

308917  
UNIVERSIDAD PANAMERICANA 31

ESCUELA DE INGENIERIA

CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



TEORIA DE RESTRICCIONES: UN PROCESO DE MEJORA  
CONTINUA APLICADA A UNA FABRICA DE JABON  
DE TOCADOR Y MAQUILA DE JABON DE USO VETERINARIO

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

AREA: INGENIERIA INDUSTRIAL

P R E S E N T A N :

MARIA ISABEL MENENDEZ LAVANDEIRA

VERONICA VERTIZ SERRANO

DIRECTOR DE TESIS: FIS. MARIANO ROMERO V.

MEXICO, D. F.

1998.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

269556



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

## Agradecimientos

A tí Señor que siempre estás con nosotras, a quien debemos la vida y la oportunidad de realizar uno de nuestros sueños.

A nuestros padres por la comprensión, paciencia y apoyo incondicional que siempre nos han brindado, y a los que les debemos estar en el lugar donde hoy nos encontramos.

A nuestros hermanos por el apoyo y la confianza que nos han brindado siempre.

Muy especialmente al Ing. Carlos Perelman y al Fis. Mariano Romero por compartir con nosotros sus conocimientos, por su asesoría y por sus aportaciones para la realización de este trabajo.

A Secundino, Sergio y Eric por su paciencia, su apoyo y sus conocimientos, sin los cuales no hubiéramos podido llevar a buen término este trabajo.

A todos nuestros amigos por los momentos que hemos compartido.

Y a todos aquellos, que en algún momento nos preguntaron: "¿..Y tu tesis?"

INDICE.

INTRODUCCIÓN.	1
<b>CAPÍTULO 1.</b> <b>GENERALIDADES.</b>	<b>3</b>
<b>1.1 LA ORGANIZACIÓN.</b>	<b>3</b>
1.1.1 ANTECEDENTES.	3
1.1.2 NUESTRA EMPRESA.	3
<b>1.2 EL PRODUCTO.</b>	<b>4</b>
1.2.1 ANTECEDENTES.	4
1.2.2 DEFINICIÓN DEL PRODUCTO.	6
1.2.3 TIPOS DE JABÓN.	7
1.2.4 NUESTROS JABONES.	8
1.2.5 MATERIA PRIMA.	8
1.2.6 PROCESO DE FABRICACIÓN DE JABÓN.	10
1.2.6.1 Obtención de Jabón Base.	10
1.2.6.2 Conversión a Barras Finales.	11
1.2.6.3 El proceso del Molino.	11
1.2.6.4 Perfumes y Sistemas de Aditivos.	12
1.2.6.5 Jabones de Tocador.	12
<b>1.3 ASPECTOS DE MERCADO.</b>	<b>23</b>
1.3.1 MARCAS EN EL MERCADO.	23
1.3.2 PRECIOS.	23
1.3.3 PLAZA.	23
1.3.4 DEMANDA DE NUESTROS PRODUCTOS.	24
<b>CAPÍTULO 2.</b> <b>TEORÍA DE RESTRICCIONES.</b>	<b>25</b>
<b>2.1 INTRODUCCIÓN.</b>	<b>25</b>
<b>2.2 MUNDO DEL "THROUGHPUT" O MUNDO DEL COSTO, ¿CUÁL ES LA DIFERENCIA?</b>	<b>25</b>
<b>2.3 EVOLUCIÓN DE LA CONTABILIDAD DE COSTOS.</b>	<b>26</b>
<b>2.4 SURGIMIENTO DE NUEVAS FILOSOFÍAS ADMINISTRATIVAS.</b>	<b>28</b>
<b>2.5 TEORÍA DE RESTRICCIONES Y ADMINISTRACIÓN DE FLUJO CONTINUO.</b>	<b>28</b>
<b>2.6 TAMAÑO DE LOTE Y TIEMPOS DE PREPARACIÓN.</b>	<b>29</b>
<b>2.7 TENER LOS ARTÍCULOS CORRECTOS.</b>	<b>29</b>
<b>2.8 MRP Y JIT.</b>	<b>30</b>
<b>2.9 TIEMPO DE PRODUCCIÓN Y "THROUGHPUT".</b>	<b>30</b>

2.10 COMO USAR LA LLAVE DEL "THROUGHPUT".	31
<b>CAPÍTULO 3.</b>	
<b>DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.</b>	32
3.1 INTRODUCCIÓN.	32
3.2 TOC EN LA ORGANIZACIÓN.	32
3.2.1 ¿CÓMO MEDIR SI ESTAMOS "GANANDO DINERO"?	32
3.2.1.1 "Throughput" - Inventario - Gasto de Operación: Un mejor puente.	33
3.2.1.2 Jerarquía de los Nuevos Indicadores.	33
3.2.2 CAMBIO DE PARADIGMA.	35
3.3 CATEGORÍAS PARA LEGITIMAR CONDICIONES.	38
3.4 ÁRBOL DE LA REALIDAD ACTUAL.	41
3.4.1 CÓMO CONSTRUIR ARBOLES DE LA REALIDAD ACTUAL.	41
3.4.2 NUESTRO ÁRBOL DE LA REALIDAD ACTUAL.	42
3.5 NUBE EVAPORATIVA.	45
3.5.1 CÓMO CONSTRUIR NUBES EVAPORATIVAS.	45
3.5.2 NUESTRA NUBE EVAPORATIVA.	46
3.6 RESUMEN DE LA PROBLEMÁTICA.	47
<b>CAPÍTULO 4.</b>	
<b>MÉTODO DE SOLUCIÓN A LA PROBLEMÁTICA ACTUAL.</b>	49
4.1 INTRODUCCIÓN.	49
4.2 ÁRBOL DE LA REALIDAD FUTURA.	49
4.2.1 CÓMO CONSTRUIR ARBOLES DE REALIDAD FUTURA.	49
4.2.2 NUESTRO ÁRBOL DE LA REALIDAD FUTURA.	50
4.3 RAMA NEGATIVA.	53
<b>CAPÍTULO 5.</b>	
<b>IMPLEMENTACIÓN DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS.</b>	54
5.1 INTRODUCCIÓN.	54
5.2 ÁRBOL DE PRE-REQUISITOS.	54
5.2.1 CÓMO CONSTRUIR ÁRBOLES DE PRE-REQUISITOS.	54
5.2.2 NUESTRO ÁRBOL DE PRE-REQUISITOS.	55
5.3 ÁRBOL DE TRANSICIÓN.	59
5.3.1 NUESTRO ÁRBOL DE TRANSICIÓN.	59
5.4 HERRAMIENTAS DEL PROCESO DE PENSAMIENTO.	59
5.5 LOS 3 BLOQUES DEL PROCESO DE PENSAMIENTO.	61

CAPÍTULO 6.	
MÉTODO TAMBOR - CUERDA - AMORTIGUADOR (DBR).	62
6.1 INTRODUCCIÓN AL MÉTODO TAMBOR-CUERDA-AMORTIGUADOR.	62
6.2 UN SISTEMA "JUST-IN-CASE" ("POR-SI-ACASO").	63
6.3 UN SISTEMA "JUST-IN-TIME" (JUSTO-A-TIEMPO).	63
6.4 ¿QUÉ ES LA MANUFACTURA SINCRONIZADA?	63
6.4.1 MANUFACTURA SINCRONIZADA: MÉTODO DRUM-BUFFER-ROPE.	64
6.5 UN NUEVO SISTEMA: DBR.	65
6.5.1 TAMBORES, AMORTIGUADORES Y CUERDAS.	66
6.5.2 CÓMO MARCAR EL RITMO DEL TAMBOR.	67
6.5.3 SUBORDINACIÓN MANUAL EL MÉTODO DBR.	68
6.6 APLICACIÓN DEL MÉTODO DBR A NUESTRA ORGANIZACIÓN.	69
6.7 PRIMER PASO PARA CUANTIFICAR A MURPHY.	84
6.8 ORIENTACIÓN DE LOS ESFUERZOS HACIA LA MEJORA.	85
6.9 PARA LIDIAR CON LOS CUELLOS DE BOTELLA.	86
6.10 INDICADORES LOCALES DE DESEMPEÑO.	87
6.11 EN RESUMEN	89
CONCLUSIONES.	90
BIBLIOGRAFÍA.	92

## INTRODUCCIÓN

La carrera por la ventaja competitiva es pariente del progreso del hombre: debe ser continua e interminable. Siempre podremos hacer mejor las cosas. Cuando adquirimos y aplicamos una mejor comprensión de cómo funciona nuestro mundo manufacturero, muchos se benefician. El progreso en manufactura y la elevación del nivel de vida han vivido de la mano desde el inicio de la revolución industrial.

Lo que caracteriza al mundo de hoy es la casi brutal intensidad de la carrera y el hecho claro de que estamos perdiéndola. Para revertir estas tendencias necesitamos establecer en nuestras organizaciones un proceso continuo de mejoramiento localizado. Necesitamos hacer caso omiso para siempre de los miles de excusas que nos han impedido encarar el verdadero problema.

Nos han ganado en nuestro propio juego. La competencia ha trabajado más inteligentemente, no más arduamente que nosotros, para conquistar su creciente ventaja competitiva. Nosotros creemos que este proceso de mejoramiento continuo puede ayudar a restaurar nuestra posición. Es más rápido, más económico y más localizado como proceso que el enfoque de Justo-A-Tiempo. Si lo usamos, podremos ganar terreno en esta carrera. Aún así, al darnos prisa por aplicar estos procesos, debemos aprender de nuestras experiencias. Este proceso de mejoramiento continuo no es ni la única ni la mejor forma. Debemos pensar todavía más para encontrar procesos aún mejores.

El poder y validez de la lógica de TOC (Teoría de Restricciones), ha sido probada por compañías alrededor del mundo, que han ido de situaciones de pérdida de dinero mes tras mes, a ser líderes en el crecimiento y rentabilidad de sus respectivos ramos. Uno de los mayores colaboradores de ese éxito ha sido el concepto "Tambor-Amortiguador-Cuerda" (DBR de Drum-Buffer-Rope). Esta técnica derivada de la aplicación de los principios de TOC, le permitió a estas compañías retomar el control de sus operaciones mediante la concentración de atención en los factores reales que limitan los niveles de producción de la planta como un todo (las "Restricciones"). Esta técnica es uno de los primeros procedimientos que son introducidos en la cultura de una compañía que ha decidido implementar TOC.

Es por esto que hemos decidido desarrollar a lo largo de las siguientes páginas, todos los elementos necesarios para implementar los conceptos de Teoría de Restricciones en una fábrica dedicada a la manufactura de jabones de tocador y a la maquila de jabones para uso veterinario.

En el primer capítulo conoceremos, a grandes rasgos, las características de la empresa, sus productos, los procesos para la obtención de los mismos, y algunos aspectos de su participación en el mercado.

En el segundo capítulo se analiza la conveniencia de aplicar TOC como un proceso de mejoramiento continuo, al compararlo con los resultados obtenidos con la aplicación de otras filosofías administrativas tales como Contabilidad de Costos, MRP y JIT.

En el tercero de los capítulos y entrando de lleno en la aplicación de los Procesos de Pensamiento, se presenta el desarrollo de las dos primeras herramientas que nos llevan a descubrir el origen de la problemática actual de nuestra empresa.

Continuamos en el capítulo cuarto explicando con ayuda de la tercera herramienta del Proceso de Pensamiento, cómo las soluciones propuestas en el capítulo anterior nos pueden llevar a lograr los objetivos de la organización.

En el capítulo cinco utilizamos las dos últimas herramientas del Proceso de Pensamiento para mostrar las acciones que deben ser llevadas a cabo para implementar las soluciones a la problemática de nuestra empresa propuestas en el capítulo tres.

Por último, en el capítulo sexto se explica detalladamente en qué consiste el método Tambor-Cuerda-Amortiguador y se presenta un programa en el que se muestra cómo debieran ser liberados los materiales a la planta, qué productos y en qué cantidades deberían fabricarse si este método fuera llevado a la práctica, y los resultados que obtendríamos con dichos cambios.



## **CAPÍTULO I GENERALIDADES.**

### **1.1 LA ORGANIZACIÓN.**

#### **1.1.1 ANTECEDENTES.**

La organización en la que se proyecta este trabajo es una empresa familiar dedicada desde 1989 a la manufactura de jabones de tocador para la industria hotelera, así como también de jabones de uso veterinario.

En el año de 1957 la empresa traslada sus instalaciones de la ciudad de Puebla, al norte de la Ciudad de México, en donde comenzó sus actividades de fabricación y distribución de jabones de tocador de marcas conocidas como: D'all, Florida, Amorcito, Floricel, entre otras, en sus presentaciones de pastilla y jabón líquido. Bajo este esquema continuaron las actividades hasta 1986, fecha del deceso del entonces propietario.

Fue hasta finales de 1988 cuando se iniciaron las negociaciones para la compra y reapertura de la empresa y en Enero del siguiente año la organización abre nuevamente sus puertas bajo la razón social que ostenta actualmente, conservando la marca D'all para sus diferentes presentaciones de jabones de tocador y las marcas Urus y Rin-tin-tin para los jabones de uso veterinario.

#### **1.1.2 NUESTRA EMPRESA.**

La empresa de la que nos ocuparemos a lo largo de este trabajo, es una empresa mediana debido al número de empleados que laboran en ella, cuyo número oscila entre 20 y 30 personas, dependiendo de la carga de trabajo.

El personal está perfectamente entrenado para realizar sus labores, las cuales se llevan a cabo de lunes a viernes dentro de un turno matutino de 8 hrs.

El proceso que se lleva a cabo para la elaboración del jabón en nuestra empresa se puede catalogar como proceso intermitente (por tareas) ya que se utiliza el método tradicional de caldera de cocción para la obtención de jabón base. Este método ofrece flexibilidad ya que las operaciones pueden ser interrumpidas y reiniciadas fácilmente. Es importante mencionar que aunque de manera lenta, con este procedimiento se obtienen jabones base de alta calidad.

Para la fabricación de nuestros jabones contamos con una caldera de cocción o paila (recurso A) con capacidad de 6 ton, enfriadoras (recurso B), ralladora previa al horno de secado (recurso C), 2 revolvedoras (recurso Y y recurso Z), 3 molinos (recurso E, recurso N y recurso X), 3 máquinas de extrusión (recurso F, recurso K, y recurso O), 4 troqueladoras

(recurso G, recurso R, recurso Q y recurso Y) y para los jabones de uso veterinario se cuenta con una máquina envolvedora (recurso U).

Dentro de los proveedores de materias primas encontramos los siguientes:

*Tabla 1.1 Proveedores de Materias Primas*

<i>Materia Prima</i>	<i>Proveedor</i>
Sebo	Luis Fernando Lara Padilla.
Aceite de Coco	Comercializadora de Aceites, Grasas y Vegetales S.A. de C.V.
Sosa	Productos Químicos Mardupol, S.A. de C.V.
Perfumes	Haarmann & Reimer, S.A. de C.V.
Colorantes	Productos Químicos Mardupol, S.A. de C.V.
Bióxido de Titanio	Productos Químicos Mardupol, S.A. de C.V.
Detergentes	Química Henkel, S.A. de C.V.
Envolturas y Cajitas	Impresos Vizuet
Corrugados	Cartonera Monterola, S.A. de C.V.

En el caso de la maquila del Producto B (Jabón Asuntol) que se elabora para Bayer de México, S.A. de C.V., las sustancias medicinales y el colorante necesarios para el jabón son proporcionados por dicha empresa y están guardados a nuestra disposición en nuestro propio almacén de materia prima. Lo mismo ocurre con los Laboratorios Andoci y Urus que proporcionan las sustancias medicinales necesarias para la elaboración de los Productos P (Rin-tin-tin) y Producto D (Urus), respectivamente.

## 1.2 EL PRODUCTO.

### 1.2.1 ANTECEDENTES.

La literatura más antigua referente al jabón lo relaciona con el lavado de lana, y se encuentra en unas tablas suméricas de barro, que datan del año 2500 A.C. Hay también tres pasajes en el Antiguo Testamento en los que la palabra jabón se menciona; sin embargo, no hay evidencia alguna para pensar que el jabón, como lo conocemos en la actualidad, fuese usado en aquellos tiempos.

Aunque nadie sabe exactamente la fecha en la que se descubrió por primera vez el jabón, la mayor parte de las personas versadas en el tema suponen que este descubrimiento fue un hecho accidental.

El vocablo jabón se deriva de la palabra latina *sapo* porque su fabricación para la limpieza durante mucho tiempo se explicó en base a una leyenda romana. De acuerdo con esta leyenda, el jabón fue descubierto al lado del antiguo monte romano denominado "Sapo", un lugar donde se hacían sacrificios de animales. Al llover, las grasas de los animales sacrificados se mezclaban con las cenizas de las maderas y eran arrastradas hacia

abajo de la montaña; posiblemente las lavanderas romanas, que se encontraban río abajo encontraron que las aguas amarillentas conducidas por la corriente dejaban sus ropas más limpias.

Hay otra teoría que afirma que los galos se encontraron con el jabón en un intento por extraer aceite del sebo.

Lo cierto es que la primera evidencia real de la existencia del jabón, la presenta el historiador romano Plinio el Viejo (23-79 D.C.) al mencionar este producto en su "*Historia Naturalis*". En esta obra indica que los galos tenían ya conocimiento del jabón, y que lo fabricaban, con grasas de cabra y cenizas de madera. Asimismo establece que los romanos aseguraban sus productos de este pueblo; y además describe en detalle el procedimiento del baño romano. Las referencias del historiador se confirmaron, cuando en Italia, durante el curso de las excavaciones de Pompeya (al sudeste de Nápoles), fue descubierto un local con calderas de cocción y cierta cantidad de jabón que se conservó casi 2,000 años enterrado bajo las cenizas volcánicas.

En Marsella, colonia fundada en el Mediterráneo por los fenicios unos 600 años a.C., la fabricación de los jabones ocurrió en el siglo IX. Los jabones hechos en este lugar fueron de excelente calidad y se produjeron en base al aceite de oliva y álcali de las cenizas de madera y algas marinas.

Durante el siglo XIV los españoles y los italianos, fueron los principales fabricantes de jabón. Castilla, región de España, dio su nombre a los jabones de aceite de oliva que en aquella época allí se hacían. En Inglaterra, la fabricación del jabón fue introducida probablemente en este mismo siglo.

Durante el siglo XV, la industria jabonera se desarrolló en las ciudades costeras del Mediterráneo, sobre todo en aquellas favorecidas por la abundante presencia del aceite de oliva y de la sosa natural, obtenida de las cenizas de las plantas marinas. La fabricación del jabón floreció especialmente en las ciudades de Savona y Venecia, y poco más tarde en Génova.

En el siglo XVII Colbert, ministro de Luis XVI, a quien se debe en gran medida la organización de la industria y comercio de Francia en aquellos días, promovió en su nación el desarrollo de esta industria. Para ello buscó en Génova jaboneros expertos e hizo construir fábricas en Tolón y en Marsella concediendo privilegios a los operarios italianos. Las primeras patentes relativas a dicha industria fueron otorgadas en 1622.

En 1791 ocurrió un cambio radical en la saponificación, cuando el químico francés Leblanc descubrió un proceso para fabricar carbonato sódico partiendo de la sal común. Esto hizo innecesario el uso de las lejías (nombre que se aplica a la disolución de agua en álcali o en sus carbonatos) procedentes de las cenizas de madera.

Más tarde, en 1823, Chevreul logró explicar, por un estudio de la estructura de las grasas, la naturaleza de la acción química que se verifica cuando estas reaccionan con los álcalis, para así formar el jabón. Estas investigaciones dieron por resultado la recuperación de la glicerina de las lejías saponificadas.

En 1835 apareció el mercado de la semilla de sésamo y el aceite proveniente de dicha semilla pronto se empleó con éxito. De igual forma, en 1841 empezó a usarse el aceite de cacahuete, y en 1851 el de algodón. Poco tiempo después el aceite de coco, de palma, de palmisto, y la colofonia fueron agregados a la lista de materias primas utilizadas para fabricar jabón.

Además al aplicar un desdoblamiento de grasas de manera anterior al proceso de saponificación, los precios del jabón se lograron reducir considerablemente, este hecho, así como la baja que ocurrió en los precios de las materias primas que como ya se ha indicado se diversificaron, se incrementó el número de competidores y como consecuencia motivó a los fabricantes a buscar incrementos en sus ganancias por otros medios tales como la fabricación de glicerina.

Sin embargo, los métodos saponificadores en general, permanecieron inalterados durante esos años. Cuando en Norteamérica se fabricaron por primera vez los jabones, se emplearon los métodos ingleses tradicionales. El rápido progreso realizado por la industria en la primera mitad del siglo XIX poco había cambiado la fabricación del producto.

Fue hasta la segunda mitad del siglo XIX, cuando ocurrieron cambios importantes, tanto en los procesos empleados para producir jabón como en la maquinaria para ello necesaria.

El hecho de que las fábricas aceptaron el movimiento por vapor y utilizaron el sistema de caldeo directo, hizo posible realizar producciones en masa que se tradujeron en grandes vagones de jabón fabricados a un mismo tiempo. Asimismo, el desarrollo de sistemas de enfriamiento artificial durante el siglo XX resultó un elemento esencial en la evolución de los procesos, pues abrevió el tiempo de producción de una manera considerable.

La mayor parte del jabón que se produce hoy en el mundo entero se hace aún en calderas por tareas, y hasta hace pocos años no se había empezado a emplear el proceso continuo para fabricarlo. Estos procesos se describirán y analizarán con detalle más adelante.

### 1.2.2. DEFINICIÓN DEL PRODUCTO.

Desde un punto de vista estrictamente químico, cualquier compuesto que resulte de la reacción de un material graso insoluble con un metal radical o aun con una base orgánica podría ser descrito como "jabón". Si el metal radical es sodio, potasio o amonio, se forman

jabones solubles. Cuando el metal radical es un metal pesado, se forman jabones "metálicos" insolubles, lo que explica la formación de capas de aguas duras ocasionadas por jabones de calcio o de magnesio, en lugar de espuma.

El jabón de tocador, como se entenderá, no es un jabón metálico. y se caracteriza por algunas propiedades físicas tales como su solubilidad en agua, y formación de espuma. Por su tiempo de vida se identifica como un bien no perecedero. Además, es un producto de consumo final y de demanda directa.

#### Especificaciones del jabón.

1. *Color*: Es un indicador que ayuda a determinar el deterioro sufrido por el aceite cuando no ha sido sujeto a ningún proceso.
2. *Acidez libre*: Es un indicador del grado de material graso que se ha empleado en la elaboración del producto. La presencia de altos contenidos de acidez en las grasas se debe a un alto porcentaje de ácido oleico. Además un alto contenido de acidez significa que se ha abusado de la grasa y que al almacenarse se irá degradando continuamente.

#### 1.2.3 TIPOS DE JABÓN.

En la fabricación del jabón, los caracteres físicos y químicos del producto dependen directamente de las materias primas empleadas. Asimismo, las diferentes calidades con las que se fabrica a los jabones, dependerán del uso para el que éstos últimos hayan sido destinados; de esta forma, puede realizarse una clasificación de los jabones, basada en dicha utilización.

Debe identificarse entonces a los jabones de tocador como un primer grupo dentro del ramo de los jabones; los elementos que constituyen a este grupo, se fabrican en forma de pastilla con grasas y aceites de alta calidad, y contiene muy poco álcali o carecen de él.

Siguen al anterior en calidad el grupo de jabones de servicio ligero, que se presentan en forma de pastillas, polvos, gránulos y escamas. Se usan para lavar vajilla, tejidos de lana y otras telas finas; son jabones casi puros hechos con grasa de color ligeramente más oscuro que los utilizados en el caso de los jabones de tocador. El contenido de álcali libre de estos jabones de servicio ligero es algo mayor que el de los jabones de tocador, pero todavía lo bastante bajo para no irritar la piel. Suelen contener reforzadores o coadyuvantes que ayudan a la acción detergente. Estos ingredientes controlan el PH (medida de la acidez) para la óptima eliminación de la suciedad, y obran como secuestrantes de los iones de metales pesados.

Existen también los jabones industriales, cuya fabricación se hace para fines muy específicos.

#### 1.2.4 NUESTROS JABONES.

Los productos proyectados en este trabajo son jabones de tocador elaborados especialmente para la industria hotelera y jabones con sustancias medicinales elaborados para uso veterinario. Dentro de los primeros encontramos los siguientes:

*Tabla 1.2 Nuestros Productos*

<i>Producto</i>	<i>Color</i>	<i>Envoltura Individual</i>	<i>Cont. Corrugado</i>
V (10 gr.)	Blanco, Rosa y Verde	Sin envoltura	1000 piezas
J (12 gr.)	Verde Pravia	Cajita Diseño Especial	700 piezas
H (17 gr.)	Blanco	Papel Diseño Especial	500 piezas
M (20 gr.)	Blanco, Rosa y Verde	Sin envoltura	500 piezas
MA(20 gr.)	Blanco, Rosa y Verde	Papel Diseño Especial	500 piezas
MB (20 gr.)	Blanco	Cajita Diseño Especial	500 piezas

Dentro de los jabones para uso veterinario que maquilamos, cada uno en presentación de 80 gr., se encuentran:

*Tabla 1.3 Productos de Maquila*

<i>Producto</i>	<i>Color</i>	<i>Envoltura Individual</i>	<i>Cont. Corrugado</i>
B (Asuntol)	Azul	Papel y Cajita	98 piezas
D (Urus)	Negro	Papel Blanco	114 piezas
P (Rin-Tin-Tin)	Naranja	Papel Blanco	118 piezas

#### 1.2.5 MATERIA PRIMA.

##### *1. Sebo.*

El sebo se utiliza en la fabricación de jabones en mayor cantidad que cualquier otra grasa. Se obtiene derritiendo grasas de ganado vacuno, lanar, equino, etc. y se clasifica en dos grupos comerciales: comestibles y no comestibles. La mayor parte del sebo que se utiliza en los jabones no es comestible.

##### *2. Aceites y materiales vegetales utilizados como base.*

El aceite de coco, que se utiliza para la fabricación del jabón, es un aceite suave, de color claro, que contiene elevado porcentaje de ácido láurico. Combinando la espuma del jabón de aceite de coco, voluminosa y de rápida formación, con la más lenta y más estable del jabón de sebo, se obtiene un excelente jabón de tocador.

### 3. Álcali.

Nombre genérico dado a los óxidos o hidróxidos de los metales alcalinos. Utilizamos el hidróxido de sodio (NaOH), conocido como sosa cáustica, como álcali saponificador o neutralizante.

### 4. Aromatizante.

Es un líquido que contiene el perfume o fragancia para que el jabón cuente con un olor agradable. Se consumen perfumes naturales y sintéticos tales como: pravia, luxus, fresco mar, lavanda, floral, herbal, blanca, etc.

### 5. Pigmento o colorante.

Es un líquido de color que mezclado con el jabón adquiere un tono determinado. Como colorantes se emplean los colores derivados del alquitrán, y dentro de los más usados están la fluoresceína y la rodamina.

### 6. Bióxido de Titanio.

Puede obtenerse de la ilemita o por acción combinada del cloruro de hidrógeno y cloro a una temperatura bastante elevada para volatilizar el cloruro de fierro formado. Es un importante pigmento blanco en pintura, se utiliza para darle opacidad al papel, para producir esmalte amarillo sobre la porcelana y teñir dientes artificiales. Dentro del proceso de fabricación del jabón se utiliza como blanqueador del jabón base.

Para nuestro estudio utilizaremos la siguiente simbología al referirnos a las materias primas:

Tabla 1.4 Nuestras Materias Primas.

Simbología	Descripción
mp1	Sebo
mp2	Aceite de Coco
mp3	Sosa
mp4	Detergente
mp5	Bióxido de Titanio
mp6	Perfume
mp7	Asuntol
mp8	Colorante
mp9	Sustancias Medicinales
mp10	Papel Blanco
mp11	Cajita Individual para Jabón Asuntol
mp12	Corrugado Universal
mp13	Papel diseño especial

Tabla 1.4 Nuestras Materias Primas (Continuación).

<i>Simbología</i>	<i>Descripción</i>
mp14	Cajita diseño especial
mp15	Corrugado para Uso Veterinario

## 1.2.6 PROCESO DE FABRICACIÓN DE JABÓN.

La calidad final del producto dependerá en gran medida del manejo y tratamiento de las materias primas desde su fase inicial.

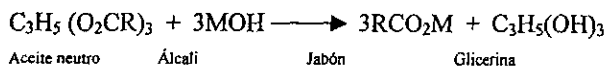
El proceso de fabricación de jabón de tocador consta de dos etapas básicas; durante la primera de ella, se forma un jabón base que puede ser utilizado en la producción de barras comerciales, hojuelas, gránulos y polvos, es decir, se fabrica (bajo un mismo procedimiento) la materia común para todos estos tipos de presentaciones (el contenido de álcali dependerá del uso específico que se va a dar al jabón); en la segunda etapa, las tiras o virutas de dicho jabón base se compactan de modo que se obtiene una pastilla o barra, forma con la que normalmente se comercializa el jabón de tocador.

### 1.2.6.1 Obtención de Jabón Base.

El método que empleamos para la obtención del jabón base es la saponificación de aceites y grasa neutras. Por el término saponificación debe entenderse el nombre del proceso químico mediante el cual se logra una mezcla adecuada de grasas, en el que interviene un aceite neutro y un álcali cáustico (hidróxido de sodio o de potasio).

Un aceite neutro es un compuesto de tres moléculas de ácidos grasos con una molécula de glicerina. Tales compuestos son ésteres, y en este caso especial triglicéridos.

La reacción se verifica cuando con una molécula de triglicérido junto con tres moléculas de álcali, se producen 3 moléculas de jabón y una molécula de glicerina, es decir:



Donde R= Radical hidrocarbonado ( en algunos casos puede ser un sólo átomo de hidrógeno)

M= Metal (generalmente sodio o potasio)

El inicio del proceso de producción lo constituye la caldera de cocción o paila (Recurso "A") para obtener jabón base, que es utilizada por la flexibilidad que el proceso



ofrece, ya que su operación puede ser interrumpida y reiniciada fácilmente, pero conlleva un consumo de grandes cantidades de energía y de tiempo (8 horas para la saponificación, de 72 a 96 horas de reposo para lograr la separación del jabón base de las lejías que quedan en la parte inferior del recipiente; así como un tiempo adicional para el enfriamiento).

Una vez que la saponificación ha sido completada, se añade sal. Como la sal es electrolito, reduce la solubilidad del jabón en la fase acuosa o lejía, por lo que el jabón se separa de la solución formando una capa de jabón conocida como jabón "base" que consiste en un 65% del jabón real, con aproximadamente 35% de agua y algunos contenidos bajos en sal y glicerina.

La cocción continua con la cuidadosa adición de cantidades de sosa cáustica cada vez mayores, de modo que se pueda asegurar el que los excesos de sal y de otras impurezas queden removidos.

Se permite entonces que la caldera permanezca encendida para facilitar la completa separación de la capa del jabón de los residuos líquidos. En algunos casos el jabón es lavado para remover los excesos de sal que pudieran haber permanecido en la mezcla. Se aprovecha la glicerina resultante.

#### 1.2.6.2 Conversión a Barras Finales.

El jabón limpio procedente de la caldera o de un tanque de almacenaje se echa en la parte superior de un cilindro helado por enfriamiento interior (Recurso "B"). El jabón derretido se extiende uniformemente en el cilindro grande por medio de un rodillo que es elemento integrante del mecanismo de alimentación. Una tenue película de jabón solidificada en el rodillo grande se separa en forma de cintas mediante una superior cuchilla dentada. Las cintas caen sobre un delantal transportador de tela metálica sin fin que recorre en un plano horizontal toda la longitud del horno (Recurso "C"). Sobre el transportador pasa una corriente de aire caliente y las cintas de jabón parcialmente secas caen, al extremo del horno, sobre la tela metálica sin fin que se mueve en dirección opuesta en un nivel más bajo. Después de hacer pasar una sola vez por la cámara de desecación, las cintas se enfrían con aire y se descargan sobre un transportador de husillo que las quiebra en forma de virutas, las cuales se exponen a la energía solar en donde permanecen hasta que las virutas están listas para su posterior tratamiento. Una vez que se ha llegado a este punto el contenido de humedad de la base queda reducido a un valor de 12% aproximadamente.

#### 1.2.6.3 El Proceso del Molino.

La molienda del jabón (Recurso "E", Recurso "N" y Recurso "X") se lleva a cabo antes de la extrusión para producir una mejor calidad así como barras regulares más consistentes.

Las virutas de jabón de tocador deben ser cargadas en mezcladores de tarea (Recurso "I" y Recurso "Z"), donde se agregan preservativos, sustancias medicinales ( en el caso del jabón de uso veterinario), pigmentos, colorantes y perfumes. Como preservativos de jabón pueden utilizarse antioxidantes. Sino se hiciera esto los metales actuarían como catalizadores en el desarrollo de la rancidez. A continuación la masa mezclada del jabón se descarga en la tolva de un molino. Los molinos de jabón son máquinas grandes que tienen de 3 a 4 pesados cilindros de acero o de granito que giran a velocidades distintas. El jabón es estrujado entre los dos primeros cilindros y del cilindro de mayor velocidad pasa en forma de película a un tercer cilindro. Cada vez que el jabón es estrujado entre dos cilindros se hace más uniforme. Del cilindro final se separa el jabón por medio de una cuchilla. El jabón molido es un producto uniforme y bien trabajado.

#### 1.2.6.4 Perfumes y Sistemas de Aditivos.

La calidad de las materias primas tiene un efecto significativo sobre el color y la fragancia, y es esencial escoger el grado correcto de jabón para el uso final deseado.

En tanto el jabón es un producto con dureza química relativa (HP alrededor de 10), se requiere la habilidad del productor al perfumar este artículo para asegurar que la fórmula final tendrá excelente estabilidad a través de toda la vida de la barra.

Similarmente, la elección de un pigmento o colorante tiene que ser hecho con el mayor cuidado para asegurar que el producto terminado tenga una adecuada estabilidad.

#### 1.2.6.5 Jabones de Tocador.

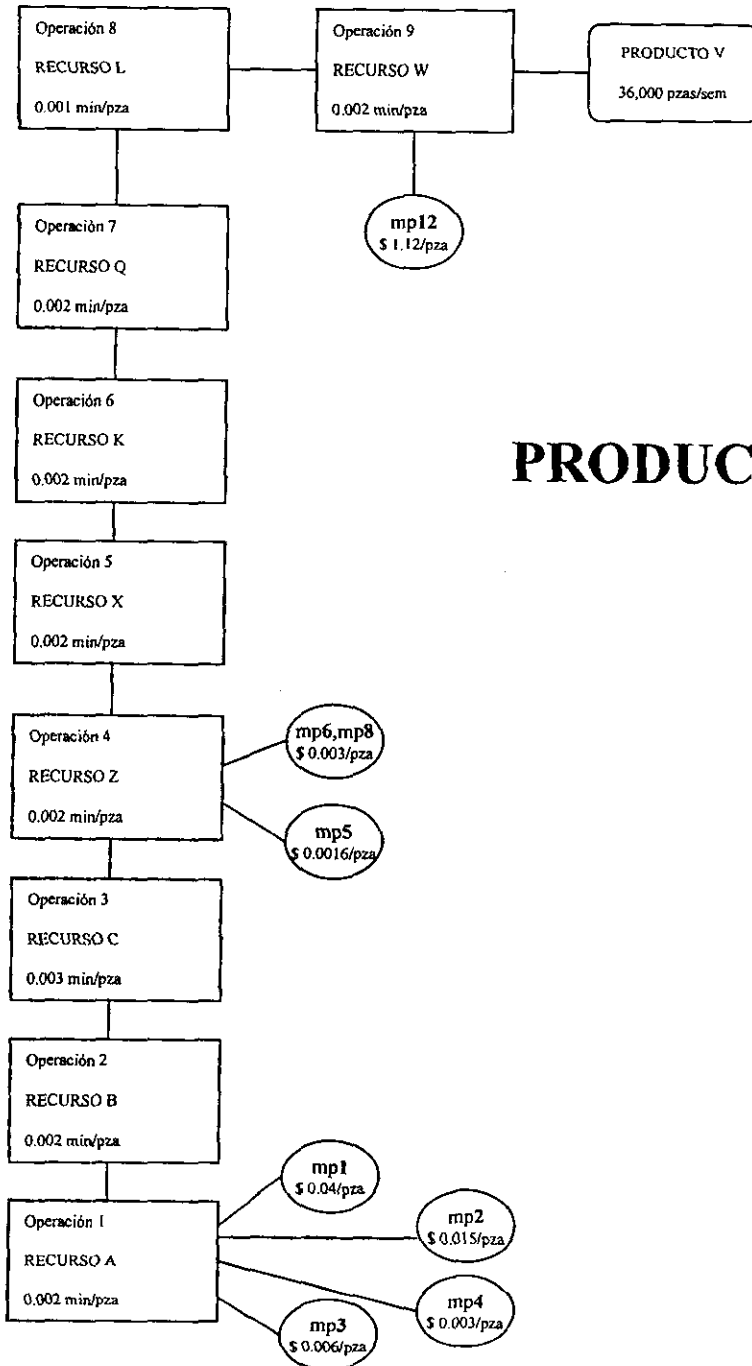
Las virutas de jabón molido se convierten en barras de jabón de tocador por medio de una máquina de extrusión (Recurso "F", Recurso "O" y Recurso "K").

Las virutas se echan en una tolva en cuyo fondo hay un gran husillo que las lleva continuamente a una cámara de compresión. En ésta se verifica la desaeración (eliminación de las condiciones físicas y químicas del aire atmosférico) y el jabón se apriete y consolida formando una masa plástica compacta. En el extremo opuesto de la cámara existe un caño troncónico con una matriz, por el cual sale a una gran presión una barra continua de jabón plástico que tiene la forma final deseada. Sobre la mesa de corte adjunta a la máquina se cortan las barras de jabón en trozos, que se enfrían, estampan (Recurso "G", Recurso "Y", Recurso "R" y Recurso "Q"), envuelven (Recurso "S", Recurso "T", Recurso "U" y Recurso "W") y empaquetan en corrugados para su despacho como pastillas de jabón.

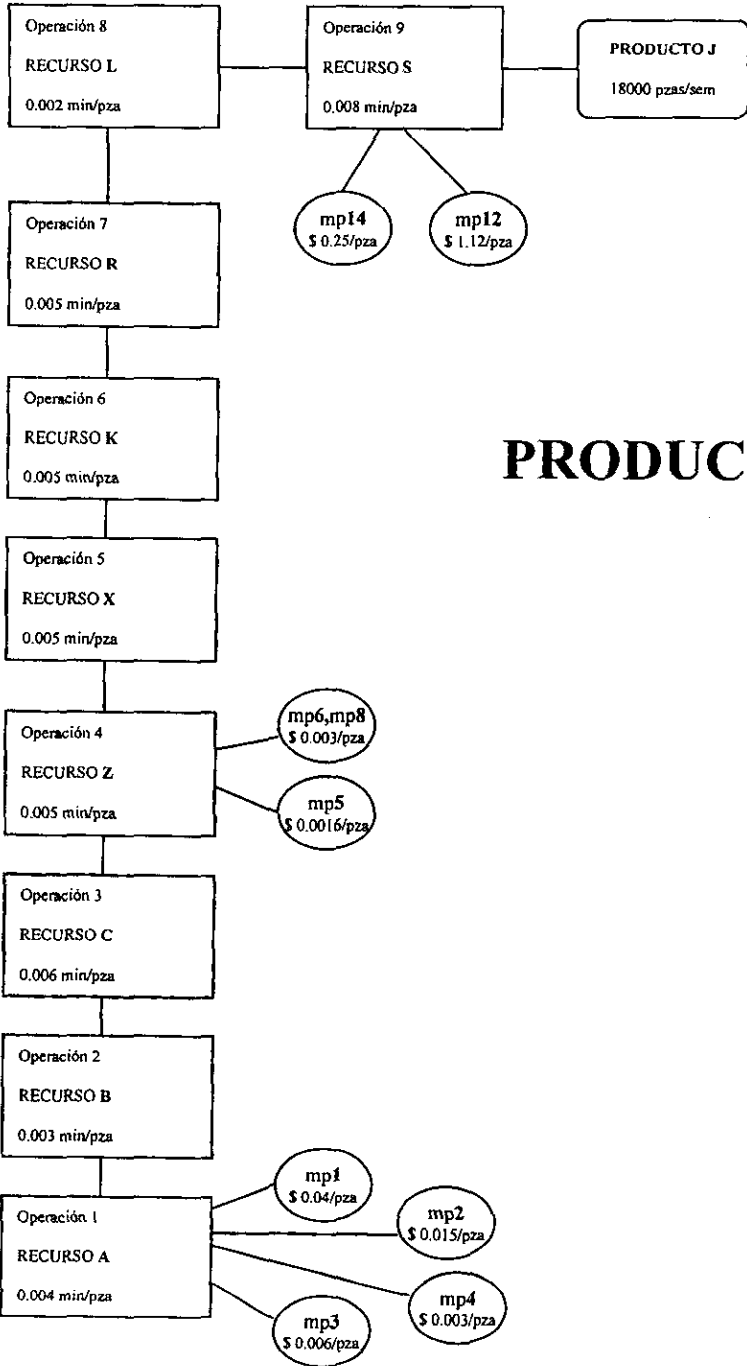
*Tabla 1.5 Nuestros Recursos*

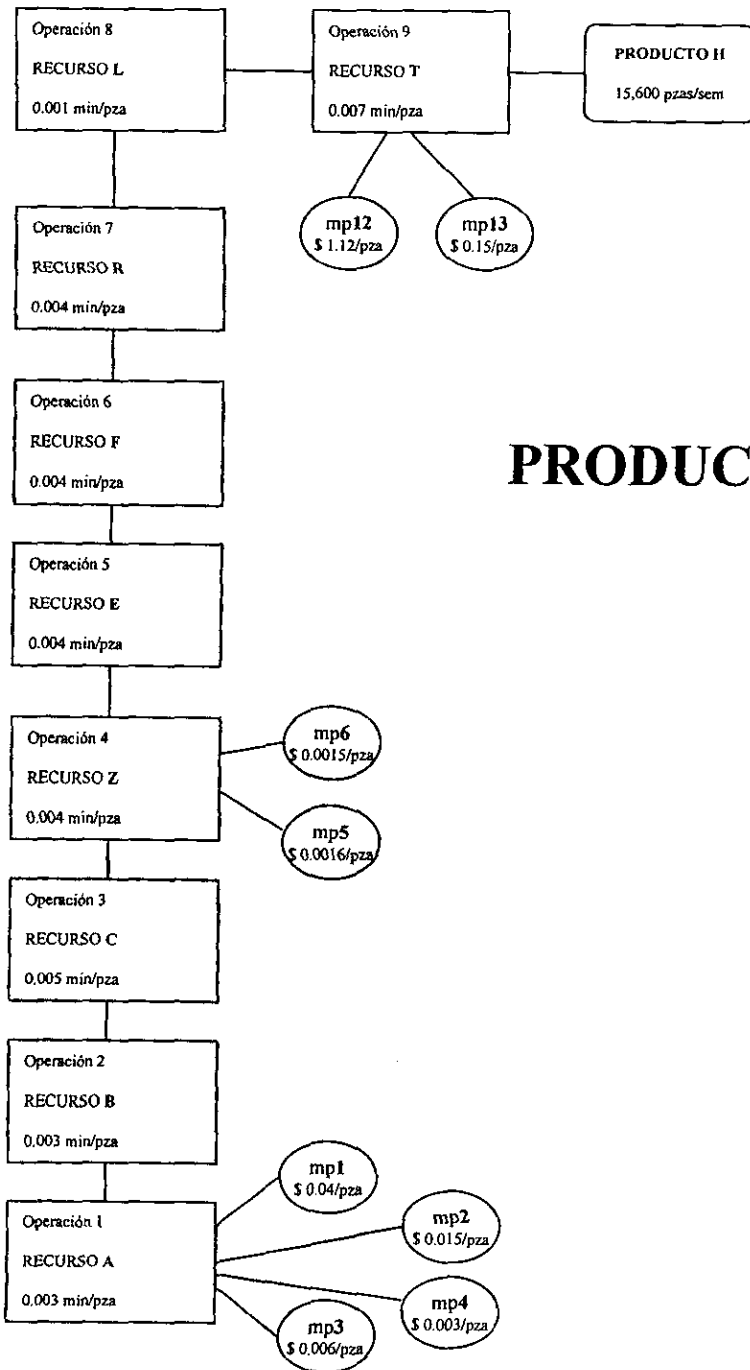
<i>Recursos</i>	<i>Descripción</i>
A	Caldera de Cocción o Paila
B	Enfriaderas
C	Horno
E, N, X	Molinos
I, Z	Mezcladoras
F, K, O	Máquinas de Extrusión
G, Q, R, Y	Troqueladoras
S	Envoltura en Cajita
T	Envoltura en Papel
U	Empaque Jabón Asuntol
W	Sin envoltura

A continuación se muestran esquemáticamente los pasos y operaciones para la elaboración de los diferentes producto de la empresa.



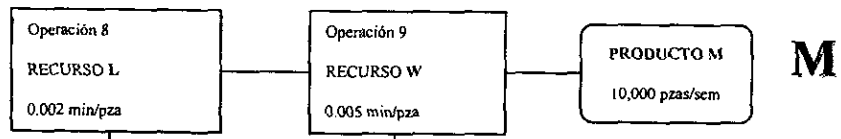
# PRODUCTO V



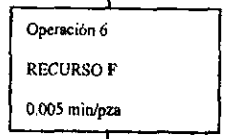
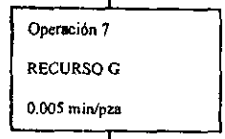


**H**

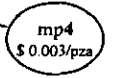
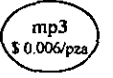
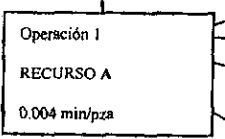
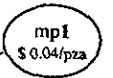
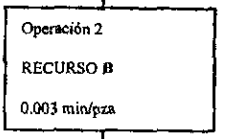
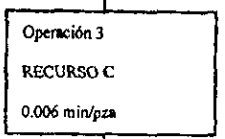
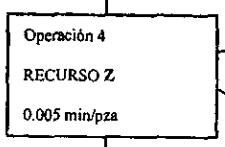
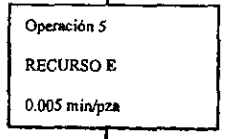
# PRODUCTO H

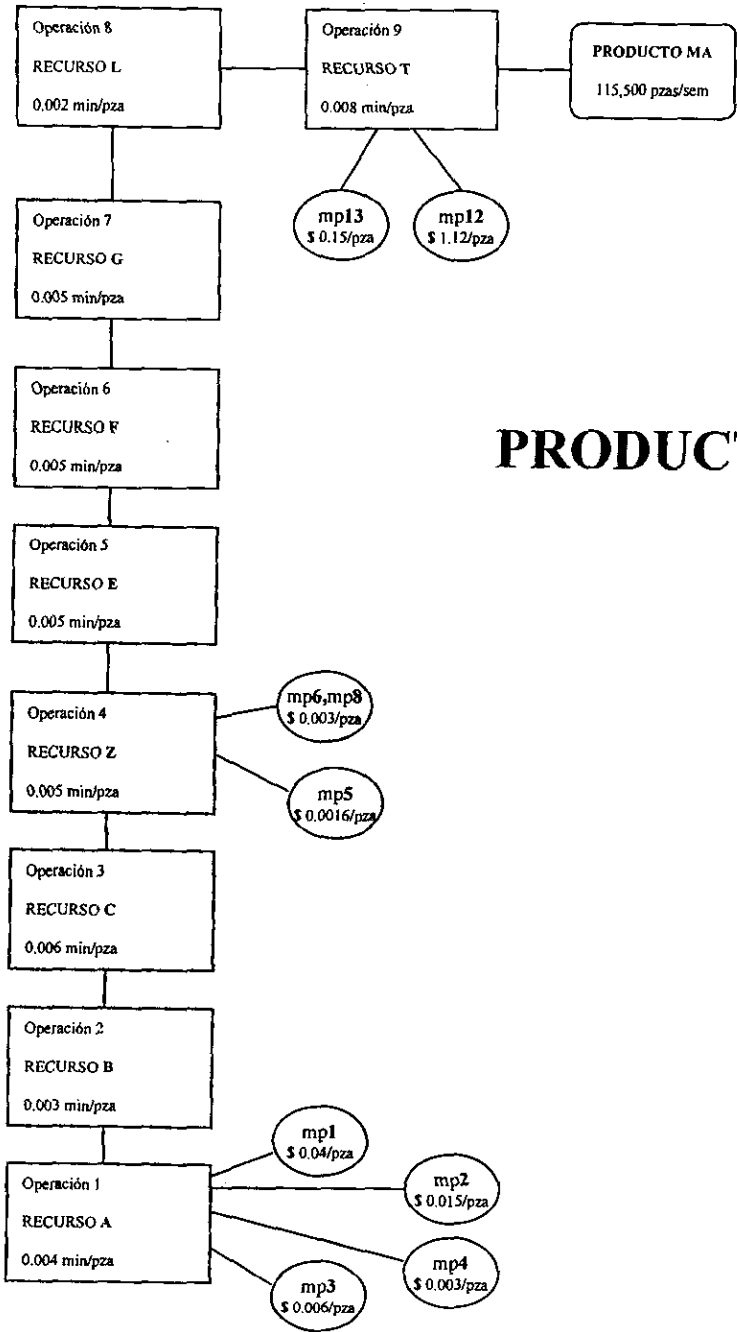


**M**



# PRODUCTO M

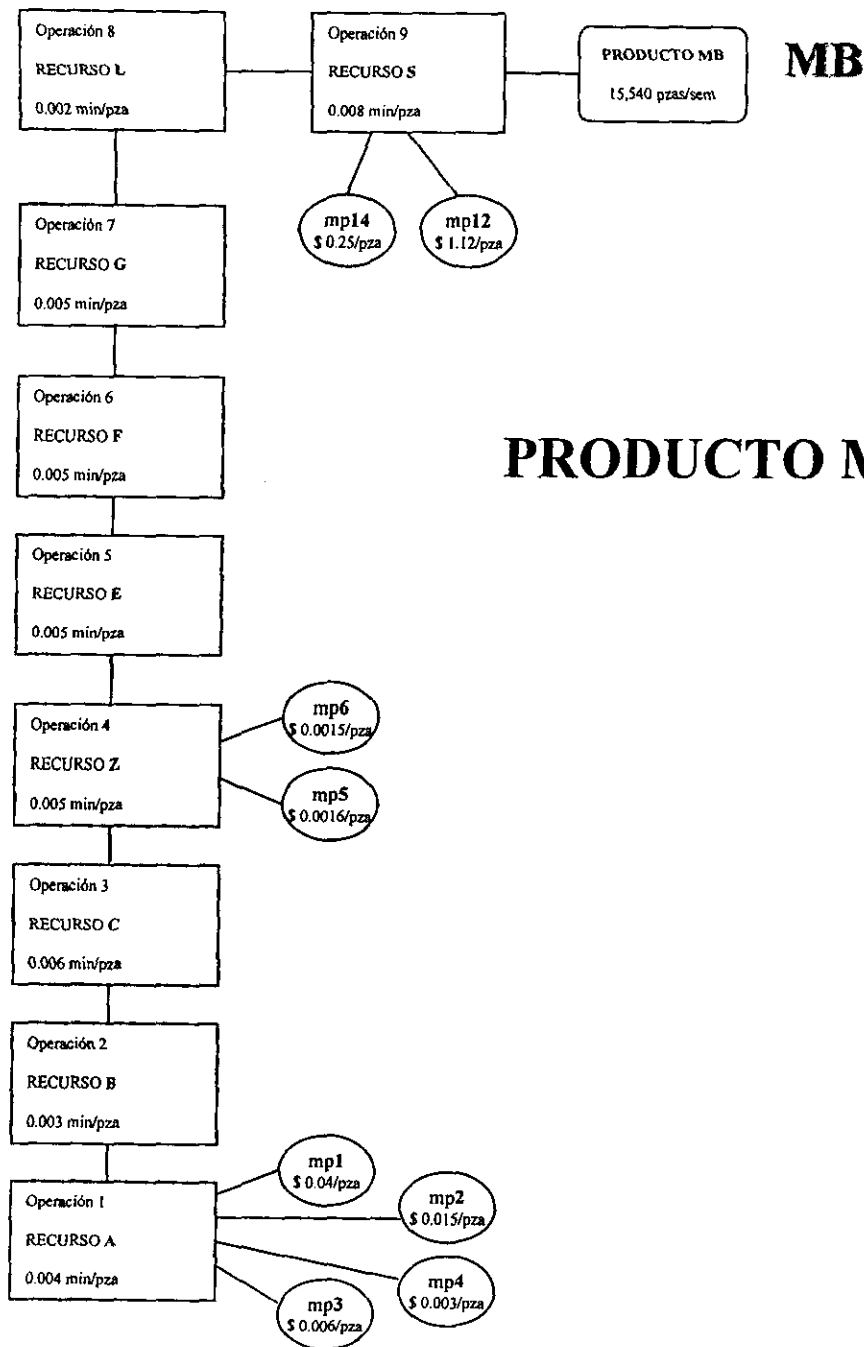


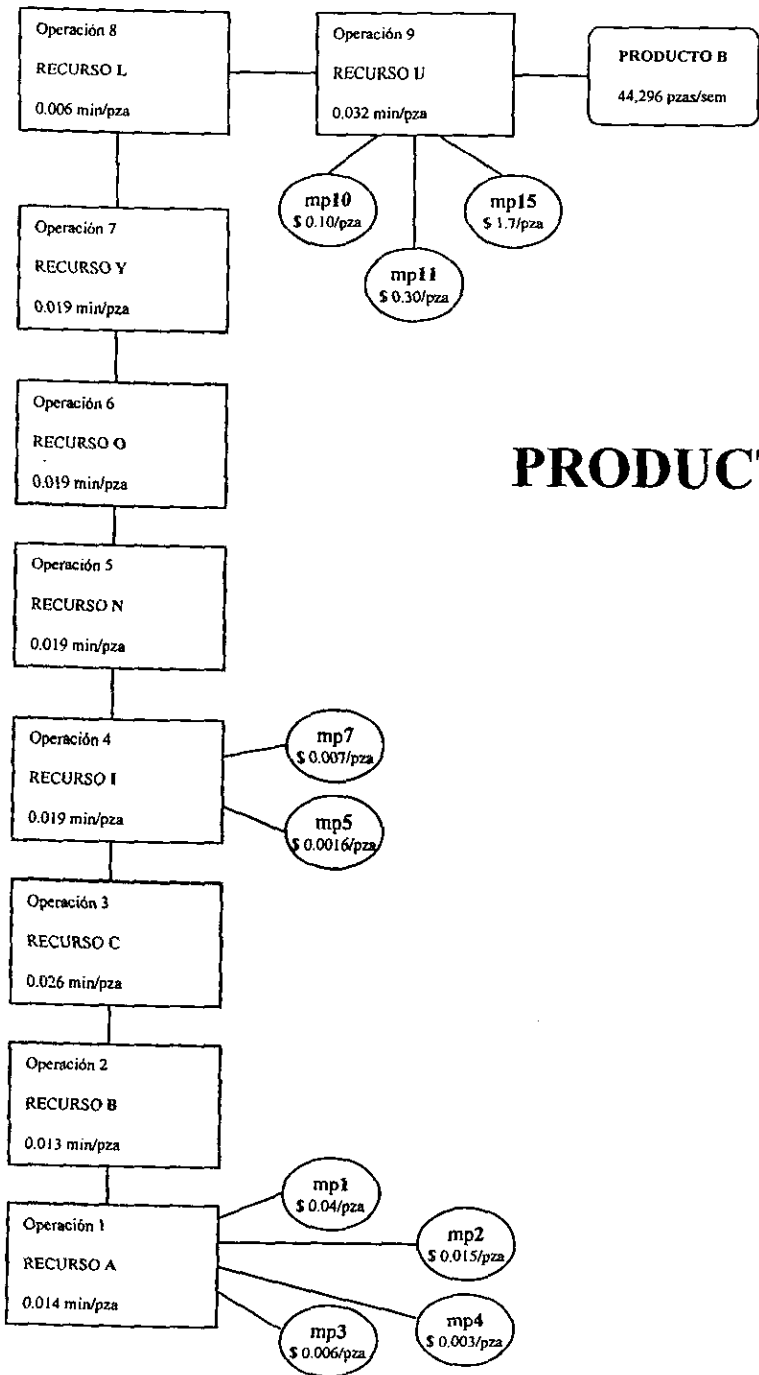


**MA**

# PRODUCTO MA

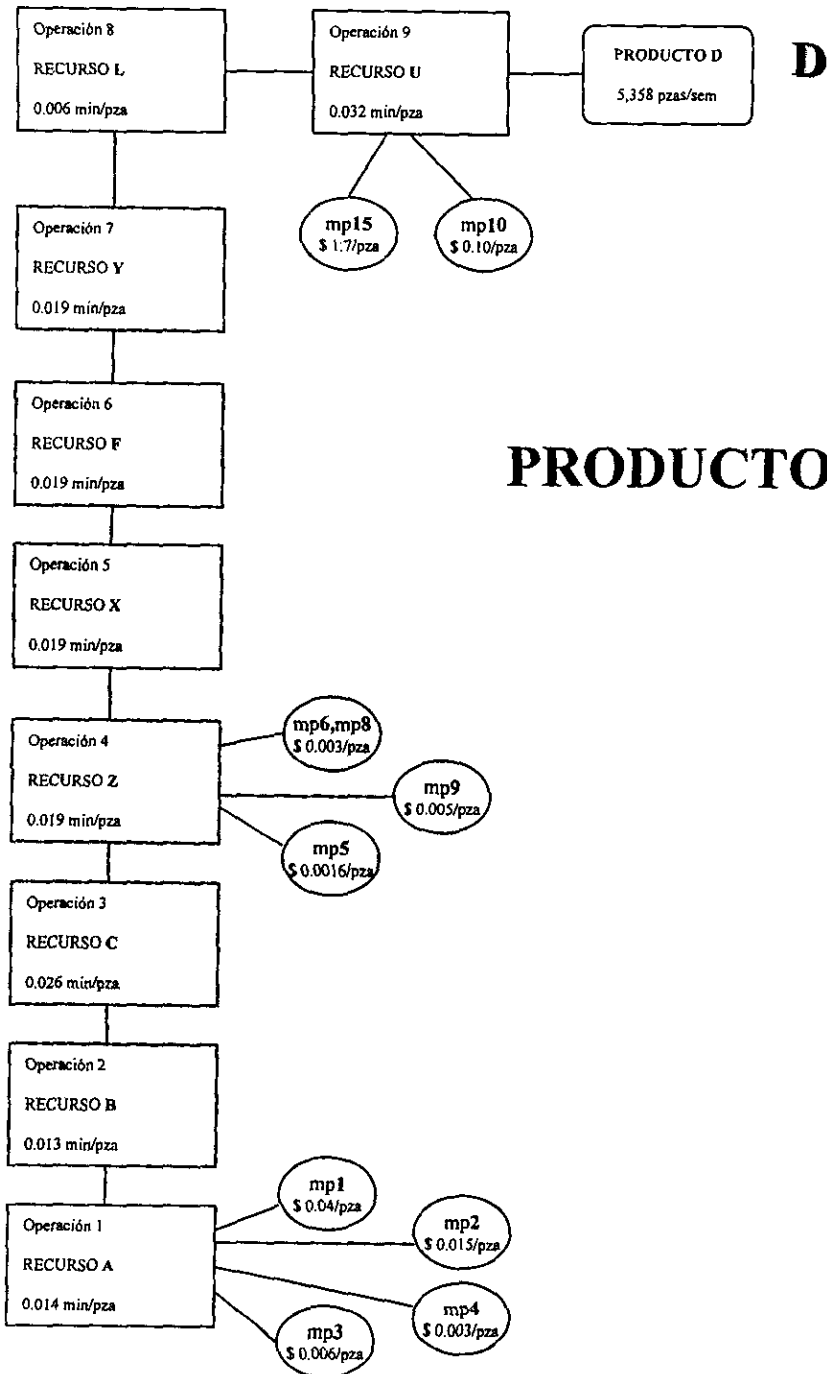


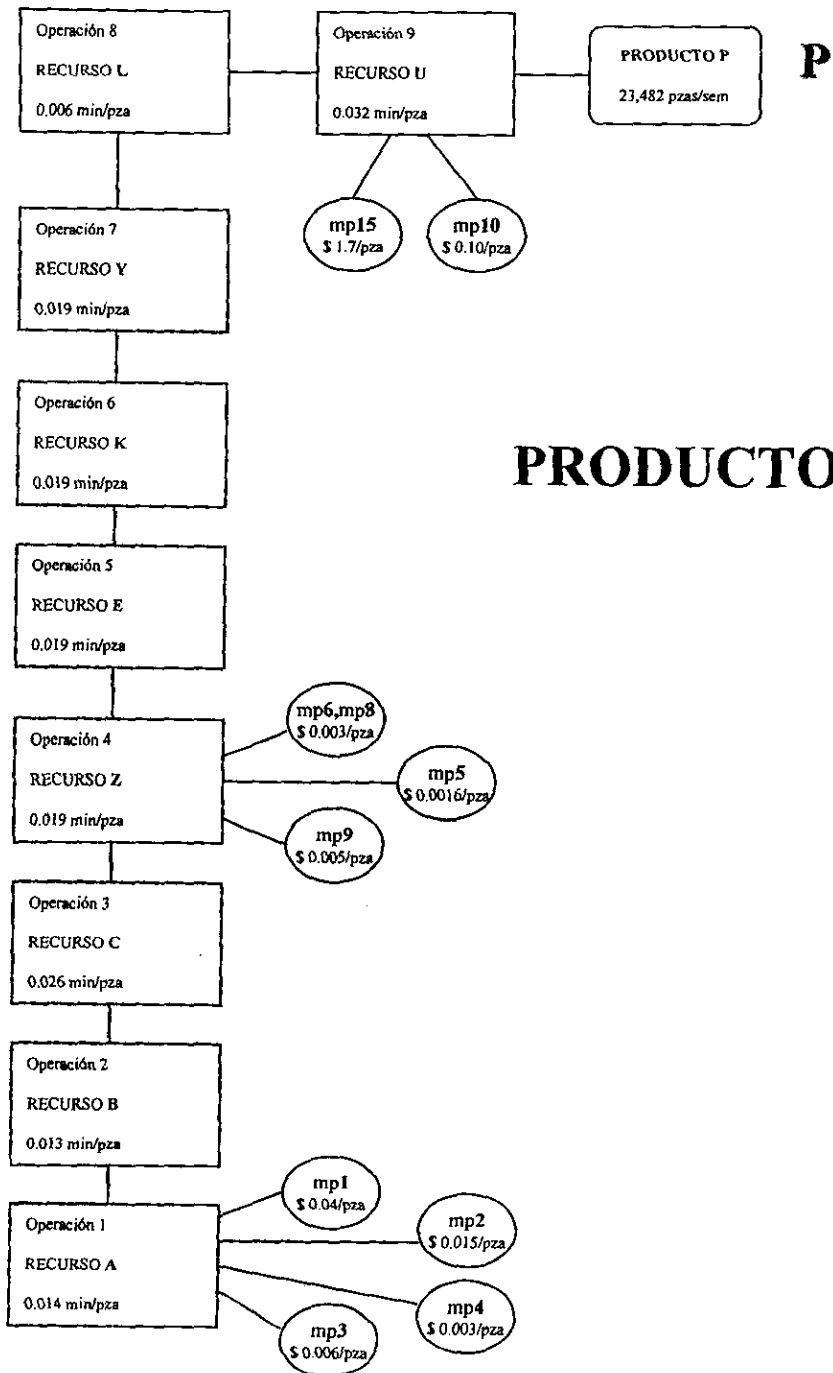




**B**

# PRODUCTO B





### 1.3 ASPECTOS DE MERCADO.

#### 1.3.1 MARCAS EN EL MERCADO.

Las marcas con las que actualmente compiten nuestros productos en el sector hotelero son las siguientes:

*Tabla 1.6 Nuestra Competencia*

<i>Marca</i>	<i>Compañía Productora</i>
Jardines de California	Perfumería Imperial S.A.
Rosa Venus	Fábrica de Jabones La Corona, S.A. de C.V.
Natural de Myrurgia	Industrias Selectas, S.A de C.V.
Heno de Pravia	Productos Moncloa, S.A. de C.V.
DC	Distribuidora Compostela
Flo	Industrias Flo

#### 1.3.2. PRECIOS

A continuación se muestran los precios en moneda nacional de nuestros productos en el mercado:

*Tabla 1.7 Precios de Nuestros Productos*

<i>Producto</i>	<i>Precio por Caja (M.N.)</i>
V (10 gr.)	\$ 115
J (12 gr.)	\$ 125
H (17 gr.)	\$ 125
M (20 gr.)	\$ 120
MA(20 gr.)	\$ 130
MB (20 gr.)	\$ 150
B (Asuntol)	\$ 118
D (Urus)	\$ 137
P (Rin-Tin-Tin)	\$ 142

#### 1.3.3 PLAZA

Nuestros jabones de tocador se distribuyen principalmente a hoteles de la Cd. de México, y en el interior de la República a algunos hoteles localizados en los estados de: Veracruz, Puebla, Querétaro, Aguascalientes, Estado de México, Baja California, Tabasco, Chiapas, Guanajuato, Michoacán, Guerrero y Quintana Roo.

Cabe destacar que nuestro jabón de tocador tiene aproximadamente el 30% de participación en el mercado de la Ciudad. de México, ocupando el segundo lugar de importancia entre sus competidores después de Jardines de California.

En cuanto al jabón de uso veterinario, puesto que es una maquila, su distribución tanto en el mercado nacional como en el extranjero, corre a cargo de las compañías contratantes.

#### 1.3.4. DEMANDA DE NUESTROS PRODUCTOS

Debido a que la empresa trabaja dentro de un ambiente "Hecho por Pedido"(conocido como MTO siglas en ingles de "Make to Order"), esto es, que la producción se planea en base a los pedidos de los clientes, podemos entonces afirmar que tenemos una demanda casi constante para todos nuestros productos, tal como se muestra a continuación:

*Tabla 1.8 Nuestra Demanda*

<i>Producto</i>	<i>Demanda Mensual Piezas</i>	<i>Demanda Mensual Cajas</i>
V (10 gr.)	144,000	144
J (12 gr.)	72,000	144
H (17 gr.)	62,400	125
M (20 gr.)	40,000	80
MA(20 gr.)	462,000	924
MB (20 gr.)	62,160	124
B (Asuntol)	177,184	1808
D (Urus)	21,432	188
P (Rin-Tin-Tin)	93,928	796

## **CAPÍTULO 2**

### **TEORÍA DE RESTRICCIONES.**

#### **2.1 INTRODUCCIÓN.**

La lucha mundial por servir a la creciente demanda de productos manufacturados ha sacado a la luz varios puntos en conflicto. Uno de los más volátiles, e impactantes se refiere a la filosofía que utilizamos para conducir y evaluar nuestras acciones.

Es cierto que el desempeño sigue a la medición. El origen en el cual la decisión, la medida y el control fueron basados, es una severa presión hacia el cambio.

Este papel contrasta el nuevo Mundo del "Throughput", la administración de procesos con restricciones, y la sincronización con el flujo de efectivo, los procedimientos de eficiencias, asignación y costeo del tanto tiempo nombrado "Mundo de los Costos".

Cabe aclarar que la meta del "throughput" es llevar el producto a lo largo de todo el proceso en el menor tiempo posible. El desarrollo del "Throughput" significa satisfacer las necesidades del cliente con la menor cantidad de recursos, inventario y tiempo.

#### **2.2 MUNDO DEL "THROUGHPUT" O MUNDO DEL COSTO, ¿CUÁL ES LA DIFERENCIA?**

Las perspectivas del mundo del "throughput" y del mundo de los costos están en conflicto directo, no sólo en cuanto a sus filosofías sino también en cuanto a sus procedimientos. Un punto de pique es cómo la compañía se posiciona a sí misma estratégicamente, cómo se acerca a su mercado, cómo valúa sus productos, cómo planea y controla su manufactura, y cómo mide su desempeño.

Desde comienzos del siglo XX, los principios de la contabilidad de costos han dominado la forma en que las compañías manufactureras han tomado decisiones y medido sus resultados. Hemos practicado los procedimientos de costos por tanto tiempo que hemos asumido que son válidos y sacrosantos.

Las nuevas filosofías administrativas enfocadas en el "throughput" más que en el costo surgieron durante los años 80's. La Administración Total de la Calidad (TQM), Justo a Tiempo (JIT), Teoría de Restricciones (TOC) y sus aplicaciones lógicas, Administración del Flujo Sincronizado (SFM), todas repudian la perspectiva del costo.

El énfasis en cada uno de estos movimientos es hacer las cosas de tal manera que se ponga a la compañía en la posición más favorable para atraer al mercado. Brindar los conocimientos necesarios para controlar los gastos operativos. De cualquier manera, los

gastos son evaluados por su contribución al incremento del "throughput", no en la recuperación del costo.

Bajo el punto de vista de TOC y SFM, muchos esfuerzos locales para optimizar el costo y la eficiencia se presumen inútiles y en conflicto con la meta de la compañía. Esto es, no es el desempeño local el juez de la efectividad.

### **2.3 EVOLUCIÓN DE LA CONTABILIDAD DE COSTOS.**

Las primeras aplicaciones de la contabilidad de costos se remontan a principios de 1900 en DuPont y General Motors. De cualquier forma, su origen no está definido. Lo que si es claro es el ambiente general de las empresas en ese tiempo. En 1900, la Revolución Industrial estaba en pleno apogeo, pero la mecanización no era entonces la regla. Muchas fábricas tenían mano de obra intensiva. A los trabajadores se les pagaba por pieza bien producida. El pago por horas todavía no se imaginaba.

La compra de materiales era por mucho, el mayor gasto que hacían muchas compañías, ya que a menudo representaba el 70% o más del total de los gastos de operación. En balance, la mano de obra directa representaba como mucho 10 veces el total de los demás gastos combinados. La mano de obra y el material representaban el 95% o más de los gastos asociados con llevar una compañía. Esto es, el material y la mano de obra variaban total y directamente de acuerdo con la cantidad de producto fabricada.

A medida que los productos empezaron a proliferar debido al incremento en la demanda de variedad del consumidor, la necesidad de proyectar el impacto de la introducción de nuevos productos creció también. La idea de asignar el pequeño porcentaje que representan los gastos operativos no-variables a los productos basado en el total de la mano de obra empleada fue un "golpe de genios". Las aproximaciones resultantes del "costo de producto" fueron fáciles de desarrollar y tan seguras como se necesitaban. Los "márgenes de producto" fueron una extensión lógica, y fueron el origen de los procedimientos de contabilidad de costos que los siguieron.

Para 1920, la integración vertical y la inversión en automatización habían alterado el flujo de efectivo de las típicas compañías manufactureras. El material representaba tan sólo el 50 ó 60% del total de salidas. La mano de obra representaba un pequeño porcentaje del costo total en comparación con el que tenía en 1900 y los gastos generales se habían incrementado hasta ser igual a la mano de obra. La asignación había llegado a ser insignificante.

Para 1940, a los trabajadores se le pagaba en base a las horas que pasaban en la planta, no por las piezas de producto fabricadas. La mano de obra ya no era considerada como un gasto variable, y los gastos generales eran considerablemente mayores que la mano de obra. Dos asignaciones de los gastos generales, una a los centros de trabajo y otra a los productos, se convirtieron en práctica común. Las eficiencias, los presupuestos, y las



variaciones basadas en consideraciones de mezcla de producto y desempeño de planta tomaron mayor importancia.

La explosión de tecnología de los años 1970's y 1980's hicieron que los costos de manufactura de los 1990's fueran más bajos que los de 1900. El porcentaje de material hoy, representa el 30 ó 40% del costo (la mitad de lo que representaba en 1900). La mano de obra ha pasado de ser de más del 25% a estar entre un 5 y un 10%, y a veces menor de 3 ó 4%. Los gastos generales se han incrementado del 2 ó 3% del costo total a más del 50%.

En 1990 el gasto general es 5 ó 10 veces más grande que la mano de obra directa, y a medida que la automatización se incrementa, la diferencia continuará creciendo. El efecto ahora es tal que el impacto de cualquier movimiento, hacia arriba o hacia abajo sin importar el monto de la mano de obra que se utilice en cualquier operación de un producto será magnificado varias veces por la asignación de gastos generales. Esto no refleja la realidad, y es exactamente lo contrario de las condiciones existentes en 1900.

La invención de la contabilidad de costos permitió a la industria crecer rápidamente y con mayores beneficios que en las primeras décadas del siglo. El impacto de las decisiones de inversión y elecciones de producto pueden ser predecidas con un nivel de seguridad que antes no era posible. La contabilidad de costos era sin duda alguna una de las soluciones más poderosas introducidas a la industria.

Soluciones poderosas engendran reacciones poderosas. Reacciones poderosas engendran cambios. Cuanto más poderosa sea la solución, más pronunciado el cambio. Eventualmente las soluciones poderosas tienden a devorarse a sí mismas en favor del cambio que forzaron. Esto es lo que ha pasado con la contabilidad de costos con el paso de los años. Desafortunadamente, nosotros veíamos las normas como si representaran la "verdad" en lugar de una solución que era "válida" para los tiempos en que fue designada para servir. A medida que los tiempos cambian, nosotros luchamos para forzar que las nuevas condiciones se conviertan en "normas".

La solución poderosa que se ajustaba efectivamente a la situación que reinaba en 1900 no es válida en 1990. Las condiciones han cambiado.

- La mano de obra ya no es el mayor elemento de gasto, y no es totalmente variable. Ahora es sólo una pequeña parte del total y es en esencia fija. Nosotros le pagamos a la gente por el tiempo que trabaja, no por los artículos que fabrican. La mano de obra ya no varía si hacemos una pieza de más o de menos.
- Los gastos generales ya no son insignificantes. Hoy, es el elemento que más contribuye al gasto.
- La mayoría de las compañías ya no hacen sólo un grupo de productos. El mercado las ha forzado hasta el punto donde asegurar la asignación de gastos a productos específicos es imposible.

## **2.4 SURGIMIENTO DE NUEVAS FILOSOFÍAS ADMINISTRATIVAS.**

Después de la Segunda Guerra Mundial, una nueva perspectiva se empezaba a desarrollar. Su impacto era imperceptible al principio. El movimiento nació de la desesperada necesidad de los países devastados por la guerra, principalmente Japón, de reconstruir sus economías. Japón es un país con pocos recursos naturales y una creciente población. Deben importar recursos para producir, y exportar productos para sobrevivir.

Mientras el mundo occidental, principalmente los Estados Unidos, estaban sumergidos en el negocio de producción en masa y economías de escala, algunas compañías japonesas tuvieron diferente visión. Ellos se concentraron en aspectos importantes para el consumidor, cosas que influenciaran al consumidor a comprar. Desde este principio desarrollaron filosofías conocidas el día de hoy como Control de la Calidad Total (TQM) y Justo a Tiempo (JIT).

Los pasos tomados para implementar productos de calidad, reducir tiempos de preparación, implementar programas de confiabilidad, reducir tiempos de entrega, mejorar entregas, reducir el inventario, y agilizar los ciclos para la introducción de nuevos productos, no fueron establecidos con el objeto de reducir costos. Muchos de estos aspectos no se miden con reportes financieros. Son aspectos clasificados como no-tangibles. De hecho, las acciones tomadas para alcanzar ese tipo de mejoras flotan en la cara de los sistemas de costos. Generarían variaciones negativas. Cuanto mejor se desempeñe la compañía en estas categorías, peor se mostrarán las variaciones. Obviamente, entonces, la razón para realizar acciones tales como reducir tamaños de lote e incrementar tiempos de preparación no es obtener una reducción de costo. Es para situar a la compañía en posición de vender más productos respondiendo rápida y competitivamente a las necesidades del mercado.

Hoy, existen registros de compañías que están tratando, con gran frustración y poco éxito, de implementar el Control de la Calidad Total y Justo a Tiempo en lugar de medir su desempeño con un sistema de costos. Los programas invariablemente fallan porque el sistema de medición eventualmente fuerza a la gerencia a tomar acciones protectoras para apaciguar las medidas y apartarlos del asiento caliente. No podemos evaluar acciones diseñadas para incrementar el flujo con medidas designadas para reducir costos. Existe un conflicto fundamental. ¿Cuál es la meta de la compañía: ganar dinero o ahorrarlo?

## **2.5 TEORÍA DE RESTRICCIONES Y ADMINISTRACIÓN DEL FLUJO CONTINUO.**

Las ideas de Teoría de Restricciones (TOC) y Administración del Flujo Continuo (SFM) surgieron a principio de los años 70's de la mente del Dr. Eliyahu M. Goldratt, un físico israelí. Para 1980 el Dr. Goldratt había incorporado sus principios al sistema de programación de una planta y había vendido varias copias a compañías muy exitosas. Durante los siguientes seis años, basado en las experiencias obtenidas en esas y otras

implementaciones, surgió una filosofía administrativa, un proceso de pensamiento estructurado, y procesos para llegar a la raíz de los problemas y desarrollar simples y prácticas soluciones.

## **2.6 TAMAÑO DE LOTE Y TIEMPOS DE PREPARACIÓN.**

En la primera mitad del siglo los conceptos de ingeniería en manufactura evolucionaron. Los estudios de tiempos y movimientos se volvieron muy populares. Se enfocaban en los elementos de trabajo. Esto ayudó a la gerencia a pensar que la manera de reducir costos era eliminar estos elementos de trabajo e "ingeniar" una manera más rápida de hacer el trabajo. La contabilidad de costos se creó para proporcionar a la gerencia medidas para estas operaciones. La atención de la gerencia estaba dirigida a mantener el precio más bajo por pieza. El trabajo de la contabilidad de costos estaba en juntar esos elementos de costo individuales y convertirlos a costo de producto. No se prestaba atención a lo que se pagaba directa o indirectamente por un material que no era utilizado.

Producción y materiales se cargaban al producto al menor costo. Esto enfocó a producción en corridas largas y continuas de producción. Se animaba a producción a gastar más dinero en equipos que le permitieran hacer productos a precios por pieza muy pequeños. Esto los llevaba a conseguir máquinas más y más complejas. Esto era invariablemente diseñado para tener tiempos más largos de preparación (setup), pero se consideraba que era el precio que había que pagar por bajar el costo tanto como fuera posible. Los tiempos de preparación más largos se corren para amortizar los costos de preparación con grandes cantidades. Un círculo vicioso estaba creado.

Un pensamiento similar para el material está presente en la fórmula del Tamaño de Lote Económico (EOQ). EOQ propone a la gente de compras colocar órdenes de compra para las cantidades que sean el mejor balance entre el costo de ordenar y el costo de mantener el inventario. Desde que los proveedores hacen rebajas en el precio de venta con el fin de que se les compre mayor cantidad a fin de amortizar los tiempos de preparación, nos lleva a comprar grandes lotes de material.

## **2.7 TENER LOS ARTÍCULOS CORRECTOS.**

Lo que estos análisis asumen es que la totalidad del inventario es de igual valor o menor que el tiempo y que la compañía no debe ser restringida para la satisfacción de los deseos del cliente aun cuando esos "deseos" sean diferentes de lo que se tiene en inventario físico. Esto se resuelve en los sistemas tradicionales acarreado inventario de varios productos. De esta manera el producto siempre está disponible sin importar qué es lo que quiere el cliente. Mercadotecnia está feliz, pero el inventario está por los cielos.

## 2.8 MRP Y JIT.

Muchas compañías utilizan hoy sistemas MRP para coordinar sus actividades departamentales internas. Se permiten a sí mismos la indulgencia de tener inventario de seguridad, inventario amortiguador (buffer stock) y otros excesos de inventario para solucionar sus problemas. Los programas de cero inventarios empiezan trabajando en los síntomas, no en la causa de los problemas. Para ser efectivos estos programas deberían atacar la razón de por qué fue creado el inventario.

Las técnicas tradicionales no están mal. Lo que pasa es que no están teniendo una visión lo suficientemente amplia. Por ejemplo, por años hubo un debate por la compatibilidad de MRP y JIT. Los dos sistemas parecían ser diferentes y que llevarían a cabo distintas acciones. MRP es más tolerante con los errores de planeación y administración. Esto provee un medio para llenar las áreas problema con inventario. El MRP tomado en el caso límite de tamaño de lote uno, sin inventario de seguridad, sin tiempos de preparación, y sin tiempo de colas, resulta que es idéntico al JIT.

## 2.9 TIEMPO DE PRODUCCIÓN Y THROUGHPUT.

Muchos sistemas de manufactura tienen módulos de contabilidad de costos que obtienen y reportan el tiempo que toma hacer un producto. En otros casos, un ingeniero puede llevar a cabo un estudio de tiempos y movimientos o una prueba de producto para determinar el tiempo de fabricación por pieza. En cualquier caso la mano de obra aplicada al producto puede ser identificada. A esto se le debería agregar cualquier tiempo que el producto pasa por procesos en los que no interviene la mano de obra. Ejemplos de esto son: el tiempo de secado, de cocimiento, o de curado. Estos procesos continúan sin mano de obra pero el producto pasa tiempo en ellos en adición al tiempo que pasan en procesos que involucran mano de obra. La combinación del tiempo de mano de obra y el tiempo de proceso es el tiempo que se tarda en fabricar un producto.

En muchas compañías este tiempo es relativamente pequeño en comparación con el tiempo que toma desde la compra de la materia prima hasta el embarque del producto terminado. Este tiempo más largo es el tiempo de "throughput" actual. Si el tiempo de producción es tan seguro reflejando la cantidad de tiempo que toma actualmente la producción de una unidad, entonces cualquier cantidad de tiempo entre el tiempo de producción y el tiempo de "throughput" actual es potencialmente un desperdicio y debe ser eliminado.

El inventario de seguridad, que MRP pone en primer lugar antes que la demanda, es producto del cual no hay necesidad. Es protegerse contra demanda imprevista o variaciones en el suministro. Cualquier tiempo invertido en el producto, antes de que éste tenga demanda real, es puro desperdicio. Este tiempo perdido debería ser añadido al tiempo que se necesita para hacer el producto correcto y este tiempo total es el tiempo de "throughput"

actual para el producto. Esto incrementa la diferencia entre el tiempo de producción y el de "throughput".

Después están los tiempos de cola y espera que son defendidos por los sistemas MRP. Alguien, probablemente la gerencia, no ha hecho bien su trabajo de balancear el proceso. Las "piscinas" de inventario han sido creadas para cubrir sus faltas. Hay que balancear la línea, sincronizar el proceso y deshacerse de esos inventarios lo más pronto posible.

## **2.10 COMO USAR LA LLAVE DEL THROUGHPUT.**

Una vez que el material entra a la planta nunca debe descansar. Cada empleado debe trabajar en el producto y pasarlo al siguiente empleado que realizará la siguiente actividad. Si el producto se detiene en algún lugar, entonces existe desperdicio y como tal puede ser eliminado.

Teniendo estas cosas en mente, se puede hacer un desarrollo multinivel que haga que las cosas se agilicen. La alta dirección podría simplificar los sistemas y la calidad sin ningún compromiso. La mediana administración y los técnicos expertos atacarían los tiempos de preparación y de entrega así como removerían los tiempos de cola. Los trabajadores y sus supervisores pueden ayudar desarrollando formas de cómo pueden mejorar sus actividades para promover nuevas herramientas o cambios en los procedimientos actuales.

## CAPÍTULO 3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

### 3.1 INTRODUCCIÓN.

En este capítulo hablaremos del poder y validez de la lógica de Teoría de Restricciones (TOC), definiendo en primer lugar el propósito global de la organización y la medición al avance hacia ella, mediante 3 nuevos indicadores, aplicables tanto a nivel global como local. También son enunciados los 5 pasos para enfocar TOC, y los procesos que nos llevarán a la ejecución de éstos.

El primero de los Procesos de Pensamiento, el Efecto - Causa - Efecto **Árbol de la Realidad Actual**, que sirve para encontrar el problema raíz dentro de la organización, y el segundo la Nube Evaporativa, para mostrar claramente el conflicto y construir una solución, son analizados con detalle dentro de este capítulo.

### 3.2 TOC EN LA ORGANIZACIÓN.

Para comenzar nuestro análisis, la pregunta más fundamental que podríamos hacer es: "¿Para qué fue creada nuestra organización?" La primera cosa que debemos definir claramente es el propósito global de la organización, *la meta de la organización*, que sólo debe ser determinada por los dueños de la organización y como nuestra empresa no se dedica a la beneficencia, la meta de nuestra organización es *Ganar más dinero ahora y en el futuro* a través de la satisfacción de las necesidades del mercado tanto en cantidad de producto como en calidad del mismo.

#### 3.2.1 ¿CÓMO MEDIR SI ESTAMOS "GANANDO DINERO"?

Todos conocemos los indicadores de resultados para saber si estamos ganando dinero. Una empresa necesita ganar utilidades, que es el indicador absoluto de si se está ganando dinero. Pero ¿basta con ese único indicador? No, necesitamos un indicador adicional que muestre cuánto dinero hemos ganado con respecto al dinero que invertimos en el negocio, un indicador como retorno sobre la inversión. Estos dos indicadores parecen ser suficientes, pero a muchas empresas la amenaza de quiebra les ha recordado en forma contundente que también existe un indicador de supervivencia, como el flujo de efectivo. El flujo de efectivo es un indicador de nivel. Cuando tenemos suficiente liquidez, no es importante. Cuando no tenemos suficiente, nada más importa.

### 3.2.1.1 "Throughput" - Inventario - Gasto de Operación: Un mejor puente

Para nuestro análisis definimos tres nuevos indicadores:

- "*Throughput*" - La velocidad a la cual una organización genera dinero a través de las ventas. Nótese, a través de las ventas, no a través de la producción. Si hemos producido algo y no lo hemos vendido, no es "throughput".

Visto de otra forma, el "throughput" también puede ser definido como:

$$T = \text{Ventas} - \text{Compras}$$

- *Inventario* - Todo el dinero que el sistema invierte en la compra de cosas que pretende vender. Esta definición de inventario se desvía de las definiciones tradicionales puesto que excluye el valor agregado de la mano de obra y los gastos generales de fabricación.
- *Gasto de Operación* - Todo el dinero que el sistema gasta para poder transformar el inventario en "throughput". Esta definición de gasto de operación incluye no sólo a la mano de obra directa, sino también la gerencia, las computadoras, e incluso a las secretarías.

Sabemos que nuestra meta es ganar dinero y que medimos el avance hacia ella, mediante los tres indicadores de resultados financieros. Si realizamos acciones que incrementen a estos tres indicadores en forma simultánea, definitivamente estaremos avanzando en la dirección correcta.

Al evaluar cualquier acción, debemos recordar que tenemos tres indicadores, no sólo uno. De otra manera podríamos emprender acciones sumamente devastadoras. Esto quiere decir que el juez final no lo constituyen los indicadores mismos, sino la relación entre estos parámetros. El tener tres mediciones implica matemáticamente dos relaciones. ¿Qué opciones populares tenemos ya? Consideremos, por ejemplo, la siguiente relación. "Throughput" menos Gasto de Operación:  $T-GO$ ? ¿Le parece familiar esta relación? Sí, se trata de la Utilidad Neta. ¿Y qué hay con respecto a la relación ligeramente más complicada de "Throughput" menos Gasto de Operación, dividido entre Inventario:  $(T-GO)/I$ ? Esto nos parece todavía más familiar. Dicho sencillamente, es el Retorno Sobre la Inversión (ROI).

Consideremos, por ejemplo, las relaciones directas de "Throughput" dividido entre Gasto de Operación ( $T/GO$ ) y "Throughput" dividido entre Inventario ( $T/I$ ). ¿Se puede poner nombre a estas relaciones? Sí, la primera es la definición de Productividad, y la segunda normalmente se conoce como Rotación o Vueltas de Inventario.

### 3.2.1.2 Jerarquía de los Nuevos Indicadores.

Aclaremos la jerarquización de nuestros indicadores que recomiendan los tres movimientos Justo-A-Tiempo (JIT, siglas en inglés de "Just-In-Time"), Teoría de Restricciones (TOC), y Administración de la Calidad Total (TQM) en su totalidad. Todos estos movimientos, los tres, tienen una frase dominante en común: "Un proceso de mejoramiento continuo". De hecho, debimos haber adoptado este lema hace mucho tiempo. Recordemos que la meta de la compañía no es nada más ganar dinero, es ganar MAS dinero, ahora y en el futuro. La consecuencia lógica de la definición de la meta es un proceso de mejora continua.

Si lo que pretendemos es el proceso de mejoramiento continuo, ¿cuál de las tres avenidas: el "throughput", el inventario o el gasto de operación es más prometedora? Si lo pensamos por un momento, la respuesta se hace clara como el agua. Tanto el inventario como los gastos de operación son algo que estamos tratando de reducir. Así ambas ofrecen solamente una oportunidad limitada para mejorar continuamente. Ambas están limitadas por el cero.

Esto no es el caso del tercer indicador: el "throughput". Nos esforzamos por mejorar el "throughput". El "throughput" no tiene limitación intrínseca alguna; el "throughput" debe, pues, ser la piedra angular de cualquier proceso de mejora continua; y debe ser el primero en la escala de importancias.

Los tres nuevos movimientos han reconocido la existencia de otro canal considerablemente más importante otro canal indirecto, el canal indirecto mediante el cual los inventarios, especialmente la porción relacionada con el tiempo de los mismos, produce un impacto sobre el "throughput" futuro.

La nueva escala de importancias, entonces es completamente diferente a la convencional. El "throughput" es lo más importante. Inventario ocupa el segundo lugar. Gasto de Operación ha sido derribado de su elevada posición a un modesto tercer lugar.

El impacto que esta nueva escala de importancias tiene sobre todas las decisiones tomadas por la administración es sorprendente. Muchas acciones que tenían perfecto sentido bajo la escala convencional se convierten en un algo de lo más absurdo cuando las vemos desde este nuevo ángulo. Por eso es que los tres movimientos se han desviado de su camino para predicar lo que parecen ser simples trivialidades de sentido común.

La Teoría de Restricciones recalca esto una y otra vez: "La optimización local no da como resultado la optimización del todo". La Administración de la Calidad Total nos recuerda que: "No basta con hacer las cosas bien. Lo más importante es hacer las cosas correctas". Justo A Tiempo saca su bandera de: "No hay que hacer lo que no es necesario".

JIT y TQM no están ayudando gran cosa a estimular el cambio necesario. Sí, están muy activos forzando a los directivos a cambiar hacia la nueva escala de importancia, pero



no han hecho gran cosa para ayudar a la gerencia a cambiar hacia el nuevo estilo que se requiere para hacer frente a esta escala nueva.

TQM, percatándose de que el "throughput" es tan importante, ha cambiado la percepción de la gerencia acerca de las acciones que deben realizarse. Si no fuera por TQM, el servicio a clientes y la calidad de los productos, temas vitalmente importantes para incrementar el "throughput" futuro, no estaría en el primer lugar de sus agendas, como lo están en la actualidad.

Si no fuera por JIT, el inventario seguiría siendo considerado como un activo; y no se reconocería la importancia de reducir el tiempo total de producción, de recortar los lotes y minimizar los tiempos de preparación y ajuste de máquinas, de mejorar el mantenimiento preventivo, etc. ninguna de las acciones que conducen a una más rápida respuesta al mercado, habría llegado a las salas de consejo.

### 3.2.2 CAMBIO DE PARADIGMA.

Como se menciona anteriormente, toda organización fue creada para un propósito. y por esto, la meta de la organización es tratar de satisfacer y moverse hacia la satisfacción de este propósito predeterminado. En primer lugar ¿para qué creamos la organización? ¿Por qué no tratar de alcanzar ese propósito predeterminado con los esfuerzos de una sola persona? Probablemente porque esto es imposible o muy difícil de lograr. Por esto es obvio que para lograr el propósito de la organización se necesita la sincronización de los esfuerzos de varios recursos. La organización debe ser vista como una cadena compuesta por varios eslabones, donde la contribución de un eslabón es fundamental para el desarrollo de otros eslabones.

En el mundo del "throughput", hasta el principio de Pareto debe entenderse de una manera totalmente diferente. Ha dejado de ser la ley del 80-20. Se acerca mucho más a la regla del 99.9-0.1. Una pequeña fracción de las variables (el 0.1 por ciento) determina al 99.9 por ciento del resultado. ¿Le parece extraño? ¿Casi increíble? Sencillamente recuerde lo que ha sabido durante todo este tiempo. Estamos trabajando aquí con "cadenas" de acciones. ¿Qué es lo que determina la resistencia de una cadena? "Lo que determina la resistencia de una cadena es la resistencia de su eslabón más débil". ¿Cuántos eslabones más débiles existen en una cadena? Con tal de que las fluctuaciones estadísticas eviten que los eslabones sean idénticos, existen sólo un eslabón más débil en una cadena. Una organización no debería ser exactamente como una cadena, sino como una rejilla. Por esto, el número de eslabones más débiles (restricciones) que determinan el desempeño de la organización, dependen del número de cadenas independientes que conforman la rejilla. Cuánto más compleja sea la organización, es más pequeño el número de cadenas independientes que contiene; más complejidad significa más interdependencia.

¿Que significaría que una empresa no tuviera restricciones? Que nada limita el desempeño. ¿Cuál tendría que ser el desempeño de esta empresa? ¿Cuál debería ser su

Utilidad Neta y su ROI? Infinito. ¿Ha visto o sabido de alguna empresa que tenga una utilidad neta infinita?

Por esto, si una organización quiere mejorar su desempeño, el primer paso debería ser **identificar las restricciones del sistema**, sus eslabones más débiles.

Así, el primer **paso para enfocar de la Teoría de Restricciones** es intuitivo:

### ***1. Identificar la(s) Restricción(es) del Sistema.***

Identificar las restricciones es encontrar los puntos, las cosas de las que no tenemos suficientes, al grado de que limitan el desempeño general de nuestro sistema entero. ¿Cómo debemos administrarlas?

¿Cómo debemos administrar las restricciones, las cosas de las que no tenemos suficientes? Por lo menos, no las desperdiciamos. Vamos a extraerles el mayor jugo. Cada gota cuenta. Para decirlo en término más civilizados, el segundo paso de la Teoría de Restricciones es el siguiente:

### ***2. Decidir Cómo Explotar la(s) Restricción(es) del Sistema.***

Una vez identificadas, la gerencia debe decidir **cómo explotar las restricciones**, su nivel de desempeño establece los límites del desempeño de la organización.

### ***3. Subordinar Todo lo Demás a la Decisión Anterior.***

Todos los demás eslabones deben servir a las restricciones, garantizando que el desempeño de las restricciones no sea afectado o desperdiciado, y todas las mejoras en los recursos no-restricción deben ser orientados a elevar el desempeño de los recursos restricción. En otras palabras, **subordinar todo lo demás a la anterior decisión**.

### ***4. Elevar la(s) Restricción(es) del Sistema.***

En el caso de que los pasos anteriores no fortalezcan al eslabón más débil hasta el punto de que deje de serlo, entonces procederemos con acciones más rigurosas para **elevar las restricciones del sistema**.

### ***5. Si, en los Pasos Anteriores, se Rompe una Restricción, Regresar al Paso Uno.***

La trampa más peligrosa se presenta cuando los esfuerzos son exitosos y las restricciones anteriores no molestan más a la organización. Entonces nuevas restricciones limitan ahora el desempeño de la organización. Este cambio en las restricciones usualmente requiere un cambio en los procedimientos y en la conducta de algunas otras áreas de la organización. Por esto, es importante advertir: **si en los pasos anteriores una restricción ha sido rota, regresar al paso 1, pero no permitir que la inercia cause una restricción en el sistema**.

Estos son los poderosos cinco pasos de la Teoría de Restricciones. Pero lo que tenemos que aceptar es que las restricciones deben ser físicas: recursos, vendedores, o mercados. Como bien sabemos, las restricciones reales de una compañía tales como políticas, entrenamientos y medidores (RTM's), son erróneas y bloquean el desempeño de toda la compañía. No hay justificación para seguir buscando RTM's erróneas, hay demasiadas en cada organización. Tratar de luchar con todas ellas no es sólo inefectivo, sino que puede llevar a la organización al caos. El problema consiste en identificar los RTM's que son actualmente restricciones en la organización. Cuando las restricciones son físicas es fácil identificarlas, pero como hacerlo cuando las restricciones son RTM's? Observaciones directas, métodos estadísticos etc., son totalmente inefectivos en este caso. Por esto, el primer paso, debe ser visualizado de forma diferente. "Identificar las restricciones del sistema" no debe ser visto como una recomendación práctica de dónde empezar; debe ser visto como un mandamiento para un proceso que llevará a la gerencia a identificar la restricción.

Este es el primero de los procesos de pensamiento, el Efecto-Causa-Efecto Arbol de Realidad Actual. Esta técnica permite a la gerencia resaltar el problema raíz, para identificar claramente las restricciones del sistema, aún cuando éstas no son físicas.

Por supuesto, cuando estamos luchando con restricciones no físicas, el segundo y tercer paso se vuelven irrelevantes. ¿Cuál es la razón de explotar una política errónea? ¿Por qué tratar de subordinar todo a una política errónea? De cualquier forma, aunque las restricciones no sean físicas, procederemos directamente al cuarto paso, para elevar las restricciones del sistema. Pero una vez más, este cuarto paso representa ahora un mayor obstáculo. Si las restricciones son físicas, cómo elevarlas es claro pero elevar una RTM errónea significa reemplazarla con otra RTM más apropiada. "Elevar las restricciones del sistema" debe ser vista ahora como un mandamiento para una técnica que llevará a la gerencia a construir otra RTM para su organización. Claramente, este proceso no es válido para la mayoría de las organizaciones. Esta es exactamente la labor del segundo de los procesos de pensamiento, la Nube Evaporativa y el Efecto-Causa-Efecto Arbol de Realidad Futura. Este muestra qué cambiar, y cómo construir una solución adecuada para identificar el problema raíz, tomando en cuenta que ésta va a eliminar los efectos negativos de la RTM errónea ya existente, sin crear otras nuevas.

El reto viene cuando examinamos el quinto paso en el supuesto de que la restricción es una RTM errónea. No debemos permitir que la inercia cause una restricción en el sistema, en el caso de que queramos reemplazar una RTM errónea, ya que esto nos lleva a un cambio en la cultura organizacional. El quinto paso debe ser visto como un mandamiento para un proceso que nos llevará a una suave transición de una vieja RTM a una nueva. Esta es la labor del tercero de los procesos de pensamiento, el Arbol de Pre-Requisitos y el Arbol de Transición. Este muestra cómo causar el cambio y cómo hacer que en la organización se de una transferencia suave de una forma de operar a otra.

Los procesos de pensamiento no deben ser vistos como un reemplazo de los 5 pasos. Estos deben ser vistos como lo que son, como procesos que nos llevarán a la ejecución de

los cinco pasos en el caso muy común de que las restricciones no son físicas, pero no por eso menos tangibles, devastadoras RTM's.

### 3.3. CATEGORÍAS PARA LEGITIMAR CONDICIONES.

En lógica nosotros estamos luchando con las relaciones entre las entidades, y aquí la idea básica es: Entidad-Relación-Entidad. Desde que la relación en la que nos concentramos es en la causalidad, la relación puede ser expresada con una flecha y nos referiremos a la entidad al inicio de la flecha como la Causa, y a la entidad al final de la flecha como el Efecto.

Siempre que alguien construya o verifique un árbol de Causa-Efecto-Causa, se recomienda que verifique cada paso, sino de otra forma el Proceso de Pensamiento resulta algo sin sentido.

Para facilitar el proceso, a continuación se muestra una guía con siete diferentes categorías para legitimar condiciones:

#### 1. *Existencia de Entidad:*

Una entidad debe ser expresada como una frase completa. Esto es, "Las ventas están bajando" es una entidad legítima pero "ventas" o "participación de mercado" no lo son por sí mismas.

Hacer una frase no significa que ésta sea válida y en el caso de construir un árbol negativo, se debe verificar la existencia en la realidad de cada una de las entidades.

En un árbol positivo, como estamos mostrando una realidad que todavía no existe, esta categoría es válida solamente para entradas al árbol que no son "acciones".

#### 2. *Existencia de Causalidad:*

La primera (y la más poderosa) forma de verificar si existe causalidad es simplemente leer en voz alta la flecha. Esto se hace leyéndola de la siguiente manera: "Si (causa) entonces (efecto)". La persona encargada de verificar las entidades debe tener cuidado de leer lo que está escrito, no lo que entienda de los que está escrito. Esta prueba es muy efectiva para eliminar los enemigos más peligrosos de los árboles de lógica: las frases parciales.

Muchas veces es muy difícil (o imposible) verificar la existencia de la causa de manera directa. Esto no significa que la causa no sea legítima, significa que la existencia de la causa debe ser sustentada por otra entidad que pueda ser verificada directamente.

#### 3. *Tautología:*

Conocida también como lógica circular, ocurre cuando una causa intangible entra al árbol sin ser sustentada por dos efectos.

4. *Existencia de Efecto Predecible:*

Una condición de efecto predecible podría ser expresada de la siguiente manera: "Si nosotros aceptamos que (causa) es la razón de (efecto original) entonces esto nos debería llevar a (efecto predecible) el cual no existe".

5. *Insuficiencia de Causa:*

Alguien debería proponer que la causa podría no ser causante del efecto por sí misma. otra entidad debería estar presente. La entidad faltante debería ser sustituida por la entidad que hace la condición.

6. *Causa Adicional:*

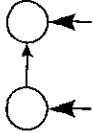
Nosotros sabemos que muchas veces el efecto es causado no únicamente por la causa propuesta, sino que también puede ser causado por algo más. Esta causa adicional puede ser añadida sólo si contribuye a darle más magnitud al efecto. Si la causa adicional es relativamente larga comparada con la original, se debe reemplazar la original.

7. *Claridad:*

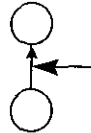
Algunas veces el Sí...Entonces no es demasiado convincente o parece que no existe ninguna conexión entre la causa propuesta y el efecto, es por esto que es necesario preguntar por más explicaciones.

## Categorías para Legitimar Condiciones

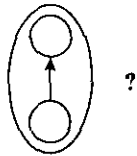
1. Existencia de Entidad



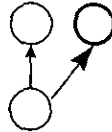
2. Existencia de Causalidad



3. Tautología



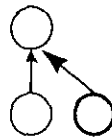
4. Existencia de Efecto Predecible



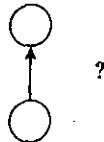
5. Insuficiencia de causa



6. Causa Adicional



7. Claridad



### 3.4 ÁRBOL DE LA REALIDAD ACTUAL.

El primero de los Procesos de Pensamiento es el *Árbol de la Realidad Actual*, cuya construcción se detalla a continuación:

#### 3.4.1 CÓMO CONSTRUIR *ARBOLES DE REALIDAD ACTUAL*.

##### *Paso 1*

Hacer una lista de entre 5 y 10 Efectos Indeseables (EIDE's) que describen el área que está siendo analizada, y someter cada EIDE a la condición de existencia de entidades.

##### *Paso 2*

Si ve una conexión aparente entre 2 o más EIDE's, conecte este "grupo" mientras examina las demás entidades y flechas del trayecto. De otro modo, escoja un EIDE al azar y continúe con el paso 3.

##### *Paso 3*

Conecte todos los demás EIDE's al resultado del Paso 2, examinando cada entidad y flecha del trayecto. Deténgase cuando todos los EIDE's estén conectados.

##### *Paso 4*

Lea el árbol de abajo hacia arriba examinando de nuevo cada flecha y cada entidad del trayecto. Haga las correcciones necesarias.

##### *Paso 5*

Pregúntese si el árbol como un todo refleja su intuición acerca del área. Si no cheque que cada flecha cumpla con la condición de Causa Adicional.

##### *Paso 6*

No dude en ampliar su árbol para conectar otros efectos indeseables que existen pero que NO fueron incluidos en la lista original de EIDE's. NO REALIZAR ESTE PASO HASTA QUE TODOS LOS EIDE's ORIGINALES ESTEN CONECTADOS.

##### *Paso 7*

Reconsidere los EIDE's. Identifique aquellas entidades en el árbol que son negativas por sus propios méritos, aún cuando la entidad no estaba incluida en la lista original de EIDE's o requiera expandir el árbol hacia arriba por una o dos entidades.

##### *Paso 8*

Pode de su árbol las entidades que no se requieren para conectar todos los EIDE's.

##### *Paso 9*

Preséntele su árbol a alguien que lo pueda ayudar a discutir y mejorar los supuestos contenidos en el mismo.

### *Paso 10*

Examine todos los puntos de entrada al árbol y decida cuáles desea atacar. Escoja entre ellos el que más contribuya a la existencia de los EIDE's.

### 3.4.2 NUESTRO ÁRBOL DE LA REALIDAD ACTUAL.

Al platicar con personas involucradas en el proceso de elaboración del jabón y hacerles la pregunta: "¿qué le molesta dentro del proceso que lleva a cabo normalmente?" encontramos que los Efectos Indeseables (EIDE's) más comunes en nuestra organización son los siguientes:

1. *Algunas veces las materias primas no llegan a tiempo.*
2. *Algunas veces las materias primas llegan en mal estado (principalmente el sebo que está mezclado con hierbas de olor).*
3. *El proceso de secado es muy lento.*
4. *La capacidad del horno no es suficiente para el volumen de jabón que manejamos.*
5. *Se presentan problemas de calidad en el producto terminado, por causa de un jabón mal secado.*
6. *Algunas veces el jabón base no se seca bien.*
7. *Algunas veces el cliente devuelve los productos de mala calidad.*
8. *Los pedidos devueltos se reprocesan.*
9. *Algunas veces no se entregan los pedidos completos.*
10. *Se pierden clientes potenciales.*

En base a estos EIDE's construimos el Arbol de Realidad Actual para nuestra organización, que representa el panorama en el que actualmente está inmersa, y que describimos a continuación:

El objetivo de la empresa es: *Satisfacer la demanda del mercado*, para lo cual es necesario cumplir con dos requisitos:

1. *Producir mayor cantidad de producto, porque el cliente exige tener sus pedidos completos y a tiempo, y*
2. *Asegurar la calidad del mismo, porque el cliente exige calidad para los productos que consume.*

Debido a la poca flexibilidad que brinda el proceso de cocimiento en cuanto al tiempo de duración independientemente de su carga, éste se programa con el volumen necesario para satisfacer los pedidos en un ciclo semanal, y como el horno es el recurso que tiene menor capacidad de todo el proceso, es necesario utilizar la energía solar como auxiliar en el proceso de secado.

Si las condiciones meteorológicas no son favorables existe la posibilidad de que el jabón base no se seque bien, y como esto impacta directamente la calidad del producto,



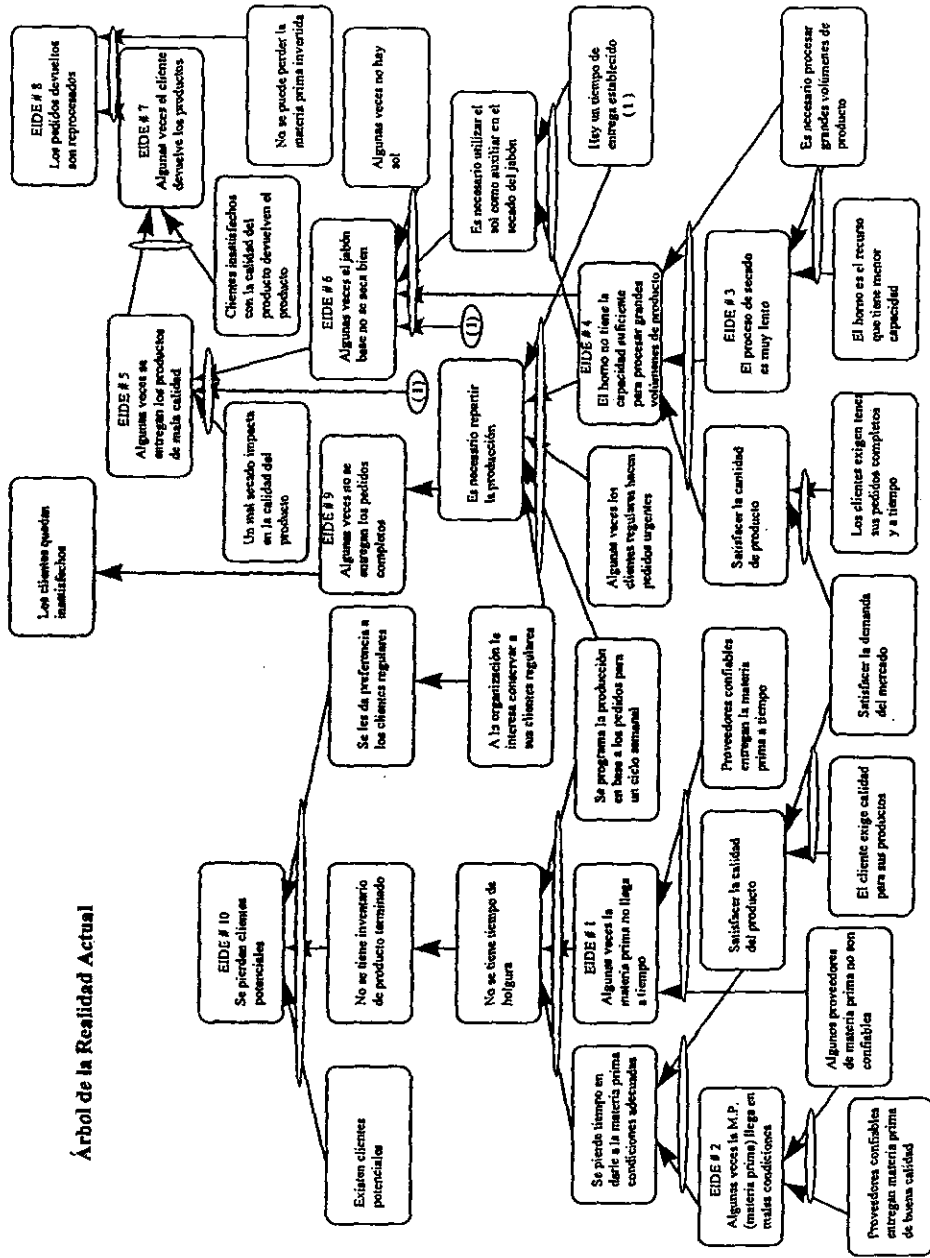
algunas veces se hacen llegar al cliente productos de mala calidad que ocasionan que el cliente no quede satisfecho con el producto y que lo devuelva, lo cual implica reprocesos para no perder la inversión en materia prima.

Por otro lado, algunas veces, los clientes regulares hacen pedidos urgentes que no fueron contemplados en la planeación inicial, y como a la organización le interesa conservar sus clientes regulares, reparte la producción, por lo que los pedidos no se entregan completos quedando el cliente insatisfecho.

Tenemos algunos proveedores que no son confiables en cuanto a su tiempo de entrega, y algunas veces la materia prima (principalmente el sebo) llega en malas condiciones, por lo que se pierde tiempo en darle a la materia prima las condiciones adecuadas para su uso. Además como mencionamos anteriormente, tenemos el tiempo justo para cumplir con los pedidos, y como resultado no tenemos suficiente inventario de producto terminado, por lo que se pierden los clientes potenciales.

A continuación se muestra la esquematización del Arbol de Realidad Actual:

# Árbol de la Realidad Actual



### 3.5 NUBE EVAPORATIVA.

El segundo de los Procesos de Pensamiento es la *Nube Evaporativa*, cuya construcción se detalla a continuación:

#### 3.5.1 CÓMO CONSTRUIR *NUBES EVAPORATIVAS*.

##### *Paso 1*

Definir el objetivo de la nube debe ser el "opuesto" del problema raíz. El objetivo debe ser aceptable para usted.

##### *Paso 2*

Definir los pre-requisitos que reflejan un conflicto entre dos fuerzas opuestas en un sistema que impiden el logro del objetivo. Sugerencia:

1. Observe cuidadosamente el Arbol de Realidad Actual desde el problema raíz hacia arriba.
2. Examine las ramas principales.
3. Identifique una entidad que sea el "estira y afloja" entre esas ramas. Los pre-requisitos se relacionan directamente con esta entidad.

Debería ser posible leer la flecha del conflicto como sigue:

" De un lado necesitamos tener (una punta de la flecha)  
pero en el otro necesitamos tener (otra punta de la flecha) "

##### *Paso 3*

Defina los requerimientos que los pre-requisitos están tratando de satisfacer, y lo que el objetivo debería tener. Los requerimientos podrían aparecer también en las ramas rotas del Arbol de Realidad Actual.

Debería ser posible leer cada flecha "horizontal" como sigue:

" Para tener (punta de la flecha)  
deberíamos tener (cola de la flecha) "

##### *Paso 4*

Verbalice los supuestos que se encuentran detrás de las flechas que desea atacar. La siguiente guía puede ser de mucha ayuda:

Para flechas horizontales:

1. Piense en un ambiente en el cual la punta de la flecha existe, pero la cola no es relevante.

2. Identifique cuál es la diferencia entre el ambiente que utilizó para comparar y el sistema que se está analizando.

3. La diferencia entre los dos es una suposición oculta de tu realidad que causa la necesidad de la cola de la flecha.

4. Enuncie la suposición lo más genérica que sea posible.

Para la flecha entre el conflicto:

1. Piense de qué forma se pueden traslapar, o que tienen en común, los dos finales de la flecha.

*Paso 5*

Encuentre una inyección, ¿qué debiera existir en su realidad para que el supuesto debajo de la flecha, deje de ser válido?

*Paso 6*

Seleccione una inyección de acuerdo con su apreciación.

### 3.5.2 NUESTRA NUBE EVAPORATIVA.

Tomando en cuenta los pasos anteriormente mencionados, construimos la Nube Evaporativa para nuestra organización, que muestra claramente el problema raíz que origina los efectos indeseables que se perciben en la empresa y la solución propuesta para erradicarlos. La Nube Evaporativa resultante es la siguiente:

Como el objetivo de la empresa es: *Satisfacer la demanda del mercado* necesitamos cumplir con dos requisitos:

- *Producir mayor cantidad de producto* porque así podemos cumplir con los pedidos de nuestros clientes regulares completos y a tiempo; y esto nos ofrece la oportunidad de brindar servicio a nuestros clientes potenciales. Y además,
- *Asegurar la calidad del producto* porque al cumplir con las especificaciones marcadas por el cliente, logramos que quede satisfecho con nuestro producto.

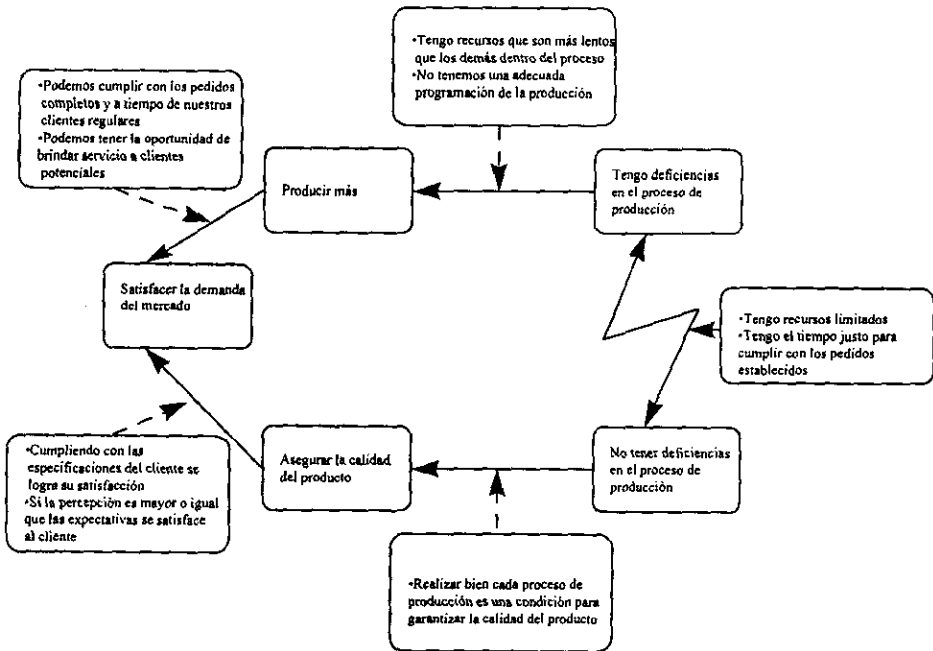
Para producir mayor cantidad de producto, nos molesta y sin embargo aceptamos tener deficiencias en el proceso de producción porque: tenemos recursos que son más lentos que otros dentro del proceso y además porque no tenemos una adecuada planeación y programación de la producción.

Para asegurar la calidad del producto necesitamos no tener deficiencias en el proceso de producción, porque: realizar bien cada actividad dentro del proceso es una condición necesaria para garantizar la calidad de nuestro producto.

El que aceptemos tener deficiencias en el proceso de producción está en conflicto con el no tener deficiencias en el proceso porque: tenemos recursos limitados y tenemos el tiempo justo para cumplir con los pedidos establecidos.

La nube evaporativa se esquematiza a continuación:

### Nube Evaporativa



### 3.6 RESUMEN DE LA PROBLEMÁTICA.

Tres de los principales objetivos de nuestra organización, como cualquier otra orientada a la obtención de utilidades, son:

- 1.- Máximo servicio al cliente.
- 2.- Mínima inversión en inventarios.
- 3.- Operación eficiente (bajo costo) de la planta.

El problema más importante para alcanzar estos objetivos es que están básicamente en conflicto. El máximo servicio al cliente se puede proporcionar si los inventarios se elevan a niveles muy altos y se mantiene flexible la planta alterando los niveles de producción y variando los programas de ésta para cubrir las demandas cambiantes de los

clientes. De este modo, el segundo y tercer objetivos experimenta dificultad para cumplir el primero. Se puede mantener eficiente la operación de la planta si rara vez se cambian los niveles de producción, no se incurren en tiempos extra y las máquinas funcionan por largos periodos una vez que se han preparado para un producto en particular, sin embargo, esto produce grandes inventarios y mal servicio al cliente al alcanzar el objetivo de máxima eficiencia en planta. Los inventarios se pueden mantener en bajo nivel si se hace esperar a los clientes y si se fuerza la planta para reaccionar rápidamente a los cambios en los requisitos del cliente y las interrupciones en producción.

Este estudio proyecta el trabajar con estos tres objetivos, puesto que todos son casi igual de importantes para un éxito prolongado.

Puesto que el primer paso de TOC identifica al horno, que realiza el proceso de secado, como nuestra restricción; las soluciones para “sacarle jugo” son detalladas en el capítulo siguiente.

## CAPÍTULO 4. MÉTODO DE SOLUCIÓN A LA PROBLEMÁTICA ACTUAL.

### 4.1. INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se enuncian las propuestas para “explotar” nuestra restricción, y para lograr en la organización los cambios que nos llevarán a lograr los objetivos planteados, los cuales se muestran en el **Árbol de la Realidad Futura**.

También presentamos una **Rama Negativa**, que es una herramienta del Proceso de Pensamiento que te ayuda a “podar” los aspectos negativos o “peros” que pueden tener cada una de las soluciones propuestas, con lo que se puede ir descartando las menos factibles de ser implementadas, y que le quitan solidez al **Árbol de Realidad Futura**.

### 4.2. ÁRBOL DE LA REALIDAD FUTURA.

El tercero de los Procesos de Pensamiento es el **Árbol de Realidad Futura**, cuya construcción se detalla a continuación:

#### 4.2.1. CÓMO CONSTRUIR ARBOLES DE REALIDAD FUTURA.

##### *Paso 1*

Escriba los “opuestos” de los EIDE’s re-seleccionados. Estos son los objetivos del Arbol de Realidad Futura.

##### *Paso 2*

Ponga en el fondo del árbol la inyección que ha seleccionado para la Nube Evaporativa.

##### *Paso 3*

Construya el árbol tratando de alcanzar el objetivo de la Nube. Si no puede, regrese al paso 2.

##### *Paso 4*

Continúe construyendo el árbol hacia arriba tratando de alcanzar los objetivos que definió en el paso 1, usando como guía las causalidades del Arbol de Realidad Actual. Continúe hasta que llegue a los objetivos.

##### *Paso 5*

Una vez que el tronco del árbol esté sólido, trate de encontrar una entidad que entre lo más cercano posible a la base del árbol. Esto solidificará el tronco hasta el punto de que no haya regreso. Asegúrese de que el punto de entrada cumpla con la condición de causa adicional.

#### *Paso 6*

Tome la posición de “Abogado del Diablo” y construya Ramas Negativas. Si no puede construir Ramas Negativas, pregunte a alguien cuya intuición acerca del problema lo pueda ayudar a construir Ramas Negativas. Si no puede encontrar Ramas Negativas, vaya al paso 9 (nueve).

#### *Paso 7*

Escriba la entidad que causó que ocurriera la condición y construya una rama negativa para los efectos que son indeseables por sus propios méritos. Si la magnitud de esta rama es significativa, identifique las flechas que conectan los efectos positivos con los efectos negativos. Verbalice los supuestos debajo de estas flechas y determine las inyecciones necesarias para romperlas.

#### *Paso 8*

Añada la entidad de la Rama Negativa y las inyecciones resultantes a su árbol y derive las consecuencias. Lea y examine el árbol entero de abajo hacia arriba, ya con las entidades añadidas. Regrese al paso 6.

#### *Paso 9*

Examine las inyecciones y determine cuáles deben ser podadas con el fin de evitar ataques.

### 4.2.2 NUESTRO ARBOL DE LA REALIDAD FUTURA.

Tomando en cuenta los pasos anteriormente mencionados, construimos el Arbol de Realidad Futura para nuestra organización, que señala como las soluciones propuestas nos llevan a lograr la meta de la empresa, quedando de la siguiente manera:

Como se producen grandes volúmenes de jabón, se propone que el *horno trabaje tiempo extra* hasta procesar completamente dichas cantidades por lo que se contaría con el tiempo necesario para secar el jabón adecuadamente sin usar la energía solar como alternativa, y así podríamos entregar los pedidos establecidos en el tiempo de entrega convenido con el cliente. Además como la calidad del jabón depende directamente de que esté bien seco, por consiguiente no tendremos problemas con la calidad del jabón y entregaremos un producto de buena calidad, con lo que evitaríamos las devoluciones de producto, y con éstas los reprocesos.

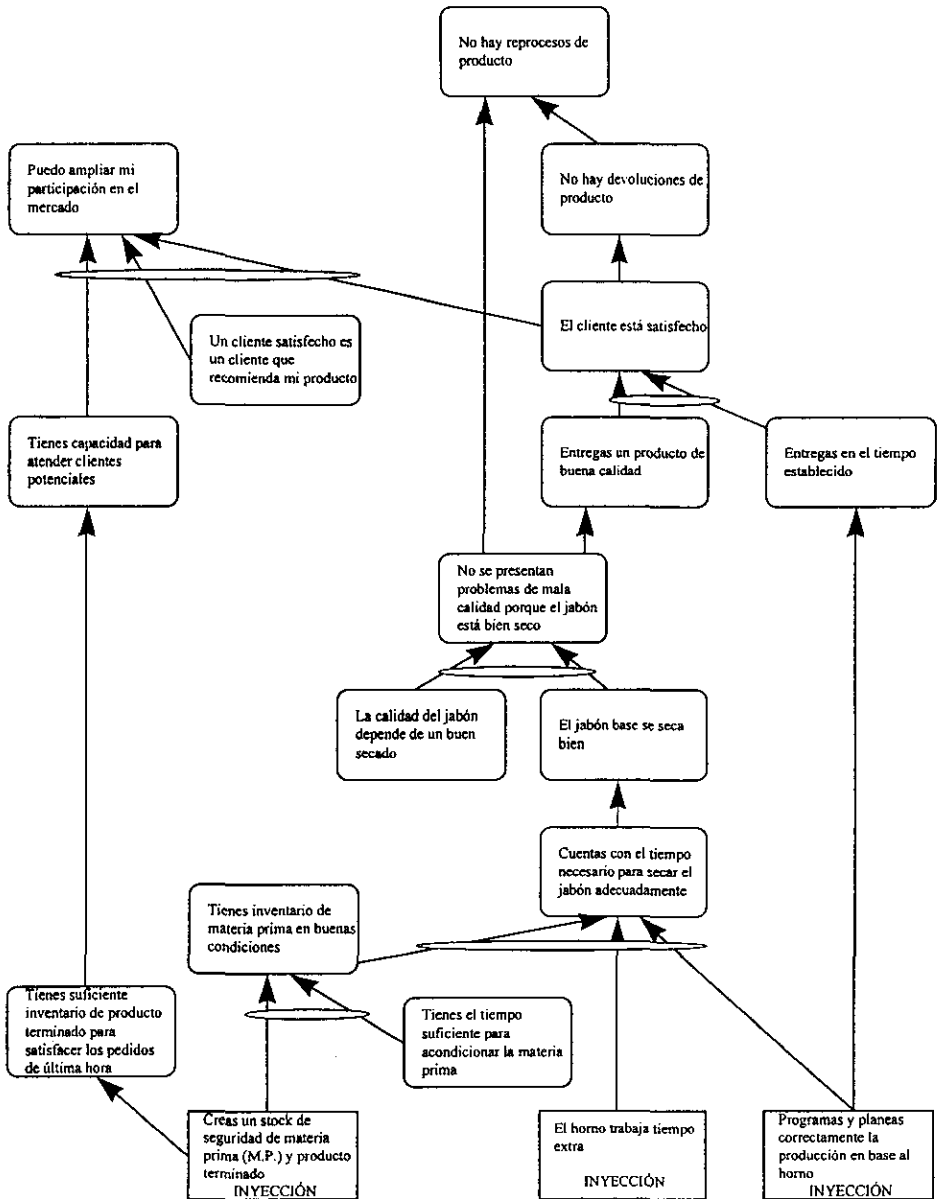
Para evitar la repartición de la producción entre los pedidos urgentes y los pedidos establecidos con anterioridad, se propone el que *se planee y programe la producción en base a la capacidad del horno*, que es nuestro recurso restricción, considerando la cantidad de producto solicitada por el cliente, además de la cantidad necesaria para la *creación de un stock de seguridad de materia prima y de producto terminado* que garantizaría el que contáramos con la cantidad apropiada de producto terminado para de esta forma poder surtir los pedidos urgentes en el tiempo en el que el cliente los necesita.



Si logramos lo anterior, podríamos proporcionar un buen servicio al cliente, el cual quedaría satisfecho con el servicio y recomendaría nuestro producto, por lo que tendríamos oportunidad de ampliar nuestra participación en el mercado.

A continuación se muestra la esquematización del Árbol de Realidad Futura:

## Árbol de Realidad Futura



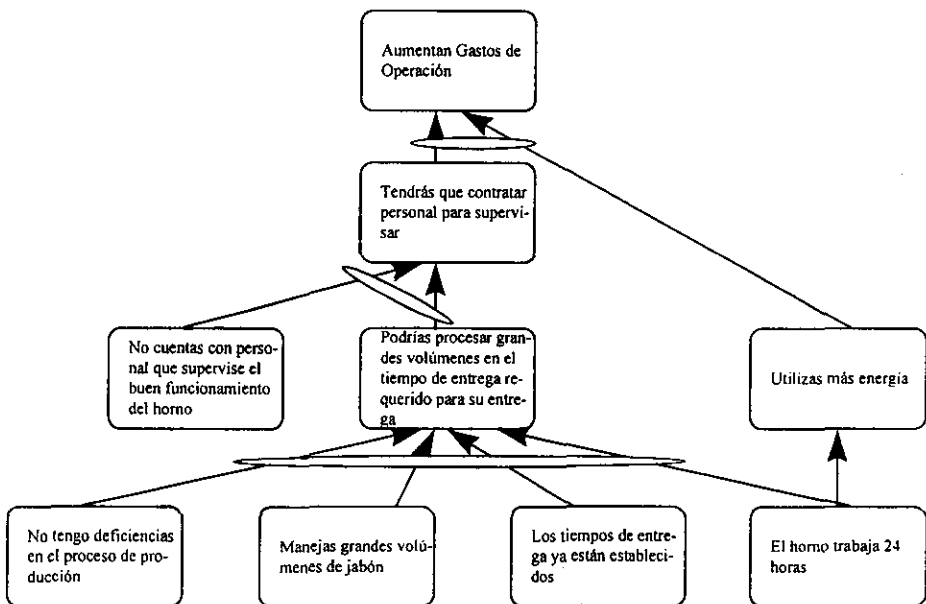
Una vez que tenemos sólido el *Árbol de Realidad Actual* y el *Árbol de Realidad Futura*, ¿cómo podemos pasar de uno a otro? El *Árbol de Pre-Requisitos* nos proporciona los pasos necesarios para movernos de hoy a nuestro futuro deseado.

¿Qué tenemos que llevar a cabo para lograrlo? Nuestros objetivos son eliminar los efectos negativos así como crear efectos positivos. Para eliminar los efectos negativos y crear efectos positivos debemos eliminar el problema raíz y lograr el objetivo de la nube. Para lograrlo deberemos satisfacer el objetivo de la nube. Nuestro análisis muestra que para lograrlo, es necesario y suficiente implementar las inyecciones.

### 4.3 RAMA NEGATIVA.

A continuación se muestra la esquematización de una Rama Negativa, surgida de las posibles soluciones.

#### Rama Negativa.



## **CAPÍTULO 5**

### **IMPLEMENTACIÓN DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS.**

#### **5.1 INTRODUCCIÓN.**

En este capítulo analizaremos los posibles obstáculos a los que nos enfrentaremos en la implementación de nuestras soluciones, y la forma en la que los vamos a vencer para poder lograr nuestros objetivos, todo esto dentro de la herramienta del Proceso de Pensamiento conocida como **Árbol de Pre-Requisitos**.

En el **Árbol de Transición** presentado, se muestran las acciones que se tienen que tomar para lograr el cambio en la organización.

Una vez que la restricción se explota, es indispensable enfocarse en el resto de los recursos, que son casi todos, de tal forma que también sean bien utilizados. La forma en que un recurso que no es restricción sea bien utilizado es subordinándose al “ritmo del tambor” o programa de la restricción.

#### **5.2 ÁRBOL DE PRE-REQUISITOS.**

El cuarto de los Procesos de Pensamiento es el *Árbol de Pre-Requisitos*, cuya construcción se detalla a continuación.

##### **5.2.1 CÓMO CONSTRUIR ARBOLES DE PRE-REQUISITOS.**

###### *Paso 1*

Construya el **Árbol de Pre-Requisitos** de abajo hacia arriba, comenzando con las inyecciones del **Árbol de Realidad Futura**.

###### *Paso 2*

A cada paso pregunte, ¿cuál es el mayor obstáculo directo que me impide lograr el objetivo? Utilice la condición de causa adicional cuando liste los obstáculos para evitar tener una “selva” de entidades.

###### *Paso 3*

Encuentre el objetivo que responda a la pregunta, ¿qué objetivo, si lo alcanzo, podrá remover el obstáculo que me bloquea? Coloque esto arriba del obstáculo en el árbol.

###### *Paso 4*

Asegúrese de “secar” el **Árbol de Pre-Requisitos** a cada paso preguntando, ¿si yo consigo el objetivo más grande, podría decir que muy probablemente el obstáculo más pequeño desaparecería?

*Paso 5*

Si hay algunas dependencias de tiempo entre los objetivos, eleve el objetivo apropiado un nivel por encima de los otros. (¡Asegúrese de tener una goma cuando construya un Árbol de Pre-Requisitos!) Verbalice el obstáculo que causa la dependencia en tiempo.

*Paso 6*

Detenga la construcción del Árbol de Pre-Requisitos cuando alcance el nivel en el cual el objetivo es algo que inmediatamente sabe cómo llevar a cabo.

### 5.2.2 NUESTRO ÁRBOL DE PRE-REQUISITOS.

Tomando en cuenta los pasos anteriormente mencionados, construimos el Árbol de Pre-Requisitos para nuestra organización, que muestra los obstáculos a vencer para la implementación de las soluciones propuestas para alcanzar el objetivo de la empresa, quedando de la siguiente manera:

**1. Objetivo ambicioso : Crear un inventario de seguridad de materia prima y producto terminado.**

Obstáculo.	Objetivo Intermedio (OI).	Objetivo Intermedio Anterior (OIA).
a) No se conoce la cantidad de inventario de cada producto que se debe manejar.	1.1- Crear amortiguador de materia prima y producto terminado de acuerdo a las ventas.	2.3. 1.2
b) No se cuenta con infraestructura necesaria para realizar un calculo constante (cada semana).	1.2- Conseguir la infraestructura o habilitar personal externo que lleve a cabo la tarea.	2.3
c) No se tiene espacio para almacenar.	1.3- Definir el porcentaje del amortiguador que se desea tener en bodega y el porcentaje del amortiguador en tránsito.	2.3. 1.2

**2. Objetivo ambicioso : Programar y planear correctamente la producción en base a la capacidad del horno (recurso restricción).**

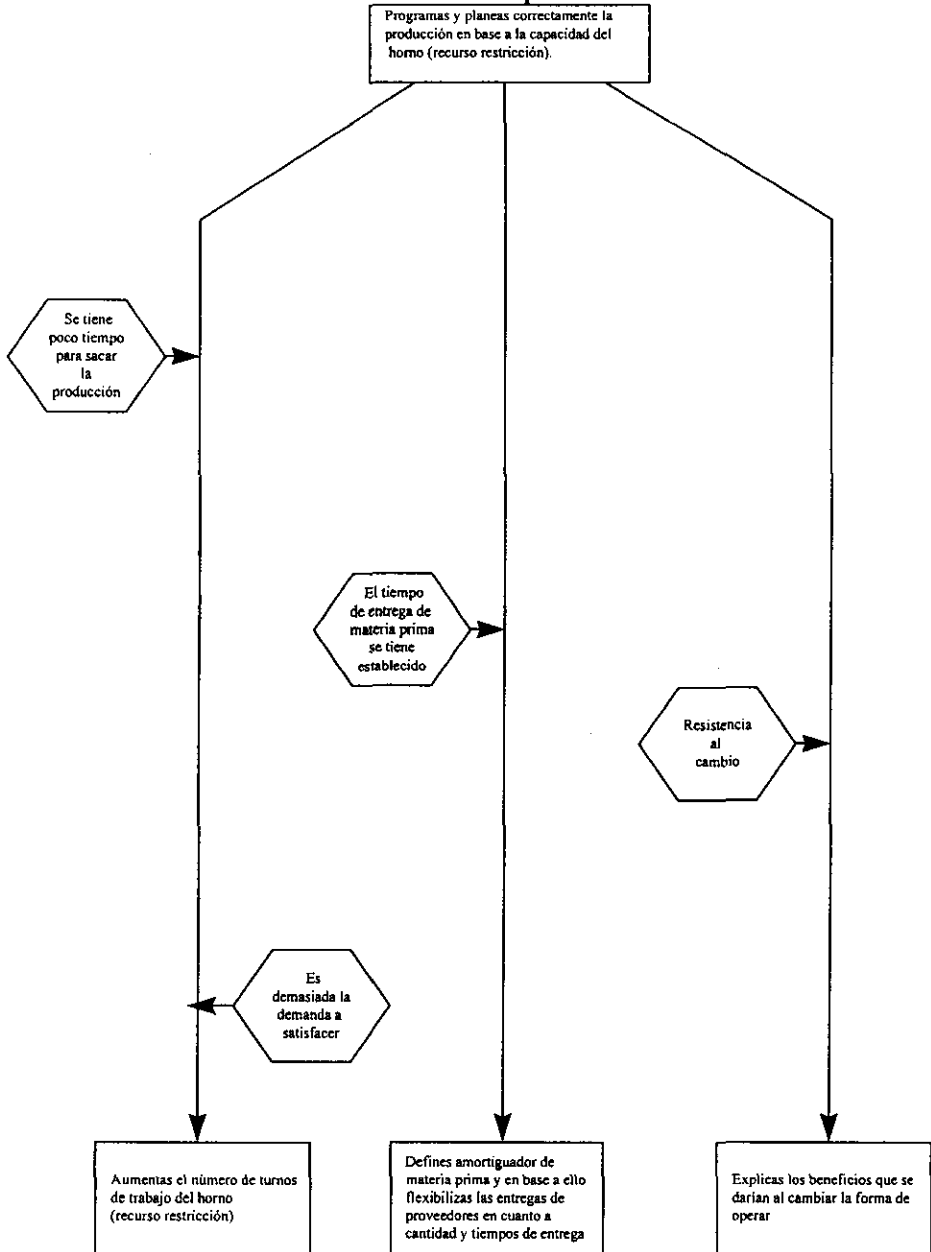
Obstáculo.	Objetivo Intermedio (OI).	Objetivo Intermedio Anterior (OIA).
a) Se tiene poco tiempo para sacar la producción.	2.1- Aumenta el número de turnos de trabajo del horno (recurso restricción).	2.3. 1.2, 1.1, 1.3
b) El tiempo de entrega de materia prima se tiene establecido.	2.2- Definir buffer de materia prima y en base a ello flexibilizar las entregas de proveedores en cuanto a cantidad y tiempo de entrega.	2.3, 1.2
c) Resistencia al cambio.	2.3- Explicar los beneficios que se darían al cambiar la forma de operar.	_____
d) Es demasiada la demanda a satisfacer	2.4- Aumentar el número de turnos de trabajo en el horno (recurso restricción).	2.3. 1.2, 1.1, 1.3

**3. Objetivo ambicioso : El horno trabaja tiempo extra hasta procesar todo el volumen semanal.**

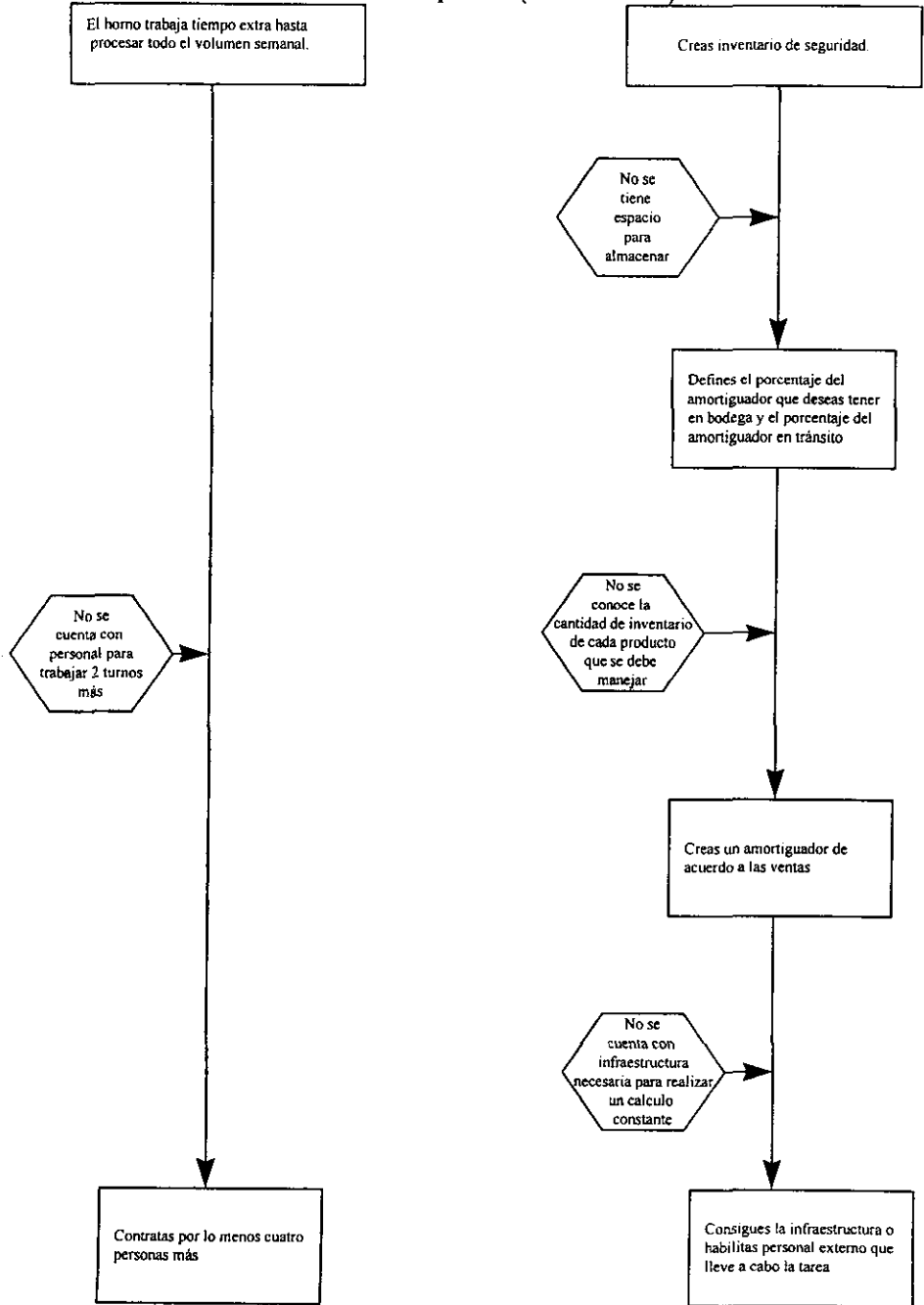
Obstáculo.	Objetivo Intermedio (OI).	Objetivo Intermedio Anterior (OIA).
a) No se cuenta con personal para trabajar 2 turnos más.	3.1- Contratar por lo menos cuatro personas más.	2.3. 1.2, 1.1, 1.3, 2.4

A continuación se muestra la esquematización del Árbol de Pre-Requisitos:

## Árbol de Pre-Requisitos



### Árbol de Pre-Requisitos (Continuación)



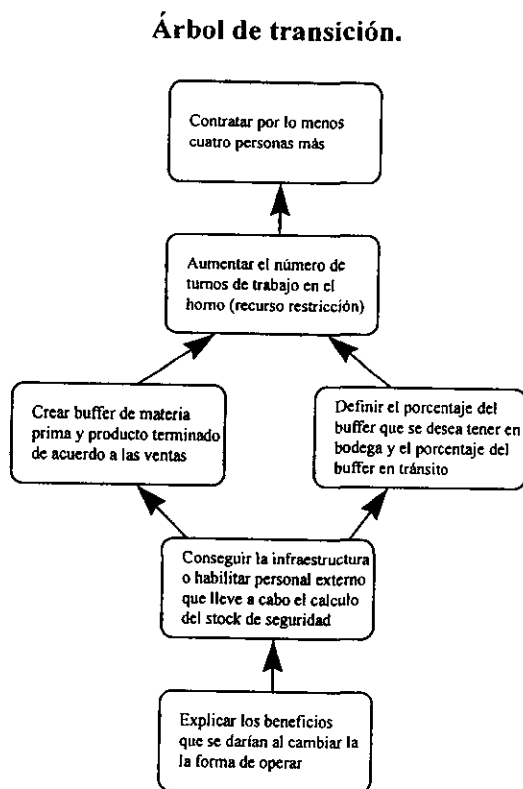


### 5.3 ÁRBOL DE TRANSICIÓN.

El quinto de los Procesos de Pensamiento es el *Árbol de Transición*, el cual muestra el desarrollo del plan de acción para lograr la implementación de las soluciones propuestas en el Árbol de Realidad Futura.

#### 5.3.1 NUESTRO ÁRBOL DE TRANSICIÓN.

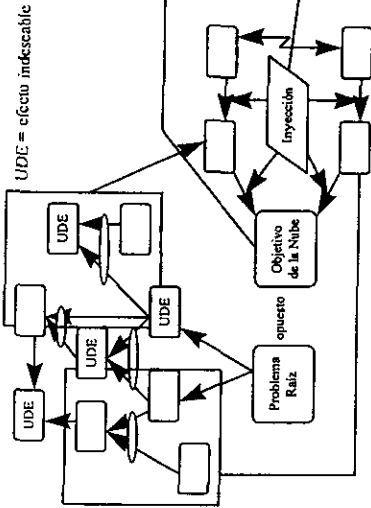
A continuación se muestra la esquematización del *Árbol de Transición*, para la organización:



### 5.4 HERRAMIENTAS DEL PROCESO DE PENSAMIENTO.

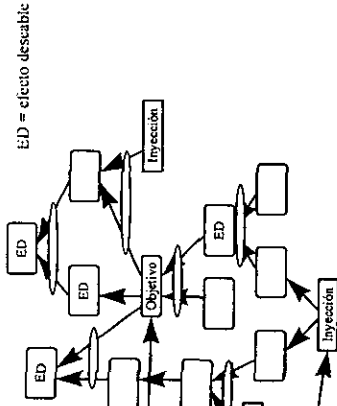
A continuación se muestra esquemáticamente la secuencia de las herramientas que constituyen el Proceso de Pensamiento:

**Árbol de Realidad Actual :**  
¿Por qué está el sistema enfermo?

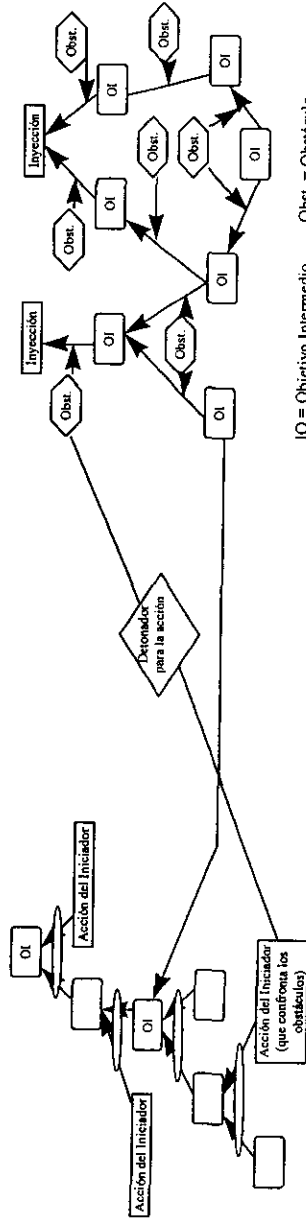


UDE = efecto indeseable

**Árbol de Realidad Futura :**  
¿La inyección causará todos los efectos deseados sin provocar UDEs nuevos?



ED = efecto deseable

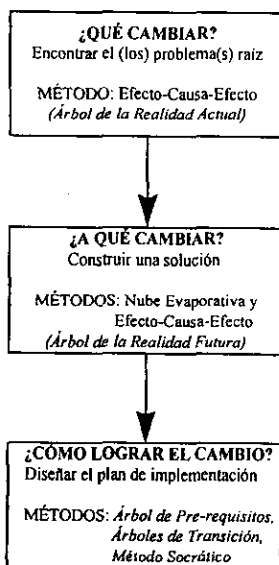


IO = Objetivo Intermedio    Obst. = Obstáculo

**Árbol de Transición :**  
¿Qué acciones tiene que tomar el iniciador para implementar el remedio de forma efectiva?

**Árbol de Pre-requisitos :**  
¿Qué obstáculos hay para implementar las inyecciones?

## 5.5 LOS 3 BLOQUES DEL PROCESO DE PENSAMIENTO.



## CAPÍTULO 6 MÉTODO TAMBOR-CUERDA-AMORTIGUADOR (DBR)

### 6.1 INTRODUCCIÓN AL MÉTODO TAMBOR-CUERDA-AMORTIGUADOR

Supongamos que el trabajador "X" es el soldado más lento, y que este soldado no se encuentra en la primera fila. Esto significa que otro soldado más fuerte alimenta de materiales a "X". Transferir este concepto a nuestra planta significa que el cuello de botella (X) no es la primera operación, sino que es alimentado por algún otro recurso que no es cuello de botella (Y) que tiene más capacidad que el cuello de botella. Nuestro soldado fuerte, el recurso que no es cuello de botella, puede producir más partes que el soldado más lento, el cuello de botella, en el mismo período.

La clave de los sistemas de Ford y de Ohno no está en las bandas transportadoras ni en las tarjetas de kanban, sino en el hecho de que bandas y tarjetas son mecanismos que establecen un amortiguador de inventario predeterminado (longitud de la cuerda) entre cada uno de dos centros de trabajo.

La cuerda es la señal que autoriza introducir al proceso de fabricación la cantidad de materia prima requerida en el momento necesario, conforme al programa de la restricción (tambor).

El amortiguador es inventario (medido en tiempo, no en piezas) antes de la restricción, que la protege de fluctuaciones (Murphy) en el proceso previo, o inventario antes del ensamble para proteger las fechas de entrega contra fluctuaciones en el proceso del material que no pasa por la restricción. El amortiguador le dice al trabajador del centro de trabajo precedente a la restricción dos cosas: cuándo trabajar y cuándo no trabajar. Cuando se llena el amortiguador, el trabajador precedente deja de trabajar. Cuando el amortiguador no está lleno, trabaja. En estos dos enfoques semejantes, el flujo de trabajo está sincronizado de manera que el inventario sea bastante bajo en comparación con nuestros modos convencionales de operar.

Existe, sin embargo, una desventaja importante en este tipo de sistema de cuerdas. Cualquier perturbación significativa en el centro de trabajo causará que el flujo en general se detenga y se pierda throughput. Estas perturbaciones son sumamente caras puesto que, de no haber ocurrido, se hubieran podido producir artículos adicionales, exclusivamente por el costo de la materia prima, esencialmente. Esta es la razón por la cual hay que poner atención particular, en estos sistemas de cuerdas, a la reducción de las fluctuaciones y las perturbaciones en el flujo de materiales.

## 6.2. UN SISTEMA “JUST-IN-CASE” (“POR-SI-ACASO”)

El método convencional occidental puede caracterizarse como un sistema de Por-Si-Acaso (Just-In-Case) el exceso de capacidad de la primera operación lleva el tambor que dicta cuándo va a liberarse la materia prima hacia la planta.

En este sistema es el exceso de capacidad de las operaciones iniciales el que lleva el tambor. Como resultado se obtiene:

- *Los inventarios son altos.*
- *Se protege el throughput actual.*
- *El throughput futuro está en peligro.*

## 6.3. UN SISTEMA “JUST-IN-TIME” (JUSTO-A-TIEMPO)

En el sistema Justo-A-Tiempo la demanda del mercado es lo que marca el ritmo del tambor. La liberación de materia prima hacia la planta es resultado de una reacción en cadena que se inicia cuando la operación final le suministra materiales al mercado. Cuando se le embarcan productos a un cliente, la operación final sustituye a estos bienes retirando y procesando una cantidad equivalente de material del amortiguador que se encuentra entre ella y la operación precedente. El uso de este material le envía una señal a la operación precedente de que reabastezca el material que acaba de ser sustraído del amortiguador. Esta reacción en cadena, a la larga causa que una cantidad equivalente de materia prima se libere hacia la planta.

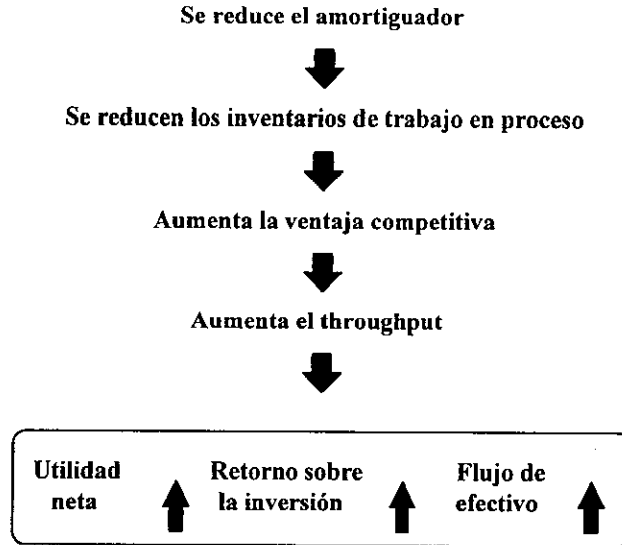
En este sistema la demanda del mercado es la que lleva el tambor. Como resultado se obtiene:

- *Los inventarios son bajos.*
- *El throughput actual está en peligro.*
- *Se incrementa el throughput futuro.*

## 6.4. ¿QUÉ ES LA MANUFACTURA SINCRONIZADA?

La manufactura sincronizada es una forma sistemática que pretende mover los materiales rápida y suavemente por los diversos recursos de una planta en concierto con la demanda del mercado.

## MANUFACTURA SINCRONIZADA ENFOQUE DE LAS MEJORAS

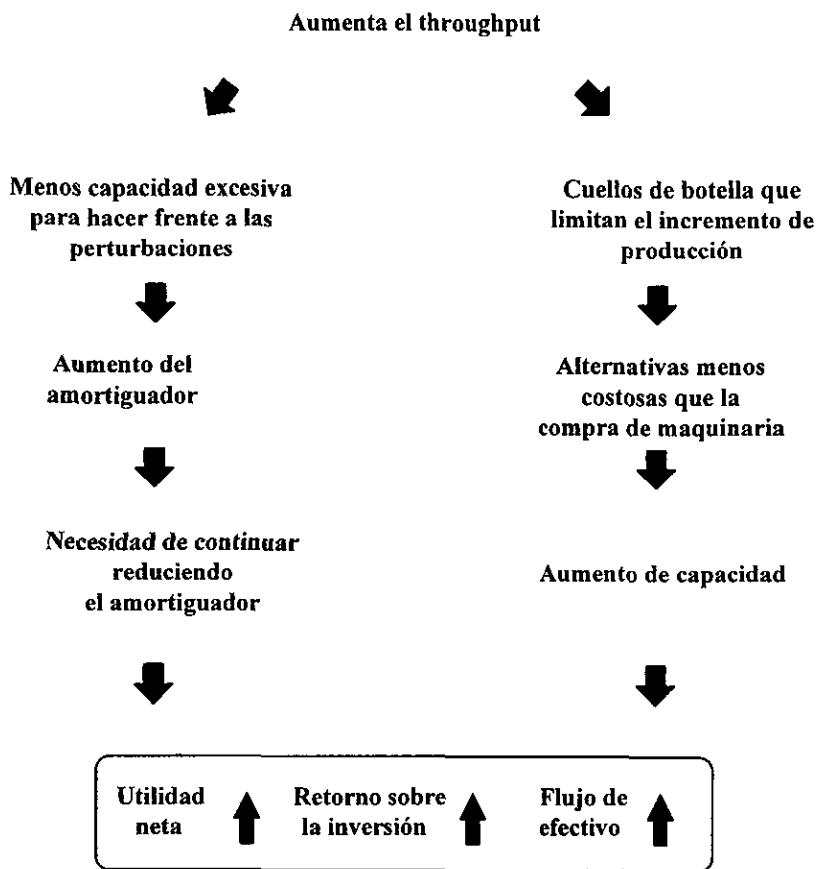


### 6.4.1. MANUFACTURA SINCRONIZADA: METODO DRUM-BUFFER-ROPE

A la mitad de una carrera en pos de la ventaja competitiva, no debemos buscar una mejora, debemos buscar la implementación de un proceso de ... mejora continua.

Este proceso de mejoramiento continuo puede focalizar nuestra sopa de letras de las técnicas de mejoramiento disponibles, y convertirla en una fuerza poderosa y coherente. Cada una de las técnicas de mejoramiento puede ser muy beneficiosa (si tienen un impacto global) o un desperdicio de dinero (si tiene sólo un impacto local). Puesto que el inventario está íntimamente relacionado con los seis elementos de la ventaja competitiva, podemos usar amortiguadores de tiempo para detectar las áreas más críticas de mejoramiento. Luego deberemos aplicar la técnica apropiada y repetir este proceso continuamente en el punto de siguiente importancia. No debemos aplicar alguna de estas técnicas en todos lados, ni tampoco todas en todos lados.

## MANUFACTURA SINCRONIZADA ENFOQUE DE LAS MEJORAS



### 6.5. UN NUEVO SISTEMA : DBR

Puesto que el soldado más débil es el que marca el paso, si permitimos al primer soldado marchar más rápidamente que el soldado más débil, ocasionaremos que la tropa se disperse. ¿Por qué no amarramos una cuerda directamente del soldado más débil al primer soldado de la fila? Este es un enfoque diferente a la sincronización de nuestra tropa (planta manufacturera), así que necesitaremos ponerle nombre. Lo llamaremos método Drum-Buffer-Rope (DBR). Exploremos el método DBR para entender sus ramificaciones. Los soldados que siguen al soldado más débil podrán marchar mucho más rápidamente que él y.

en consecuencia, siempre están pisándole los talones (aquí no hay dispersión). La primera fila de soldados también podría marchar mucho más rápidamente que el soldado más débil, pero está restringida por la cuerda para que marche a la misma velocidad que el soldado más débil. Los soldados entre la primera fila y el soldado más débil son más rápidos que el más débil y, por lo tanto, estarán pisándole los talones a los de la primera fila. La única brecha o dispersión se dará justo frente al soldado más débil. El tamaño de esta brecha será determinada previamente por la longitud de la cuerda que hayamos seleccionado.

#### 6.5.1. TAMBORES, AMORTIGUADORES Y CUERDAS.

En todas las plantas hay solamente unos cuantos recursos con restricción de capacidad (CCR), soldados débiles. El método DBR reconoce que dicha restricción dictará la velocidad de producción de toda la planta. Así que tratemos al principal recurso con restricción de capacidad como si fuera el tambor. Su velocidad de producción funge como *el ritmo del tambor para toda la planta*. También necesitamos establecer un amortiguador de inventario frente a cada CCR. Este amortiguador contendrá solamente el inventario necesario para mantener ocupado al CCR durante el siguiente intervalo de tiempo predeterminado (amortiguador de tiempo). En consecuencia, este amortiguador de tiempo protegerá al throughput de la planta contra cualquier perturbación que pueda superar dentro del intervalo predeterminado de tiempo.

Una vez que se plantea así la pregunta, es aparente que podemos proteger la fecha de entrega deseada con inventarios o con tiempo. Podemos empezar a surtir un pedido, no en el momento en que lo manda la duración de los procesos involucrados, sino en un momento más temprano. Comenzar más temprano de lo requerido nos permitirá tiempo suficiente para reaccionar a las perturbaciones inesperadas, y nos asegurará que entreguemos a tiempo. Si no sucede perance alguno, terminaremos el pedido antes del tiempo prometido, pero el resultado no será un inventario de producto terminado, sino un embarque temprano.

Para poder asegurar que el inventario no crezca más allá del nivel dictado por el amortiguador de tiempo, debemos limitar la velocidad a la cual se liberan materiales hacia la planta. Debe amarrarse una cuerda desde el CCR a la primera operación. En otras palabras, la velocidad a la cual la operación de entrada podrá liberar materiales hacia la producción sería gobernada por la velocidad a la cual esté produciendo el CCR. Este concepto parece correcto, así que inventemos un procedimiento para implementar el enfoque logístico de DBR en una planta. Un buen sistema de logística debe de tener medios (planes y programas) para controlar el flujo de materiales hacia, por, y desde nuestras plantas sin importar lo complicado que sea. Tal es el procedimiento que necesitaremos desarrollar.

Puesto que las dos principales restricciones de la planta son la demanda del mercado (cantidad de producto que podamos vender) y la capacidad del CCR, tendrá sentido que basemos nuestro programa (flujo de logística) en esas dos restricciones. Así, el primer paso será determinar el programa del CCR tomando en cuenta únicamente su capacidad limitada



y la demanda del mercado que se está tratando de satisfacer. Una vez que el programa del CCR quede establecido, necesitaremos determinar cómo programar todos los demás recursos que no tienen restricción. Utilizando el programa del CCR, el programa de las operaciones subsiguientes podrá derivarse fácilmente. Una vez una parte se termina en un CCR podrá programarse para comenzar su siguiente operación. Cada operación subsiguiente, incluyendo la de ensamble, simplemente se inicia cuando termina la operación anterior. De esta manera podemos generar programas para todas las operaciones siguientes, incluyendo la de ensamble.

Recalquémoslo de nuevo. Establecer la longitud del amortiguador involucra la decisión gerencial más fundamental, una compensación entre indicadores. Al escoger amortiguadores largos, se impacta directamente el nivel de Inventario relativo al tiempo (productos en proceso y tareas terminadas). Por consiguiente, incide indirectamente sobre el throughput futuro y el gasto de operación. Escoger amortiguadores cortos produce un impacto directo en Gasto de Operación (expedición y control) y, de nuevo, en el Throughput actual y futuro (fechas de entrega poco confiables).

La decisión de la longitud de los amortiguadores debe estar en manos de las personas directamente responsables del desempeño general de la empresa.

El reto ahora está en programar las operaciones precedentes y en proteger al CCR de las perturbaciones que puedan ocurrir en los recursos precedentes. Como dijimos anteriormente, quisiéramos limitar el amortiguador a un intervalo de tiempo específico. Supongamos que la mayoría de las perturbaciones en las operaciones precedentes pudieran superarse en un término de dos días. De ser así una protección de tres días en nuestro amortiguador de tiempo parecerá suficiente. Ahora, simplemente tenemos que programar remontándonos hacia atrás en el tiempo partiendo del CCR. Planearemos para la operación inmediatamente precedente al CCR, de manera que termine las partes necesarias tres días antes de que estén programadas para ser trabajadas en el CCR. Cada una de las otras operaciones precedentes se programará en retrospectiva de manera semejante para que todas las partes estén disponibles Justo-A-Tiempo para la siguiente operación.

#### 6.5.2. COMO MARCAR EL RITMO DEL TAMBOR

Un CCR limita el throughput de la planta y controla su cumplimiento de fechas de entrega. Tenemos que asegurar, por una parte, que el CCR no sea programado para producir más de su capacidad. Por otro lado, no debemos desperdiciar nada de su capacidad permitiendo que haya holguras en su programa. Finalmente, tenemos que arreglar la secuencia de producción en el CCR de manera que produzca como resultado un buen cumplimiento de fechas de entrega.

Podemos lograr estas metas empleando el método que utilizan casi todos los supervisores. Primero, programamos simplemente hacia el futuro partiendo del presente. Decidimos qué producto programar primero, cuántos se necesitan y cuánto tiempo nos

tardaremos en producirlo. Luego repetimos el procedimiento. Cuando la capacidad disponible del primer día se acabe, empezamos a programar el segundo día, y así sucesivamente. El otro problema que nos queda es cómo escoger la secuencia en la cual se van a trabajar o procesar los diversos productos en el CCR. Una primera secuencia burda nos la puede marcar las fechas de entrega requeridas por el cliente para los diferentes productos. Probablemente querríamos trabajar primero en un producto que el cliente necesite dentro de dos días, antes de trabajar un producto que necesite para la semana siguiente.

Identificar un cuello de botella significa que no podemos cumplir con todos los pedidos en sus respectivas fechas de vencimiento; sencillamente no tenemos capacidad disponible suficiente, por lo menos en un recurso, algo tendrá que ceder.

¿Qué significa subordinar un recurso? Significa ignorar todas sus limitaciones y concentrarse en averiguar exactamente qué quisiéramos que ese recurso hiciera para poder satisfacer a la restricción.

### 6.5.3. SUBORDINACIÓN MANUAL: EL METODO DBR.

¿Dónde estamos? Las fechas de vencimiento de los pedidos y las fechas exactas de las operaciones de los recursos restricción (los bloques) fueron fijadas en un paso anterior. Tampoco tenemos que preocuparnos de que haya fechas que no embonen; se ha garantizado que la fecha de cualquier pedido estará alejada de la fecha de su bloque más tardío por lo menos un amortiguador de embarque (o en casos de emergencia, por cuando menos la mitad de un amortiguador de embarque). Ahora tenemos que fijar las fechas de todas las demás actividades.

Primero, determinemos las fechas para la liberación de materiales, de manera que se nos asegure que *llegarán a tiempo al recurso restricción*. Ya hemos establecido la regla de que los materiales sean liberados a operaciones un amortiguador de recurso antes de la fecha en que deban ser consumidos por el recurso restricción. Así para poder determinar esas fechas de liberación de materiales, sólo tenemos que restar el amortiguador del recurso a las fechas que ya fueron establecidas en el tambor.

¿Qué hay con respecto a las fechas de todas las operaciones intermedias? Que no se nos olvide lo que ya habíamos acordado; ciertamente que no queremos que retengan el inventario que ya decidimos liberar. Queremos que el inventario se acumule antes de las restricciones; sólo ahí nos sirve como protección contra las perturbaciones. Así las fechas de liberación de materiales son las fechas que le damos a los recursos no restricción que deben realizar las operaciones intermedias; queremos que todas las operaciones trabajen con el inventario en cuanto lo tengan a su disposición, esperamos que en la fecha de liberación.

¿Van estos recursos a realizar sus trabajos en esa fecha? No somos tan ingenuos. Murphy sí existe, así que definitivamente se van a formar colas. Por eso fue que liberamos el material tan temprano. Esto significa que siempre que demos una instrucción con una fecha específica a un recurso no restricción, la interpretación no deberá ser "Hágalo ese día". No para nada. La interpretación real es "Hágalo en cuanto pueda, de preferencia en el momento en que el material llegue, pero si el material llega antes de la fecha especificada, por favor espere, no lo trabaje. Alguien ha cometido un error. Desde el punto de vista del sistema entero, tomando en cuenta las perturbaciones, no hay necesidad de trabajar en esas piezas en este momento. Por favor, téngalas pendientes hasta la fecha especificada.

Lo que nos lleva a la conclusión de que a menos de que ya haya mucho exceso de inventario en el piso, no tiene mucho caso darle programas a los diversos centros de trabajo. Basta con controlar firmemente la liberación y decirle a todo mundo que trabaje (en la secuencia que sea) con los materiales que les lleguen.

A todo mundo, exceptuando, por supuesto, a los recursos restricción mismos. Los recursos restricción deben seguir rigurosamente la secuencia que tanto trabajo nos dio pulir. Deben tratar de seguirla de la mejor manera posible poniendo lo mejor de su empeño, y por lo tanto, a ellos hay que darles la lista del tambor.

El programa para los recursos no restricción ahora tiene un significado enteramente nuevo. No le dice a los recursos cuándo hacer las cosas, sino lo contrario. El programa le dice a los recursos cuándo no hacer las cosas, es una lista de "no hacerlo antes de..."

## **6.6 APLICACIÓN DEL MÉTODO DBR A NUESTRA ORGANIZACIÓN.**

Como recordarán la meta de la empresa es ganar más dinero ahora y en el futuro. ¿Cuánta utilidad neta va a ganar nuestra compañía el próximo trimestre? ¿No es ésta una de las preguntas más importantes? No, no deseamos una estimación, queremos una respuesta precisa.

¿Qué nos evita poder contestar con precisión cuanta utilidad neta vamos a ganar el próximo trimestre? Oh, muchas cosas... Por ejemplo, sabemos que no es tan confiable nuestro pronóstico de ventas. Además, nuestros pedidos en firme no están exactamente en firme. Nuestros clientes tienen la tendencia, de cuando en cuando, a cambiar de parecer.

Pero el problema no está sólo en la información de mercadeo. También podríamos tener muchos problemas internos. Nadie nos garantiza que no se vaya a descomponer una máquina. De hecho, podemos garantizar que alguna máquina va a quedar fuera de servicio. las únicas dudas son qué máquina, cuándo y por cuánto tiempo. Nuestros proveedores no son del todo confiables, muchas veces no hacen entregas a tiempo, o nos envían las cantidades equivocadas. Algunas veces, un embarque entero al llegar viene defectuoso. Nuestra fuerza laboral no es precisamente confiable. Tenemos problemas de ausentismo. Hay mermas, en parte debido a los trabajadores.

Casi todas las plantas sienten la necesidad de mejorar su cumplimiento de fechas de entrega. También con frecuencia se sienten impotentes para hacerlo, puesto que no pueden tener el control de los factores que las hacen incumplir sus fechas de entrega. Tal parece que las principales razones por las cuales se incumplen las fechas de entrega están fuera del control de las plantas. O los proveedores no son confiables, o los clientes están cambiando de opinión todo el tiempo al agregar y cancelar pedidos, y al cambiar fechas de vencimiento. Una de las quejas más comunes de los gerentes de planta es: "si tan sólo me dieran un pronóstico confiable yo podría embarcar las cosas a tiempo".

Generalmente, es cierto que estas dos condiciones existen e impactan poderosamente en la habilidad de una planta para entregar a tiempo. ¿Significa esto, sin embargo, que la solución al problema está fuera del alcance de la planta? Quizá la solución real esté en algo que está completamente bajo el control de la planta, su nivel de inventario de productos en proceso de fabricación.

Los tiempos totales de producción y los inventarios de productos en proceso son en realidad la misma cosa. Uno es la imagen reflejada de lo otro. Si reducimos nuestros inventarios de productos en proceso, los tiempos totales de producción se reducirán en la misma proporción. Lo que no se reconoce también es que el inventario de producto terminado *debería* ser proporcional al inventario de productos en proceso de fabricación.

¿Cuál era la información que realmente queríamos? La cantidad de utilidad neta que íbamos a ganar. Para obtener la respuesta, primero que nada, tenemos que tomar una decisión. "¿Qué mezcla de producto ofrecer al mercado?" Esta decisión, a su vez, se basa en la identificación de las restricciones de la compañía.

¿Qué datos necesitamos saber? Necesitamos saber cuáles recursos son restricciones, esto es, aquel recurso o actividad del proceso cuya capacidad es la menor en relación a la capacidad de los demás recursos o actividades de ese proceso, y también necesitamos saber por cuánto podemos vender cada minuto adicional que podamos exprimirles. Eso es todo.

Si aliviemos la restricción sin producir un impacto en la utilidad neta, esto será una clara indicación de que no estamos trabajando con una restricción.

Primero debemos encontrar la restricción (independientemente de que sea relevante o no, tomando en cuenta que una restricción relevante es aquella cuya capacidad es menor que la carga impuesta a ella), usando como demanda el concentrado de todos los pedidos normales de una semana y las cargas calculadas para cada recurso. A continuación se muestran los cálculos para obtener la restricción en cada uno de los 4 casos que se presentan en nuestra empresa :

- *Caso 1: Fabricación de Jabón Asuntol.*
- *Caso 2: Fabricación de Jabón Urus*
- *Caso 3: Fabricación de Jabón Rin-Tin-Tin*
- *Caso 4: Fabricación Normal*

**Cómo Encontrar la Restricción**  
**Caso 1: Fabricación de Jabón Asuntol**

Producto	Demanda Pzas/Sem	Carga para A		Carga para B		Carga para C		Carga para Z	
		Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem
M	10000	0.004	36	0.003	32	0.006	64	0.005	48
MA	115500	0.004	416	0.003	370	0.006	739	0.005	554
MB	15540	0.004	56	0.003	50	0.006	99	0.005	75
B	44296	0.014	638	0.013	567	0.026	1134		
H	15600	0.003	48	0.003	42	0.005	85	0.004	64
V	36000	0.002	65	0.002	58	0.003	115	0.002	86
J	18000	0.004	65	0.003	58	0.006	115	0.005	86
Total	254936		1323		1176		2352		913

Producto	Demanda Pzas/Sem	Carga para E		Carga para F		Carga para G		Carga para W	
		Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem
M	10000	0.005	48	0.005	48	0.005	48	0.005	48
MA	115500	0.005	554	0.005	554	0.005	554		
MB	15540	0.005	75	0.005	75	0.005	75		
B	44296								
H	15600	0.004	64	0.004	64				
V	36000							0.002	86
J	18000								
Total	254936		741		741		677		134

Producto	Demanda Pzas/Sem	Carga para I		Carga para X		Carga para K		Carga para L	
		Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem
M	10000							0	0.002
MA	115500							0	0.002
MB	15540							0	0.002
B	44296	0.019	850					0	0.006
H	15600							0	0.001
V	36000			0.002	86	0.002	86	0.001	29
J	18000			0.005	86	0.005	86	0.002	29
Total	254936		850		173		173		588

Producto	Demanda Pzas/Sem	Carga para N		Carga para O		Carga para Y		Carga para Q	
		Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem
M	10000		0						
MA	115500		0						
MB	15540		0						
B	44296	0.019	850	0.019	850	0.019	850		
H	15600		0						
V	36000		0					0.002	86
J	18000		0						
Total	254936		850		850		850		86

Producto	Demanda Pzas/Sem	Carga para R		Carga para S		Carga para T		Carga para U	
		Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem
M	10000								
MA	115500					0.008	924		
MB	15540			0.008	124				
B	44296							0.032	1417
H	15600	0.004	64			0.007	106		
V	36000								
J	18000	0.005	86	0.008	144				
Total	254936		150		268		1030		1417

## Cómo Encontrar la Restricción

### Caso 2: Fabricación de Jabón Urus

Producto	Demanda Pzas/Sem	Carga para A		Carga para B		Carga para C		Carga para Z	
		Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem
M	10000	0.004	36	0.003	32	0.006	64	0.005	48
MA	115500	0.004	418	0.003	370	0.006	739	0.005	554
MB	15540	0.004	56	0.003	50	0.006	99	0.005	75
D	5358	0.014	77	0.013	69	0.026	137	0.019	103
H	15600	0.003	48	0.003	42	0.005	85	0.004	64
V	36000	0.002	65	0.002	58	0.003	115	0.002	86
J	18000	0.004	65	0.003	58	0.006	115	0.005	86
<b>Total</b>	<b>215998</b>		<b>762</b>		<b>678</b>		<b>1355</b>		<b>1016</b>

Producto	Demanda Pzas/Sem	Carga para E		Carga para F		Carga para G		Carga para W	
		Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem
M	10000	0.005	48	0.005	48	0.005	48	0.005	48
MA	115500	0.005	554	0.005	554	0.005	554		
MB	15540	0.005	75	0.005	75	0.005	75		
D	5358			0.019	103				
H	15600	0.004	64	0.004	64				
V	36000							0.002	86
J	18000								
<b>Total</b>	<b>215998</b>		<b>741</b>		<b>844</b>		<b>677</b>		<b>134</b>

Producto	Demanda Pzas/Sem	Carga para I		Carga para X		Carga para K		Carga para L	
		Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem
M	10000							0	0.002
MA	115500							0	0.002
MB	15540							0	0.002
D	5358			0.019	103			0	0.006
H	15600							0	0.001
V	36000			0.002	86	0.002	86	0.001	29
J	18000			0.005	86	0.005	86	0.002	29
<b>Total</b>	<b>215998</b>		<b>0</b>		<b>276</b>		<b>173</b>		<b>339</b>

Producto	Demanda Pzas/Sem	Carga para N		Carga para O		Carga para Y		Carga para Q	
		Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem
M	10000		0						
MA	115500		0						
MB	15540		0						
D	5358		0			0.019	103		
H	15600		0						
V	36000		0					0.002	86
J	18000		0						
<b>Total</b>	<b>215998</b>		<b>0</b>		<b>0</b>		<b>103</b>		<b>86</b>

Producto	Demanda Pzas/Sem	Carga para R		Carga para S		Carga para T		Carga para U	
		Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem
M	10000								
MA	115500					0.008	924		
MB	15540			0.008	124				
D	5358							0.032	171
H	15600	0.004	64			0.007	106		
V	36000								
J	18000	0.005	86	0.008	144				
<b>Total</b>	<b>215998</b>		<b>150</b>		<b>268</b>		<b>1030</b>		<b>171</b>

**Cómo Encontrar la Restricción**  
**Caso 3: Fabricación de Jabón Rin-Tin-Tin**

Producto	Demanda	Carga para A		Carga para B		Carga para C		Carga para Z	
	Pzas/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem
M	10000	0.004	36	0.003	32	0.006	64	0.005	48
MA	115500	0.004	416	0.003	370	0.006	739	0.005	554
MB	15540	0.004	56	0.003	50	0.006	99	0.005	75
P	23482	0.014	338	0.013	301	0.026	601	0.019	451
H	15600	0.003	48	0.003	42	0.005	85	0.004	64
V	36000	0.002	65	0.002	58	0.003	115	0.002	86
J	18000	0.004	65	0.003	58	0.006	115	0.005	86
Total	234122		1023		910		1819		1364

Producto	Demanda	Carga para E		Carga para F		Carga para G		Carga para W	
	Pzas/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem
M	10000	0.005	48	0.005	48	0.005	48	0.005	48
MA	115500	0.005	554	0.005	554	0.005	554	0.005	554
MB	15540	0.005	75	0.005	75	0.005	75		
P	23482	0.019	451						
H	15600	0.004	64	0.004	64				
V	36000							0.002	86
J	18000								
Total	234122		1191		741		677		134

Producto	Demanda	Carga para I		Carga para X		Carga para K		Carga para L	
	Pzas/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem
M	10000						0	0.002	16
MA	115500						0	0.002	185
MB	15540						0	0.002	25
P	23482					0.019	451	0.006	150
H	15600						0	0.001	21
V	36000			0.002	86	0.002	86	0.001	29
J	18000			0.005	86	0.005	86	0.002	29
Total	234122		0		173		624		455

Producto	Demanda	Carga para N		Carga para O		Carga para Y		Carga para Q	
	Pzas/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem
M	10000		0						
MA	115500		0						
MB	15540		0						
P	23482		0			0.019	451		
H	15600		0						
V	36000		0					0.002	86
J	18000		0						
Total	234122		0		0		451		86

Producto	Demanda	Carga para R		Carga para S		Carga para T		Carga para U	
	Pzas/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem
M	10000								
MA	115500					0.008	924		
MB	15540			0.008	124				
P	23482							0.032	751
H	15600	0.004	64			0.007	106		
V	36000								
J	18000	0.005	86	0.008	144				
Total	234122		150		268		1030		751

**Cómo Encontrar la Restricción**  
**Caso 4: Fabricación Normal**

Producto	Demanda	Carga para A		Carga para B		Carga para C		Carga para Z	
	Pzas/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem
M	10000	0.004	36	0.003	32	0.006	64	0.005	48
MA	115500	0.004	416	0.003	370	0.006	739	0.005	554
MB	15540	0.004	56	0.003	50	0.006	99	0.005	75
H	15600	0.003	48	0.003	42	0.005	85	0.004	64
V	36000	0.002	65	0.002	58	0.003	115	0.002	86
J	18000	0.004	65	0.003	58	0.006	115	0.005	86
Total	210640		685		609		1218		913

Producto	Demanda	Carga para E		Carga para F		Carga para G		Carga para W	
	Pzas/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem
M	10000	0.005	48	0.005	48	0.005	48	0.005	48
MA	115500	0.005	554	0.005	554	0.005	554		
MB	15540	0.005	75	0.005	75	0.005	75		
H	15600	0.004	64	0.004	64				
V	36000							0.002	86
J	18000								
Total	210640		741		741		677		134

Producto	Demanda	Carga para I		Carga para X		Carga para K		Carga para L	
	Pzas/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem
M	10000						0	0.002	18
MA	115500						0	0.002	185
MB	15540						0	0.002	25
H	15600						0	0.001	21
V	36000			0.002	86	0.002	86	0.001	29
J	18000			0.005	86	0.005	86	0.002	29
Total	210640		0		173		173		304

Producto	Demanda	Carga para N		Carga para O		Carga para Y		Carga para Q	
	Pzas/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem
M	10000		0						
MA	115500		0						
MB	15540		0						
H	15600		0						
V	36000		0					0.002	86
J	18000		0						
Total	210640		0		0		0		86

Producto	Demanda	Carga para R		Carga para S		Carga para T		Carga para U	
	Pzas/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem	Min/Pza	Min/Sem
M	10000								
MA	115500					0.008	924		
MB	15540			0.008	124				
H	15600	0.004	64			0.007	106		
V	36000								
J	18000	0.005	86	0.008	144				
Total	210640		150		268		1030		0



De lo anterior podemos concluir que nuestra restricción (recurso del proceso cuya capacidad es la menor en relación a la capacidad de los demás recursos) es el recurso C, dado que nuestro tiempo disponible a la semana es de 2400 min., y este recurso necesitaría para en el primero de los casos, Fabricación de Jabón Asuntol, de 2352 min. para el segundo caso, Fabricación de Jabón Urus, de 1355 min., en el tercer caso, Fabricación de Jabón Rin - Tin - Tin, de 1819 min.; y en el último de los casos, Fabricación Normal, de 1218 min. para procesar todo el volumen semanal. Como en ninguno de los casos anteriores la disponibilidad del horno supera los 2400 min., entonces queda demostrado que no es necesario tiempo extra para sacar la producción deseada, por lo que la rama negativa mostrada en el capítulo 4 desaparece.

Debido a esta restricción de capacidad debemos decidir cómo explotar nuestro recurso C para obtener los mejores beneficios, en términos de utilidad neta, para la empresa. Es por esto que debemos obtener cuál producto da el mayor rendimiento por minuto de la restricción, y en base a esto fijar las estrategias de fabricación para cumplir con todos los pedidos establecidos. (Ver tablas siguientes).

En nuestro caso, podemos observar que los productos que mayor rendimiento nos dan por minuto de restricción, son los productos D (Urus) y P (Rin-tin-tin), pero como estos productos son considerados como maquilas, como también el producto B (Asuntol), y no como producto regular, consideraremos que el producto que mayor rendimiento nos da es el M (20 gr. s/envoltura).

Como acabamos de mencionar, para nuestro análisis no serán considerados los productos D, P y B (Asuntol) como productos de línea, sino como productos con pedidos mensuales que se realizan al mismo tiempo que todas las presentaciones regulares, y que nunca se juntan entre sí, esto es que si esta semana se está elaborando el producto D y se necesita hacer el producto P, primero se termina la fabricación del producto D antes de iniciar la del producto P.

A continuación se muestran esquemáticamente cada una de las opciones de fabricación, considerando la jerarquización de los productos de acuerdo al rendimiento por minuto de restricción, su impacto en el "throughput" total y en la utilidad neta, considerando gastos fijos semanales de \$11,300.

## Cómo Explotar la Restricción

Producto	Precio \$/ Pza	Costo M.P. \$/ Pza	Throughput \$/ Pza	En la Restricción		
				Carga Min / Pza	T / Carga Min / Pza	
M	0.25	0.07	0.18	0.006	28.13	3
MA	0.27	0.22	0.05	0.006	7.81	7
MB	0.34	0.32	0.02	0.006	3.13	9
B	1.2	0.49	0.71	0.026	27.73	4
D	1.2	0.18	1.02	0.026	39.84	1
P	1.2	0.18	1.02	0.026	39.84	2
H	0.27	0.22	0.05	0.005	9.19	6
V	0.13	0.07	0.06	0.003	18.75	5
J	0.27	0.22	0.05	0.006	7.81	8

Producto	Demanda Pzas / Sem	Uso de la Restricción		
		Min / Pza	Min / Sem	Remanente Min
				2400
D	5358	0.0256	137.16	2262.84
P	23482	0.0256	601.14	1661.70
M	10000	0.0064	64	1597.70
B	44296	0.0256	1133.98	463.72
V	36000	0.0032	115.2	348.52
H	15600	0.0054	84.86	263.65
MA	115500	0.0064	739.2	-475.55
J	18000	0.0064	115.2	-590.75
MB	15540	0.0064	99.46	-690.20

### Caso 1: Fabricación de Jabón Asuntol

Producto	Demanda Pzas / Sem	Uso de la Restricción			Troughput T \$
		Min / Pza	Min / Sem	Remanente Min	
				2400	
M	10000	0.0064	64.00	2336.00	1800
B	44296	0.0256	1133.98	1202.02	31450.16
V	36000	0.0032	115.2	1086.82	2160
H	15600	0.0054	84.86	1001.96	780
MA	115500	0.0064	739.2	262.76	5775
J	18000	0.0064	115.20	147.56	900
MB	15540	0.0064	99.456	48.10	310.8
<b>Total</b>					<b>43175.96</b>

<b>Utilidad Neta</b>	<b>31875.96</b>
----------------------	-----------------

## Cómo Explotar la Restricción

### Caso 2: Fabricación de Jabón Urus

Producto	Demanda Pzas / Sem	Uso de la Restricción		Remanente Min	Troughput T \$
		Min / Pza	Min / Sem		
				2400	
D	5358	0.0256	137.16	2262.84	5465.16
M	10000	0.0064	64.00	2198.84	1800
V	36000	0.0032	115.2	2083.64	2160
H	15600	0.0054	84.86	1998.77	780
MA	115500	0.0064	739.2	1259.57	5775
J	18000	0.0064	115.20	1144.37	900
MB	15540	0.0064	99.456	1044.92	310.8
<b>Total</b>					<b>17190.96</b>

**Utilidad Neta**    **5890.96**

### Caso 3: Fabricación de Jabón RIN-TIN-TIN

Producto	Demanda Pzas / Sem	Uso de la Restricción		Remanente Min	Troughput T \$
		Min / Pza	Min / Sem		
				2400	
P	23482	0.0256	601.14	1798.86	23951.64
M	10000	0.0064	64.00	1734.86	1800
V	36000	0.0032	115.2	1619.66	2160
H	15600	0.0054	84.86	1534.80	780
MA	115500	0.0064	739.2	795.60	5775
J	18000	0.0064	115.20	680.40	900
MB	15540	0.0064	99.456	580.94	310.8
					<b>35677.44</b>

**Utilidad Neta**    **24377.44**

### Caso 4: Fabricación Normal

Producto	Demanda Pzas / Sem	Uso de la Restricción		Remanente Min	Troughput T \$
		Min / Pza	Min / Sem		
				2400	
M	10000	0.0064	64.00	2336.00	1800
V	36000	0.0032	115.20	2220.80	2160
H	15600	0.0054	84.863802	2135.94	780
MA	115500	0.0064	739.20	1396.74	5775
J	18000	0.0064	115.2	1281.54	900
MB	15540	0.0064	99.46	1182.08	310.8
<b>Total</b>					<b>11725.8</b>

**Utilidad Neta**    **425.8**

Cabe destacar que en los cuatro casos presentados aún nos queda tiempo disponible en la restricción, lo cual podemos aprovechar para producir más unidades de los productos que nos dan mayor rendimiento y con esto obtener un incremento en la utilidad neta.

Así, haciendo un análisis podemos ver en el caso 2 que si los 1045 min. que tenemos libres en la restricción después de haber cumplido con los pedidos establecidos de la semana, se aprovechan produciendo 139,000 piezas más de M (347 cajas de jabón de 20 gr. s/envoltura) y 48,500 piezas más de V (48 cajas de jabón de 10 grs. s/envoltura) se obtendría un aumento en la utilidad neta de: \$27,930, lo anterior se sustenta porque el mercado no es restricción para nosotros y puede aceptar el producto.

Lo mismo sucede en el caso 4 que muestra la producción normal sin maquilas de jabón de uso veterinario. Así tenemos que, si se aprovechan los 1183 min. que quedan libres en la restricción, produciendo 137,000 piezas más de M (342 cajas de jabón de 20 gr. s/envoltura), 30,500 más de V (30 cajas de jabón de 10 grs. s/envoltura) y 38,150 más de H( 76 cajas de jabón de 17 grs. c/envoltura), se obtendría un aumento en la utilidad de \$28,398.

A continuación se muestran las cuatro estrategias de fabricación:

## Estrategia de Fabricación

### Caso 1: Fabricación de Jabón Asuntol

Producto	Demanda Pzas / Sem	Uso de la Restricción			Troughput T \$
		Min / Pza	Min / Sem	Remanente Min	
				2400	
M	17500	0.0064	112.00	2288.00	3150
B	44296	0.0256	1133.98	1154.02	31450.16
V	36000	0.0032	115.2	1038.82	2160
H	15600	0.0054	84.86	953.96	780
MA	115500	0.0064	739.2	214.76	5775
J	18000	0.0064	115.20	99.56	900
MB	15540	0.0064	99.456	0.10	310.8
<b>Total</b>					<b>44525.96</b>

Utilidad Neta 33225.96

7500 pzas más de M

### Caso 2: Fabricación de Jabón Urus

Producto	Demanda Pzas / Sem	Uso de la Restricción			Troughput T \$
		Min / Pza	Min / Sem	Remanente Min	
				2400	
D	5358	0.0256	137.16	2262.84	5465.16
M	149000	0.0064	953.60	1309.24	26820
V	84500	0.0032	270.4	1038.84	5070
H	15600	0.0054	84.86	953.97	780
MA	115500	0.0064	739.2	214.77	5775
J	18000	0.0064	115.20	99.57	900
MB	15540	0.0064	99.456	0.12	310.8
<b>Total</b>					<b>45120.96</b>

Utilidad Neta 33820.96

139000 piezas más de M y 48500 piezas más de V

### Caso 3: Fabricación de Jabón RIN-TIN-TIN

Producto	Demanda Pzas / Sem	Uso de la Restricción			Troughput T \$
		Min / Pza	Min / Sem	Remanente Min	
				2400	
P	23482	0.0256	601.14	1798.86	23951.64
M	100750	0.0064	644.80	1154.06	18135
V	36000	0.0032	115.2	1038.86	2160
H	15600	0.0054	84.86	954.00	780
MA	115500	0.0064	739.2	214.80	5775
J	18000	0.0064	115.20	99.60	900
MB	15540	0.0064	99.456	0.14	310.8
<b>Total</b>					<b>52012.44</b>

Utilidad Neta 40712.44

90750 piezas más de M

ESTA TERCERA NO DEBE  
CALLEN DE LA BIBLIOTECA

## Estrategia de Fabricación

### Caso 4: Fabricación Normal

Producto	Demanda Pzas / Sem	Uso de la Restricción			Troughput T \$
		Min / Pza	Min / Sem	Remanente Min	
				2400	
<b>M</b>	147000	0.0064	940.80	1459.20	26460
<b>V</b>	66500	0.0032	212.80	1246.40	3990
<b>H</b>	53750	0.0054	292.399318	954.00	2687.5
<b>MA</b>	115500	0.0064	739.20	214.80	5775
<b>J</b>	18000	0.0064	115.2	99.60	900
<b>MB</b>	15540	0.0064	99.46	0.14	310.8
<b>Total</b>					<b>40123.3</b>

<b>Utilidad Neta</b>	<b>28823.3</b>
----------------------	----------------

137000 piezas más de M, 30500 piezas más de V  
y 38150 piezas más de H

Aplicados los pasos uno y dos de la Teoría de restricciones a nuestra organización, los cuales se enfocan en la restricción y ésta se encuentra bien utilizada, es indispensable enfocarse en el resto de los recursos, que son casi todos, de tal forma que también sean bien utilizados. Y la única forma en que un recurso que no es restricción sea bien utilizado es subordinándose al "ritmo del tambor" o programa de la restricción.

¡Programar las tareas que una organización debe realizar! Es fácil de decir, pero ¿dónde comenzar? ¿Partimos de los pedidos de los clientes y los explotamos en niveles de trabajo? De ser así, ¿qué pedido debemos escoger primero? ¿El más grande en cuanto a valor de la venta? ¿El que represente la mayor carga? ¿El que ya sospechamos que probablemente entregaremos tarde? O tal vez debemos intentar un ataque completamente diferente, como comenzar con los trabajos que en este momento se encuentran atorados en el proceso.

A continuación programaremos la producción de nuestra planta, usando el método Tambor - Cuerda - Amortiguador, para ello consideramos el pedido siguiente para procesar: 5 cajas de producto V, para el martes 7; 10 cajas de producto MA, también para el martes 7; 20 cajas de producto J, para el miércoles 14 (siguiente semana), 15 cajas de producto MB, para el jueves 17. Para protegernos adecuadamente de "Murphy" decidimos que el tamaño de el amortiguador sea de 24 hrs. Es decir, pensamos que si Murphy "ataca", en menos de 3 turnos de (8 hrs.) salimos adelante. Sabemos que la restricción es el recurso C, así que colocaremos un amortiguador antes de este recurso ("Programa del Tambor") y haremos el programa completo. De aquí, estableceremos "cuerdas" para liberar la materia prima un tamaño de amortiguador antes de que sea requerida por la restricción. Y haremos después los programas parciales de producción de los recursos que se subordinarán. Finalmente cuando haya conflictos de horario, ajustaremos el horario requerido de inicio de proceso para estos recursos subordinados.

Los tiempos no programados para los recursos que no son la restricción se deben de utilizar para hacer las demás operaciones en cuanto llegue material, respetando siempre, con prioridad, los programas parciales.

En las tablas siguientes mostramos detalladamente el programa.

### Método Tambor-Amortiguador-Cuerda (DBR)

Programa: Amortiguador del Recurso "C" (la restricción) ("Programa del Tambor")										
Tamaño decidido para el amortiguador (horas): 24										
Secuencia	Pedido	Operación	Min / Pza	Piezas	Min. Totales	Min Acum.	de Inicio	de Fin	de Inicio	de Fin
1	1V	3	0.003	5000	15	15	8.00	8.15	Jueves	Jueves
2	1J	3	0.006	10000	60	75	8.15	9.15	Jueves	Jueves
3	2V	3	0.003	5000	15	90	9.15	9.30	Jueves	Jueves
4	2H	3	0.005	6000	30	120	9.30	10.00	Jueves	Jueves
5	2MA	3	0.006	5000	30	150	10.00	10.30	Jueves	Jueves
6	3M	3	0.006	7500	45	195	10.30	11.15	Jueves	Jueves
7	3MB	3	0.006	6500	38	233	11.15	11.53	Jueves	Jueves
8	4B	3	0.026	40082	1042	1275	11.53	28.53	Jueves	Lunes

Primer Intento (Antes de resolver conflictos)									
Programa: Liberación Materiales-Amortiguador "C" (Cuerdas)									
Mat. Prima	Piezas	# Operación	Recurso	de Inicio	de Fin	de Inicio	de Fin	de Inicio	de Fin
mpl1, mp2	29, 7	1	A	0					
mp3, mp4	13	1	A						
mp4	0.05	2	B	0.15					
mpl1, mp2	117, 27	1	A	0.15					
mp3	50	1	A						
mp4	0.2	2	B	1.15					
mpl1, mp2	29, 7	1	A	1.15					
mp3	13	1	A						
mp4	0.05	2	B	1.3					
mpl1, mp2	59, 13	1	A	1.3					
mp3	25	1	A						
mp4	0.08	2	B	2					
mpl1, mp2	59, 13	1	A	2					
mp3	25	1	A						
mp4	0.08	2	B	2.3					
mpl1, mp2	87, 20	1	A	2.3					
mp3	37	1	A						
mp4	0.12	2	B	3.15					
mpl1, mp2	73, 17	1	A	3.15					
mp3	31	1	A						
mp4	0.10	2	B	4.53					
mpl1, mp2	870, 42	1	A	4.53					
mp3	862	1	A						Martes
mp4	3	2	B	22.25					Miércoles



## Método Tambor-Amortiguador-Cuerda (DBR)

Subordinación de Otros Recursos que Prosiguen a la Restricción										
Tamaño Decidido para el Amortiguador : 24 hrs										
Recurso Subord.	Pedido	Operación	Min / Pza	Piezas	Min Totales		Hora Aproximada		Dia Aproximado	
					Min Totales	Max Totales	De Inicio	De Fin	De Inicio	De Fin
"1"	1V	4	0.002	5000	10	8.15	8.25	Jueves	Jueves	Jueves
"2"	1J	4	0.005	10000	50	8.25	9.15	Jueves	Jueves	Jueves
"2"	2V	4	0.002	5000	10	9.15	9.25	Jueves	Jueves	Jueves
"2"	2H	4	0.005	6000	30	9.25	9.55	Jueves	Jueves	Jueves
"2"	2MA	4	0.005	5000	25	9.55	10.2	Jueves	Jueves	Jueves
"2"	3M	4	0.005	7500	38	10.2	10.58	Jueves	Jueves	Jueves
"2"	3MB	4	0.005	6500	31	10.58	11.29	Jueves	Jueves	Jueves
"1"	4B	4	0.19	40082	7615	11.29	138.4	Jueves	Jueves	Lunes

Programa de Trabajo del Recurso A												
Secuencia	Pedido	Operación	Min / Pza	Piezas	Min Totales		Mar Prima		Hora Aproximada		Dia Requerido	
					Min Totales	Max Totales	De Inicio	De Fin	De Inicio	De Fin	De Inicio	De Fin
1	1V	1	0.002	5000	10	mp 1.2.3	0	0.1	Lunes	Lunes	Lunes	
2	1J	1	0.004	10000	40	mp 1.2.3	0.15	0.55	Lunes	Lunes	Lunes	
3	2V	1	0.002	5000	10	mp 1.2.3	1.15	1.25	Lunes	Lunes	Lunes	
4	2H	1	0.003	6000	18	mp 1.2.3	1.3	1.48	Lunes	Lunes	Lunes	
5	2MA	1	0.004	5000	20	mp 1.2.3	2	2.2	Lunes	Lunes	Lunes	
6	3M	1	0.004	7500	30	mp 1.2.3	2.3	3	Lunes	Lunes	Lunes	
7	3MB	1	0.004	6500	25	mp 1.2.3	3.15	3.35	Lunes	Lunes	Lunes	
8	4B	1	0.014	40082	561	mp 1.2.3	4.53	14.23	Martes	Miércoles	Miércoles	

Programa de Trabajo del Recurso B														
Secuencia	Pedido	Operación	Min / Pza	Piezas	Min Totales		Mar Prima		Hora Aproximada		Dia Requerido		Dia Ajustado	
					Min Totales	Max Totales	De Inicio	De Fin	De Inicio	De Fin	De Inicio	De Fin	De Inicio	De Fin
1	1V	2	0.002	5000	10	mp 4.5	0.15	0.25	Lunes	Lunes	Lunes	Lunes	Lunes	
2	1J	2	0.003	10000	30	mp 4.5	1.15	1.45	Lunes	Lunes	Lunes	Lunes	Lunes	
3	2V	2	0.002	5000	10	mp 4.5	1.3	1.4	Lunes	Lunes	Lunes	Lunes	Lunes	
4	2H	2	0.003	6000	18	mp 4.5	2	2.18	Lunes	Lunes	Lunes	Lunes	Lunes	
5	2MA	2	0.003	5000	15	mp 4.5	2.3	2.45	Lunes	Lunes	Lunes	Lunes	Lunes	
6	3M	2	0.003	7500	22	mp 4.5	3.15	3.37	Lunes	Lunes	Lunes	Lunes	Lunes	
7	3MB	2	0.003	6500	19	mp 4.5	4.53	5.12	Lunes	Lunes	Lunes	Lunes	Lunes	
8	4B	2	0.013	40082	521	mp 4.5	21.25	30.1	Martes	Miércoles	Martes	Miércoles	Miércoles	

Lo que hemos descrito hasta ahora es el procedimiento manual de tambor-amortiguador-cuerda, un procedimiento que ha demostrado su validez en tantas implementaciones de la vida real.

Al usar amortiguadores de tiempo en lugar de tiempos de cola individuales, indudablemente mejoraremos considerablemente. El concepto usual de tiempo en cola es tratar de promediar a nivel del recurso, ¿cuánto tiempo, en promedio, tiene que esperar una tarea frente a ese recurso? Esto no sirve. La capacidad disponible de mañana no me sirve hoy, y la capacidad disponible de ayer, cuando el material todavía no llegaba, no me sirve hoy. Pero nivelar el promedio de las tareas, usando el concepto de amortiguadores de tiempo y activando la expeditación definitivamente ayuda.

Lo que proponemos aquí parece ser el siguiente paso de mejoramiento. Podemos predecir, con bastante confiabilidad, las fluctuaciones esperadas en la carga. Son dictadas por los cambios que se dan en las restricciones de mercado y modificadas por las restricciones internas. Lo que estamos sugiriendo es ajustar el tiempo de la liberación de materiales conforme a las fluctuaciones esperadas en la carga. Esto definitivamente reducirá el tiempo que el material tiene que esperar frente a un recurso, y así, reduce significativamente el tiempo total entero.

Por supuesto, las estimaciones originales de la longitud del amortiguador van a estar siendo modificadas constantemente por la "administración de los amortiguadores", pero ¿cómo obtenemos la estimación original? Tenemos que comenzar en alguna parte y nadie tiene todavía la experiencia de evaluar sólo una porción del tiempo total, la derivada del Murphy puro.

Un recurso necesita tener capacidad de protección para poder reponer los daños causados por las perturbaciones, no sólo de ese recurso, sino de todas las actividades que lo alimentan. ¿A qué tipo de daños nos referimos en este caso? Básicamente, al peligro de exponer a las restricciones.

La restricción está protegida, en cualquier momento en el tiempo, sólo por el contenido de los "materiales" que residen en el origen del amortiguador. Recordemos que no tiene que ser inventario físico, en el caso de una restricción de mercado, puede asumir la forma de embarques anticipados; en el caso de ingeniería podría ser un dibujo o incluso datos requeridos. Hemos subrayado que la protección no la da cualquier inventario; tiene que ser el inventario correcto, los "materiales" que están programados para ser consumidos por la restricción.

## **6.7 PRIMER PASO PARA CUANTIFICAR A MURPHY.**

Si seguimos las fechas de liberación, y si nuestra estimación del nivel de perturbaciones está más o menos en lo correcto, debemos encontrar lo que esperamos. Pero si encontramos en el origen del amortiguador un porcentaje mayor que las tareas esperadas,

esto será una clara indicación de que sobrestimamos la longitud del amortiguador y en el futuro deberemos reducirlo. Si sucede lo contrario, que un porcentaje mayor de los esperado no llegue al origen del amortiguador, entonces deberemos incrementar la longitud del amortiguador. Cierto que no nos gusta hacerlo, pero mientras Murphy esté activo en nuestra organización, como lo indican las demoras, ése será el precio que debamos de pagar para proteger al throughput. Esto nos conduce directamente al siguiente asunto.

Para proteger a las restricciones adecuadamente, tenemos que escoger amortiguadores de tiempo de longitud suficiente para garantizar una alta probabilidad de que las tareas lleguen a tiempo al origen del amortiguador.

## **6.8 ORIENTACIÓN DE LOS ESFUERZOS HACIA LA MEJORA DE LOS PROCESOS LOCALES.**

Ya hemos notado que si queremos reducir el precio que pagamos por la protección tenemos que concentrarnos en las tareas que arribarán más tarde al origen del amortiguador. Traer más temprano una tarea que de todos modos llegará antes de tiempo, no contribuye en lo más mínimo a mejorar el desempeño general.

Podemos usar la expeditación muy eficazmente para reducir el tiempo total. La primera acción en expeditar es encontrar dónde se encuentra atorada la tarea demorada. Una vez que la encontramos, realizamos acciones para hacerla avanzar inmediatamente. Pero ahora agreguemos una cosita; registremos dónde (frente a qué recurso) encontramos la tarea demorada.

Un recurso aparece frecuentemente porque contiene la causa de un problema común a muchas tareas. Puede ser un proceso defectivo, puede ser una preparación o ajuste poco confiable, puede ser falta de suficiente capacidad de protección, o pudiera ser que el recurso simplemente esté muy mal administrado. En todo caso, si trabajamos con lo problemas medulares a nivel de recurso, en lugar de al nivel de la tarea, no tendremos que expeditar repetidamente. Eliminaremos, en cierta medida, las razones por las cuales necesitamos expeditar. Haciendo eso, guiando nuestros esfuerzos de mejoramiento de procesos de JIT y TQM con esa lista de recursos problemáticos, gradual pero consistentemente podremos ir encogiendo la longitud de los amortiguadores de tiempo.

Para resumir, la administración de los amortiguadores nos ofrece varios beneficios. Nos permite determinar mejor la longitud requerida de acuerdo con el nivel de perturbaciones existentes, "cuantificando el ruido". Nos permite expeditar sistemáticamente y metódicamente las tareas para reducir el tiempo total en general. Luego, rastreando los sitios donde se encuentran las tareas demoradas, y estableciendo prioridades de acuerdo con el número de veces que cada recurso aparece en esa lista (probablemente con un factor de ponderación idóneo) tendremos la lista de Pareto deseada, la lista que debe guiar nuestros esfuerzos de "mejoramiento de la productividad". Pero hay otro beneficio, probablemente más importante.

Lo que tenemos que mantener en mente, es que cuando llegamos a trabajar con un recurso problemático, es decir, un recurso que frecuentemente aparece en la lista, podemos encontrar que sus procesos están en condiciones estupendas. Este recurso aparece en nuestra lista, no por un problema de proceso, sino porque no tiene suficiente capacidad de protección. Así la administración de los amortiguadores nos ofrece el único mecanismo conocido para estimar la capacidad de protección requerida de nuestros recursos.

**CUANTIFICAR A MURPHY ES CUANTIFICAR LA LONGITUD DEL AMORTIGUADOR Y LA CANTIDAD DE CAPACIDAD DE PROTECCIÓN REQUERIDA.**

De esta manera, podemos generar un programa y un amortiguador de tiempo que satisfaga todos los requerimientos estipulados en el enfoque esquemático. Cualquier perturbación de las operaciones precedentes que pueda superarse dentro del amortiguador de tiempo, no afectará el throughput de la planta. Así, se ve bien, el throughput queda protegido, se reducen los inventarios y los gastos de operación no se incrementan.

Antes de abandonar este tema tenemos aún que clarificar un asunto importante; ¿Cuántos tipos de amortiguadores, por lo tanto orígenes de amortiguadores, tenemos en una compañía?

Partiendo de lo que hemos dicho hasta ahora, es bastante obvio que tenemos más de un tipo de origen de amortiguador, porque tenemos más de un tipo de restricción física. Tenemos que proteger a nuestras restricciones de recursos, puesto que no queremos que se interrumpa su trabajo; esto necesitará un amortiguador de recursos. El origen del amortiguador, del amortiguador del recurso, es el área justo frente a esta restricción de recurso, y contiene inventarios de producto en proceso.

También tenemos que proteger a las restricciones de mercado, dado que deseamos embarcar a tiempo. Esto requerirá de un amortiguador de embarque. El origen del amortiguador es simplemente el andén de embarques o la bodega de producto terminado. Notemos que en los casos en que se permite embarcar anticipadamente, el origen del amortiguador, del amortiguador de embarque, no necesariamente contiene inventario de producto terminado. Contiene la lista de pedidos que fueron embarcadas antes de sus fechas de vencimiento.

## **6.9. PARA LIDIAR CON LOS CUELLOS DE BOTELLA.**

El incremento en throughput reducirá el exceso de capacidad de la planta, ocasionando que haya tiempo disponible para recuperarse de las perturbaciones que lo harían reducirse. Hemos estado protegiendo a nuestra planta contra las perturbaciones, tanto con nuestros amortiguadores de inventario como con la capacidad excedente de nuestros soldados más fuertes.

El personal de la planta necesita trabajar constantemente para reducir los amortiguadores eliminando las fuentes más importantes de perturbaciones independientemente de qué tan flexibles se hayan hecho a los amortiguadores para responder a la cambiante demanda del mercado y las condiciones de la planta.

El throughput podría incrementarse hasta el grado en que aparecieran en la planta verdaderos cuellos de botella que limiten el throughput. Sin embargo, no hay necesidad de arrancarse de inmediato a comprar más equipo para incrementar la capacidad de dichos cuellos de botella. Hay una gran cantidad de pasos más rápidos y económicos, que debemos tomar primero. Por ejemplo, debemos asegurarnos de que el cuello de botella siempre tenga operador, aún en horas de comida, otros descansos y en los cambios de turno. Se debe poner cuidado de que el cuello de botella no trabaje con partes que ya traigan defectos (aunque esto signifique poner un inspector antes del cuello de botella) porque el tiempo desperdiciado en el cuello de botella es throughput perdido para la planta. Las operaciones que sigan al cuello de botella de la planta deben recibir instrucciones en el sentido de procesar con mucho cuidado las partes salidas del cuello de botella, porque cada parte dañada representará un embarque que no se pudo hacer. Podemos exprimirle una cantidad sustanciosa de capacidad adicional a nuestros cuellos de botella con estos métodos económicos y eficaces. Sólo cuando estas técnicas se hayan agotado, deberemos comprar capacidad adicional.

## **6.10 INDICADORES LOCALES DE DESEMPEÑO.**

¿Hacia dónde vamos? Al hecho de que además de haber instituido la administración de amortiguadores, y encima de enfocar nuestros esfuerzos a la mejora de los procesos físicos, debemos instituir indicadores locales de desempeño adecuados, indicadores que por su mera existencia induzcan a las áreas medidas a realizar lo que conviene a la compañía como un todo.

Como dijimos antes, mientras la meta de la compañía sea ganar dinero, y mientras los indicadores sean el juez de nuestro cumplimiento de esa meta, las unidades de medición deberán incluir, por definición, la unidad monetaria: el signo de pesos.

Los indicadores del desempeño local no deben juzgar el resultado final. Los indicadores del desempeño local deben juzgar la calidad de la ejecución de un plan, y este juicio debe ser totalmente diferente del juicio del plan mismo.

Estas advertencias nos traen directamente a la conclusión de que cuando juzgamos adecuadamente el desempeño local, estamos de hecho juzgando las desviaciones, las desviaciones en la ejecución de un plan predeterminado y dado. La calidad del plan mismo debe ser juzgada por los indicadores que hemos estado utilizando todo este tiempo: throughput, inventario y gasto de operación. Pero ¿cuáles son los indicadores adecuados de la desviación?

“NO HACER LO QUE SE SUPONIA QUE SE DEBIA DE HACER”. Este tipo de desviación, que actualmente recibe toda la atención, y con razón, principalmente produce un impacto sobre uno de los indicadores. Si no hacemos lo que se supone que debemos hacer se va a reducir el throughput. Pero hay un segundo tipo de desviación. Se trata de: “HACER ALGO QUE NO SE DEBIO HABER HECHO”. ¿En cuál indicador va a tener un impacto adverso esta desviación? Por supuesto, en el inventario.

A nivel de la planta, ¿cuáles son los resultados finales de las desviaciones del primer tipo, no hacer lo que se debe hacer? La respuesta es obvia: el resultado será que no embarquemos a tiempo. ¿Cuál es el indicador adecuado para embarques fallidos?

Una forma lógica de medir las fechas de vencimiento falladas es la siguiente: por cada pedido vencido debemos multiplicar el monto en pesos de su valor de venta por el número de días de retraso que tiene el pedido. Sumando las multiplicaciones de todos los pedidos vencidos nos dará un indicador justo de la magnitud de la desviación de la planta con respecto a su obligación de embarcar sus pedidos a tiempo. No deberá sorprendernos que el indicador sea días-pesos, donde los pesos reflejan los precios de venta y los días reflejan los períodos de demora de los pedidos.

¿Cuál es el daño potencial resultante para la compañía? No es el precio de la parte sola, sino la demora en cobrar el dinero por el pedido entero.

¿Qué vamos a usar como punto de referencia para los días? ¿desde qué fecha vamos a considerar que un departamento está demorando una tarea? De alguna manera no se siente correcto esperar hasta la fecha de vencimiento del pedido, tal parece que hacer eso involucra un riesgo demasiado grande; recordemos que los indicadores locales de desempeño se basan en las desviaciones, debe enviarse una señal al área local que se esté midiendo en el momento en que algo se desvía. Si empezamos a poner banderas rojas de advertencia sólo en esa fecha tan tardía, se garantiza que el daño se haga.

Que no se nos olvide qué era lo que nos proponíamos. Estamos tratando de medir el desempeño local. ¿Con qué objeto? Para poder motivar a las entidades locales a que hagan lo que es bueno para la compañía entera.

¿No irá a propiciar, este tipo de indicador, que se hagan los trabajos “al ahí se va”? ¿No irá un departamento ante la creciente presión de los días-pesos, a escoger la salida fácil de entregarle a los departamentos siguientes una tarea mal hecha? ¿Entregar un trabajo a medias, sólo para pasar la pelota, sólo para pasarle la “culpa” a alguien más? De ser así, entonces todo lo que hemos ganado induciendo a la autoexpeditación sólo creará una situación que no tendremos deseos de enfrentar.

Examinémoslo con calma. Supongamos que un departamento ha entregado un trabajo de mala calidad. Esta mala calidad tarde o temprano quedará al descubierto, ya sea que la detecte una operación posterior, o nos demos cuenta de ella por la queja de algún cliente muy molesto. De ser así, asignemos los días-pesos correspondientes a calidad.

Teníamos miedo de que este indicador nos condujera a una mala calidad; y resulta que conduce al modo de operación tan apreciado por TQM: Calidad en el Origen.

#### **6.11 EN RESUMEN.**

Las verdaderas dificultades que pueden evitar que una compañía capitalice rápida y completamente el enfoque de tambor-amortiguador-cuerda no radican en los detalles técnicos, sino en el hecho de que el método de tambor-amortiguador-cuerda entra en conflicto directamente con algunos patrones de comportamiento profundamente arraigados.

## CONCLUSIONES.

A lo largo de este trabajo hemos reconocido que todo proceso tiene necesariamente una actividad que se le puede llamar "Restricción", que es la operación más cargada o la que se tarda más tiempo que las demás. Asimismo reconocimos que la restricción existe independientemente de nuestra voluntad, ya que nosotros podemos ignorar la restricción, pero ¡ella no nos va a ignorar a nosotros!

También aprendimos que la capacidad máxima por unidad de tiempo del proceso está determinada por la cantidad máxima por unidad de tiempo que la restricción puede procesar. Por lo tanto "LA CAPACIDAD DEL PROCESO ESTÁ DETERMINADA POR LA CAPACIDAD DE LA RESTRICCIÓN". Como en nuestro caso la restricción es el recurso C (horno) elaboramos un programa con el que se pretende alimentar materia prima al proceso sólo en cantidades suficientes para mantener la restricción, y no la primera operación ocupada.

Sólo basta recordar que "UN MINUTO PERDIDO EN LA RESTRICCIÓN ES UN MINUTO PERDIDO EN TODO EL PROCESO". Y que si hacemos una "mejora" en cualquier actividad que no es la restricción entonces como la capacidad de la restricción no fue afectada, la capacidad del proceso no cambia. Por lo tanto "UN MINUTO AHORRADO EN UNA ACTIVIDAD QUE NO ES RESTRICCIÓN ES TAN SÓLO UN ESPEJISMO".

Una planta tradicional no reconoce que la restricción gobierna la utilización de todos los recursos, y por lo tanto, al ser todos los recursos activados todo el tiempo, conforme a su capacidad ( y no conforme a su subordinación a la restricción), se produce desperdicio en forma de exceso de inventario (que a su vez implica disminución de throughput y aumento en gastos operacionales, por ejemplo, en el costo del financiamiento del inventario adicional).

El primer paso para establecer un volante de productividad es implementar la manufactura sincronizada utilizando el método de tambor-amortiguador-cuerda. Luego tenemos que administrar los amortiguadores de inventario y focalizar nuestros esfuerzos de mejoramiento de los procesos. Finalmente, deberán utilizarse las técnicas de Justo-A-Tiempo, las nuevas tecnologías y una buena práctica gerencial donde causen el mayor impacto. El resultado será un incremento continuo en la utilidad neta, el retorno sobre la inversión y el flujo de efectivo.

El establecimiento de un proceso de mejoramiento continuo focalizado requiere de que entendamos la ubicación de las verdaderas restricciones de nuestras plantas. Una vez que los hagamos, deberemos concentrarnos en estas restricciones aplicando todo nuestro esfuerzo para romperlas. Cuando se haya eliminado una restricción, tendremos una nueva planta, y nuestros esfuerzos deberán ahora dedicarse a otras áreas. Necesitaremos averiguar dónde están las nuevas restricciones sean externas a la planta, (por ejemplo, que tengamos



capacidad más que suficiente, pero no tengamos suficiente demanda del mercado), seguimos teniendo poder para afectarlas. Bajar el inventario de productos en proceso de fabricación incrementará nuestra ventaja competitiva y causará que nuestra demanda de mercado se incremente.

La aplicación focalizada de la técnica correcta para el mejoramiento de la productividad reduce las perturbaciones y elimina los huecos más importantes de nuestros amortiguadores. Al reducirse los amortiguadores, puesto que contienen la mayor parte del inventario de productos en proceso de fabricación, la ventaja competitiva de la planta aumenta también. Los tiempos totales de manufactura, los gastos de operación y las inversiones en inventario se reducen, al tiempo que la calidad, el cumplimiento de fechas de promesa de entrega al cliente y la velocidad de introducción de nuevos productos al mercado se incrementan.

Existen muchas otras causas de perturbaciones y también técnicas igualmente eficaces para eliminarlas. La corrección del problema del centro de trabajo (o proveedor) que esté a la cabeza de la lista, tendrá el mayor impacto en el llenado de los huecos más importantes del amortiguador, lo que nos permitirá reducir el tamaño del amortiguador y repetir el proceso. Al reducirse los amortiguadores, sentiremos el impacto con toda seguridad.

Este esfuerzo continuo por encontrar las restricciones actuales, romperlas, encontrar las siguientes restricciones, romperlas y así sucesivamente, es un proceso sumamente poderoso de mejoramiento continuo focalizado. Es la forma para que la industria occidental no sólo se pueda reincorporar a la carrera, sino que también rebese de un salto a la competencia.

Las fallas que tiene TQM (Calidad Total) es que no reconoce que algún recurso (la restricción) es más importante que otro, y por lo tanto supone que cualquier mejora en cualquier eslabón del proceso impacto más o menos similar a nivel del sistema global. Es decir, supone que la suma de óptimos locales es igual al óptimo global, lo cual, como sabemos es falso.

## BIBLIOGRAFIA.

- 1-GOLDRATT, Eliyahu M., etal  
La Meta  
Ediciones Castillo  
5ta.edición., México 1996., 408 p.
  
- 2-GOLDRATT, Eliyahu M.  
El síndrome del Pajar  
Ediciones Castillo  
2da.edición., México 1994., 283 p.
  
- 3-GOLDRATT, Eliyahu M.  
No fue la Suerte  
Ediciones Castillo  
1ra.edición., México 1995., 250 p.
  
- 4-GOLDRATT, Eliyahu M.  
La Carrera  
Ediciones Castillo  
5ta.edición., México 1997., 184 p.
  
- 5-BABOR José A., etal  
Química General Moderna  
Ediciones Nacional  
4ta.edición., México 1960., 211 p.