuales de producción de materias primas.....	17



<b>3. REALIZACIÓN Y PROPUESTA</b>	
3.1. Balance de líneas.....	19
3.1.1. Propuesta de versiones de producción.....	22
3.2. Nuevos parámetros de planificación de producción.....	23
3.3. Indicadores clave de desempeño KPI's.....	26
<b>4. IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS</b>	
4.1. Nuevos parámetros de planificación.....	29
4.1.1. Planeación de requerimiento de materiales o MRP.....	29
4.1.2. Actividades de planeación de producción.....	31
4.1.2.1. Plan anual.....	32
4.1.2.2. Plan mensual.....	33
4.1.2.3. Plan semanal.....	34
4.2. Indicadores clave de desempeño.....	37
4.2.1. Diferencias real vrs. proyectado.....	38
<b>5. EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO</b>	
5.1. Monitoreo del sistema.....	41
5.2. Resultados indicadores clave de desempeño.....	42
5.3. Mejora continua.....	44
5.4. Parámetros de planificación.....	45
5.5. Plan de capacitación en el sistema <i>pull</i> .....	47
5.5.1. Introducción al sistema <i>pull</i> .....	47
5.5.2. Parámetros clave del sistema <i>pull</i> .....	49
5.5.3. Formulas del sistema <i>pull</i> .....	50
5.5.4. Cálculo de los parámetros a utilizar en el sistema <i>pull</i> .....	51
5.5.5. Indicadores clave del desempeño.....	52

5.6	Plan de producción.....	53
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>57</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>59</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>61</b>



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1	Diagrama de bloques del sistema <i>pull</i>	4
2	Parámetros del sistema <i>pull</i> y manejo óptimo de inventarios	7
3	Ventas producto A (enero 2001 – febrero 2003)	9
4	Ventas producto B (enero 2001 – febrero 2003)	10
5	Ventas producto C (enero 2001 – febrero 2003)	10
6	Ventas producto D (enero 2001 – febrero 2003)	11
7	Ventas producto E (enero 2001 – febrero 2003)	11
8	Cumplimiento de cajas (enero 2002 – febrero 2003)	37
9	Cumplimiento de cajas (enero 2002 – junio 2003)	43
10	Cumplimiento de entregas (marzo 2003 – junio 2003)	44
11	Diagrama de bloques – capacitación sistema <i>pull</i>	48
12	Diapositiva 1 capacitación <i>pull</i>	49
13	Diapositiva 2 capacitación <i>pull</i>	50
14	Diapositiva 3 capacitación <i>pull</i>	50
15	Interpretación de los parámetros del sistema <i>pull</i>	51
16	Diapositiva 4 capacitación <i>pull</i>	52
17	Diapositiva 5 capacitación <i>pull</i>	52

## TABLAS

I	Parámetros actuales de producción – producto terminado	16
II	Parámetros actuales de producción – producto semiterminado	16
III	Parámetros actuales de producción – materia prima	17
IV	Capacidad y eficiencia de líneas de producción	19

V	Capacidad y utilización – línea enceradora 1	21
VI	Capacidad y utilización – línea enceradora 2	21
VII	Capacidad y utilización – línea blisteadora 1	21
VIII	Versiones de producción y asignación	22
IX	Nuevos parámetros <i>pull</i> – producto terminado	24
X	Nuevos parámetros <i>pull</i> – producto semiterminado	25
XI	Nuevos parámetros <i>pull</i> – materias primas	25
XII	Plan de producción anual	32
XIII	Evaluación plan mensual de producción	34
XIV	Plan de producción semanal blisteadora 1	35
XV	Plan de producción semanal enceradora 1	36
XVI	Plan de producción semanal enceradora 2	36
XVII	Nuevos promedios de producción Junio 2003	46
XVIII	Plan diario de producción	54

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\sigma$	Desviación estándar
LT	Tiempo de reposición
K	Kanban
DMD	Demanda
SS	Inventario de seguridad
min	Mínimo
max	Máximo
KPI	Indicador clave de desempeño
CC	Cumplimiento de cajas
PT	Producto terminado
PST	Producto semiterminado



## GLOSARIO

<b>Calidad</b>	Es la característica de un producto o un servicio en función de la necesidad de un cliente
<b>Demanda</b>	Cantidad de artículos o productos requeridos por los clientes
<b>Eficiencia</b>	Capacidad para reducir al mínimo los recursos usados para alcanzar los objetivos de una organización o empresa
<b>Inventario</b>	Conjunto de bienes inactivos en espera de ser utilizados
<b>Inventario de seguridad</b>	Nivel de inventario que se utiliza para cubrir las diferencias en el tiempo de las entregas de materiales o productos
<b>Inventario promedio</b>	Nivel óptimo de inventario
<b><i>Kanban</i></b>	Nivel de inventario, puede ser mínimo o máximo
<b>Lote óptimo</b>	Es la cantidad adecuada de pedido u orden de producción que se debe hacer cada vez que el nivel de inventario sobrepase el nivel de reorden
<b>Producto semiterminado</b>	Producto en proceso, en espera de ser empacado finalmente



<b>Producto terminado</b>	Producto empaçado, listo para la venta
<b>Punto de reorden</b>	Es el nivel que indica cuándo es necesario volver a pedir materiales o programar productos
<b>Utilización</b>	Porcentaje de uso de los equipos con respecto al tiempo total disponible

## RESUMEN

La empresa estudiada en este trabajo se dedica a la producción de cepillos dentales, cumpliendo con exigentes estándares de calidad y productividad. Debido a los altos requerimientos que se han dado en los últimos meses en la producción de cepillos dentales y por la necesidad actual de ser competitivo dentro de un mundo globalizado, se hace necesario implementar un sistema efectivo y óptimo para el manejo de la producción tanto de producto terminado como para la adquisición de materias primas.

El sistema *pull* ha sido seleccionado debido a su fácil comprensión y uso. Este sistema permite tener un inventario óptimo que soporte el movimiento normal de la venta y aún algunos picos de demanda que se puedan dar. Es importante hacer ver que ningún sistema para el manejo de inventarios es infalible debido a la variabilidad de la demanda, sin embargo, *pull* toma muy en cuenta esta variabilidad y permite garantizar un nivel de servicio mínimo del 98%.

Los parámetros que utiliza para estas mediciones parten de la demanda histórica que haya tenido el producto a estudiar. A partir de la demanda promedio, se procede a hacer el cálculo de los parámetros involucrados, que son: Inventario de Seguridad o *Safety Stock*, Punto de Reorden o *Kmin* e Inventario Máximo o *Kmax*. Para calcular estos parámetros se utiliza el tiempo de reposición o *lead time*, el lote óptimo y el factor de servicio.

A partir de estos parámetros se procede a la planificación de la producción en la planta, la cual se puede hacer con tres horizontes de tiempo: semanal, mensual y anual.

Los indicadores de desempeño del sistema *pull* seleccionado son: cumplimiento de cajas y cumplimiento de entregas. Cada uno mide la efectividad de los parámetros utilizados para planificación y el uso de los mismos.

El fin de introducir este sistema es la optimización del manejo de inventarios y la reducción de pérdidas de venta por falta de disponibilidad de producto. Al contar con un sistema eficiente, se puede tener una mejor certeza de la disponibilidad de producto y de los tiempos de reposición de los mismos.

## OBJETIVOS

- **General**

Introducir el sistema *pull* en las actividades de planificación de la producción de cepillos dentales, analizando y evaluando, por medio de indicadores claves de desempeño, el impacto del mismo en aspectos como servicio al cliente, órdenes de producción completas y a tiempo.

- **Específicos**

1. Eliminar el desperdicio de materiales, espacio, mano de obra y tiempo en cada una de las actividades de la producción de cepillos dentales a través de la utilización del sistema *pull*.
2. Promover la mejora continua dentro de la planta, dando un mejor servicio al cliente y ofreciendo producto en menos tiempo y con más frecuencia.
3. Minimizar los niveles de inventario a través de la optimización de lotes y corridas de producción en los procesos en línea y en la compra de materia prima.
4. Reducir los tiempos de reposición de inventario, a través de la correcta planificación de los procesos y entregas de los productos, sin descuidar la calidad de los mismos.

5. Prevenir la sobreproducción y el desperdicio asociado a la misma, minimizando el costo del almacenamiento de producto terminado, producto en proceso y materia prima.
6. Simplificar la programación de producción y mejorar las uniones entre los procesos en línea, haciendo un balance de las mismas y minimizando los tiempos muertos.
7. Optimizar la utilización de las líneas de producción de acuerdo a una planificación adecuada, aumentando la productividad de los procesos.

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento que en los últimos años ha tenido el negocio de los cepillos dentales en la región centroamericana, el aumento de las exportaciones debido a la creación de tratados de libre comercio con países fuera del istmo y la competencia globalizada actual, han provocado un aumento en la demanda de productos que hace necesario optimizar al máximo los recursos que posee una empresa de producción. El costo en que se incurre por no tener a tiempo un producto en el lugar de venta es muy alto y ninguna industria está dispuesta a soportarlo. De esta manera, la introducción del sistema *pull* a las actividades de planificación de la producción de cepillos se hace totalmente necesaria para garantizar con ello que se tendrá la cantidad de producto deseada en el tiempo deseado.

Con la introducción de este sistema, se realiza un análisis de cada uno de los elementos que forman parte de un proceso productivo. Desde la compra de materiales y entregas de parte de los proveedores, pasando por los planes de producción hasta la entrega del producto terminado a bodega. Además, se busca aumentar la productividad de la planta, eliminando los paros por falta de materia prima sin descuidar los controles de calidad del producto, por medio de un mejor sistema de planificación que involucre a proveedores, operarios, personal y el compromiso de la parte administrativa.

Las ventajas de este sistema se llegan a percibir principalmente en los niveles de servicio al cliente, sin embargo, su uso dentro de la planta de producción hace que los procesos productivos sean mucho más eficientes, eliminando el mal uso de la materia prima, mano de obra, equipos y tiempo disponible.

En este trabajo de graduación se pretende simplificar el proceso de planificación de la producción a través de la introducción del sistema *pull* en las distintas actividades que se realizan diariamente. A partir de la demanda promedio de cepillos dentales, se puede manejar un completo sistema de administración para producto terminado, producto en proceso y materias primas.

Al realizar una revisión de los niveles actuales de servicio al cliente en la empresa estudiada, se pudo observar que no se estaba cumpliendo con el objetivo trazado por la compañía en este aspecto. Debido a esto, se tomó la decisión de implementar el sistema *pull* en las actividades de planificación de la producción, proyectando subir este indicador a un nivel superior al 97%, como una alternativa para garantizar un buen nivel de servicio al cliente y al mismo tiempo obtener los beneficios adicionales que ofrece este sistema en la parte de manejo de inventarios y mejora en la productividad de la planta. A partir de los datos obtenidos de la situación actual de la planificación de la producción, se procedió al análisis de la información histórica de las ventas de la compañía, desde la compra de las materias primas hasta la entrega del producto a la bodega. Contando con esta información se puede realizar un estudio completo de las variables que afectan de una manera u otra las actividades de planificación de la producción, tales como compra de materia prima y material de empaque, tiempos de entrega de proveedores, balance de líneas, programación de producción y tiempos de reposición de inventarios.

El presente documento, es un ejercicio práctico de la implementación del sistema *pull* a las actividades de planificación y permite al lector tener una concepción más clara de su funcionamiento y uso dentro de la industria moderna y globalizada.

# 1. ANTECEDENTES

## 1.1 Sistema *Pull*

El sistema *pull* ha sido descrito como “ir hacia delante moviéndonos hacia atrás”, tratando de explicar de esta manera cómo se hala la producción a través de una planta de manufactura. El sistema *pull* es frecuentemente comparado con el llamado sistema *push*, el cual consiste en una planificación que empuja el producto de una operación a la otra, sin importar si este es necesario o no. Sin embargo, el sistema *pull* va mucho más allá de esto, convirtiéndose en el corazón de una fábrica sincronizada. Este sistema hace que la producción se de, emitiendo una señal hacia los eventos predecesores, iniciando desde la bodega de producto terminado y terminando en la compra de materias primas a proveedores. Cuando en la bodega de producto terminado se necesita producto, se emite una señal al departamento de ensamble, el cual a su vez emitirá una señal a la bodega de materias primas, la que finalmente emitirá una señal al proveedor de materiales. Estas señales son de hecho niveles de inventario para la fabricación de productos, para las materias primas y para el producto terminado, aunque también este sistema se puede trabajar sobre la base de pronósticos.

Esta secuencia “*pull*” es conocida como el sistema *Kanban* en Japón y fue desarrollada en *The Toyota Automobile Corporation*. Los ejecutivos de Toyota observaron que cuando los clientes requieren bienes de pequeños inventarios en las góndolas de los supermercados, estos inventarios son repuestos en pequeñas cantidades por un encargado de inventario quien revisa las góndolas y repone solamente la cantidad que fue tomada. La primera señal “*pull*” se genera del cliente quien requirió el inventario e indicó al encargado cuánto inventario reponer.



Los ejecutivos de Toyota razonaron que este concepto de supermercado podría ser adaptado a la administración de una fábrica sobre una base simple, ya que es impráctico tener “encargados de inventario” en una fábrica, una tarjeta es utilizada para comunicar al encargado de producción que una estantería está vacía. La palabra japonesa para tarjeta es *kanban* y de allí se genera el nombre de *Kanban* para un sistema *Pull*.

### **1.1.1 Manejo de *buffers* y *kanban***

En un sistema que requiere producción en dirección hacia atrás, es necesario también un sistema de señales como medio para comunicar la reposición de bienes. La señal en un sistema clásico de *kanban* son tarjetas y contenedores. Aunque hay varias modificaciones en esta parte del sistema *kanban*, el sistema implementado en Toyota es el más instructivo para comprenderlo. Este sistema utiliza contenedores específicamente del tamaño de cada parte, los cuales se mueven hacia atrás y hacia delante entre el departamento de producción y el departamento de ensamble (cada uno cuenta con áreas específicas de almacenamiento). Dos tarjetas son utilizadas: una tarjeta de producción y una tarjeta de transporte. Estas tarjetas especifican el número de parte, la capacidad del contenedor y otros datos.

Cuando el departamento de ensamble requiere un contenedor con partes, la tarjeta de transporte que fue adjuntada a él por el departamento de producción es removida y colocada en una caja. Cuando el contenedor vaciado más recientemente para una parte específica está listo para ser llevado a su departamento de producción, la tarjeta de transporte en la caja es adjuntada a él. Al mismo tiempo, este contenedor vacío es recibido por el departamento de producción, la tarjeta de transporte es retirada y adjuntada a un contenedor lleno de esas mismas piezas recién manufacturadas, el cual es posteriormente movido para el departamento de ensamble. El movimiento de un contenedor lleno del departamento de producción requiere una tarjeta de producción que debe adjuntarse a él.

La tarjeta de producción es transferida cada hora a una caja de despachos y sirve de autorización al encargado de producción para producir esas partes en un período de tiempo y tamaño especificado. Cuando el contenedor está lleno, la tarjeta de producción es adjuntada a el y este es colocado en un área de almacenamiento, esperando ser transferido al departamento de ensamble. Este proceso se repite cíclicamente las veces que sea necesario. Ver figura 1.

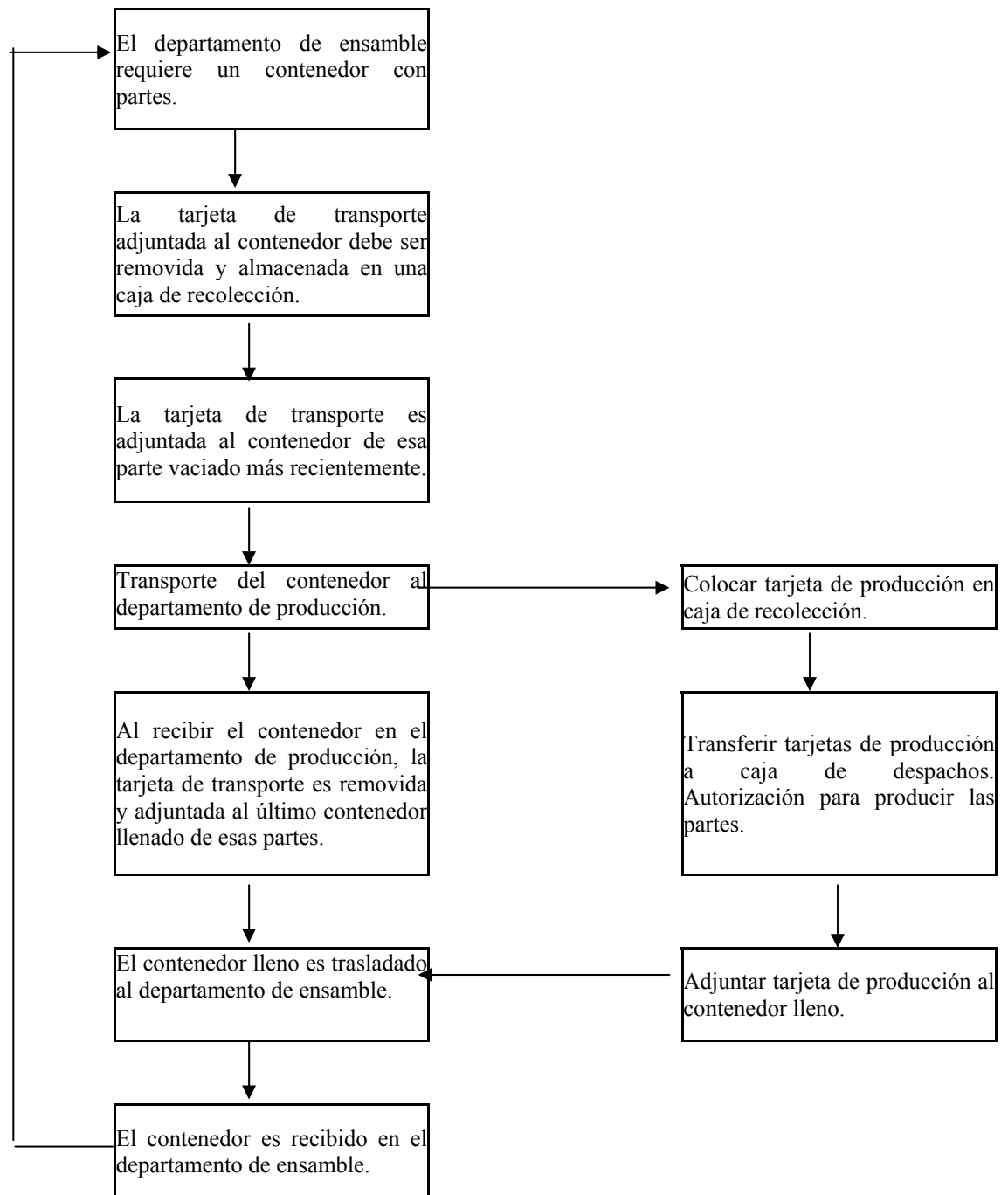
Existen tres reglas simples que controlan este sistema *kanban*:

1. El departamento de producción no debe fabricar partes a menos que exista una tarjeta de producción en la caja de despachos autorizándola.
2. Existe precisamente una tarjeta de transporte y una tarjeta de producción para cada contenedor.
3. El número de contenedores es controlado por la administración de manufactura y deben ser mantenidos en el menor tamaño posible, ajustados al tamaño de las partes (en el caso de Toyota, la administración debe aprobar el uso de un contenedor conteniendo más del 10% del requerimiento diario).

El sistema *kanban* es el modelo conceptual para los sistemas *pull* en otros entornos y existen muchas variaciones del mismo. Hay sistemas *kanban* con una tarjeta, algunos utilizan platos de metal en lugar de tarjetas, pelotas de *ping pong* numeradas y en el caso de *General Motors*, envían la señal de *kanban* vía electrónica. Sin importar la variedad de señales, el principio es el mismo, el departamento de ensamble le indica al departamento de producción qué hacer, basado en la demanda al inicio de la cadena que es una venta de producto.

**Figura 1. Diagrama de bloques del sistema *pull***

**DIAGRAMA DE BLOQUES  
SISTEMA *PULL***



## 1.1.2 Parámetros involucrados en el sistema *Pull*

### 1.1.2.1 Sistema con tiempo de ciclo y pronóstico

El concepto básico de un sistema *pull* es la idea de lotes de producción pequeños y estandarizados. Para compañías de manufactura en las cuales el sistema de *kanban* es culturalmente complicado y con demandas de producción fluctuantes, existe una alternativa. Esta consiste en simular contenedores y tarjetas con tiempos de ciclo, lotes de producción y sistemas automatizados de inventario.

En el sistema *kanban* clásico, los contenedores representan el tamaño de lote, que es el mismo que el tamaño del contenedor. En un sistema *pull* automatizado, el tamaño de lote y el tiempo de ciclo reside en archivos de computadora. El sistema automatizado envía señales cuando el nivel de inventario disminuye hasta un punto el cual representa el movimiento del contenedor. Este sistema *pull* automatizado es con el que estaremos trabajando en este estudio.

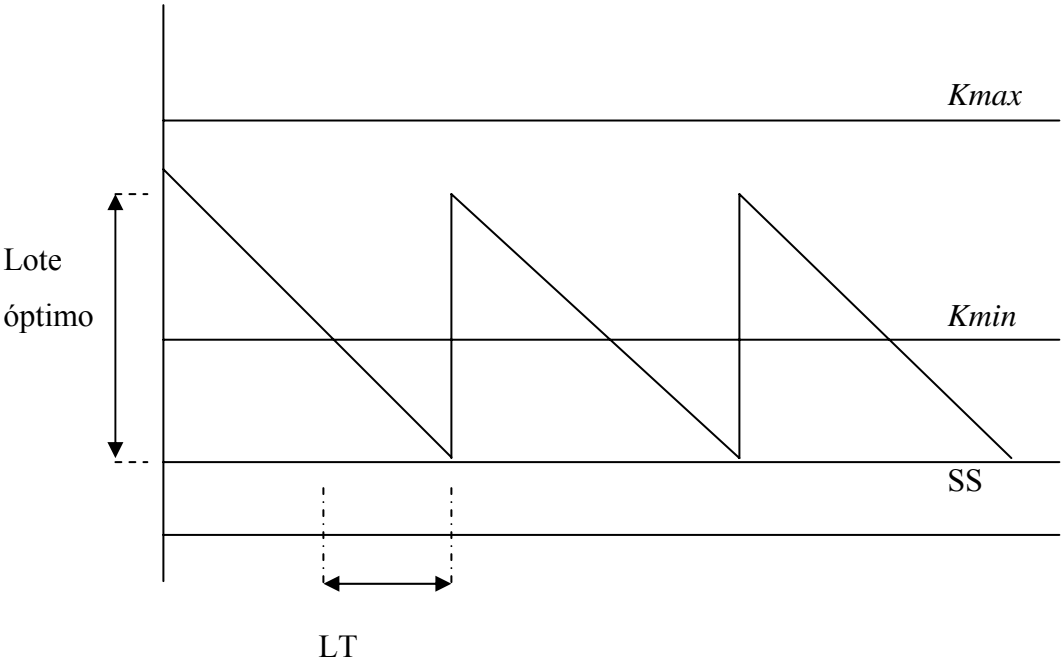
- a) **Tiempo de Ciclo:** En el sistema *pull* es la cantidad realista de tiempo que toma la manufactura o compra (ya que aplica a materias primas) de una cantidad especificada de bienes de un centro de trabajo hacia un suplidor. Este tiempo de ciclo está dado por la capacidad de la línea en el caso de requerimiento de productos manufacturados y en el caso de proveedores de materias primas, es el tiempo de entrega del producto. Este debe tomar en cuenta su capacidad y también la demanda proyectada del *mix* de productos que maneje. De igual manera, en la planta, el centro de trabajo es considerado como un proveedor con una capacidad, carga esperada, tiempo de cambio y un *mix* de productos. Estos factores son tomados en cuenta y el tiempo de ciclo se expresa usualmente en días, fijando los niveles de inventario.

- b) **Proyecciones:** El pronóstico de ventas es el elemento crítico en toda la administración de manufactura y sistemas de control. En el sistema *pull*, la proyección se utiliza para convertir un tiempo de ciclo en un nivel de inventario objetivo. Es importante considerar que la unidad de medida de la tasa de venta será la misma a utilizar en los niveles de inventario y sus respectivos parámetros. Puede ser en horas, días o meses, dependiendo del producto.
  
- c) **Buffer:** Es un almacenamiento temporal. Es el nivel de inventario que crea el balance en el sistema. En el producto terminado, el nivel de *buffer* existe para permitir al producto ser embarcado en menos tiempo que el tiempo de ciclo del ensamblaje final. Para componentes, es el inventario diseñado para permitir la fabricación de productos terminado en menos tiempo que el tiempo de ciclo de los componentes. Estos inventarios son determinados multiplicando el tiempo de ciclo por una tasa diaria proyectada de producción que provee un mínimo inventario que protege la producción y la puntualidad de los despachos.
  
- d) **Tamaño de lote:** El tamaño del lote de producción esta usualmente expresado como la combinación del tiempo de ciclo y la tasa diaria proyectada. Sin embargo, nunca debe ser configurada a una cantidad irreal en un cuello de botella ya que esto atrasaría todo el sistema.

Se deben identificar claramente los parámetros de planificación del sistema *pull*.

Ver figura 2.

**Figura 2. Parámetros del sistema *pull* y manejo óptimo de inventarios**



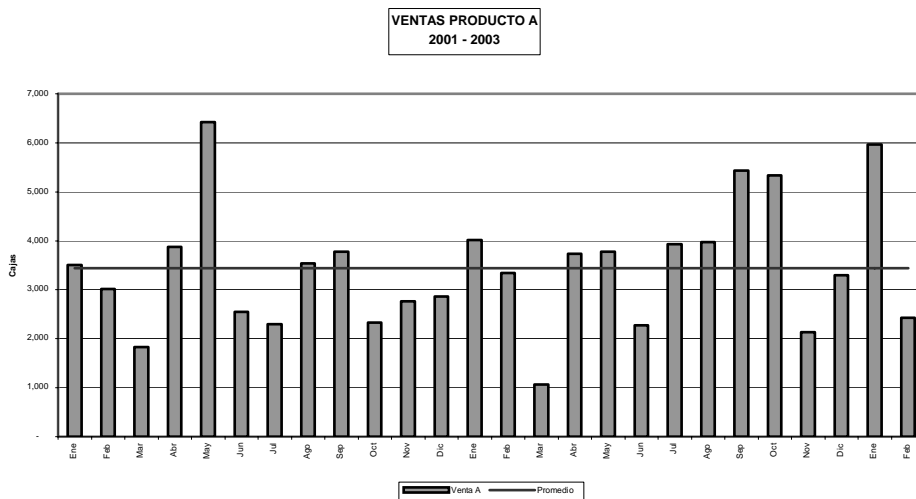


## 2. EVALUACIÓN ACTUAL

### 2.1 Ventas 2001 – 2003

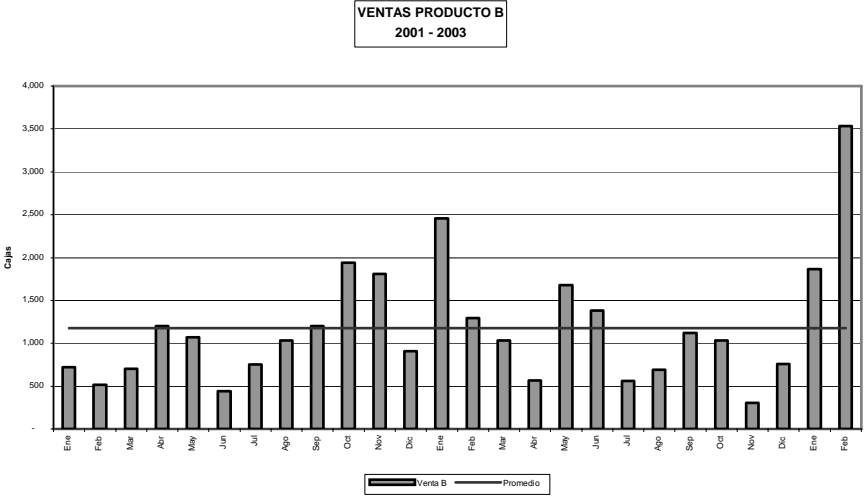
Para poder realizar un análisis objetivo de la situación actual de los niveles de inventario, se hace necesario conocer la demanda que ha existido durante los últimos 2 años en la empresa. En el caso del producto D y E, estos fueron lanzados en el mes de octubre 2001, por esta razón, el historial de ventas que se tiene es de menor tiempo que en los otros productos. Esto nos ayudará a obtener la demanda promedio, la que se convierte en base del sistema *pull* implementado, pues a partir de este dato se generan cada uno de los parámetros a implementar. El histórico de ventas de enero 2001 a febrero 2003 se presenta en las figuras 3 – 7.

**Figura 3. Ventas producto A (enero 2001 – febrero 2003)**

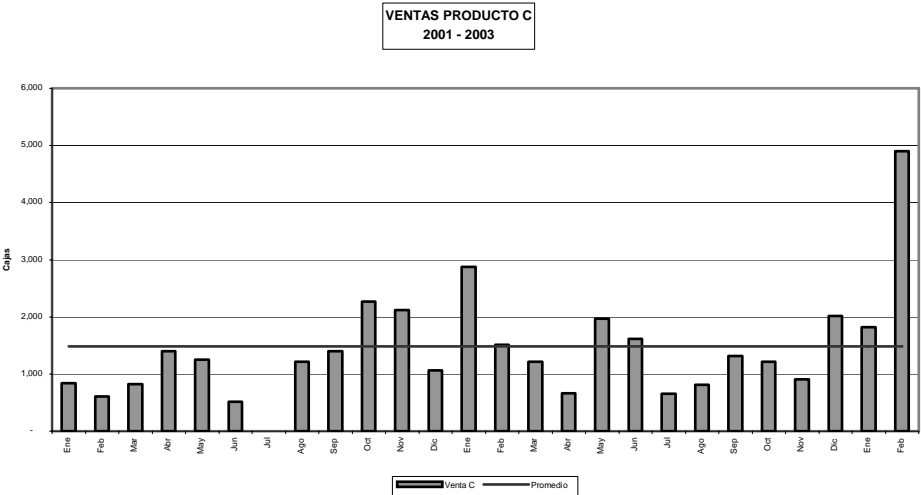




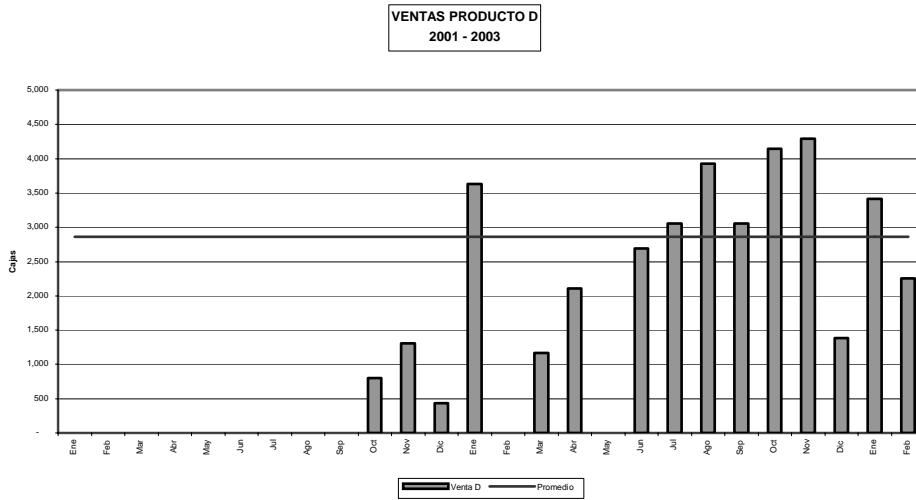
**Figura 4. Ventas producto B (enero 2001 – febrero 2003)**



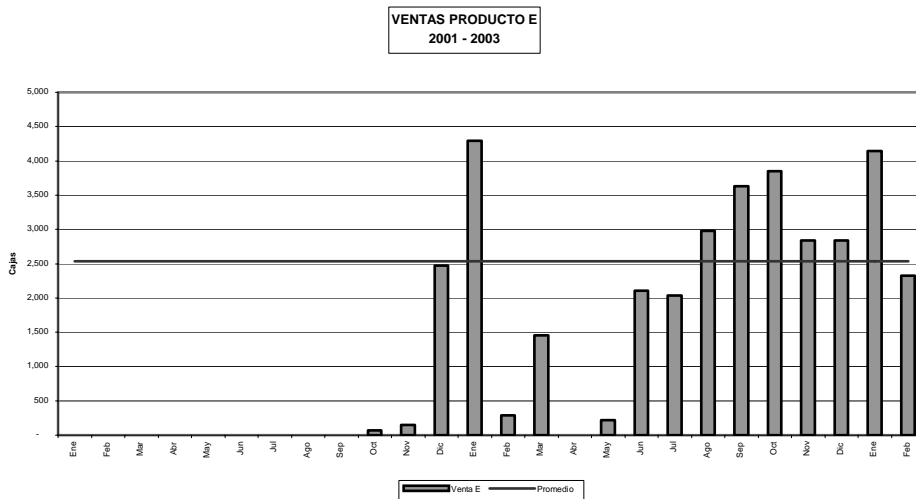
**Figura 5. Ventas producto C (enero 2001 – febrero 2003)**



**Figura 6. Ventas producto D (enero 2001 – febrero 2003)**



**Figura 7. Ventas producto E (enero 2001 – febrero 2003)**



Basados en los datos presentados en las figuras 3 - 7, se puede obtener una venta promedio de cada uno de los productos, el cual nos ayudará a calcular cada uno de los parámetros de planificación para la implantación del sistema *pull*.

Al utilizar el promedio simple como una herramienta de proyección, no se está minimizando el impacto que pueda tener la variabilidad de los datos dentro de nuestros resultados. En el capítulo 3 observaremos que en la fórmula para calcular uno de los parámetros del sistema *pull*, el inventario de seguridad, se utiliza un factor de servicio que califica nuestro tiempo de reposición de inventario, la raíz cuadrada del mismo como una cobertura adicional a las variaciones y la desviación estándar de la demanda promedio. Esto se hace porque, además de interesarnos la demanda promedio, nos interesa el tiempo de reposición de inventario. En otras palabras, nuestro nivel de inventario depende directamente del tiempo de reposición que vayamos a tener para cada uno de nuestros materiales y productos.

Con la aclaración previa, se procede a hacer el cálculo de la demanda promedio de cada uno de los productos en el periodo 2001 – 2003:

Producto A	3,441 cjs / mes
Producto B	1,176 cjs / mes
Producto C	1,479 cjs / mes
Producto D	2,861 cjs / mes
Producto E	2,534 cjs / mes

Este resultado es el que utilizaremos para hacer los cálculos de las variables y parámetros involucrados en la introducción del sistema *pull* a las actividades de planificación. El sistema *pull* no es una herramienta para proyectar producción. Lo que busca este sistema es trabajar en base a reposición de inventarios y no en base de pronósticos de producción

## 2.2 Parámetros de planificación de la producción

El proceso de producción de cepillos dentales está dividido básicamente en dos partes:

1. La fabricación del producto terminado: En esta parte, el cepillo es empacado en una burbuja de PVC, la cual es sellada sobre un respaldo. Se colocan las burbujas dentro de un dispensador y estos a su vez, se colocan dentro del corrugado en el que irán a bodega.
2. La fabricación del producto semi-terminado: Es básicamente el proceso de encerado del cepillo, en la que se le coloca la cerda a la paleta. Este producto se empaca en corrugados a granel para luego pasar al siguiente proceso.

Además se tienen los parámetros para las materias primas necesarias en cada uno de estos procesos, las cuales también necesitan administrarse por medio de este sistema.

Para la introducción del sistema *pull* al proceso de planificación de la producción se utilizarán los siguientes parámetros, los cuales para fines de este estudio se utilizarán, indiferentemente, en inglés o español:

1. *Safety stock* (Inventario de seguridad)
2. *Kanban* mínimo (Punto de reorden)
3. *Kanban* máximo (Inventario máximo)
4. *Lot Size* (Tamaño de lote óptimo)
5. Inventario promedio
6. *Lead Time* (Tiempo de entrega)

Se presentan a continuación las materias primas utilizadas en la producción final y parcial de cada uno de los productos:

Producto A, D y E (por caja de producto terminado de 36 unidades):

- a. 36 cepillos encerdados
- b. 3 dispensadores
- c. 1 corrugado
- d. 7.2 respaldos (5 unidades cada uno)
- e. 0.19 Kg de PVC

Producto B y C (por caja de producto terminado de 48 unidades):

- a. 48 cepillos encerdados
- b. 4 dispensadores
- c. 1 corrugado
- d. 9.6 respaldos (5 unidades cada uno)
- e. 0.26 Kg de PVC

Producto A (por caja de producto semi-terminado 720 unidades):

- a. 720 paletas A
- b. 72 Kg de cerda A1
- c. 28.8 Kg de cerda A2
- d. 0.225 Kg de alambre
- e. 0.072 Kg de *foil*
- f. 1 corrugado

Producto B (por caja de producto semi-terminado 720 unidades):

- a. 720 paletas BC
- b. 70 Kg de cerda BD1
- c. 25 Kg de cerda BD2
- d. 0.225 Kg de alambre
- e. 0.072 Kg de *foil*
- f. 1 corrugado

Producto C (por caja de producto semi-terminado 720 unidades):

- a. 720 paletas BC
- b. 70 Kg de cerda CE1
- c. 25 Kg de cerda CE2
- d. 0.225 Kg de alambre
- e. 0.072 Kg de *foil*
- f. 1 corrugado

Producto D (por caja de producto semi-terminado 720 unidades):

- a. 720 paletas DE
- b. 70 Kg de cerda BD1
- c. 25 Kg de cerda BD2
- d. 0.225 Kg de alambre
- e. 0.072 Kg de *foil*
- f. 1 corrugado

Producto E (por caja de producto semi-terminado 720 unidades):

- a. 720 Paletas DE
- b. 70 Kg de cerda CE1
- c. 25 Kg de cerda CE2
- d. 0.225 Kg de alambre
- e. 0.072 Kg de *foil*
- f. 1 corrugado

Basados en la formulación presentada, se procede a presentar los parámetros actuales de planificación de la producción de estos artículos:

### 2.2.1. Parámetros actuales de producción de producto terminado

**Tabla I. Parámetros actuales de producción – producto terminado**

Material	SS	<i>Kmin</i>	<i>Kmax</i>	Lote prod.	Inv. promedio	Tiempo de entrega
PTA	1,262	1,767	No Existe	2,524	3,786	15 días
PTB	442	618	No Existe	883	1,325	15 días
PTC	442	618	No Existe	883	1,325	15 días
PTD	757	1,060	No Existe	1,514	2,271	15 días
PTE	757	1,060	No Existe	1,514	2,271	15 días

### 2.2.2. Parámetros actuales de producción de producto semiterminado

**Tabla II. Parámetros actuales de producción – producto semiterminado**

Material	SS	<i>Kmin</i>	<i>Kmax</i>	Lote prod.	Inv. promedio	Tiempo de entrega
PSTA	63	88	No Existe	126	189	15 días
PSTB	22	31	No Existe	44	66	15 días
PSTC	22	31	No Existe	44	66	15 días
PSTD	38	53	No Existe	76	114	15 días
PSTE	38	53	No Existe	76	114	15 días

### 2.2.3. Parámetros actuales de producción de materias primas

**Tabla III. Parámetros actuales de producción – materias primas**

Material	SS	<i>Kmin</i>	<i>Kmax</i>	Lote prod.	Inv. promedio	Tiempo de entrega
PALA	45,429	63,601	No Existe	90,859	136,288	15 días
PALBC	31,801	44,521	No Existe	63,601	95,402	15 días
PALDE	54,515	76,321	No Existe	109,031	163,546	15 días
CERA1	9,086	12,720	No Existe	18,172	27,258	30 días
CERA2	1,272	1,781	No Existe	2,544	3,816	30 días
CERBD1	6,183	8,657	No Existe	12,367	18,550	30 días
CERBD2	2,208	3,092	No Existe	4,417	6,625	30 días
CERCE1	10,600	14,840	No Existe	21,200	31,801	30 días
CERCE2	3,786	5,300	No Existe	7,572	11,357	30 días
ALAM	82	115	No Existe	165	247	30 días
FOIL	26	37	No Existe	53	79	30 días
CORRGRAN	183	256	No Existe	366	549	7 días
CORRA	1,262	1,767	No Existe	2,524	3,786	7 días
CORRB	442	618	No Existe	883	1,325	7 días
CORRC	442	618	No Existe	883	1,325	7 días
CORRD	757	1,060	No Existe	1,514	2,271	7 días
CORRE	757	1,060	No Existe	1,514	2,271	7 días
RESA	9,086	12,720	No Existe	18,172	27,258	7 días
RESB	4,240	5,936	No Existe	8,480	12,720	7 días
RESC	4,240	5,936	No Existe	8,480	12,720	7 días
RESD	5,452	7,632	No Existe	10,903	16,355	7 días
RESE	5,452	7,632	No Existe	10,903	16,355	7 días
DISPA	3,786	5,300	No Existe	7,572	11,357	30 días
DISPB	1,767	2,473	No Existe	3,533	5,300	30 días
DISPC	1,767	2,473	No Existe	3,533	5,300	30 días
DISPD	2,271	3,180	No Existe	4,543	6,814	30 días
DISPE	2,271	3,180	No Existe	4,543	6,814	30 días





### 3. REALIZACIÓN Y PROPUESTA

#### 3.1. Balance de líneas

En la línea *Encer1* se puede trabajar el producto A, B y C, mientras que en la línea *Encer2* pueden trabajarse los productos B, C, D y E. Además, se cuenta con 1 línea para el empaque blister que trabaja los cinco productos. A continuación se presentan las características de las líneas de producción:

**Tabla IV. Capacidad y eficiencia de líneas de producción**

	Capacidad por min.	Eficiencia	Capacidad real	Producción por turno
<b>Encer1</b>	15	70%	11	4,620
<b>Encer2</b>	15	75%	11	4,950
<b>Blister1</b>	80	80%	64	28,160

La eficiencia que aparece en este cuadro se toma de los reportes de producción actuales de las líneas y toman en cuenta el desempeño del equipo y la disponibilidad del mismo. Para calcularla se utiliza la siguiente formula:

$$\text{Eficiencia} = \text{Disponibilidad} * \text{Desempeño}$$

donde

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo Real} - \text{Paros}}{\text{Tiempo Real}}$$

$$\text{Desempeño} = \text{Prod. Real} / \text{Prod. Planeada}$$

Asimismo, en la producción por turno se toman 7.33 horas de trabajo, que es nuestro tiempo real debido a que ya fueron descontados los tiempos de comida y limpieza, que son 40 minutos por turno corto de producción.

A continuación se presentan los cuadros de capacidad y utilización de los equipos de producción. La utilización de un equipo se genera a partir de la división de las unidades asignadas al mismo dentro de la disponibilidad de unidades. El requerimiento utilizado se genera a partir de los promedios obtenidos en el capítulo 2, multiplicándolos por el número de unidades por caja de producto terminado y luego dividiéndolo dentro de 720, que es la cantidad de unidades por caja de cepillo a granel. De este modo, tenemos el requerimiento de cajas de cepillo a granel. El porcentaje de asignación es la cantidad de unidades que vamos a producir en esta línea según nuestro criterio y balance que hagamos de la línea. Al modificar este porcentaje, vamos a afectar directamente el porcentaje de utilización del equipo. La velocidad real del equipo es la que se obtuvo en la tabla 4, mientras que los minutos disponibles se obtienen al aplicar la fórmula  $(\text{Asignación Unidades PSTx} / \Sigma (\text{Asignación Unidades}) * 26,400)$ . Este valor, 26,400, es el total de minutos disponibles por día, que equivale a las 7.33 horas por turno establecidas anteriormente, 3 turnos al día, 20 días hábiles al mes. Al multiplicar la velocidad real por los minutos disponibles obtenemos la disponibilidad de unidades y finalmente, la utilización del equipo se obtiene al dividir la asignación de unidades dentro de la disponibilidad de unidades. Una utilización mayor de 100% nos indica que el equipo va a tener que trabajar más de los 20 días por mes para cumplir con la demanda. Un equipo con una utilización entre 85% - 100% nos indica que el equipo está a punto de llegar a su capacidad máxima. Si por alguna razón falla, podremos tener problemas serios con el cumplimiento de la demanda. Idealmente, la utilización debe estar entre el 65% y el 75%.

**Tabla V. Capacidad y utilización – línea enceradora 1**

Encer1	Req.	Req unidades	Asignación	Asignación unidades	Velocidad real	Min disp.	Disp. unidades	Utilización
PSTA	172	123,876	100%	123,876	11	15,153	166,683	74%
PSTB	78	56,448	100%	56,448	11	6,905	75,954	74%
PSTC	99	70,992	50%	35,496	11	4,342	47,762	74%
		251,316		215,820		26,400	290,400	<b>74%</b>

**Tabla VI. Capacidad y utilización – línea enceradora 2**

Encer2	Req.	Req unidades	Asignación	Asignación unidades	Velocidad real	Min disp.	Disp. unidades	Utilización
PSTC	99	70,992	50%	35,496	11	4,079	44,873	79%
PSTD	143	102,996	100%	102,996	11	11,837	130,204	79%
PSTE	127	91,224	100%	91,224	11	10,484	115,323	79%
		265,212		229,716		26,400	290,400	<b>79%</b>

**Tabla VII. Capacidad y utilización – línea blisteadora 1**

Bliester 1	Req.	Req unidades	Asignación	Asignación unidades	Velocidad real	Min disp.	Disp. unidades	Utilización
PSTA	3,441	123,876	100%	123,876	64	7,340	469,773	26%
PSTB	1,176	56,448	100%	56,448	64	3,345	214,067	26%
PSTC	1,479	70,992	100%	70,992	64	4,207	269,222	26%
PSTD	2,861	102,996	100%	102,996	64	6,103	390,590	26%
PSTE	2,534	91,224	100%	91,224	64	5,405	345,948	26%
		445,536		445,536		26,400	1,689,600	<b>26%</b>

En la utilización mostrada, se puede observar que las líneas de encerado, *Encer1* y *Encer2*, deberán trabajar el 74% y 79% de su tiempo disponible respectivamente, mientras que la línea blister se utilizará un 26%.

Por lo tanto, se programarán las dos líneas de encerdado en tres turnos cortos y la línea blister en un turno corto, produciendo cinco días a la semana.

### 3.1.1. Propuesta de versiones de producción

Utilizaremos el concepto de versiones de producción, que no es mas que la asignación de una línea prioridad para la producción de cada uno de los productos que estamos analizando en este estudio. Las versiones de producción se obtienen a partir de la asignación de unidades que se hace en el estudio de capacidad y utilización. En nuestro ejercicio, la asignación de producción quedará de la siguiente manera:

**Tabla VIII. Versiones de producción y asignación**

Producto	Línea de producción	Asignación
PTA	<i>Encer1</i>	100%
PTB	<i>Encer1</i>	100%
PTC	<i>Encer1 / Encer2</i>	50% / 50%
PTD	<i>Encer2</i>	100%
PTE	<i>Encer2</i>	100%

Lo que este cuadro nos indica es que produciremos el 100% del producto A y B en la línea *Encer1*, mientras que el producto C estará dividido 50% en cada una de las líneas de encerdado. El 100% del producto D y E será producido en la línea *Encer2*. Debido a que no existe mas de una línea de producción para empaque blister, se toma la línea *Blister1* como la versión prioridad para todos los productos.

### 3.2 Nuevos parámetros de planificación de producción

Posterior a la asignación de los productos a las diferentes líneas de producción, se procede a calcular los nuevos parámetros de planificación basados en las fórmulas del sistema *pull*, las cuales se presentan a continuación:

A. **Inventario de seguridad o *safety stock*:** Es el inventario requerido para cubrir picos de demanda durante un periodo de tiempo.

A.

$$SS = \text{Factor de servicio} \times \sigma \times \sqrt{(\text{LT max})}$$

a. **Factor de servicio:** Es el número de desviaciones estándar relativos a la media, mantenidos como *stock* de seguridad. Normalmente se utiliza un factor de 2.33, lo cual significa un nivel de servicio del 99%. Esto quiere decir que de cada cien entregas, solamente 1 no se recibe.

b. **Desviación estándar:** Es la desviación estándar de la media de la demanda promedio en un periodo determinado. Se sugiere utilizar los últimos 13 datos disponibles.

c. **LT Max (tiempo de entrega máximo):** Es la raíz cuadrada del tiempo de entrega máximo. En este dato se tomara cualquier desviación del tiempo promedio.

B. ***Kanban* mínimo:** Es el nivel de inventario considerado como el punto de reorden. Cada vez que el inventario llegue debajo de este valor, se deberá crear una requisición de compra, una orden de producción o una orden de bodega.

$$K_{min} = LT \times DMD + SS$$

- a. **LT (tiempo de entrega o *lead time*):** Es el tiempo total requerido para producir y tener disponibilidad en la bodega de una caja de producto desde el momento en que se llegó abajo del  $K_{min}$ .
- b. **DMD (demanda diaria promedio o *Daily Medium Demand*):** Es la demanda promedio diaria en un periodo determinado.
- C. **Kanban máximo:** Es el nivel máximo de inventario que se deberá mantener.

$$K_{max} = \text{Lote de producción} + K_{min}$$

- a. **Lote de producción:** Es la corrida de producción óptima que se puede planificar en una línea de producción. En nuestro caso, tomaremos la producción de 2 turnos cortos para las líneas de encerdado y 1 turno corto para la línea de *blister*.

Los nuevos parámetros de planificación se muestran en las tablas IX - XI.

**Tabla IX. Nuevos parámetros *pull* – producto terminado**

Material	LT (días)	Factor de servicio	DMD (cajas)	$\sigma$	SS (cajas)	$K_{min}$ (cajas)	Lote de producción (cajas)	$K_{max}$ (cajas)
PTA	2	2.33	156	106	351	664	782	1,446
PTB	4	2.33	53	59	276	490	587	1,077
PTC	4	2.33	67	77	359	628	587	1,214
PTD	3	2.33	130	88	357	747	782	1,529
PTE	3	2.33	115	106	428	773	782	1,556

**Tabla X. Nuevos parámetros *pull* – producto semiterminado**

Material	LT (días)	Factor de servicio	DMD (cajas)	$\sigma$	SS (cajas)	Kmin (cajas)	Lote de producción (cajas)	Kmax (cajas)
PSTA	3	2.33	8	5	21	45	6	51
PSTB	4	2.33	3	3	14	24	6	30
PSTC	4	2.33	3	4	18	31	6	37
PSTD	4	2.33	7	4	21	47	7	54
PSTE	4	2.33	6	5	25	48	7	55

**Tabla XI. Nuevos parámetros *pull* – materias primas**

Material	LT (días)	DMD	$\sigma$	SS	Kmin	Lote pedido óptimo	Kmax	Unidad de medida
PALA	15	5,630	3,832	34,584	119,034	30,000	149,034	EA
PALBC	15	4,345	4,903	44,248	109,417	30,000	139,417	EA
PALDE	15	8,828	6,997	63,138	195,558	30,000	225,558	EA
CERA1	90	563	383	8,471	59,142	250	59,392	Kg
CERA2	90	225	153	3,388	23,657	250	23,907	Kg
CERBD1	90	642	517	11,418	69,218	250	69,468	Kg
CERBD2	90	229	184	4,078	24,721	250	24,971	Kg
CERCE1	90	638	640	14,155	71,616	250	71,866	Kg
CERCE2	90	228	229	5,055	25,577	250	25,827	Kg
ALAM	30	6	5	63	239	1,000	1,239	Kg
FOIL	45	2	2	25	109	200	309	Kg
CORRGRAN	7	26	22	135	318	1,000	1,318	EA
CORRA	7	156	106	656	1,751	1,000	2,751	EA
CORRB	7	53	59	365	739	1,000	1,739	EA
CORRC	7	67	77	474	945	1,000	1,945	EA
CORRD	7	130	88	545	1,455	1,000	2,455	EA
CORRE	7	115	106	653	1,460	1,000	2,460	EA
RESA	25	1,126	766	8,929	37,080	25,000	62,080	EA
RESB	25	513	569	6,626	19,451	25,000	44,451	EA
RESC	25	646	739	8,606	24,746	25,000	49,746	EA
RESD	25	936	636	7,410	30,820	25,000	55,820	EA
RESE	25	829	763	8,892	29,622	25,000	54,622	EA
DISPA	30	469	319	4,076	18,151	15,000	33,151	EA
DISPB	30	214	237	3,025	9,437	15,000	24,437	EA
DISPC	30	269	308	3,928	11,998	15,000	26,998	EA
DISPD	30	390	265	3,382	15,087	15,000	30,087	EA
DISPE	30	345	318	4,059	14,424	15,000	29,424	EA



El factor de servicio utilizado en la tabla anterior es de 2.33, al igual que en las tablas anteriores.

### 3.3 Indicadores clave de desempeño KPI's

Para medir el desempeño de los nuevos parámetros del sistema *pull* se utilizarán los siguientes indicadores clave de desempeño:

- a) **Cumplimiento de entrega:** Este índice medirá el cumplimiento de las órdenes de producción. Cada vez que el nivel de inventario llegue al Kmin, se generará una orden de producción, la cual debe ser suplida en un tiempo no mayor que el LT establecido en los nuevos parámetros. Se obtendrá un **1** si se cumple con la propuesta y un **0** si no se llegara a cumplir. Con esto determinaremos si el tiempo establecido es suficiente para responder con la demanda. El objetivo es tener un **97%** de cumplimiento de entrega.
  
- b) **Cumplimiento de cajas:** Directamente en el área de servicio al cliente, se medirá este parámetro, el cual indicará cuantas cajas se dejaron de vender porque el cliente llegó a la bodega y no había producto. La fórmula para calcularlo será la siguiente:

$$CC = (1 - \text{Cajas perdidas} / \text{Cajas ordenadas}) * 100$$

El objetivo es tener un **97%** en el cumplimiento de cajas.

Estos indicadores ayudarán a monitorear dos áreas sumamente importantes dentro del proceso de producción: el cumplimiento a la bodega con las órdenes de producción en el momento en que se genera el requerimiento y el cumplimiento de las entregas a los clientes.

Este es el objetivo principal a conseguir con la implementación del sistema *pull*. Adicional a esto, se podrá observar en el capítulo 4 que existirán otro tipo de formatos de control de la producción que nos ayudaran a monitorear de mejor manera el desempeño de los equipos y el cumplimiento de los proveedores.

Estas dos áreas son importantes debido a que son variables de las que se alimenta directamente el sistema *pull*. Si alguna de estas dos fallara, el sistema comenzará a proporcionar información errónea y no se podrán llenar las expectativas para las que fue implementado. Es importante, como se observará en el capítulo 5, dar el debido seguimiento a cada uno de los parámetros, de modo que el sistema se mantenga afinado y al día. Si esto es así, se puede garantizar un cumplimiento alto en cuanto a servicio al cliente.



## 4. IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS

### 4.1 Nuevos parámetros de planificación

Se procede a la actualización de los nuevos parámetros de planificación en el sistema SAP que se utiliza para la administración de la producción de la planta. Este sistema utiliza la modalidad de MRP y la planificación de la producción es la consecuencia de accionar las ordenes planeadas generadas después de que el nivel de inventario cae por debajo del Kmin, considerado como punto de reorden. Cada corrida de MRP en SAP busca campos específicos en los que se deberán incluir los parámetros calculados de la siguiente manera:

Kmin	-	<i>Safety Stock</i>
Lote de producción	-	<i>Minimum Lot Size</i>
LT	-	<i>Planned delivery time</i>
DMD	-	Calculo automático

#### 4.1.1 Planeación de requerimiento de materiales o MRP

El MRP o *Materials Requirements Planning* es una metodología de planeación de materiales desarrollada en los años 70's haciendo uso de la tecnología de computadoras. Las principales características de MRP son: la creación de requerimientos de materiales a través de la explosión de una lista de materiales y la programación de requerimientos utilizando tiempos de entrega promedio.

MRP II fue desarrollado como la segunda generación de MRP y este caracteriza el sistema de ciclo cerrado: la planificación de producción maneja la programación maestra, la cual maneja el plan de materiales que es la entrada para el plan de capacidades. La retroalimentación del ciclo provee información para los niveles superiores.

Las técnicas de MRP llevaron esencialmente al desarrollo de paquetes de software para la administración de producción, utilizando bases de datos integradas. Estos sistemas involucraron lo que ahora se conoce como ERP o *Enterprise Resource Planning Systems*.

En la operación de MRP II, los pronósticos son combinados y ajustados para las ordenes del cliente, y alimentados al modulo maestro de programación. Una vez el programador maestro esta programado, el MRP procede a explosionar las listas de materiales, usualmente a media noche o en fines de semana., desarrollando los requerimientos de materiales. El requerimiento de materiales alimenta el modulo de planificación de capacidad, el cual prueba la programación desarrollada por MRP y la compara con la capacidad actual. Este ciclo crea dos alternativas: incrementar la capacidad o ajustar el programa maestro.

MRP de cualquier generación asume un sistema de datos finamente ajustado, lo cual muy raras veces sucede. También utiliza tiempos de entrega, los cuales no son totalmente fiables ya que son dinámicos y cambian diariamente. MRP asume capacidad infinita y esto es irreal y dificulta la administración. El resultado final es usualmente un incremento de inventario causado por la fabricación de productos equivocados, que fue el motivo de diseño de MRP.

Una razón para la generación de exceso de inventario es que el sistema de datos y la exactitud requerida para que MRP corra apropiadamente es difícil de mantener.

Además requiere des-apresuradores para prevenir el sobre inventario, el cual es provocado porque a menudo es tratado con menor prioridad. Finalmente MRP, utilizando metodología de punto de reorden basado en el tiempo, es un sistema *push* que asume demandas reactivas en lugar de una verdadera demanda. Cuando se maneja por pronósticos, reacciona produciendo partes que, espera, sean necesitadas. Al implementar el sistema *pull* en SAP se obtiene una mezcla de programas que permite tener una explosión de materiales correcta, con factores de desperdicio, reprocesos, etc. y una planificación de producción bastante acertada, basada en la modalidad de tiempos de reposición.

#### **4.1.2 Actividades de planeación de producción**

Posterior al ingreso de los nuevos parámetros al sistema de planificación, se deben establecer las actividades a realizar y su frecuencia, ya que es necesario darle el respectivo seguimiento a cada una de las actividades junto a los índices establecidos en el capítulo 3. Las actividades de plantación de la producción incluyen la introducción de los materiales a las líneas, así como la compra de la materia prima, que por no ser motivo de estudio en este documento, no se tocara tan a fondo.

El planificador de producción debe tener al menos tres horizontes de planeación claramente definidos, que son: Plan anual, Plan mensual y Plan semanal. Cada uno de ellos debe ser debidamente analizado por las personas involucradas en el proceso de producción, pero principalmente al planificador le servirá como un mapa global del rumbo a seguir de la planta. También deben ser actualizados periódicamente, proveyendo un ultimo estimado que servirá como parámetro para evaluar el rendimiento de la planta y el cumplimiento de las cantidades presupuestadas. A continuación se detallan cada uno de los planes a revisar en la producción de cepillos:

#### 4.1.2.1 Plan anual

Se debe realizar una planificación anual estimada, basada en la demanda promedio de los productos y la eficiencia actual de los equipos en los que se va a producir. Adicional a esto se deberán revisar los resultados de los índices de cumplimiento y el valor del inventario, tanto de materia prima como de producto terminado, para verificar que no se haya estado por arriba de las cantidades objetivo. Recordemos que esta es una variable directamente relacionada al manejo y administración del sistema *pull*. Ya que el valor del inventario puede estar afectado por el tiempo de reposición de inventario, se hará una revisión de las eficiencias de la planta y del cumplimiento de los proveedores, tanto tiempo de entrega como en cantidades.

En la tabla XII se presenta la forma a presentar del plan anual de producción, tomando como base los resultados obtenidos con el promedio de ventas en el capítulo 2.

**Tabla XII. Plan de producción anual**

Prod.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	UE	Presup.
PTA														40,551
PTB														14,202
PTC														17,582
PTD														30,412
PTE														29,026

La columna de presupuesto se genera a partir del promedio mensual de producción multiplicado por 12 (meses del año). Mensualmente se llenan las casillas de la producción de cada producto y por formula se actualiza la columna UE, que es igual al promedio de las producciones mensuales, multiplicadas por 12. Se puede agregar al lado una columna con el cumplimiento de producción, comparado con el presupuesto, con el objeto de monitorear el avance y la exactitud del plan anual.

#### 4.1.2.2 Plan mensual

Mensualmente se debe realizar la revisión de la producción del mes anterior y del impacto que esta tiene sobre los nuevos promedios de producción. Si fuese un dato muy alejado del promedio establecido en el capítulo 2, se debe investigar si durante el mes existió algún evento que haya podido afectar, ya sea aumentando o disminuyendo, el desempeño de la producción.

Diariamente se actualizara la tabla XIII, la cual ayudará a llevar un control permanente de la producción y alimentara el sistema en lo referente a eficiencias y tiempos de entrega de los productos a la bodega.

Se deber revisar mensualmente las eficiencias de los equipos, ya que este es un elemento indispensable para el cumplimiento del programa mensual de producción. Si existiera algún cambio negativo se deben investigar las causas y verificar por qué el equipo no es capaz de cumplir con la eficiencia establecida inicialmente. Si el cambio es positivo, se deben tener al menos 3 meses con una eficiencia similar para poder validarlo y hacer los cambios en el sistema. Esto servirá para tener un panorama claro de las utilizaciones que tienen los equipos y si es necesario realizar alguna inversión para mejorar el proceso.

Se debe tomar en cuenta que si hay algún cambio en el tiempo de entrega de los productos o en la eficiencia de los equipos, los parámetros de *pull* deben ser actualizados para que no se generen problemas posteriores.

Para cada producto debe evaluarse su comportamiento durante el mes y el cumplimiento de los parámetros establecidos en el sistema: *Kmin*, *Kmax* y *Safety Stock*. Es muy importante crear la cultura de respeto hacia estos parámetros para garantizar el funcionamiento completo del sistema.



**Tabla XIII. Evaluación plan mensual de producción**

**PLAN DE PRODUCCIÓN MENSUAL  
PLANTA DE CEPILLOS**

		Acumulado	Promedio	Cumplimiento
PTA	Producción		3,379	
PTB	Producción		1,183	
PTC	Producción		1,465	
PTD	Producción		2,534	
PTE	Producción		2,419	

El acumulado es igual a la sumatoria de la producción diaria, el promedio es el obtenido en el capítulo 2 y el cumplimiento es igual a la división del acumulado dentro del promedio. De este modo podemos observar el comportamiento de cada producto diariamente.

**4.1.2.3 Plan semanal**

Semanalmente se verificarán las órdenes planeadas de producción, que son las generadas por el sistema cuando el nivel de inventario llega al *Kmin* o está por debajo de él. A partir de las órdenes planeadas, se procede a la creación de órdenes de producción en firme, con la fecha y turno en que será ejecutada.

El uso de órdenes de producción permite a la vez medir el cumplimiento de las líneas de producción, ya que se toma la cantidad estándar a producir y se verifica que el equipo la haya cumplido. Al haber creado el plan de producción, antes de ponerlo en firme, se debe hacer la revisión de materiales, de modo que estos no hagan falta durante el proceso. MRP hace la explosión de los mismos y lo que se debe tener es un estricto control para que los inventario generados en el sistema sean los correctos y no contengan “basura” o datos falsos.

Si faltasen materiales para el cumplimiento del plan, se deben generar las órdenes de compra correspondientes y programar las entregas. Posteriormente se colocará en firme el plan semanal y se comunicará a las personas encargadas de su ejecución. En la tabla XIV se presenta un formato de plan semanal de producción sugerido.

**Tabla XIV. Plan de producción semanal blisteadora**

**PLANTA DE CEPILLOS  
LÍNEA BLISTEADORA**

		L			M			M			J			V			S			D			Total	Cumplimiento	
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
PTA	Programado																								
	Real																								
PTB	Programado																								
	Real																								
PTC	Programado																								
	Real																								
PTD	Programado																								
	Real																								
PTE	Programado																								
	Real																								

Para cada día de la semana, se encuentran los 3 turnos cortos a trabajar. En la fila superior se coloca la cantidad programada y en la inferior la cantidad real producida. A partir de los totales se genera el porcentaje de cumplimiento con el plan. Se presentan a continuación los planes de producción para las líneas enceradoras.

**Tabla XV. Plan de producción semanal línea enceradora 1**

**PLANTA DE CEPILLOS  
LÍNEA ENCERDADORA 1**

		L			M			M			J			V			S			D			Total	Cumplimiento
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
PSTA	Programado																							
	Real																							
PSTB	Programado																							
	Real																							
PSTC	Programado																							
	Real																							

**Tabla XVI. Plan de producción semanal línea enceradora 2**

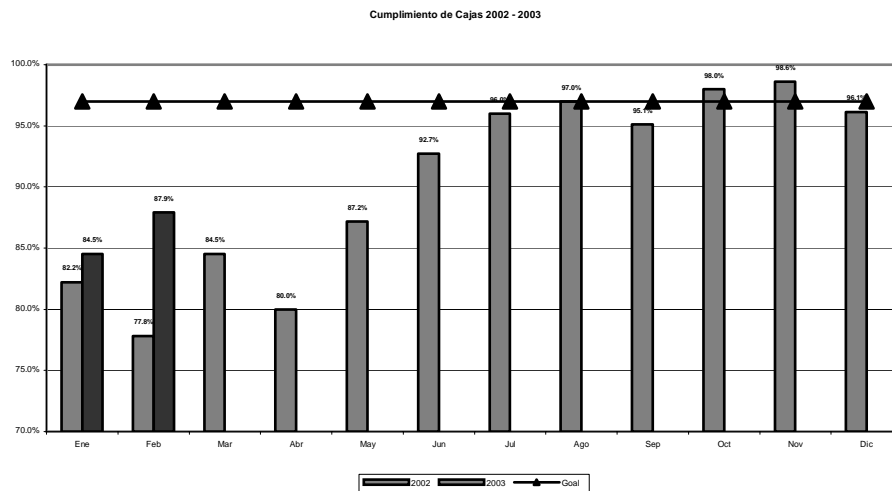
**PLANTA DE CEPILLOS  
LÍNEA ENCERDADORA 2**

		L			M			M			J			V			S			D			Total	Cumplimiento
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
PSTC	Programado																							
	Real																							
PSTD	Programado																							
	Real																							
PSTE	Programado																							
	Real																							

## 4.2 Indicadores clave de desempeño

El indicador clave de desempeño utilizado actualmente en la producción de la planta es el cumplimiento de cajas. En la figura 8 se presenta la grafica de desempeño del mismo desde enero 2002 a febrero 2003. Este indicador nos permite evaluar de una manera clara, el cumplimiento que hemos tenido durante los últimos meses con nuestros clientes.

**Figura 8. Cumplimiento de cajas (enero 2002 – febrero 2003)**



Como se observa en la gráfica, ha existido alguna tendencia positiva ya en los últimos meses de producción del 2002, sin embargo, el arranque del 2003 fue bastante malo. Esto se debe al comportamiento de la demanda, pues en el mes de enero se inicia con los inventario prácticamente en 0 y se requiere una alta cantidad de productos, mientras que en los últimos meses del año, el desempeño de los equipos ha mejorado, se tiene un mejor inventario y la demanda es menor. El objetivo del sistema *pull* es estabilizar este factor de servicio, permitiendo, por medio de la reposición de inventarios, que haya producto siempre, no importando la época del año que se este pasando.

#### 4.2.1 Diferencias real vs. proyectado

Existe bastante diferencia entre el porcentaje proyectado y el real, principalmente en los primeros meses del año. Esto se debe a que no existe un buffer que garantice la existencia de producto en todos los meses del año, sino que solamente se está cubriendo la demanda inmediata.

Este inventario de seguridad está tomado dentro de la demanda histórica que se utiliza para calcular los nuevos parámetros de *pull*, por lo tanto, se puede esperar con toda certeza que los resultados a partir del mes de marzo pueden mejorar.

Es importante mencionar que se necesita conocer bastante bien el comportamiento del producto en el tiempo, ya que puede ocurrir también que el aumento del porcentaje de cumplimiento se deba a que bajó la demanda y se pudo suplir más rápido y eficientemente al cliente. En este caso, se conoce que no es así, sino que la planta va conociendo mejor el mercado conforme pasa el tiempo, las negociaciones se hacen con un mejor panorama y la disponibilidad de las líneas mejora debido a mejores planes de mantenimiento, programas de producción, etc.

El análisis de los resultados obtenidos es una fuente confiable de información para promover un plan de mejora continua, tema que será desarrollado en el capítulo 5. Esto es necesario realizarlo debido al principio de la ingeniería que nos hace ver que todo proceso actual puede ser mejorado. Vale la pena mencionar, para la persona o institución que desee implementar este sistema en sus procesos, que si no se tiene un conocimiento pleno del sistema *pull*, el significado de sus parámetros, la interpretación de los resultados de los indicadores de desempeño y del comportamiento de los equipos, no se puede esperar una implementación satisfactoria, una mejora en los resultados de los procesos y un plan de mejora continua.

En el capítulo 5 se presenta un plan de capacitación para el personal encargado de llevar a cabo la tarea de introducción el sistema *pull* en las actividades de planificación de la producción. La correcta implementación del sistema *pull* garantizará la confiabilidad de los resultados obtenidos en los indicadores clave de desempeño y permitirá tener un análisis claro y certero para la toma de decisiones. Esto es necesario mantenerlo presente, ya que tanto los clientes como la demanda, son elementos variables.



## 5. EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO

### 5.1 Monitoreo del sistema

El sistema *pull* requiere de parte del administrador un monitoreo constante de los parámetros que lo hacen funcionar. Esto es sumamente importante debido a que la decisión de producir o no producir la genera el mismo sistema. Con los cuadros de planificación mensual y anual presentados en el capítulo 4, se puede actualizar el promedio de producción y posteriormente, cada uno de los parámetros. Es necesario llevar un control maestro de los cambios llevados a cabo, ya que esto nos permitirá ir conociendo si nuestro mercado tiene algún comportamiento cíclico o bien, de que manera se ha desarrollado.

Por otra parte, deben monitorearse los tiempos de entrega de producto en las líneas de producción, pues la exactitud de este parámetro también permite que el sistema *pull* cumpla con el objetivo trazado.

Otra variable crítica a monitorear es el tiempo de reposición de los proveedores de la materia prima. Vale la pena recordar que el sistema *pull* también nos ayuda a mantener un nivel óptimo de inventario, pero este se puede ver afectado si los proveedores nos están obligando, ya sea por calidad o tiempo de entrega, a tener órdenes de compra más grandes de lo requerido y más seguidas.

Diariamente se debe de hacer la revisión de los niveles de inventario y asegurarse que el producto reportado, físicamente exista.



Ya que el sistema genera las órdenes planeadas de producción, lo que se requiere es que diariamente se enlisten y se confirmen las que se van a realizar en la siguiente semana, según lo establecido en el plan semanal presentado en el capítulo 4.

En el caso de materias primas, al realizar la explosión de materiales, el mismo sistema genera las sugerencias de compra, las cuales se deben confirmar creando la orden de compra del material y enviándola a l proveedor.

Si una orden de producción o una orden de compra de materiales, por cualquier motivo no se llegara a cumplir, debe ser eliminada del sistema, ya que SAP asume que es un inventario que en un futuro ingresará al sistema y lo tomará en cuenta en el momento de hacer la explosión de materiales.

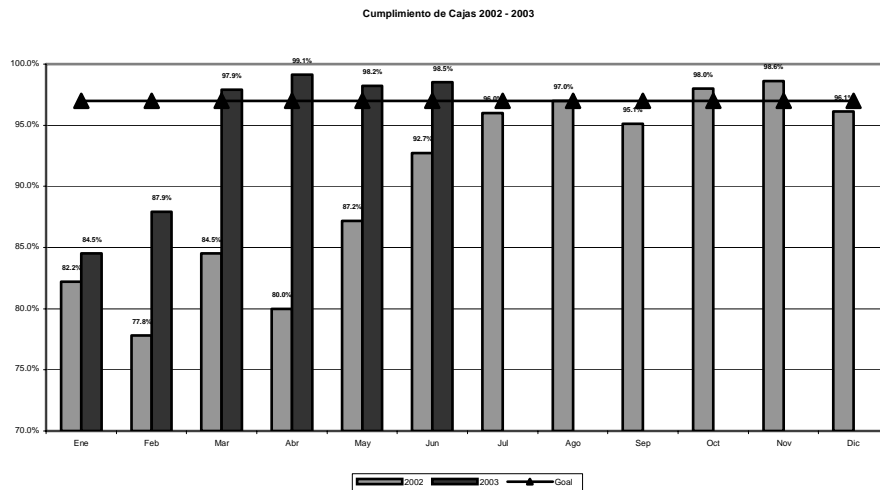
Al llevar un monitoreo diario de las actividades de planificación bajo el sistema *pull*, se puede garantizar que los indicadores de desempeño van a ser un vivo reflejo del trabajo diario de la planta, alcanzando los niveles deseados y cumpliendo con los requerimientos de calidad y tiempo de entrega.

## **5.2 Resultados de indicadores clave de desempeño**

Luego de la implementación del sistema *pull* en las actividades de planificación de la producción de cepillos dentales, se procedió a dar seguimiento a los indicadores clave de desempeño. Como se mencionó anteriormente, el indicador de cumplimiento de cajas ya existía y el objetivo es tenerlo arriba de un 97%

Se presenta a continuación el cuadro con los nuevos resultados de cumplimiento de cajas, a partir del mes de marzo 2003:

**Figura 9. Cumplimiento de cajas (enero 2002 – junio 2003)**

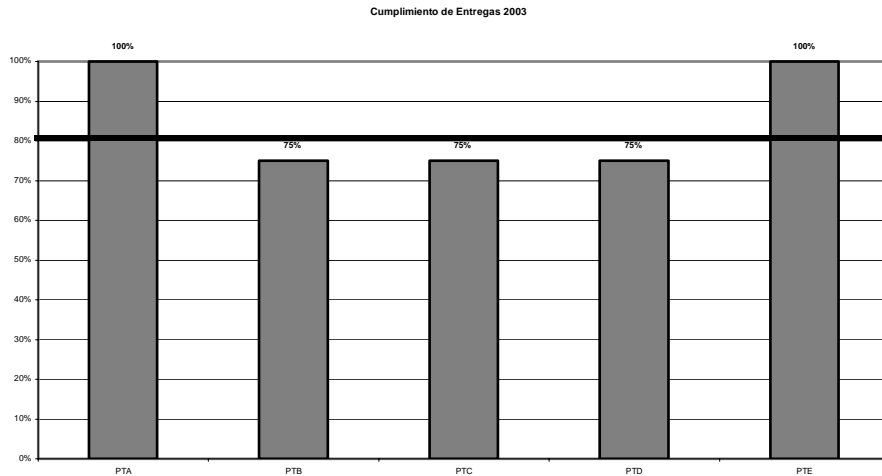


Como puede observarse, existe una notable mejoría en el nivel de cumplimiento a los clientes durante los meses de marzo a julio. Esto debido a la introducción del sistema *pull* en las actividades de planificación.

Ya que los resultados son consistentes en esta área, podemos asegurar que los parámetros *pull* para estos productos son los correctos a utilizar. Además, nos garantizan que vamos a poder cumplir con picos de demanda o crecimientos no programados dentro de un período de tiempo. Sin embargo, existe todavía un pequeño margen que no nos está permitiendo llegar a obtener el 100% en los resultados. Al observar los resultados del indicador de cumplimiento de entregas, podemos observar que no todos los productos han tenido un 100%, lo que nos indica que, aunque se han producido, no están llegando exactamente a tiempo. Así se demuestra la relación que existe entre estos dos indicadores .

Se presenta a continuación el cuadro con los resultados de cumplimiento de entregas, indicador que se comenzó a utilizar a partir del mes de marzo:

**Figura 10. Cumplimiento de entregas (marzo 2003 – junio 2003)**



Como se observa en el cuadro, los resultados acumulados al mes de junio muestran que solamente en el producto A y E se ha podido cumplir con el 100% de las entregas en los días ofrecidos. En los productos B, C y D los resultados no son tan malos, tomando en cuenta que solamente un mes no se ha podido llegar al objetivo de ordenes cumplidas.

Es necesario cumplir con el tiempo de entrega de los productos para poder garantizar que el cumplimiento de cajas va a estar mucho mas cerca del 100%.

### **5.3 Mejora continua**

Como parte del proceso de mejora continua que cada una de las actividades que realizamos debe tener, se debe tomar en cuenta los resultados obtenidos en el indicador de cumplimiento de entregas. El no haber tenido un 100% en las entregas de producto nos esta provocando algunos espacios de tiempo en los que la bodega se queda sin producto para poder suministrarlo a los clientes, y esto genera cancelaciones de venta. Si

la planta mejora este indicador, es muy probable que en los próximos meses se estén alcanzando niveles mucho mejores de cumplimiento de cajas.

También se debe tomar en cuenta que en un sistema tan complejo como *pull*, ningún parámetro permanece constante por un largo periodo de tiempo. Se debe mantener esa agilidad que posee el sistema, actualizando periódicamente los parámetros utilizados, las tasas de producción, los tiempos de entrega, etc. Esto no solo queda en actualización de los mismos, sino en la mejora que pueda haber en cada uno de estos parámetros.

Es importante observar que si pueden haber procesos mucho más rápidos, ya sean de producción o de compra de materia prima, permitirán al planificador de producción reducir los tiempos de reposición y por lo tanto, suplirá en menos tiempo el inventario de cada producto. Esto se puede lograr a partir de los estudios de tiempos y movimientos en las líneas de producción, ya que aunque el proceso es en maquinas, existen operaciones manuales que pueden estar atrasando el despacho de los productos. En cuanto a los proveedores, se debe solicitar al departamento de compras de la compañía, que cotice nuevas opciones de compra, pudiendo comparar, además del precio y la calidad, el tiempo de entrega. Si se llega a tener un tiempo de entrega menor, el impacto se verá directamente en el flujo de efectivo de la compañía, ya que el valor del inventario se verá disminuido pues las compras pueden hacerse por menor cantidad y en periodos de tiempo reducidos.

#### **5.4 Parámetros de planificación**

Al realizar la revisión de los resultados obtenidos en los meses de marzo a julio 2003, se observa que el promedio de producción se ha mantenido estable. A continuación se presenta el cuadro comparativo de los promedios de producción obtenidos en febrero 2003 y los nuevos promedios a junio 2003:

**Tabla XVII. Nuevos promedios de producción junio 2003**

<b>Producto</b>	<b>Febrero 2003</b>	<b>Junio 2003</b>
A	3,441	3,379
B	1,176	1,183
C	1,479	1,465
D	2,861	2,534
E	2,534	2,419

Considerando que ninguna diferencia es mayor al +/- 10%, se recomienda mantener los parámetros de *pull* para el mes de julio en los valores actuales, ya que los resultados están siendo positivos. Se deberá realizar la siguiente revisión en los primeros días del mes de agosto para verificar que no haya cambios significativos en el nuevo sistema implementado.

Si se hubiera obtenido un resultado con una diferencia mayor al +/- 10%, lo que procede es realizar una actualización inmediata de cada uno de los parámetros del sistema *pull*, ya que de lo contrario, se corre el riesgo de no cumplir con la venta o de excederse en los niveles de inventario, debido a la variabilidad que pudo haber tenido la demanda durante los meses que han pasado.

Para esa actualización, deben llenarse nuevamente las tablas presentadas en el capítulo 3 y actualizar los datos en el sistema. La ventaja que ofrece esta actualización es que, como MRP corre cada noche, al día siguiente ya se generarán las órdenes sugeridas por el sistema para poder poner en firme el plan de producción, es decir, que el tiempo de respuesta ante un cambio en la demanda es de una semana aproximadamente. Esto va muy en línea con una de las ventajas del sistema *pull*, que es la versatilidad del mismo y su rápida adaptación a los cambios en la demanda.

## **5.5 Plan de capacitación en el sistema *pull***

Debido a la necesidad de implementar el sistema *pull* en la planificación de producción de cepillos dentales y con el principal objetivo de obtener los resultados en el menor plazo posible, se presenta un plan de capacitación en las actividades de planificación, el cual puede ser implementado no solamente en este producto, sino en cada uno de los productos que se deseen planificar a través de este mismo sistema.

En la figura se presenta el diagrama de bloques del proceso de capacitación en la planificación de actividades de producción en el sistema *pull*. Este se puede llevar a cabo en el área de trabajo de planificador a planificador, sin embargo, también se puede presentar con un grupo de personas, recomendando solamente que se incluya dentro de la capacitación una práctica en el área de trabajo, ya que existen conceptos que solamente se aclaran al tener la visión del sistema completo.

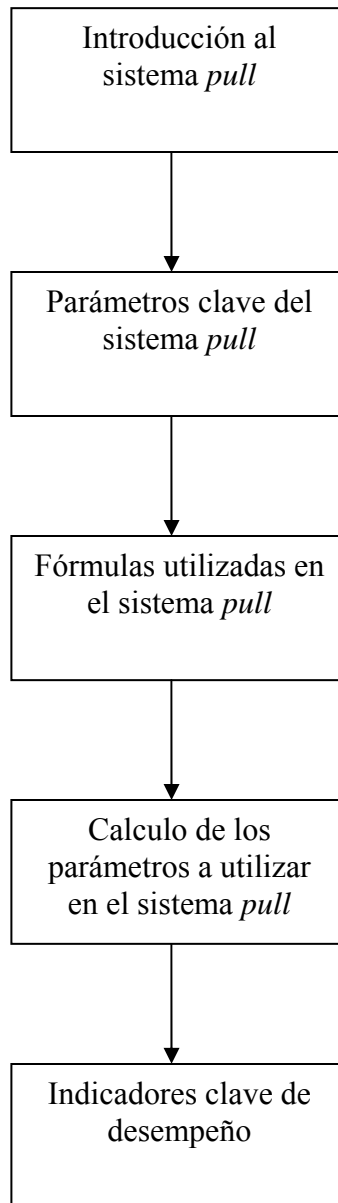
A continuación se presenta el contenido de cada una de las sesiones a manejar en el plan de capacitación, el cual está diseñado para cubrirse en 5 pasos.

### **5.5.1 Introducción al sistema *pull***

Se realizará en la primera parte de la capacitación y el objetivo es presentar las generalidades del sistema *pull*, beneficios, ventajas y desventajas. Los conceptos a presentar pueden obtenerse a partir de la información contenida en el capítulo 1. En esta parte es importante que los asistentes entiendan plenamente el sentido de la implementación del sistema y reconozca los beneficios a obtener, tanto para la empresa como para sus labores diarias. Se sugiere crear un ambiente de participación para dar un mayor valor agregado a esta primera parte, ya que se promueve el aprendizaje a partir de los comentarios y experiencias de los demás participantes.

**Figura 11. Diagrama de bloques – capacitación sistema *pull***

**DIAGRAMA DE BLOQUES  
PLAN DE CAPACITACIÓN  
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA *PULL***



**Figura 12. Diapositiva 1 capacitación *pull***

- ¿Que es el sistema *pull*?
- ¿En qué consiste el sistema *pull*
- ¿Cuáles son los beneficios al implementar el sistema *pull* en las actividades de planificación?
- ¿Qué ventajas ofrece el sistema *pull* sobre modelos alternativos?
- ¿Qué desventajas tiene el sistema *pull*?

### **5.5.2 Parámetros clave del sistema *pull***

En esta segunda parte del plan de capacitación, se debe presentar a los involucrados los parámetros que se utilizan en el sistema *pull* y su interpretación. Se debe indicar la funcionalidad de cada uno de ellos y presentar las variables por las que se ven afectados. En este caso, la presentación es bastante teórica, sin embargo, se debe promover la participación de los asistentes con el objeto de analizar el impacto de las variables utilizadas en el parámetro estudiado. Por ejemplo, en el caso del inventario de seguridad, qué papel juega la demanda para que este factor se vea aumentado o disminuido. Qué impacto tiene si la demanda sube en el balance de los inventario y principalmente en el valor de los mismos? No debe dejarse por un lado el valor que dan las aportaciones de los asistentes a la implementación del sistema.



**Figura 13. Diapositiva 2 capacitación *pull***

- Inventario de Seguridad o *safety stock*
  - Factor de servicio
  - Desviación estándar
  - Tiempo de entrega
- *Kanban* mínimo
  - Demanda diaria promedio
  - Tiempo de entrega
- *Kanban* máximo
  - Lote de producción

### 5.5.3 Fórmulas del sistema *pull*

Se presentarán las fórmulas utilizadas en el sistema *pull*, las cuales se utilizarán para hacer el cálculo de los parámetros a utilizar en las actividades de planificación.

**Figura 14. Diapositiva 3 capacitación *pull***

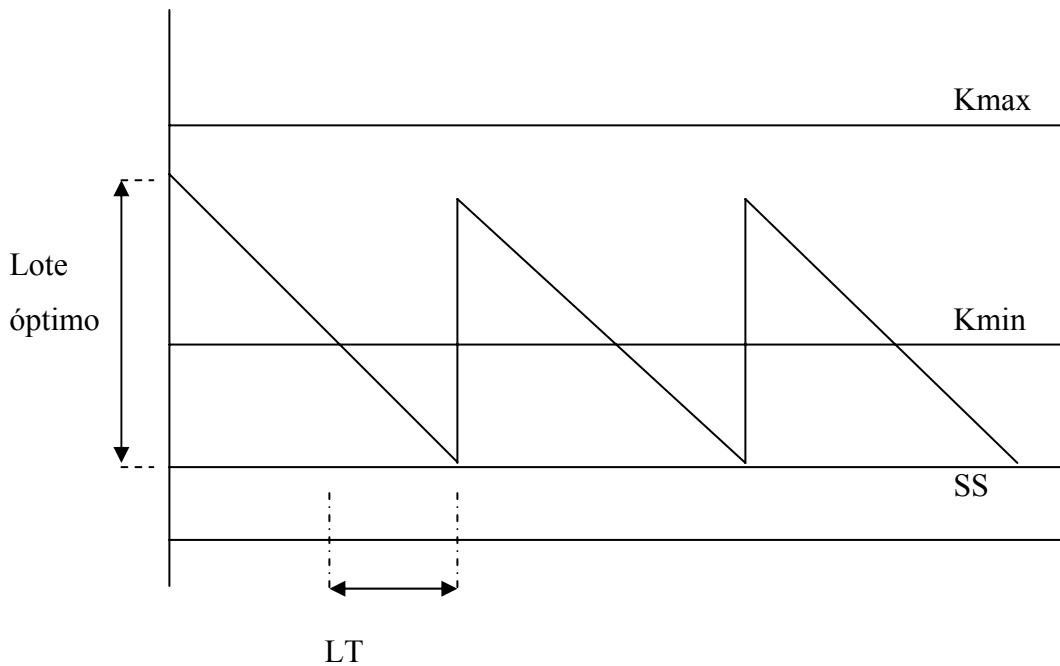
- Inventario de seguridad o *safety stock*
  - $SS = \text{Factor de servicio} \times \sigma \times \sqrt{LT \text{ max}}$
- *Kanban* mínimo
  - $K_{\text{min}} = LT \times DMD \times SS$
- *Kanban* máximo
  - $K_{\text{max}} = \text{Lote de producción} + K_{\text{min}}$

### 5.5.4 Cálculo de los parámetros a utilizar en el sistema *pull*

Esta sección consiste en aplicar las fórmulas del sistema *pull* a los datos reales, los cuales deben obtenerse a partir de los resultados históricos de la producción. El primer dato que se debe obtener es el promedio de demanda de los últimos 13 datos disponibles. A partir de este dato se generan los siguientes necesarios para el cálculo de los parámetros. En esta misma sección se debe explicar su uso e interpretación, relacionándolo con la siguiente gráfica.

Es importante hacer ver el impacto que el manejo de *pull* tiene en el inventario, ya que al contar con un nivel máximo, nos estamos asegurando que no deberíamos pasar de cierto valor previamente calculado. Esto ayuda a tener una mejor planificación e incluso es muy útil para las áreas contables de la compañía.

**Figura 15. Interpretación de los parámetros del sistema *pull***



**Figura 16. Diapositiva 4 capacitación *pull***

- Recopilación de datos históricos de demanda (13 datos anteriores)
- Cálculo del promedio simple de la demanda histórica
- Cálculo de la desviación estándar de los datos de demanda
- Cálculo de parámetros para el sistema *pull*
- Implementación de *pull* en el sistema de planificación

### **5.5.5 Indicadores clave de desempeño**

Como última parte del plan de capacitación en el sistema *pull*, se deben presentar los indicadores clave de desempeño. Estos nacen a partir de las variables que se desean medir. En el caso de este estudio, es el cumplimiento de cajas y el cumplimiento de entregas. Se presentan las fórmulas a utilizar para el cálculo de los mismos, la interpretación de los resultados y los objetivos.

**Figura 17. Diapositiva 5 capacitación *pull***

- Cumplimiento de entrega
  - Concepto
  - Objetivo
- Cumplimiento de cajas
  - Concepto
  - Fórmula:  $CC = (1 - \text{Cajas perdidas} / \text{Cajas ordenadas}) * 100$
  - Objetivo

Al seguir paso a paso el plan de capacitación presentado, se considera que la persona está totalmente preparada para iniciar las actividades de planificación de la producción. Si fuera necesario, se puede considerar algún tipo de evaluación, con el objeto de conocer las áreas de mejora. Además, es importante mantener un sistema de retroalimentación hacia la persona encargada de planificación y de reforzamiento de los conceptos adquiridos.

## **5.6 Plan de producción**

Debido a la estabilidad de los parámetros del sistema *pull* obtenidos, el plan de producción deberá mantenerse bajo la condición actual, operando las líneas de encajado tres turnos cortos y la línea de *blister 1* turno corto de lunes a viernes.

El plan debe ser entregado al operador de cada línea de producción al finalizar la jornada del día anterior al que será ejecutado. Además, deberá ser verificado el cumplimiento de las cantidades planeadas, ya que esto deberá coincidir con el lote de producción establecido en los parámetros del sistema *pull*. Si no se obtuvieran los resultados, se deberán recalcular las cantidades con el objeto de tener un análisis más realista y verídico.

Para la realización del plan de producción, se deben revisar los niveles de inventario diariamente, se toman las órdenes colocadas en firme y creando las ordenes de producción que serán utilizadas día siguiente. De la misma manera, semanalmente se hará una revisión con 7 días de horizonte, dejando en firme el plan para toda la semana. De preferencia debe realizarse esta tarea los días jueves, tomando en cuenta que la semana arranca lunes y termina domingo. Previo al inicio del turno de producción, se deben liberar las órdenes de producción para que pueda ser reportada la producción. El plan de producción diario se presenta en la figura .

**Tabla XVIII . Plan diario de producción**

**PLAN DIARIO DE PRODUCCIÓN  
PLANTA DE CEPILLOS**

Fecha		1	2	3	Total	Cumplimiento
LE1	Programado					
	Real					
LE2	Programado					
	Real					
LB1	Programado					
	Real					

Se coloca la fecha a la que corresponde el plan de producción y se entrega a los operadores. La fila LE1 corresponde a la línea enceradora 1, la fila LE2 corresponde a la línea enceradora 2 y la fila LB1 corresponde a la línea *bliteadora* 1. En el cuadro de programado se coloca el producto que se va a fabricar y en las siguientes casillas se indica el esperado de producción por turno.

El operador deberá colocar en la fila de real los datos obtenidos durante su turno al final del mismo. Al terminar el tercer turno, se totalizará la suma de las producciones y se calculará el cumplimiento con plan de producción. Esto deberá realizarse diariamente y se verificará que la información reportada sea real y correcta.

Adicional al plan de producción se llenará la información en el reporte de producción, el cual permitirá posteriormente al planificador y al encargado de productividad, calcular las eficiencias obtenidas y decidirá si es necesario cambiar los parámetros de producción establecidos en el sistema *pull*. Si esto llegara a realizarse, se deben calcular nuevamente los tiempos de entregas de los productos, ya que se pueden ver afectados por tener una baja eficiencia en los equipos.

Se debe solicitar al operador del equipo que si hubiese algún problema en las líneas de producción, sea indicado en el reporte de producción, el cual debe ser revisado diariamente por el encargado de productividad de la planta, reportando a donde corresponde cada uno de los problemas. Esto contribuirá claramente a mejorar la productividad de la planta y por ende, el servicio al cliente que podamos ofrecer, al llevar el producto en la bodega en menos tiempo y en mayor cantidad.



## CONCLUSIONES

1. Al introducir el sistema *pull* en las actividades de planificación de la producción de cepillos dentales se puede observar una mejora significativa en los indicadores de desempeño de servicio al cliente, de un 85% promedio en febrero 2003 a un 98.4% promedio a junio 2003.
2. A partir del uso de *pull* en las actividades de planificación se observó una mejor planificación de los turnos de producción, reduciendo a cinco días a la semana la programación de los equipos y del personal.
3. El sistema *pull* contribuye a la mejora continua de una empresa, permitiendo adaptarse a los requerimientos del cliente y proveyéndole un mejor servicio. Esto se observa en la mejoría y estabilidad del indicador de cumplimiento de entregas.
4. El uso de *pull* en las actividades de planificación permite optimizar al máximo los lotes de compra y las corridas de producción, reduciendo así los niveles de inventario sin descuidar el servicio al cliente ni la calidad.
5. Uno de los beneficios del uso del sistema *pull* como herramienta en la planificación de la producción se encuentra en la reducción de los tiempos de reposición de inventarios de producto terminado, a partir del ordenamiento de la compra de materia prima, mejoramiento del proceso productivo y optimización de los recursos de la empresa.



6. Los procesos en línea son más productivos al introducir el sistema *pull*, ya que evita niveles excesivos de inventario de producto en proceso y materia prima y además ayuda consistentemente a eliminar los tiempos muertos en las líneas, lo cual representa un costo para las empresas.
7. La programación de la producción se vuelve una tarea mucho más simple y efectiva, pues se produce solamente lo que ha llegado a su punto de reorden o está en un nivel inferior al mismo. En el caso de las materias primas, se compra solamente lo necesario para la producción, reduciendo el riesgo de obsolescencia de manera significativa.
8. Utilizando el sistema *pull* se tiene un panorama amplio y claro de la utilización de los equipos, permitiendo al planificador de producción programar adecuadamente y a la planta le proporciona un aumento en la productividad.

## RECOMENDACIONES

1. Los promedios de demanda de producto terminado deben ser revisados y evaluados constantemente debido a la variabilidad del mercado. Es necesario actualizar los promedios y considerar los eventos puntuales de venta para evitar colapsos en el sistema.
2. Los parámetros del sistema *pull* deben actualizarse con el objetivo de mantener los indicadores de servicio al cliente en un nivel óptimo al igual que los niveles de inventario de materia prima, producto en proceso y producto terminado.
3. La necesidad de hacer corridas de producción más grandes puede presentarse en la planta, sin embargo, esto debe evitarse ya que puede dañar el proceso de planeación de la producción y afectar los resultados financieros de la compañía por el manejo de altos niveles de inventario.
4. Debe establecerse un plan de mantenimiento preventivo para los equipos, debido a que estarán sometidos a una utilización constante y constantes cambios de productos. El tiempo requerido para mantenimiento puede ser incluido dentro del tiempo de reposición.
5. Para que una empresa pueda ser completamente competitiva dentro del mercado es necesario que, junto con la introducción de *pull*, se implementen controles de calidad para los procesos de producción en planta, de modo que, además de las entregas a tiempo y completas, se cumpla con los requerimientos del cliente en este aspecto.

6. Es necesario establecer un control de calidad en la recepción de materia prima y material de empaque, ya que esto reducirá los reclamos en el proceso y permitirá tener la confianza plena de que el inventario reportado es totalmente utilizable. Debe evitarse al máximo tener que ampliar los tiempos de reposición de los proveedores por su mala calidad, ya que esto altera el uso del sistema *pull* y los resultados positivos que se esperan a partir de su introducción.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Continuous Improvement Toolkit, [www.gbmp.org/cont\\_pull.htm](http://www.gbmp.org/cont_pull.htm), septiembre, 2003.
2. Manufacturing Consultants – Granite Bay, [www.granite-bay.com/pull-manufacturing.html](http://www.granite-bay.com/pull-manufacturing.html), agosto, 2003.
3. Narasimhan, McLeavey. **Planeación de la producción y control de inventarios**. 2da ed. México: Editorial Prentice-Hall, 1996.
4. Operations Research – JIT Production Systems, [www.dal.ca/~qhe/ie113398/jit.html](http://www.dal.ca/~qhe/ie113398/jit.html), septiembre, 2003.
5. The Remington Group Manufacturing Management Consultants, [www.remgrp.com/pull\\_system\\_article.htm](http://www.remgrp.com/pull_system_article.htm), agosto, 2003.
6. Torres, Sergio. **Control de la producción**. 3ª ed. Guatemala: Editorial Palacios, 1998.