

300617
17
24



**UNIVERSIDAD LA SALLE
ESCUELA DE INGENIERIA**

INCORPORADA A LA U.N.A.M.

**UN ENFOQUE PRODUCTIVO:
MANUFACTURA SINCRONIZADA**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA INDUSTRIAL**

PRESENTAN:

**JOSE RAMON FERNANDEZ GUERRERO
JAVIER GARCIA ARREOLA**

ASESOR:

ING. JOSE MANUEL CAJIGAS

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

MEXICO. 1993



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está 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.

INDICE

| | |
|--|----------|
| INTRODUCCION | 1 |
| CAPITULO I. EL ENTORNO ACTUAL | |
| La necesidad de mejora | 1 |
| El Entorno Mexicano | 2 |
| La Industria Mexicana ante el Libre Comercio | 5 |
| La Naturaleza del Mejoramiento Continuo | 7 |
| El Problema Tecnológico | |
| El Problema Psicológico | |
| Pasar del Mundo del Costo al de los Recursos | |
| De los Eventos a la Estructura | |
| Pasar del Primer Orden al Segundo Orden | |
| Pasar del Temor a la Aspiración | |
| Métodos de Mejora en Manufactura | 13 |
| El Objetivo de Toda Organización | 16 |
| CAPITULO II. MEDIDAS FINANCIERAS Y OPERATIVAS | |
| Objetivo de las Medidas | 18 |
| Establecimiento de las Medidas Financieras | 18 |
| Utilidad Neta | |
| Retorno Sobre los Activos | |
| Flujo de Efectivo | |
| Medidas Operativas | 23 |
| Inventario (I) | |
| Cantidad de Dinero Generado (CDG) | |
| Gastos de la Operación (GO) | |
| Impacto de las Medidas Operativas en las Medidas Financieras | 28 |
| Impacto de la CDG | |
| Impacto de los Gastos de la Operación | |
| Impacto del Inventario | |
| Las Medidas Operativas y la Competitividad | 32 |
| Ventajas en un Ambiente de Bajo Inventario | 34 |
| El Inventario y la Calidad | |
| El Inventario y los Gastos de la Operación | |
| El Inventario y el Servicio a Clientes | |
| CAPITULO III. COMPORTAMIENTO DE RECURSOS Y MATERIALES | |
| El Comportamiento Natural de la Manufactura | 41 |
| Los Eventos Dependientes | |
| Fluctuaciones Estadísticas | |
| Una Analogía a la Manufactura | |

| | |
|--|-----|
| Impacto del Balanceo de la Capacidad de la Planta | 48 |
| Cuellos de Botella | 52 |
| Clasificación de la Distribución del Tiempo de un Recurso cualquiera | 53 |
| Valor de un Cuello de Botella (X) | 53 |
| Valor de un No-Cuello de Botella (Y) | 54 |
| Cálculo del Valor de los Recursos | 55 |
| Interacciones entre los Recursos de Manufactura | 57 |
| Caso 1. Un Recurso X alimenta a uno Y | |
| Caso 2. Un Recurso Y alimenta a uno X | |
| Caso 3. Un Recurso Y1 alimenta a uno Y2 | |
| Caso 4. Un Recurso X1 alimenta a uno X2 | |
| Caso 5. Ensamble alimentado por Recursos X e Y | |
| Recursos de Capacidad Restringida (RCR) | 59 |
| CAPITULO IV. SINCRONIZANDO LA OPERACION | |
| Clases de Restricciones | 61 |
| Restricciones de Mercado | |
| Restricciones de Materiales | |
| Restricciones de Capacidad | |
| Restricciones Logísticas | |
| Restricciones Gerenciales | |
| Restricciones de Comportamiento | |
| Cómo identificar los RCR | 63 |
| Los Cinco Pasos de la Teoría de Restricciones | 67 |
| Paso 1. Identificar las Restricciones del Sistema | |
| Paso 2. Decidir Cómo Explotar las Restricciones | |
| Paso 3. Subordinación del Sistema | |
| Paso 4. Elevar las restricciones del Sistema | |
| Paso 5. Volver al Paso 1 | |
| Sincronizando la Operación | 70 |
| Definición de los Elementos Cuerda-Tambor-Colchón | 71 |
| El Tambor | 73 |
| Programación de un RCR | |
| Análisis del Ritmo de Producción | |
| Casos Típicos de la Curva de Desempeño de la Cédula | |
| El Colchón de Tiempo | 88 |
| Localización del Colchón de Tiempo | |
| Tamaño del Colchón | |
| Administración del Colchón de Tiempo | |
| La Cuerda | 102 |
| Puntos de Programación | |
| La Cédula en un Punto de Programación | |
| Ejemplo del Sistema Tambor-Colchón-Cuerda | 108 |

| | |
|---|------------|
| Clasificación de las Operaciones de Manufactura | 116 |
| Plantas Tipo V | |
| Plantas Tipo A | |
| Plantas Tipo T | |
| CAPITULO V. APLICACION PRACTICA DE LA MANUFACTURA SINCRONIZADA | |
| Antecedentes del Caso Práctico | 125 |
| Descripción del Proceso | 126 |
| Aplicando los Cinco Pasos | 131 |
| 1. Identificación de los RCR | |
| 2. Explotando las Restricciones | |
| 3. Subordinación del Resto del Sistema | |
| 4. Elevando las Restricciones | |
| 5. Cédulas | |
| CONCLUSIONES | 151 |
| BIBLIOGRAFIA | 157 |

INTRODUCCION

"Un enfoque productivo: Manufactura Sincronizada". El título del presente trabajo seguramente resulta poco descriptivo en sí mismo. La manufactura sincronizada pone énfasis en el reconocimiento y máxima utilización de los cuellos de botella dentro de la operación de una empresa. Esta descripción aparenta ser ordinaria. El lograr la máxima utilización de los recursos restringidos en capacidad es uno de los objetivos de la Ingeniería Industrial y no tiene nada de nuevo. Sin embargo, la manufactura sincronizada es un sistema novedoso en varios aspectos: contradice algunos de los conceptos normalmente aceptados en la industria actualmente. Así mismo, se propone un cambio en la filosofía gerencial de la industria mexicana con el fin de lograr el objetivo de la organización: subsistir y ser rentable en un ambiente altamente competitivo.

Al decidir desarrollar este tema, se tuvo en mente la necesidad de un sistema de mejora que no requiriera de una alta tecnología e infraestructura para su puesta en marcha. Así mismo, el sistema de mejora propuesto debía dar resultados en el corto plazo y permitir lograr una ventaja competitiva o el mantenimiento de la empresa en el mercado.

El primer capítulo establece la necesidad de un método de mejora en el ambiente productivo nacional. Se comienza por tratar el entorno económico dentro del cual debe desarrollarse la industria mexicana. Un aspecto trascendental de este entorno lo constituye el libre comercio que se dará con los otros países de América del Norte. Ante la perspectiva económica presentada, se discuten diversas técnicas de planeación y ejecución con el fin de entender si son las adecuadas al entorno

presentado. Por último se plantea el objetivo que debe guiar a una organización productiva.

Una vez establecido el objetivo que se perseguirá a lo largo del trabajo, el capítulo dos propone una serie de medidas que señalarán el grado en que el objetivo se ha cumplido. Se dividen en dos grandes grupos: las financieras y las operativas. Dichas medidas juegan un papel importante en la competitividad de una empresa productiva, aspecto que también es discutido en este capítulo.

En la manufactura intervienen dos aspectos fundamentales cualquiera que sea el proceso de transformación del que se trate: los materiales que serán usados y los recursos disponibles para lograr dicha transformación. El tercer capítulo analiza la forma en que estos aspectos se interrelacionan al momento de llevarse a cabo la producción. Un punto que debe resaltarse en este apartado es la importancia que tienen los recursos dependiendo si son o no cuellos de botella en el proceso de manufactura.

El capítulo cuatro constituye la base operativa de la manufactura sincronizada. El proceso de mejora continua propuesto se compone de cinco pasos que son tratados en detalle. Así mismo, se proponen tres elementos con los cuales se logra la sincronización de la operación llamados "tambor-colchón-cuerda".

Una vez establecida la plataforma de la manufactura sincronizada, ésta es aplicada a un proceso concreto. El procedimiento seguido se describe en el capítulo cinco.

Seguramente la manufactura sincronizada no es la panacea a los problemas de la industria actual, sin embargo propone un método sencillo que da resultados de manera efectiva y a bajo costo.

I. EL ENTORNO ACTUAL

La Necesidad de Mejora

México enfrenta actualmente grandes cambios, tanto internos como externos. La tecnología, el comercio, la política, son todos elementos que mueven al mundo actual hacia la globalización. A medida que más naciones se industrializan, el mundo se empequeñece en términos de transferencia tecnológica, comercio e intercambios culturales. Las economías nacionales son cada vez más dependientes del comercio exterior y todo parece indicar que esta tendencia no sólo continuará, sino que se acrecentará. Los mercados son ahora internacionales y sumamente competidos.

Un elemento sumamente importante de esta nueva economía global es que muchos, si no es que todos los mercados, se enfocan en la calidad y en el servicio a clientes. Todos los esfuerzos que una compañía manufacturera realice deben enfocarse a cumplir con excelencia estos aspectos.

Es bien sabida la existencia de numerosos sistemas cuyo fin es el establecer estándares de alta calidad en los ambientes productivos. Más adelante en este mismo capítulo, se hace referencia a MRP, MRP II, y JIT. Todos ellos han comprobado su efectividad. Sin embargo, es sabido que la implantación de ellos es lenta y requiere de importantes inversiones en equipo y/o rediseño de la planta productiva. La realidad económica de México, como se analiza a continuación, no permite a la mayoría del sector productivo la implantación de este tipo de sistemas.

El Entorno Mexicano

Competitividad. No cabe duda que ésta es la palabra de moda en la industria y los mercados internacionales. La competitividad se encuentra limitada por el desarrollo industrial de un país. En el caso de México, dicho desarrollo ha sido marcado por los problemas económicos y las políticas proteccionistas. Mientras las potencias industriales desarrollaban sistemas de mejora y nuevas tecnologías, México luchaba por salir de una grave crisis. La década de los noventa marca un cambio drástico y lanza al país a una carrera en la que sin duda se encuentra en desventaja.

Enmiendas hechas a la constitución y la promulgación de leyes introducidas durante las tres décadas que siguieron a la segunda guerra mundial tuvieron varios aspectos en común: el control del gobierno sobre las actividades económicas, la protección a los grupos capitalistas nacionales contra la competencia extranjera, la justificación de nuevas empresas estatales y grandes beneficios a las organizaciones obreras. Este tipo de medidas contrastaron considerablemente con las estrategias seguidas por Japón en el periodo posterior a la Segunda Guerra Mundial.

El resultado de las anteriores políticas, fué la gradual asfixia de las fuerzas productivas del país. El sector industrial mostró serias deficiencias ya que el progreso era impedido por inapropiadas políticas de crecimiento, falta de competencia y de tecnología así como una gran escasez de capitales. En 1973, México estableció medidas para restringir el uso de tecnología extranjera y la inversión no nacional en las empresas se limitó a un máximo de 49%. Los sindicatos obtuvieron grandes beneficios e incrementos salariales.

Así mismo, un importante sistema de licencias fué establecido para garantizar protección a los productores internos y la estabilidad de la balanza comercial. La restricción a las importaciones afectó al sistema productivo ya que México es dependiente de proveedores extranjeros en cuanto a bienes de capital. El control de precios fué ampliamente usado como protección comercial y para garantizar el abasto.

de artículos de primera necesidad a una creciente población urbana. Dicho ambiente de precios controlados no motivó el desarrollo industrial.

En 1977, fué necesaria la intervención del Fondo Monetario Internacional y se estableció la necesidad de alcanzar el equilibrio macroeconómico y el reajuste de precios. En esta etapa, el país se vió de pronto enriquecido con el descubrimiento y explotación de vastos yacimientos petrolíferos en un momento de escasez mundial. El petróleo y el endeudamiento externo fueron las herramientas para lograr el crecimiento logrado durante 1978-1981. El desarrollo tecnológico e industrial fué olvidado. Cuando los precios del petróleo cayeron en 1981 y los créditos se suspendieron, la economía, y con ella la industria, se colapsó.

Debido a las grandes presiones ocasionadas por la grave crisis de 1982, el gobierno se vió obligado a revertir las decisiones proteccionistas y a fomentar el desarrollo industrial y económico del país.

En 1983, el FMI otorga un préstamo de \$3,800 millones de dólares al país. Así mismo, bancos privados otorgan \$3,000 millones de dólares. Dos años después, en noviembre de 1985, México inicia las negociaciones para ingresar al GATT (siglas del General Agreement on Tariffs and Trade), convirtiéndose en miembro en julio de 1986. Este fué un primer aviso para la industria: los productos tendrían que mejorarse si se quería ser competitivo en los mercados nacionales.

Poco a poco el país resuelve los apremiantes problemas que impedían el desarrollo industrial. Durante 1988-1990 se lograron varios acuerdos respecto a la deuda externa, lo que limitó las transferencias al exterior a un 2% del Producto Interno Bruto durante 1989-1992 [1].

Como consecuencia del incremento de las exportaciones no-petroleras y una tasa de interés de 6.25% sobre \$22,400 millones de dólares de deuda externa, la economía mexicana se ha vuelto menos vulnerable.

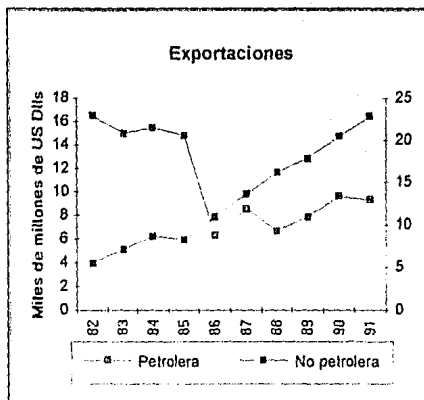


Fig. 1.1
Fuente.-México: A new economic profile. SHCP. 1991

Desde 1982, alrededor de 800 empresas paraestatales han sido vendidas, cerradas o transferidas. Entre enero de 1989 y noviembre de 1990, el ingreso obtenido de la venta de estas empresas fué de aproximadamente \$1,600 millones de dólares. Durante 1991, este ingreso se estima entre \$4,000 y \$8,000 millones de dólares [1].

En marzo de 1990, bajo la iniciativa del Plan Brady, México logró una disminución en su deuda externa de aproximadamente \$11,100 millones de dólares. Durante 1991, la política se dirigió a disminuir las transferencias al exterior con el fin de soportar el crecimiento.

No sólo con productos competitivos logrará México entrar a los mercados internacionales, sino que el comercio debe estimularse, en este aspecto, el número de tarifas comerciales fué reducido de 16 en 1982 a 5 en 1989 (0%, 5%, 10%, 15% y 20%). Para soportar la apertura de mercados las regulaciones referentes a la inversión

extranjera fueron relajadas en mayo de 1989: la participación máxima del 49% fué extendida a 100% en 58 sectores. En otros 36 sectores en los que estaba prohibida la participación extranjera, ésta se a limitado (generalmente a un 49%).

Los cambios en la política económica que ha experimentado el país han sido la base sobre la cual se podrá construir la estructura de una industria. Dichos cambios han propiciado un clima de mayor apertura comercial y por lo tanto exigen un mayor nivel de competitividad. El gran reto al que se enfrenta la industria mexicana es lograr un rápido crecimiento que permita el desarrollo de la economía. El medio ambiente internacional que prevalecerá durante el final de la década de los 90's marcará definitivamente el camino para la industria mexicana

La Industria Mexicana ante el Libre Comercio

No cabe duda que una verdadera guerra económica ha comenzado. Las grandes potencias bélicas poco a poco han cambiado su nombre por el de potencias económicas.

Actualmente no se buscan aliados para desarrollar tácticas defensivas, sino para constituir acuerdos comerciales. La Comunidad Económica Europea constituye uno de los grandes bloques económicos que, junto con el formado por los países del Lejano Oriente, tratan de dominar los competidos mercados internacionales.

El primero de enero de 1989, un tratado de libre comercio entre Estados Unidos de Norteamérica y Canadá entró en vigor. Un acuerdo similar fué firmado entre estos dos países y México durante 1992. Este se plantea como un acuerdo llevado a cabo entre los tres países mencionados para facilitar el flujo recíproco de productos, servicios e inversiones. Para ello, existen dos aspectos fundamentales: el primero consiste en reducir los impuestos de importación en los países que forman parte del convenio; el segundo, por su parte, tiende a eliminar lo que se conoce como *barreras*

no arancelarias , es decir, aquellas trabas que sin ser impuestos, obstaculizan el comercio más allá de las propias fronteras.

Dichas barreras no arancelarias pueden ser de muchos tipos. Entre ellas se cuentan las *normas técnicas*, que son especificaciones locales en función de las que, por ejemplo, una sustancia puede estar permitida en un país y prohibida en otro. Una barrera más es lo que se conoce como *reglas de origen*, que establecen qué porcentaje del producto debe ser originario del país que lo exporta; esto tiene el propósito de evitar que alguna de las naciones que forma parte del tratado sea puente para productos de un país ajeno al mismo.

Mientras que las barreras arriba mencionadas tienen que ver directamente con la producción del bien o servicio, otras se desprenden en mayor medida de factores de tipo político. Así puede considerarse como una barrera no arancelaria el no dar el mismo trato a los productores a los productores nacionales y extranjeros. En otras palabras, los integrantes del tratado deben tener libre acceso a los mercados y estar sujetos a los mismos términos, condiciones y autorizaciones que los nacionales. El *control de precios* es quizá la barrera no arancelaria que más ha afectado a la industria mexicana, provocando la inexistencia de competitividad, lo que distorsiona el comercio ya que los productos nacionales no son competitivos en el extranjero.

Los distintos sectores de nuestro país encaran el TLC con sentimientos encontrados, que van desde un completo optimismo hasta un cierto temor a las consecuencias del cambio. Entre las consecuencias positivas de este cambio se pueden mencionar un incremento importante en las inversiones extranjeras, una mayor apertura a nuevas tecnologías, un aumento en el nivel de competitividad de las empresas mexicanas y una mejora en el nivel de empleo de nuestra gente.

El aspecto negativo del TLC consiste en que muchas empresas que como consecuencia del proteccionismo habían mantenido un bajo nivel de competitividad y

un alto índice de costos, no serán capaces de enfrentar exitosamente el cambio. Por otro lado, el pueblo mexicano atravesará un difícil período de adaptación a una economía que se habrá de equiparar paulatinamente a aquella de los demás países integrantes del tratado.

De acuerdo al panorama económico mostrado anteriormente, es evidente el rezago en que se encuentra México frente a las potencias con las que tendrá que comerciar. Es obvio que existe la necesidad de lograr implementar mejoras en los procesos de manufactura y lograr obtener productos de alta calidad. Pero ¿es suficiente una mejora?. Pensemos en las ventajas tecnológicas y operativas que la industria norteamericana lleva a la industria mexicana. Si México ha de lograr un beneficio del Tratado de Libre Comercio éste será una vez que la industria nacional haya logrado implantar un sistema que le permita mejorar continuamente, esto es, un método de mejora continua.

La Naturaleza del Mejoramiento Continuo

La realidad mexicana actual, en específico la situación de libre competencia que ahora se vive, hace necesario que cualquier organización que pretenda ser o permanecer exitosa haga de la mejora continua su forma de vida.

El proceso de la mejora continua es algo que trae consigo profundas implicaciones, las cuales será necesario superar y así poseer la tan ansiada competitividad buscada por las empresas que ahora pretenden moverse en un mercado más libre.

Como en todo proceso, se debe contar con una forma sistemática de acción; por otro lado, el término *mejora* implica la superación de todos los resultados obtenidos con anterioridad. Estos resultados deberán ser medibles y apreciados por el mercado. Por último, por *continuo* se significa que lo anterior, es decir, ese proceso de mejora sea sostenido.

En el ambiente competitivo se propician cambios vertiginosos que procuran mantener a las diversas empresas en posiciones de liderazgo. Cualquier aplazamiento del mejoramiento continuo traerá funestas consecuencias.

Supóngase que la empresa competidora x diario hace una mejora en su desempeño y que la empresa z, seguidora de x, imita sus pasos al día siguiente. La empresa z se dirige al fracaso inminente. Esto se debe a que la ventaja competitiva de la empresa x respecto a la z crece día con día. A lo largo del tiempo la empresa z no será rival de importancia para la empresa x. De aquí se concluye que el establecer la mejora continua como modo de operación cotidiano es una labor impostergable.

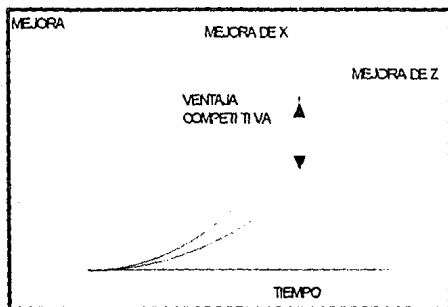


Fig. 1.2

Debe quedar claro que en un afán de buscar resultados a corto plazo no se debe sacrificar la competitividad en el largo plazo. Es cosa común el emprender proyectos y campañas que buscan un desempeño prefijado, el cual una vez alcanzado, se limitan a tratar de mantenerse estables.

Los resultados logrados por una implantación de procedimientos comparados contra aquellos obtenidos por una estrategia de mejora continua tienen un desempeño en el tiempo radicalmente distinto.

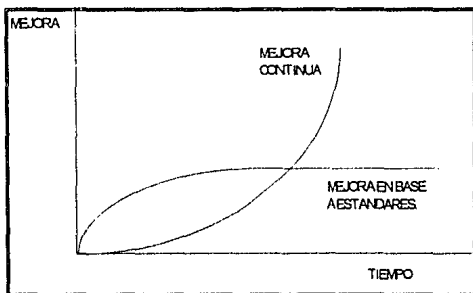


Fig. 1.3

Los dos obstáculos más fuertes que una empresa tendrá que afrontar para moverse dentro del marco de la mejora continua son el "problema tecnológico" y el "problema psicológico".

El Problema Tecnológico.

El problema tecnológico se manifiesta básicamente en las herramientas, procedimientos y métodos empleados.

Al evaluar el impacto del problema tecnológico habrá que tener muy claro si realmente esta es la barrera que resta competitividad a la empresa. Generalmente ningún problema empresarial se resuelve únicamente con la aplicación de lo más avanzado en alta tecnología. Si esto fuera así, México sólo necesitaría un préstamo internacional para adquirir robots industriales y sistemas informáticos con los cuales eminentemente nos convertiríamos en una potencia económica mundial.

No por este razonamiento debe menospreciarse el problema tecnológico. Lo correcto es determinar el papel que juega dentro de una solución total.

El Problema Psicológico

Todo grupo humano posee características específicas que lo definen y le dan personalidad. Una de estas cualidades es la psicología de la organización. Esta cualidad es determinante para establecer un proceso de mejora continua con éxito.

Tómese como ejemplo la industria mexicana de hace unos años, que tenía pocos competidores y mercados estables. Esta situación inevitablemente generó una forma de pensar mediocre, en la que poco importaba el cliente y la calidad porque de cualquier forma las utilidades eran seguras. Debido a esto el cambio en la psicología de la organización es el principal obstáculo que las empresas mexicanas deben vencer.

Existen cuatro aspectos fundamentales, dentro del esquema de la psicología organizacional que deben reformarse antes de emprender el proceso de mejora continua.

Pasar del Mundo del Costo al Mundo de los Recursos Generados.

Este un valor netamente económico. Es bien sabido que una empresa funciona en base al uso de sus recursos (inversiones y gastos) para generar más recursos (ventas). De aquí que el éxito financiero pueda medirse según la relación que haya entre ventas y costos. Hay dos caminos de mejora posibles. El primero es reducir los costos y el segundo es aumentar el monto por ventas. (Por supuesto que una combinación de ambos no debe descartarse).

Reducir los costos es un término común en el vocabulario gerencial, que analizado con detenimiento se encuentra que es equivalente a una reducción de recursos. Llevando este pensamiento a sus últimos límites es evidente que la reducción de recursos tiene

una frontera: el cero. Es difícil de concebir que se funde una empresa-negocio para tratar de reducirla a cero. Por otro lado, desde que la reducción de costos tiene un límite no se concibe como la esencia de un proceso de mejora continua.

Debe analizarse como contraparte el proceso de incrementar la generación de recursos. Esto debe lograrse a través de añadirle mayor valor al producto en venta, aumentando así la diferencia matemática entre ventas y costos. Esta posibilidad ofrece un área de mejora prácticamente infinita y totalmente consistente con un proceso de mejora continua. De este modo las decisiones a tomar en una empresa ya no se regirán por la pregunta "¿cuál cuesta menos?" sino por "¿cuál reporta mayores beneficios al negocio?".

La diferencia entre ambos mundos se comprende al ver que el enfoque de costos centra su atención en los insumos mientras el mundo del valor agregado se basa en lo que genera la empresa. No se quiere decir con esto que la reducción de costos no se tomará en cuenta, sino que pasa a un papel secundario. No es difícil imaginar la controversia que tal afirmación causaría en cualquier junta de planeación de presupuesto. Sólo tengase en cuenta que una empresa fue creada con el propósito de generar riqueza, no de reducir costos.

De los Eventos a la Estructura.

El funcionamiento de un sistema, como cualquier empresa, puede observarse en tres niveles distintos.

El primero de éstos es el de los eventos, por ejemplo un obrero puede observar que una pieza recién maquinada está fuera de especificaciones.

El segundo nivel de observación es en el que se establecan patrones de comportamiento. Cualquier gráfico de control puede darnos información de este tipo.

El tercer nivel de observación es el de las estructuras, en este nivel se establecen las causas de cada efecto. La aplicación de la Calidad Total es un ejemplo

de la comprensión de las estructuras de un sistema lo cual permite corregir la enfermedad y no sólo los síntomas.

En el lado opuesto se tiene el ambiente laboral caracterizado por atender constantemente a las emergencias, es decir los eventos, sin jamás modificar las estructuras (M. Senge en su libro "La V Disciplina" hace una excelente exposición de cómo comprender las estructuras del comportamiento empresarial).

Pasar de del Primer Orden al Segundo Orden.

Las soluciones que un problema dado en cualquier sistema se puedan tener, pueden ser de primero o segundo orden.

La solución de primer orden es aquella dada tomando como válidas todas las suposiciones originales, por ejemplo un perfeccionamiento de un sistema de costos asume que la premisa original de que el obtener resultados óptimos locales asegura el óptimo global es cierta.

Una solución de segundo orden comenzará con el cuestionamiento de este dogma y si encontrase que las suposiciones originales eran falsas, la solución obtenida será radicalmente distinta.

Con una solución de segundo orden se pretenden construir estructuras diferentes a la de la competencia y así poseer una ventaja competitiva.

Pasar del Temor a la Aspiración.

La motivación es el agente impulsor de nuestros actos. La diferencia está en la naturaleza del sentimiento impulsor.

El miedo ante una situación de fracaso puede mover a cualquiera, pero la motivación por medio del temor termina por perder su impacto, a tal punto que una amenaza inminente no cause la menor reacción (recuérdese la vieja fábula de Pedro y el lobo).

Como un proceso de mejora continua no puede impulsarse por un motor que

gradualmente se va oxidando se tiene que optar por la motivación de la aspiración. La capacidad de los grupos humanos de siempre establecerse metas más altas se identifica plenamente con el mundo de la aspiración y éste a su vez con la mejora continua. Por otro lado la motivación por temor se basa en la reacción ante hechos inminentes, sobre los cuales ya no se tiene ningún control; mientras que la aspiración no espera a que la situación esté fuera de control. Siempre es líder e innovativa. Por esto el campo de acciones posibles de la aspiración es muy superior a la variedad de soluciones generadas por el temor.

Los cuatro aspectos del problema psicológico deben siempre estar interactuando como una sola unidad. Otra característica es que deben ser la forma cotidiana de pensar. Atacar el problema psicológico no puede verse sólo como un proyecto organizacional ¿Cómo se le podría calificar de proyecto a la actividad de pensar?

Métodos de Mejora en Manufactura

Hasta este momento es clara la necesidad de optimizar los métodos de manufactura con el fin de aumentar la competitividad ante los retos que se ya se presentan.

Son varios los sistemas que existen actualmente. El MRP (siglas del nombre en inglés Materials Requirements Planning), es un sistema de planeación lógica de requerimientos netos dentro de la demanda dependiente. El MRP explota listas de materiales desde el nivel más alto de demanda considerando las existencias o los pedidos que están por ser entregados. El objetivo es disminuir los inventarios proveyendo al proceso productivo de los materiales que requiere en el momento necesario. En resumen, MRP provee la planeación necesaria para fabricar o comprar lo que se necesita en el momento que se necesita. Sin embargo, MRP no es una

herramienta ejecutora. Sólo recomienda acciones que los planeadores pueden seguir, ignorar o alterar; es insensible a la capacidad disponible en un momento dado. Sin embargo, su limitación más importante es que no propone un sistema de mejora continua.

El siguiente paso lógico es el MRP II (siglas del nombre en inglés Manufacturing Resource Planning). Este sistema satisface la necesidad de relacionar la planeación de la manufactura y de los materiales. También considera la capacidad de la planta, sea ésta determinada por la mano de obra, la maquinaria u otra fuentes. La retroalimentación de las áreas operativas es esencial para una implantación exitosa. Si esto se logra, es posible planear el trabajo y tener a todos y a todo laborando bajo dicho plan. La implantación de un sistema de MRP II es muy complicada y requiere asesoría sumamente especializada. Por definición requiere un sistema MRP instalado y funcionando. El MRP II pretende alcanzar una mejora continua en sus procesos a través de la retroalimentación del sistema.

Después de la Segunda Guerra Mundial, Japón asimiló los conceptos de TQM (siglas en inglés de Total Quality Management) y desarrolló el sistema JIT (siglas del nombre en inglés Just In Time). La filosofía del JIT puede verse como un proceso continuo hacia la total eliminación del desperdicio y respeto a la gente. Una herramienta muy importante del JIT es la técnica conocida como Kanban, la cual utiliza señales en el piso de producción para asegurar un flujo continuo de materiales entre las diferentes operaciones. Para lograr una implantación exitosa, los cambios deben ocurrir no sólo en la planta de producción, sino en toda la organización.

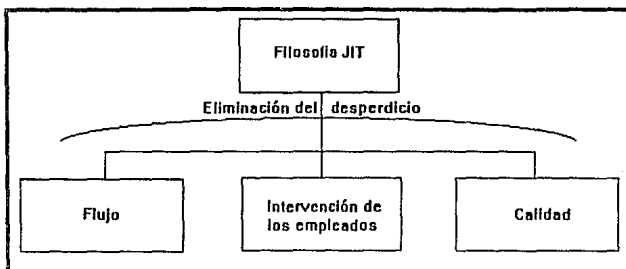


Fig. 1.4

No todas las compañías mexicanas son capaces de implementar todas las facetas del JIT. Asimismo, no todos los supuestos del MRP pueden ser llevados a cabo en la realidad. Estos supuestos incluyen el conocimiento y exactitud de los tiempos guía y procesos de manufactura independientes. La complejidad del MRP II lo hace prácticamente inaccesible -al menos en el corto plazo-, para la gran mayoría de las empresas nacionales.

Hasta aquí se ha establecido lo siguiente: la economía abierta lanzada a México en una competencia donde los oponentes son formidables. El atraso de nuestro país en la carrera se ha debido a los problemas económicos que han marcado decisivamente el desarrollo industrial. Es evidente la necesidad de un sistema que impulse a la industria nacional y reduzca la desventaja en que se encuentra. Debido a que los sistemas existentes parecen no satisfacer las necesidades actuales, es necesario un sistema que proporcione una mejora substancial en las organizaciones y cuya implantación sea sencilla y económica.

El Objetivo de Toda Organización

Una verdadera competencia se ha desencadenado: los bloques económicos buscan nuevos mercados, los países buscan una balanza de pagos positiva, las empresas buscan aumentar sus ventas. El reto al que se enfrenta la dirección de las organizaciones actuales es cómo llegar a ser más competitivos lo más rápidamente posible. No es posible adoptar únicamente las estrategias de reducir los gastos y despedir a los trabajadores. Es necesario encontrar un sistema que permita establecer un proceso de mejora continua que permita a las organizaciones competir con éxito.

El problema es difícil. La industria mexicana se encuentra en desventaja y cuenta con recursos limitados. No existe tiempo para ensayos. Se deben adoptar las medidas correctas rápidamente o enfrentar las consecuencias.

***Una industria exitosa debe generar utilidades:
esto constituye el objetivo de toda organización***

Una industria exitosa contribuirá al éxito del país. Sin embargo, la frase "industria exitosa" no es sinónimo de "industria operante". Una prueba de este hecho es la multitud de empresas operantes pero no exitosas que el gobierno ha vendido. Dichas empresas representaban una carga por una sola razón: no generaban utilidades. La razón de emprender un negocio a través de una empresa es claro: obtener dinero.

Referencias

- [1] Weintraub, Sidney, *U.S. - Mexican Industrial Integration*, Westview Press, Boulder Colorado (1991)

II MEDIDAS FINANCIERAS Y OPERATIVAS

Una vez establecida la meta para una empresa manufacturera, es necesario establecer algunos parámetros que determinen el grado en que dicho objetivo a sido cubierto.

En el presente capítulo se plantean dos tipos de parámetros o medidas: *las financieras*, que miden directamente el estado de rentabilidad de una empresa y *las operativas*, que reflejan el impacto en las medidas financieras de las acciones tomadas en el piso de producción. Asimismo, se muestra la relación entre las medidas operativas y la competitividad.

Objetivo de las Medidas

Una vez que se ha establecido un objetivo, el siguiente paso consiste en establecer medidas que determinen el grado de logro que se ha alcanzado.

No es lógico elegir medidas de desempeño sino hasta que la meta se ha seleccionado definitivamente. De acuerdo a lo expuesto en el capítulo anterior, la meta de una empresa privada consiste en mantenerse operando para generar utilidades que satisfagan las expectativas de los inversionistas.

Las medidas financieras y operativas tienen como fin conocer las consecuencias de las decisiones tomadas en el proceso productivo sobre la operatividad y rentabilidad de la empresa.

Establecimiento de las Medidas Financieras

Una adecuada administración de las finanzas en una empresa, ayudará al negocio a proporcionar a los clientes mejores productos a precios competitivos, a retribuir con justicia a sus empleados y, por supuesto, a otorgar mayores rendimientos a los inversionistas.

Webster y Brigham definen el objetivo de la administración financiera de una compañía como "la maximización del valor de la empresa" [1]. En el presente trabajo esta actividad no se reduce al departamento de finanzas, sino a todos y cada uno de los colaboradores de una firma de manufactura. La responsabilidad de aumentar el valor de la compañía a través de las ventas o de las inversiones realizadas no debe limitarse a un staff financiero. Es deber de la dirección hacer consciente al personal que toda actividad realizada en las instalaciones, ya sean planta u oficinas, tiene como único fin el obtener dinero que haga rentable el funcionamiento de la firma.

Sin embargo, no cabe duda que es a través del análisis de las cuentas presentadas en los estados financieros como se determina el buen o mal funcionamiento de una compañía. En este apartado se proponen tres medidas de tipo financiero que dirigen a una empresa definitivamente al logro de su objetivo. Al definir las se ha tomado en cuenta evaluar la rentabilidad de una empresa considerando datos absolutos y relativos. Asimismo, ya que la empresa trata de funcionar a través del tiempo, debe considerarse una medida que tome en cuenta este aspecto. De esta forma, se proponen como medidas financieras la utilidad neta, el retorno sobre los activos y el flujo de efectivo.

Medidas Financieras

- a) Utilidad Neta***
- b) Retorno Sobre los Activos***
- c) Flujo de Efectivo***

Utilidad Neta

Define de forma absoluta la rentabilidad de la empresa. Indica las ganancias o pérdidas que se han generado durante el periodo de tiempo que establece el Estado de Resultados. A continuación se muestran las partidas de éste que llevan a la determinación de la utilidad neta.

| Compañía ABC | | |
|--|--------------------------|-----|
| Estado de Resultados | | |
| Por el año terminado el 31 de dic. de 1992 | | |
| | VENTAS BRUTAS | xxx |
| | Devoluciones | xxx |
| | Descuentos | xxx |
| (=) | VENTAS NETAS | xxx |
| (-) | COSTO DE VENTAS | |
| | Materia prima | xxx |
| | Mano de obra directa | xxx |
| | Mano de obra ind. | xxx |
| | Energía | xxx |
| | Depreciación | xxx |
| (=) | UTILIDAD BRUTA | xxx |
| (-) | GASTOS DE VENTA | xxx |
| (-) | GASTOS ADMON. | xxx |
| (=) | UTILIDAD DE LA OPERACIÓN | xxx |
| (-) | GASTOS FINANCIEROS | xxx |
| (+) | PRODUCTOS FINANCIEROS | xxx |
| (=) | UTILIDAD ANTES IMPUESTOS | xxx |
| (-) | IMPUESTOS | |
| | ISR | xxx |
| | Impuesto al activo | xxx |
| (=) | UTILIDAD NETA | xxx |

Retorno Sobre los Activos

Define de forma relativa la rentabilidad de una empresa. Relaciona las ganancias obtenidas con los activos necesarios para generarlas. Esta relación es

lógica ya que desde que se crea un negocio, su objetivo es generar utilidades, y la inversión realizada es el medio para hacerlo.

Básicamente, el retorno sobre los activos (conocido por sus siglas en inglés ROI, Return On Investment), se obtiene de la razón:

$$\text{ROI} = \frac{\text{Utilidad Neta}}{\text{Activos Totales}}$$

Un estudio más amplio del retorno sobre los activos se desprende del *Sistema Du Pont* de análisis financiero. Este sistema realiza un análisis de las razones de actividad y del margen de utilidad sobre ventas, mostrando la forma en la que estas razones interactúan para determinar la tasa de rendimiento sobre los activos. Un diagrama del sistema se muestra en la figura 2.1 . De la figura se desprende la siguiente expresión equivalente para el ROI:

$$\text{ROI} = \left(\frac{\text{Utilidad}}{\text{Ventas}} \right) \left(\frac{\text{Ventas}}{\text{Inversión}} \right)$$

Los dos factores del segundo miembro de la igualdad anterior, constituyen el margen de utilidad sobre ventas y la razón de rotación del activo, respectivamente. Generalmente el valor de ambos está influenciado por el giro de la empresa. Dependiendo de la naturaleza de sus operaciones, una compañía debe tener un número de activos indispensables y una determinada rotación de los mismos con el fin de que su ROI sea satisfactorio. Así, por ejemplo, una compañía constructora requiere de grandes inversiones y de periodos prolongados para efectuar sus operaciones, por lo que su rotación de activos es baja, sin embargo, las utilidades generadas son altas, compensando de esta forma su retorno sobre activos. Por el contrario, un fabricante de

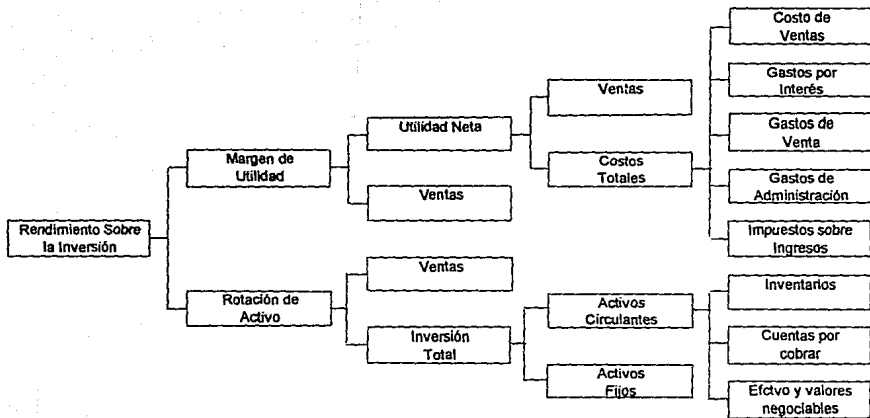


Figura 2.1

alimentos debe compensar el reducido margen de utilidad de sus productos con una alta rotación de los mismos para obtener un ROI conveniente.

Flujo de Efectivo

La permanencia de una empresa se debe en gran parte a esta condición. El flujo de efectivo constituye una medida de operatividad. Si el flujo de efectivo es suficiente para mantener a la empresa operando, no existe ningún problema. Si el flujo de efectivo no es suficiente, ninguna otra medida es importante, ya que la empresa no será capaz de funcionar. La relación que lo define es:

$$\text{Flujo de Efectivo} = \text{Utilidad Neta} + \text{GNSE},$$

donde: GNSE= Gastos que no implican salidas de efectivo, como la depreciación o la amortización.

La importancia de contar con efectivo suficiente para realizar las actividades de una empresa, radica en el ciclo de flujo de efectivo. El diagrama de la figura 2.2 muestra el proceso común de operaciones de una compañía:

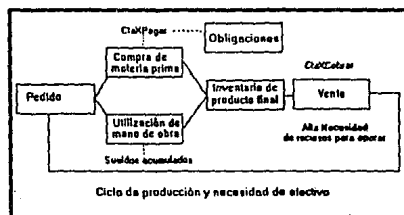


Fig. 2.2

La figura 2.2 ilustra la naturaleza básica del flujo y necesidad de efectivo. El proceso inicia al generarse una orden de producción. Ello da como resultado la adquisición de deudas con proveedores a través de créditos para la compra de materia prima y de sueldos acumulados en el interior de la empresa. El proceso productivo genera gastos de operación que deben ser cubiertos. Finalmente se generan inventarios de producto terminado que serán vendidos generalmente a crédito, generándose una cuenta por cobrar. Hasta este momento del ciclo de operación, la empresa no ha recibido dinero, no obstante, debe seguir operando y haciendo frente a sus obligaciones. Es en este momento cuando la necesidad de efectivo es más apremiante. Es posible obtener préstamos para continuar la operación hasta el momento de transferir a caja y bancos las cuentas por cobrar.

Medidas Operativas

Las medidas financieras establecidas anteriormente son capaces de determinar por sí mismas si la empresa es rentable y capaz de operar. Sin embargo, son inadecuadas para juzgar el impacto que tendrán las acciones tomadas durante el proceso de manufactura. Por ejemplo, ¿Cuál debe ser el tamaño de los lotes a procesar?, ¿Es conveniente automatizar un departamento?, ¿Cuál debe ser el tamaño del inventario de producto terminado?, etc.

Las preguntas anteriores son contestadas a menudo recurriendo al uso tradicional del sistema de costos, el cual no permite la adecuada toma de decisiones. Asimismo, preguntas como las planteadas tampoco pueden evaluarse en términos de utilidad neta, retorno sobre los activos o flujo de efectivo. Es necesario establecer medidas operativas que afecten de forma adecuada a las medidas financieras y alcanzar así una alta rentabilidad.

Las medidas alternativas que se proponen son llamadas *operativas*, ya que deben reflejar directamente el impacto de las acciones tomadas durante la operación o funcionamiento de la compañía.

Para que las medidas elegidas sean universalmente aplicables, deben ser comunes a cualquier ambiente de manufactura. Deben, por tanto, describir apropiadamente las tres actividades básicas que dirigen el desempeño de una planta:

- Compra de materiales
- Transformación
- Venta de productos

Medidas Operativas

a) Inventarios (I)

b) Gastos de Operación (GO)

c) Cantidad de Dinero Generado (CDG)

Las tres medidas que se relacionan directamente con las actividades mencionadas son Inventarios, Gastos de operación y Cantidad de dinero generado.

Inventario

Se definirá al inventario como "todo el dinero que se ha invertido en comprar bienes que se pretenden vender" [2]. Expresado en forma matemática, el inventario es:

$$\text{Inventario} = \text{Costo de la Materia prima}$$

Esta definición difiere de la tradicional en el aspecto de que, para inventarios en proceso y de producto terminado, *no incluye el valor agregado al producto por el*

sistema, ni siquiera gastos directos. Es decir, al evaluar el inventario en proceso o de producto terminado existente no se debe agregar a lo gastado en materia prima el prorrateo de gastos como energía eléctrica, depreciación, mano de obra, etc. Dichos gastos operativos constituyen una medida fundamental para evaluar el desempeño de una empresa y serán considerados más adelante.

Se debe recordar aquí la importancia de considerar a la compañía como una caja negra, en la cual se utilizan insumos y se obtiene dinero. El valor agregado debe considerarse para toda la compañía, no para un producto. Considérese el siguiente caso:

El departamento A de la Compañía ABC presenta una producción de 200 unidades. El costo de los materiales utilizados en este proceso es de N\$0.1/unidad. Asimismo, la compañía incurre en los siguientes gastos:

| | |
|------------------------|-------------|
| Mano de obra directa | N\$2,100.00 |
| Energía, combustible | N\$ 300.00 |
| Mano de obra indirecta | N\$ 510.00 |
| Depreciación | N\$ 190.00 |

El gerente del departamento A está presionado por la dirección para disminuir los costos por unidad. Es obvio que mientras mayor número de unidades produzca, el gasto por unidad será menor (los gastos de energía, mano de obra y depreciación serán prorrateados entre un número mayor). En caso de producir menos unidades, el tradicional sistema de costeo mostrará un aumento en el costo por unidad.

Se demostrará más adelante que para lograr un sistema de manufactura sincronizada, en ocasiones un equipo o departamento *no debe* operar a su máxima capacidad. Por otro lado, Shingo establece que "el inventario es un mal absoluto" [3], mientras que el tradicional sistema de costos parece fomentarlos.

Disminuir la producción para bajar el inventario en proceso y/o lograr la sincronización en el proceso se dificulta actualmente por el aparente aumento de los costos. Es por ello que al costear el inventario deben excluirse los gastos prorrateados

***Los inventarios deben valorarse sólo
por el costo de la materia prima***

que impiden una adecuada toma de decisiones en la manufactura y en la mejora del proceso.

Un argumento más a favor de evaluar el inventario sólo con el costo de la materia prima utilizada, es que mientras un producto no ha sido vendido, ya sea que se encuentre en proceso o en almacén de producto terminado, no ha proporcionado ganancias a la empresa, y por lo tanto su valor real para la misma es sólo el de los materiales utilizados en su elaboración.

Cantidad de Dinero Generado (CDG)

Es el monto de dinero generado por la empresa a través de las ventas. Elevando al mayor nivel posible la CDG, se tendrá la certeza de contribuir al logro de la meta de la compañía.

El concepto de *venta* que se maneja en el párrafo anterior se refiere al momento en que las cuentas por cobrar son liquidadas por los clientes y el efectivo esta disponible para la empresa fabricante.

Es una práctica común en la industria actual, el medir la eficiencia de una planta manufacturera a través de su volumen de producción. Incluso dentro de una

misma instalación, es frecuente que cada departamento productivo o incluso equipos determinados, sean evaluados de acuerdo a su propia producción, sin considerar el impacto global a la compañía. Este enfoque generalmente da por resultado altos niveles de inventario, creando problemas que se tratarán más adelante. Si una compañía posee un alto volumen de producción pero no es capaz de vender sus productos, el resultado de la operación no contribuirá a elevar el valor de la empresa. Es por ello que una medida real de la producción vendida es la CDG. Esta medida operativa se expresa como sigue:

$$CDG = \text{Ventas Netas} - \text{Costo de materia prima}$$

Otro tipo de gastos en que se incurre al producir son considerados en el siguiente apartado.

Gastos de la Operación

Estos gastos están constituidos por "todo el dinero que una compañía invierte en transformar inventario en CDG" [2].

Esta definición incluye costos de venta (excepto la materia prima incluida en el inventario), gastos de venta y gastos administrativos. Es posible expresar esto como sigue:

$$GO = (CV - MP) + GV + GA ,$$

donde: GO = Gastos de la operación
CV = Costo de ventas
MP = Costo de la materia prima
GV = Gastos de ventas
GA = Gastos de administración

Cualquier gasto en que incurra la compañía debe estar destinado a incrementar la CDG, y por lo tanto, contribuir a la generación de utilidades. Si no es así, no representa un gasto, sino un desperdicio.

Impacto de las Medidas Operativas en las Medidas Financieras

Sabemos que la meta de una compañía es hacer dinero y que el progreso realizado se mide a través de las tres medidas financieras ya establecidas. Si se toman acciones que incrementen dichas medidas se tendrá la seguridad de dirigir los esfuerzos en la dirección correcta.

***Las Medidas Financieras guardan una
estrecha relación con las
Medidas Operativas***

La trascendencia de las tres medidas operativas CDG, GO e I, puede intuirse desde el momento de definir a cada una de ellas. Con el fin de ilustrar claramente la relación entre las medidas operativas y las financieras se presenta el siguiente caso:

Supóngase que la Compañía ABC presenta la siguiente estructura financiera

| | Miles de nuevos pesos |
|---|----------------------------------|
| Ventas Netas | 100.00 |
| Costos totales | 90.00 |
| <i>Costo de ventas</i> | 27.00 |
| <i>Cto de acarrear inventario (20% inv/año)</i> | 3.00 |
| <i>Gastos de venta</i> | 30.00 |
| <i>Gastos de administración</i> | 30.00 |
| Activos totales | 70.00 |
| Inventario (valor en libros) | 15.00 |
| Inventario (valor del material) | 10.00 |
| Inversión en materia prima (anual) | 40.00 |

De acuerdo a las definiciones antes propuestas, las medidas tanto financieras como operativas son:

| | Miles de nuevos pesos |
|--|--------------------------|
| CDG (Vtas-materia prima) | 60.00 |
| GO (Ctos totales-Materia prima) | 50.00 |
| Inventario (valor de la materia prima) | 10.00 |
| Utilidad Neta (CGD-GO) | 10.00 |
| ROI (Utilidad neta/Activos totales) | 14.29% |
| Flujo de efectivo (No se considera depreciación) | 10.00 |

Las cuentas correspondientes a CDG, GO e I se modificarán en los tres siguientes secciones para observar la influencia de cada una de ellas.

Impacto de la CDG

Es fácil ver que cuando se logra aumentar la CDG sin incrementar el inventario y los gastos operativos, se afecta positivamente a la utilidad neta, retorno de la inversión y al flujo de efectivo. Asumamos que la CDG del caso mencionado se aumenta 5%.

| | Miles de nuevos pesos |
|--|--------------------------|
| Ventas Netas | 103.00 |
| Costos totales | 90.00 |
| Costo de ventas | 27.00 |
| Cto de acarrear inventario (20% inv/año) | 3.00 |
| Gastos de venta | 30.00 |
| Gastos de administración | 30.00 |
| Activos totales | 70.00 |
| Inventario (valor en libros) | 15.00 |
| Inventario (valor del material) | 10.00 |
| Inversión en materia prima (anual) | 40.00 |
| CDG (Vtas-materia prima) | 63.00 |
| GO (Ctos totales-Materia prima) | 50.00 |
| Inventario (valor de la materia prima) | 10.00 |
| Utilidad Neta (CGD-GO) | 13.00 |
| ROI (Utilidad neta/Activos totales) | 18.57% |
| Flujo de efectivo (No se considera depreciación) | 13.00 |

Impacto de los Gastos de la Operación

Resulta claro que las acciones que logren disminuir los gastos en los que incurra una empresa, sin afectar negativamente al CDG o al inventario, tienen un resultado positivo en las medidas financieras. En los siguientes cálculos se decrementan los gastos de la operación en un 5%:

| | Miles de nuevos pesos |
|--|--------------------------|
| Ventas Netas | 100.00 |
| Costos totales | 87.50 |
| <i>Costo de ventas</i> | 27.00 |
| <i>Cto de acarrear inventario (20% inv/año)</i> | 3.00 |
| <i>Gastos de venta</i> | 27.50 |
| <i>Gastos de administración</i> | 30.00 |
| Activos totales | 70.00 |
| Inventario (valor en libros) | 15.00 |
| Inventario (valor del material) | 10.00 |
| Inversión en materia prima (anual) | 40.00 |
| | |
| CDG (Vtas-materia prima) | 60.00 |
| GO (Ctos totales-Materia prima) | 47.50 |
| Inventario (valor de la materia prima) | 10.00 |
| | |
| Utilidad Neta (CGD-GO) | 12.50 |
| ROI (Utilidad neta/Activos totales) | 17.88% |
| Flujo de efectivo (No se considera depreciación) | 12.50 |

Impacto del Inventario

Como ya se ha mencionado, la industria japonesa considera al inventario como "el principal enemigo en una empresa manufacturera"[2]. En la siguiente sección se demostrará la importancia de la disminución de los inventarios en el aumento de la competitividad. Por el momento sólo se examina el impacto directo que la reducción del inventario tiene en las medidas financieras.

La disminución del inventario sin reducir la CDG o aumentar los gastos de la operación resulta en decremento directo de los activos circulantes, por lo tanto, el ROI aumenta. Así mismo, los recursos no invertidos en inventario pueden destinarse a otros fines.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de disminuir en 10% el inventario en el caso de la Compañía ABC

| | Miles de nuevos pesos |
|--|--------------------------|
| Ventas Netas | 100.00 |
| Costos totales | 89.70 |
| <i>Costo de ventas</i> | <i>27.00</i> |
| <i>Cto de acarrear inventario (20% inv/año)</i> | <i>2.70</i> |
| <i>Gastos de venta</i> | <i>30.00</i> |
| <i>Gastos de administración</i> | <i>30.00</i> |
| Activos totales | 68.50 |
| Inventario (valor en libros) | 13.50 |
| Inventario (valor del material) | 9.00 |
| Inversión en materia prima (anual) | 40.00 |
| | |
| CDG (Vtas-materia prima) | 60.00 |
| GO (Ctos totales-Materia prima) | 49.70 |
| Inventario (valor de la materia prima) | 9.00 |
| | |
| Utilidad Neta (CGD-GO) | 10.30 |
| ROI (Utilidad neta/Activos totales) | 15.04% |
| Flujo de efectivo (No se considera depreciación) | 10.30 |

Puede observarse que la reducción del inventario no afecta directamente a la utilidad neta, ya que la CDG permanece constante, sin embargo, debe recordarse que el costo de acarrear inventario constituye un gasto de la operación. Si logra disminuirse este gasto, se incrementará la utilidad neta.

Es usual considerar que una política agresiva de inventarios lleva consigo "un riesgo mucho mayor" [1] para una empresa, provocando problemas de faltantes en almacén y paro de procesos por falta de stock. Posteriormente se demuestra que una

adecuada disminución de inventarios no tiene porque reducir la confiabilidad de los procesos y del servicio a clientes, sino que, por el contrario, permite mejorar en ambos aspectos.

Las Medidas Operativas y la Competitividad

Dentro de la filosofía que propone este trabajo, la pregunta adecuada frente a una alternativa de decisión, no debe referirse a los ahorros de llevar a cabo una acción específica. La pregunta adecuada es: ¿Cuál es el impacto de la acción en la medidas operativas CDG, GO e I?. Ya se ha demostrado que a través de ellas, se establece el resultado financiero para toda la planta. Además de lo ya expuesto, las medidas operativas contribuyen directamente a incrementar la competitividad de una compañía como se muestra a continuación:

Una compañía mejora su competitividad en tres formas :

- a) Produciendo productos de mejor calidad
- b) Ofreciendo mejor servicio a clientes
- c) Ofreciendo mejores precios que los competidores

En realidad, el ambiente de competencia actual obliga a mejorar en los tres aspectos simultáneamente.

La calidad de un producto puede establecerse de diferentes maneras. De acuerdo a los conceptos de Calidad Total, Ishikawa la define como "la satisfacción de las necesidades del cliente" [4]. Trasladando este concepto al ambiente de la manufactura, se puede entender la calidad como el *cumplimiento de estándares*.

El servicio a clientes es frecuentemente un factor decisivo para ganar competitividad. La mejor calidad de un producto es insuficiente si éste no se encuentra disponible cuando se le necesita. Dos aspectos conforman el servicio a clientes: el tiempo de entrega y la puntualidad. Para muchos clientes, un tiempo de

entrega corto será el factor que decida una compra. Del mismo modo, una compañía cuyas fechas de entrega sean cumplidas con puntualidad posee ventaja contra sus competidores.

Así mismo, un productor a bajo costo, tiene la posibilidad de elegir entre ofrecer un precio más bajo a sus clientes u obtener mayores utilidades que puedan, ya sea, reinvertirse en el negocio o proporcionar mayores dividendos a los accionistas.

Los cambios que una firma sufra en los tres aspectos de competitividad afectan a las medidas operativas CDG, I y GO, lo que a su vez tiene relación directa con las medidas financieras y por lo tanto, con el valor de la empresa. Esta relación es considerada a continuación.

CDG.- La CDG es influenciada significativamente por el estado de competitividad de una empresa. Si la demanda de un producto no aumenta, cualquier incremento logrado en la CGD será temporal. Ya que la demanda es función del grado de competitividad, aumentos constantes en la CGD son función de una mayor competitividad. En el caso de que la producción no satisfaga a la demanda existente, cualquier mejora en el sistema productivo, creara un aumento de CGD.

GO.- La calidad de un producto afecta a los gastos generados para producirlo. Un proceso llevado a cabo con calidad (de acuerdo con los estándares), producirá menos desperdicio y reproceso, lo que directamente disminuye los gastos. Un nivel de trabajo de alta calidad hace innecesarias las líneas de reproceso.

Ocasionalmente, existe la tentación de disminuir los gastos aprovechando recursos de departamentos con exceso de capacidad, como la mano de obra, en otros de menor capacidad y lograr además, el balanceo de líneas.

Inventario.- La disminución del inventario reducirá los gastos por el traslado de materiales, así como también aumentará la rotación del mismo. No cabe duda que

ambos hechos contribuyen a aumentar la competitividad. Históricamente parece ser que la gerencia concede mayor importancia a programas que incrementen la productividad o que reduzcan los gastos operativos, mientras que la disminución de inventarios permanece relegada.

Ventajas en un Ambiente de Bajo Inventario

Durante la pasada década, la administración de los inventarios ha sufrido grandes cambios en las organizaciones. La gran aceptación de filosofías como el JIT (Siglas en inglés de Just In Time) y Calidad Total, han sido factores que han puesto de relieve la gran importancia que el inventario tiene actualmente en la manufactura.

Aún cuando el inventario se considera contablemente como un activo, es considerado perjudicial para el adecuado desarrollo de las operaciones en manufactura y su administración se ha convertido en foco de atención para los profesionales de esta área. Como consecuencia, la administración de los inventarios ya no se limita a tópicos como la determinación del tamaño de los lotes, sino que poco a poco se comprende que el cuerpo de conocimientos necesarios para el adecuado manejo de los inventarios debe ser más amplio. La American Production and Inventory Control Society (APICS) ofrece programas de certificación en administración integrada de recursos, e incluso se han propuesto cambios en los programas de certificación actuales [5].

Ya se han mencionado los tres factores que proporcionan competitividad a una empresa: calidad, mejor servicio y menores costos. A continuación se demostrará cómo es que el inventario interviene en cada uno de ellos, por medio de la comparación entre un ambiente de alto y otro de bajo nivel de inventario:

Supóngase que una compañía a recibido una orden para elaborar 1,000 artículos a través de un proceso de cinco etapas. En un ambiente de alto inventario, la

orden será procesada en un sólo lote de 1,000 piezas. Cada operación termina su trabajo antes de que una sola pieza sea trasladada a la siguiente. Ya que todo el material se encuentra en las instalaciones, el inventario de producto en proceso no disminuirá sino hasta que la orden sea embarcada. Como se ilustra en la figura 2.3, toma alrededor de cuatro meses completar las 1,000 piezas.

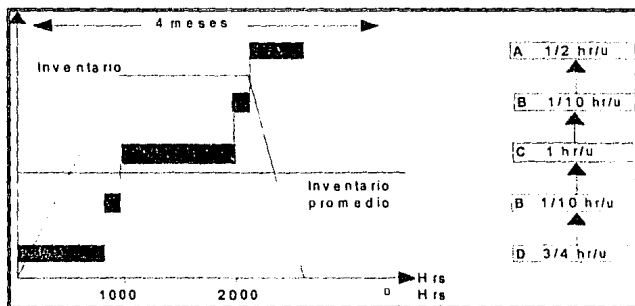


Fig 2.3

En el ambiente de bajo inventario sólo hay dos cambios: los lotes de producción se han separado y sobrepuesto. No es necesario esperar hasta que una máquina termine su trabajo para proporcionar materiales a la siguiente.

Como se observa en la figura 2.4, la operación C tiene menor capacidad que las restantes, es la *restricción del sistema*, más adelante se demostrará la importancia de las restricciones, por el momento basta decir que dicha operación debe tener asegurado el flujo de materiales y mantenerse trabajando continuamente. El resultado es un nivel de inventario y un tiempo de proceso mucho menor. Aún cuando estos beneficios son atractivos, el objetivo de este ejemplo es demostrar la influencia que un bajo nivel de inventario tiene en la ventaja competitiva.

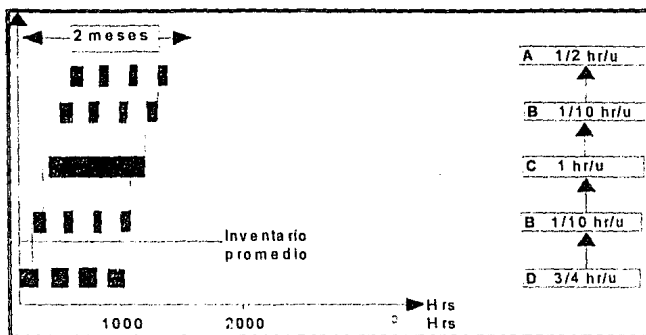


Fig 2.4

El Inventario y la Calidad

Es bien conocida la calidad que los productos japoneses han alcanzado gracias a la adopción de la filosofía de Deming de enfocar los esfuerzos a localizar las causas de los problemas y eliminarlas. Deming ha expuesto que los defectos deben ser la vía por la cual llegar a las causas que los provocan y de este modo, corregirlos definitivamente.

Supóngase que en el proceso de manufactura con alto inventario mencionado como ejemplo, la operación A se efectúa de manera incorrecta. Las piezas dañadas serán trasladadas a las operaciones subsecuentes hasta que el daño sea localizado, generalmente por control de calidad, después de la última operación. En el mejor de los casos, el daño se detectará en la operación B. La gran pregunta es entonces formulada: ¿cuál fué la causa del problema?. Es imposible determinarlo, ya que la operación A se encuentra desarrollando ahora un trabajo diferente. Por otro lado, la presión por parte del cliente, a quien le urgen las piezas, distraerá a la gerencia de la búsqueda de la causa del problema.

En el ambiente de bajo nivel de inventario, cuando la falla es descubierta, la operación A todavía se encuentra produciendo el mismo producto. La gerencia es capaz de determinar la causa real del problema y éste se soluciona antes de que toda la orden sea dañada. Son necesarias menos piezas de repuesto o retrabajo y la orden es terminada más rápidamente.

Otro aspecto fundamental de la calidad, es el cumplimiento de las expectativas de los clientes. ¿Qué ocurre si el cliente llama inesperadamente cuando ya se ha iniciado la producción solicitando un cambio en el producto?. En el ambiente de alto inventario, todo el lote ya ha pasado por la operación donde la modificación era requerida. Por supuesto que no tenemos la obligación de satisfacerlo. Existen planos autorizados y las piezas se han manufacturado de acuerdo a ellos, el cliente debe aceptar las piezas como se están haciendo o pagar por el reproceso necesario. Sin embargo, esto significa pérdida de competitividad.

En el ambiente opuesto, sólo parte del lote ha sido procesado, por lo que la modificación puede realizarse por lo menos en las piezas restantes sin costo extra. No cabe duda que el cliente estará satisfecho: mejora competitiva.

El Inventario y los Gastos de la Operación

No existe una medida absoluta para determinar el nivel de los inventarios. Todas son relativas: la única forma de saber si el nivel de inventario en una instalación productiva es alto o bajo, consiste en observar a los competidores.

Como ya se demostró, los largos tiempos guía de manufactura se presentan en ambientes de alto inventario. Si un competidor ofrece tiempos de entrega menores, una compañía se verá forzada a cumplir con sus órdenes de producción en menor tiempo, aún cuando posea altos niveles de inventario. Sin duda la forma de lograrlo será contratando tiempo extra o maquilas: un alto nivel de inventario obliga a

incrementar los gastos de la operación, afectando negativamente a las medidas financieras. El resultado es pérdida de competitividad.

Un problema frecuente en la manufactura es el que Goldratt y Fox llaman "el síndrome de fin de mes" [6] , que se caracteriza por una concentración de productos en espera de procesarse en las operaciones finales debido a la urgencia de la gerencia por cumplir los objetivos de embarques. Ya que el logro de dichos objetivos suele evaluarse mensualmente, es frecuente que el trabajo se concentre en la parte final de los procesos. Los supervisores de dichas áreas encuentran que su capacidad no es suficiente para procesar las piezas requeridas y que aún con tiempo extra las órdenes no serán embarcadas a tiempo. Es imperativo invertir en más equipo, no obstante que la capacidad del equipo original es mayor que su carga promedio mensual.

Cuando el inventario en proceso es bajo, la carga de trabajo se reparte más uniformemente a lo largo del mes, permitiendo una adecuada utilización de los equipos existentes. Al no realizar inversiones innecesarias, el ROI aumenta, incrementando el valor de la empresa.

El Inventario y el Servicio a Clientes

Es indudable que los periodos de entrega son un factor que otorga o quita competitividad a una empresa. El incumplimiento de las fechas de entrega es uno de los grandes problemas a que se enfrenta la industria mexicana. Un pretexto común al no cumplir con dichos compromisos, es la poca confiabilidad que tienen los pronósticos de ventas. Sin embargo, un mismo presupuesto puede aprovecharse mejor en un ambiente con bajo nivel de inventario.

Si en un ramo industrial el promedio de tiempo de entrega es de tres meses, los compradores harán el pedido probablemente tres meses y medio antes de que necesiten el producto. Aún cuando coloquen pedidos para todo un año, no dudarán en

cambiar la cantidad y fecha de las entregas con tres meses de anticipación. De esta forma, la confiabilidad del pronóstico de ventas será alta para los próximos tres meses, disminuyendo conforme el tiempo de pronóstico se hace mayor. Si una planta opera con altos inventarios, su tiempo guía será cercano o mayor al periodo confiable del pronóstico de tres meses, dando como resultado que la planeación se base en datos poco certeros o en la suposición. En cambio, al operar con bajo inventario, el tiempo guía se encuentra dentro del periodo de confiabilidad, permitiendo planear adecuadamente. De esta forma, al producir se tiene la certeza de las ventas y las fechas de entrega son cumplidas. Al mismo tiempo, los requerimientos son conocidos y los pedidos de materiales pueden efectuarse de manera correcta.

En este capítulo se han introducido medidas que ayudan a conocer el grado de efectividad que una empresa a logrado en su objetivo: generar utilidades. Dada esta naturaleza económica, es lógico medir el desempeño a través de medidas financieras: utilidad neta, ROI y flujo de efectivo. Tres son los parámetros que se han tomado en cuenta para definirlos: absolutidad, relatividad y operatividad.

Si bien las medidas mencionadas describen financieramente los logros alcanzados por una compañía, no proporcionan la información que se requiere para tomar una decisión en el piso de manufactura. Es por ello que se proponen tres medidas operativas como puente entre la operación y las medidas financieras: el Inventario (I), los Gastos de la Operación (GO) y la Cantidad de Dinero Generada (CDG). Estas medidas se basan en las tres actividades básicas de cualquier empresa de manufactura: compra de materiales, transformación de los mismos y venta de productos terminados.

Como se estableció en el capítulo anterior, en el ambiente económico actual es necesario mejorar rápidamente si se quiere ser competitivo. La mejora de las medidas

operativas CDG, GO e I impacta positivamente la posición competitiva de cualquier empresa.

Así mismo, se ha demostrado la importancia de reducir los inventarios. Sin embargo, no cabe duda que la mayoría de las personas que administran las existencias de materias primas y materiales en proceso, se sienten inseguras sin la "protección" que les brinda el inventario. En los siguientes capítulos se propone un sistema por medio del cual se logra reducir el inventario en proceso sin por ello desproteger el flujo de la operación.

Referencias

- [1] Weston, F.J. / Brigham E.F. Fundamentos de Administración Financiera, McGraw Hill, México (1989)
- [2] Umble, M. Michael /Srikanth, M.L., *Synchronous Manufacturing*, South-Western Publishing Co., Cincinnati, OH (1990)
- [3] Shingo, S. Non-Stock Production, Productivity Press, Cambridge MA (1988)
- [4] Ishikawa K. ¿Qué es el control total de calidad?, Norma, México (1986)
- [5] APICS The Performance Advantage, Vol 2, No. 7 (1992) pp. 18
- [6] Goldratt, Eliyahu/Fox, Robert E. , *The Race*, North River Press Inc., Crotonon-Hudson, NY (1986)

III. COMPORTAMIENTO DE RECURSOS Y MATERIALES

Cuando se desarrolla un sistema para determinar el manejo de una empresa, se deben reconocer las interacciones básicas de sus distintos elementos para llegar a decisiones cuyo impacto global sea el óptimo.

El sistema estándar de costos es insuficiente para tomar decisiones óptimas pues desconoce la influencia de estas interacciones. Lo mismo se puede decir de cualquier método de toma de decisiones que busque llegar a puntos óptimos desde una perspectiva localista.

Las interacciones entre los distintos elementos de un sistema dependen de la naturaleza de los mismos y de su comportamiento.

El Comportamiento Natural de la Manufactura

Existen dos fenómenos intrínsecos a la naturaleza de la manufactura, cuyo entendimiento permitirá elaborar un sistema de control realista y efectivo para poder cumplir con la meta del negocio. El primer fenómeno es la existencia de eventos dependientes y el segundo es la ocurrencia de eventos aleatorios. Intuitivamente se reconoce la existencia de ambos fenómenos, pero con frecuencia se les quiere evitar en la planeación formal de las actividades de la empresa.

Fenómenos en Manufactura:

a) Eventos Dependientes

b) Fluctuaciones Estadísticas

Los eventos dependientes

La dependencia de los eventos es la esencia de la iteración entre los diferentes elementos del sistema. En cualquier ambiente de manufactura existen infinidad de operaciones que no pueden llevarse a cabo antes de su precedente. Un ejemplo obvio es primero llenar una lata y luego taparla, o primero pintar una carrocería y luego secarla. Así es posible crear las rutas de materiales esenciales para la programación de la producción.

Otro tipo de dependencia más sutil se da cuando algún recurso de la planta (estación de trabajo) se requiere para procesar dos o más productos diferentes. En este punto la cédula de trabajo del recurso en cuestión cobra mayor importancia. Además de poder afectar el flujo uniforme de los materiales o partes a través del piso, podría impactar negativamente en la cantidad de dinero generada, inventario o gastos operativos.

Por otro lado un adecuado manejo de la dependencia entre los distintos eventos es una poderosa herramienta para impactar positivamente en las medidas operativas del negocio.

Fluctuaciones estadísticas

El impacto de la dependencia entre eventos se amplía con el concepto de las fluctuaciones estadísticas.

Para los propósitos del presente estudio se entenderá por fluctuación estadística aquel evento que toma lugar a intervalos irregulares y provoca una interrupción en el proceso de manufactura. Se le llama fluctuación estadística porque pese a la naturaleza aleatoria de la repetición de dichos eventos, en el largo plazo será posible determinar un cierto perfil estadístico de repeticiones.

Es cierto que la probabilidad y la estadística proveen de métodos que pretenden predecir tales fluctuaciones, pero jamás se tendrá la certeza del

futuro. Por otro lado tales métodos suelen dar por sentado ciertas condiciones del sistema o su ambiente que en el mejor de los casos son buenas aproximaciones simplificadas de la realidad. Sabido es que en la elaboración de modelos hay que buscar el equilibrio entre complejidad y facilidad de manejo lo cual se logra en sacrificio de la acertividad.

Ejemplos comunes de procesos con fluctuaciones estadísticas son las colas, disponibilidad de materiales, descomposturas de maquinaria, ausentismo del personal, condiciones del mercado y del ambiente (físico o económico), etc.

La ironía de la Ley de Murphy pareciera ser el mejor modelo descriptivo de tales procesos.

Un experimento propuesto es investigar el tiempo que la administración de línea gasta en solucionar los problemas ocasionados por la combinación de las fluctuaciones estadísticas y los eventos dependientes.

Una Analogía a la Manufactura

Para entender completamente el impacto de los dos fenómenos básicos de la manufactura una simple analogía será propuesta.

Una columna de soldados en marcha forzada es similar a un proceso de transformación como el ocurrido en una planta industrial: imagínese un proceso de manufactura que sólo incluye un producto, usa sólo una materia prima y únicamente hay una ruta posible. El material se libera en el piso, donde el primer recurso (máquina, estación de trabajo etc.) lo toma y lo procesa, pasándolo al segundo recurso y así sucesivamente hasta tener el producto terminado y listo para embarcarse. Por la dependencia natural del sistema es imposible tener el producto terminado sin antes haber pasado por todos los recursos de la planta.

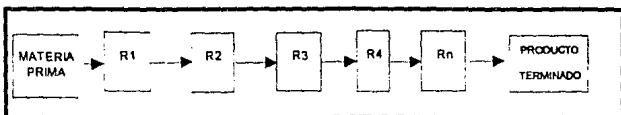


Fig. 3.1 Proceso Continuo Simple

El objetivo de una marcha forzada de soldados es recorrer una distancia predeterminada en un tiempo límite. La materia prima que es procesada se representa por el suelo sobre el cual los soldados marchan. Los recursos de la planta son las filas de soldados. La ruta de materiales consiste de una sola operación: marchar, lo cual es hecho por cada fila de soldados y de una sola secuencia: una fila de soldados no puede rebasar a la siguiente. Como la segunda fila de soldados requiere para avanzar que la primera fila ya haya recorrido ese terreno y así para cada fila, se tiene una serie de eventos dependientes. El terreno recorrido por todas las filas es el producto terminado y la cédula de producción se habrá completado cuando todo el terreno haya sido recorrido por la última fila.

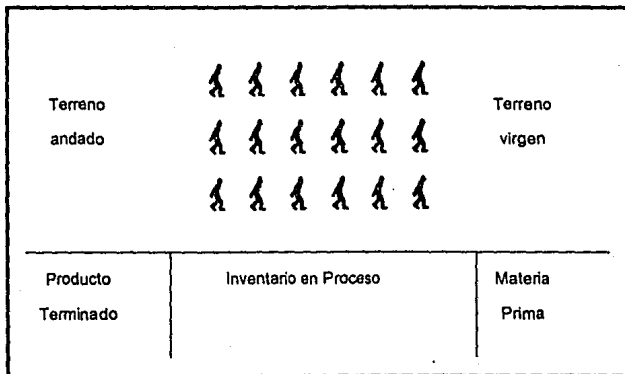


Fig. 3.2 Una analogía a la manufactura: la marcha de soldados.

Los aspectos paralelos entre la manufactura y la analogía que se sugiere son los siguientes:

| Manufactura | Marcha de Soldados |
|--|---|
| La materia prima debe procesarse | El terreno debe recorrerse |
| Los recursos procesan los materiales | Los soldados marchan sobre el piso |
| Un material es procesado por un recurso a la vez | El terreno es cubierto por una fila de soldados a la vez |
| La cantidad de inventario en proceso es aquel ubicado entre el primer y el último recurso | El trabajo en proceso es la cantidad de terreno entre la primera y la última fila |
| El tiempo guía en manufactura es el período desde la liberación de los materiales hasta que éstos son procesados por el último recurso | El tiempo guía es el período desde que la primera fila de soldados pasa sobre un punto específico de terreno hasta que la última fila pasa por el mismo punto |
| La CDG (Cantidad de Dinero Generado) es la cantidad de producto vendido | La CDG se representa por el terreno cubierto por la última fila |

| Manufactura | Marcha de Soldados |
|--|---|
| El objetivo del proceso de producción es obtener una CDG en un periodo determinado | El objetivo de la marcha es cubrir cierto terreno en un tiempo limite |
| Los GO (Gastos de la Operación) son el costo de convertir materia prima en producto terminado | Los GO son la energía empleada por los soldados durante su marcha |
| Por la dependencia entre recursos el material se apega a la ruta en las secuencias preestablecidas | La dependencia entre las filas impide que los soldados se rebasen |
| Las fluctuaciones estadísticas se manifiestan por cualquier interrupción no prevista en el flujo de materiales | Las fluctuaciones estadísticas están representadas por las variaciones naturales en el paso de los soldados |

Imagínese que el pelotón de soldados comienza a marchar en una forma compacta y ordenada. Conforme el tiempo pasa, las filas comienzan a separarse. Esto sucede cuando una fila cualquiera marcha a menor velocidad que la que tiene enfrente. Cuando dos filas marchan en forma cerrada o compacta, si la de adelante frena la de atrás también bajará su velocidad, pero cuando la fila de adelante acelere para alcanzar a los demás pudiera ser que la de atrás no lo logre.

Las fluctuaciones estadísticas que ocurren a cada fila se presentan en forma independiente para cada una, pudiendo mantener una velocidad promedio

adecuada durante toda la marcha, pero el impacto positivo o negativo que tienen en la marcha global del pelotón no se cancela mutuamente. Como es lógico suponer, cada fila tiene una velocidad máxima posible, la cual está determinada por la corpulencia de los soldados; al no haber dos seres humanos idénticos las filas tienen diferentes potencialidades. Si una fila capaz de marchar más rápido que el promedio del pelotón, por alguna razón se para y detiene a la que viene detrás, cuya velocidad máxima es el promedio de todo el pelotón, cuando la de adelante acelera de nuevo para alcanzar en breve al resto del grupo, la de atrás por su misma naturaleza no podrá alcanzarlos. De esta forma los espacios entre las filas irán creciendo sin que los paros y arranques se anulen mutuamente. Además, la energía extra empleada en acelerar pretendiendo que se vuelvan a cerrar las filas significa que los gastos aumentan.

La única forma en que se lograría mantener una distancia uniforme y constante entre las filas, sería cambiando soldados por robots perfectos

***Los Eventos Dependientes y las
Variaciones Estadísticas tienen un gran
impacto en los procesos productivos***

(anulando las fluctuaciones estadísticas) y permitiendo que eventualmente una fila se mezcle con otra evitando la acumulación de retrasos (anulando la dependencia), pero en la manufactura esto es imposible en casi la totalidad de los casos.

Impacto del Balanceo de la Capacidad de la Planta.

El intento de balancear la capacidad de los distintos recursos de un proceso productivo toma un distinto matiz una vez reconocidos los dos fenómenos fundamentales de la manufactura ya mencionados: las fluctuaciones estadísticas y la dependencia de eventos.

Recordando la analogía de los soldados en marcha forzada, supóngase que la velocidad promedio de todos ellos es de 3 Km/hr. y se requiere que el pelotón completo cubra una distancia de 30 kilómetros en 10 horas. Una primera impresión indica que es posible, pero recordando que las fluctuaciones estadísticas y dependencia de eventos estarán presentes es evidente que el pelotón completo llegará tarde a su cita, por la separación que se causará entre sus filas. Una forma de minimizar este impacto es dando a los soldados la posibilidad de correr para cerrar filas. ¿Es esto balancear las líneas?

Supóngase una planta industrial que fabrica un único producto en dos operaciones consecutivas (Fig 3.3).

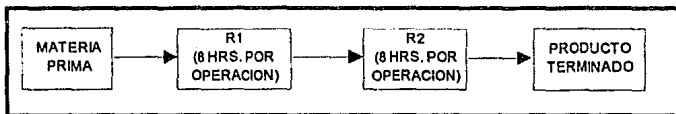


Fig. 3.3

Cada estación de trabajo requiere un promedio de 8 horas para completar un trabajo. La primera estación de trabajo, R1, es una máquina convencional cuyo desempeño tiene la distribución mostrada en la fig 3.4.

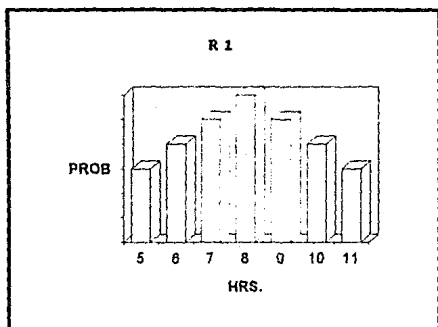


Fig. 3.4.

La segunda estación de trabajo es una máquina de control numérico CNC cuya curva de desempeño tiene la distribución mostrada en la fig. 3.5.

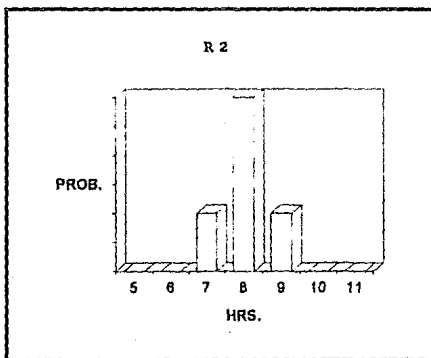


Fig 3.5

La cédula de trabajo para las siguientes cinco órdenes se muestra a continuación.

| # de Orden | Hora programada de arranque y paro de R1 | Hora programada de arranque y paro de R2 |
|------------|---|---|
| | (Hrs) | (Hrs) |
| 1 | 00 - 08 | 08 - 16 |
| 2 | 08 - 16 | 16 - 24 |
| 3 | 16 - 24 | 24 - 32 |
| 4 | 24 - 32 | 32 - 40 |
| 5 | 32 - 40 | 40 - 48 |

De acuerdo a la cédula arriba mostrada, las cinco órdenes serán cubiertas en 48 horas, es decir en seis turnos de 8 horas cada uno.

A continuación se muestra una simulación de trabajo de acuerdo a las distribuciones de desempeño de cada recurso.

| #Orden | Recurso R1 | | Desviación Acumulada |
|--------|-----------------------------|-----------------------|-------------------------|
| | Arranque/Paro Programado | Arranque/Paro Real | |
| 1 | 00 - 08 | 00 - 10 | +2 |
| 2 | 08 - 16 | 10 - 20 | +4 |
| 3 | 16 - 24 | 20 - 28 | +4 |
| 4 | 24 - 32 | 28 - 34 | +2 |
| 5 | 32 - 40 | 34 - 40 | 0 |

| #Orden | Recurso R2 | | Desviación Acumulada |
|--------|--------------------------|--------------------|----------------------|
| | Arranque/Paro Programado | Arranque/Paro Real | |
| 1 | 08 - 16 | 10 - 18 | +4 |
| 2 | 16 - 24 | 20 - 28 | +4 |
| 3 | 24 - 32 | 28 - 36 | +4 |
| 4 | 32 - 40 | 36 - 44 | +4 |
| 5 | 40 - 48 | 44 - 52 | +4 |

En esta simulación se puede ver que en promedio ambos recursos trabajaron a su velocidad teórica, para R2 no hubo desviaciones en su tiempo programado de proceso y en R1 las variaciones positivas y negativas de tiempo de proceso se cancelarán mutuamente, es más, estas variaciones están dentro de la curva de desempeño esperada de R1.

El error crucial en la planeación del trabajo fue no reconocer la interacciones que existen en todo sistema de manufactura. La dependencia de eventos aunada a las fluctuaciones estadísticas provocaron que todas las órdenes se entregaran con retraso, pese -o gracias- a la capacidad balanceada de la planta. La posibilidad de la cancelación de las órdenes o la pérdida del cliente por el retraso en ellas es obvia. El impacto negativo en la Cantidad de Dinero Generado por el negocio es inmediato. En segundo término, el inventario en proceso se conservó 4 horas más.

La causa primordial de que esto pudiese ocurrir es por pensar en el mundo del costo, en un intento de balanceo de capacidades, en lugar de ubicarse en el mundo del valor agregado, donde se hubiese asegurado la CDG.

Es necesario mantener un exceso de capacidad en los recursos de la planta para asegurar la CDG y mantener en niveles adecuados los inventarios y

Gastos de la Operación. Esto se resume en el principio fundamental de la manufactura sincronizada:

No hay que enfocarse en balancear las capacidades de la planta, sino en sincronizar el flujo.

***Los esfuerzos deben enfocarse a
sincronizar el flujo, no la capacidad***

Para lograr esto, es necesario conocer perfectamente las capacidades de los recursos del negocio (las cuales se dan en cantidades discretas), una vez obtenida esta información es posible sincronizar el flujo de los materiales a través de los diferentes recursos. De aquí en adelante se explica como lograr este objetivo fundamental.

Cuellos de Botella.

Una vez reconocido que las capacidades de las distintas etapas de un negocio y en este caso de la manufactura, son diferentes entre sí; se establece una gran clasificación: *Cuellos de Botella* y *No Cuellos de Botella*. Se define un

***Cuello de Botella = X
No Cuello de Botella = Y***

cuello de botella, simbolizado por X, como cualquier recurso cuya capacidad es igual o menor a la demanda que tiene que satisfacer. Un no cuello de botella, simbolizado por Y, será aquel recurso con capacidad sobrada para satisfacer la demanda dada. La manera de distribuir el tiempo de un recurso depende básicamente de si es o no un cuello de botella.

***Una unidad perdida en un cuello
de botella, es una unidad
perdida en todo el sistema***

Clasificación de la Distribución del Tiempo en un Recurso Cualquiera.

En este punto es necesario definir algunos conceptos:

- 1.-*Tiempo de Producción.* Aquel empleado en procesar un producto.
- 2.-*Tiempo de Alistamiento.* Tiempo empleado para preparar el proceso de un producto.
- 3.-*Tiempo Inactivo.* Aquel tiempo que pasa cuando no se produce ni se alista.
- 4.-*Tiempo Desperdiciado.* Aquel que ha sido empleado en procesar materiales que no contribuyeron a la generación de recursos para el negocio. La definición incluye rechazos por baja calidad, partes no requeridas y producción sin demanda.

Por definición un cuello de botella X ha de gastar todo su tiempo en producción y alistamientos. Cualquier tiempo inactivo o desperdiciado en un cuello de botella impacta en forma negativa y directa en la CDG.

Los recursos que no son cuellos de botella tendrán, por su exceso de capacidad, tiempo inactivo además del dedicado a producción y alistamientos. El valor y significado de los recursos X e Y es muy distinto entre sí, cosa que no se reconoce cuando se buscan resultados óptimos locales en lugar de globales.

Valor de un Cuello de Botella (X).

Para determinar el valor de un cuello de botella debe considerarse que no tiene ningún exceso de capacidad respecto a la demanda, por lo que cada unidad procesada por el cuello de botella prácticamente se encuentra vendida. De aquí que todo el tiempo debe ser empleado en proceso o en alistamiento. En resumen, la velocidad a la que se genera dinero en el negocio es igual a la velocidad de su recurso más lento: el cuello de botella, por esto la CGD está estrechamente relacionada con el manejo de las restricciones del sistema.

Cualquier acción que incremente el tiempo de proceso del cuello de botella está valuada en la CGD adicional que produce. De la misma forma cualquier eventualidad que reste tiempo de proceso al cuello de botella tendrá un impacto económico igual a la CDG que se pierde.

Problemas como el abstencionismo, fallas mecánicas e incumplimiento con las normas de calidad deben atenderse inmediatamente cuando se presenten en el cuello de botella. Así mismo los proyectos de incremento de capacidad deben hacerse en los cuellos de botella y no en otro lado, de lo contrario, el impacto en la CDG será insignificante y muy probablemente aumenten los inventarios en proceso.

La eficiencia del sistema evidentemente debe medirse en el cuello de botella porque es éste el que marca el ritmo de todo el negocio. Consecuentemente todas aquellas políticas que estimulen la sobreactivación de recursos no-cuellos de botella deben ser suprimidas por el bien del negocio. El valor del cuello de botella es la misma CGD.

Valor de un No Cuello de Botella (Y).

La clave para determinar el valor de un recurso con exceso de capacidad respecto a la demanda estriba en el tiempo libre que posee. ¿Qué valor tiene un incremento de "eficiencia" en un recurso que actualmente tiene capacidad de sobra? No habrá ningún impacto inmediato en la salud financiera de la empresa a menos que se despida (no relocalizar) personal asignado a tal recurso, cosa rara vez permitida por los sindicatos.

El tiempo libre de un recurso con exceso de capacidad ciertamente provee de ciertas ventajas a la empresa. Puede aumentar la flexibilidad del proceso o se pueden aumentar el número de alistamientos para así reducir el tamaño de lote y tener un flujo de materiales más uniforme. Este es el verdadero

valor de los recursos Y.

El desempeño de un recurso Y debe medirse por la forma en que facilita el trabajo de los recursos X. Un recurso Y antes de un X debe de proveerle los materiales en cantidad exacta. Un recurso Y después de un X debe evitar bloqueos en el flujo. Localmente parece que el uso de los recursos Y es ineficiente, pero globalmente es lo óptimo, por esto los sistemas de costos que evalúan los recursos por su desempeño local deben erradicarse.

Cálculo del Valor de los Recursos

La forma de asignar un valor a un recurso, según se acaba de ver, depende de su impacto en las medidas operacionales. Supóngase que en una empresa hay seis recursos para la fabricación de un producto. Cada recurso dispone de 40 horas a la semana.

Los datos de tiempo requerido por unidad se muestran a continuación:

| Recurso | Tiempo Disponible a la semana (hrs) | Tiempo de proceso por unidad (min) | Capacidad semanal (Unidades) |
|---------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| R1 | 40 | 8 | 300 |
| R2 | 40 | 8 | 300 |
| R3 | 40 | 12 | 200 |
| R4 | 40 | 6 | 400 |
| R5 | 40 | 6 | 400 |
| R6 | 40 | 6 | 400 |

De inmediato se identifica a R3 como el recurso de menor capacidad, por lo que se convierte en el elemento que dicta la capacidad de todo el sistema, 200 unidades por semana.

La siguiente es la información financiera requerida para los cálculos:

| | |
|--------------------------------|-----------|
| Precio de venta del producto | N\$100.00 |
| Costo de materiales por unidad | N\$ 20.00 |
| Costo de mano de obra por hora | N\$ 10.00 |

Para encontrar el valor de cada recurso, se considerará una hora de trabajo, ya sea sumada o restada.

Si a cualquier recurso Y, (R1, R2, R4, R5 y R6) se le añade una hora disponible de trabajo no influye en nada, pues el sistema sigue limitado por R3, que marca 200 unidades por semana. Si al mismo recurso Y ahora se le resta una hora disponible de trabajo a la semana, tampoco influye en nada pues dispondrá de 600 minutos libres. De este ejercicio elemental se concluye que el valor de una hora de trabajo de un recurso Y es despreciable. (mientras la reducción de tiempo no lo convierta en un nuevo cuello de botella).

Si por el contrario, una hora de trabajo es añadida a R3, el recurso X, se pueden producir cinco unidades extra. Dado que los demás recursos pueden absorber el incremento de trabajo, la empresa en su conjunto es capaz de producir 205 unidades a la semana.

El impacto financiero es el siguiente: las 5 unidades extra añaden \$500 a los ingresos brutos. Los costos adicionales por materiales y mano de obra ascienden a \$110. La ganancia neta es de \$390. Si no es necesaria la hora extra de mano de obra, se tiene que una ganancia neta es \$400.

Si esta misma hora de trabajo en R3 se restara, se tendrá una pérdida en las ganancias netas de \$400. por lo tanto, R3 tiene un valor para la empresa de \$400 por hora.

Interacciones entre los Recursos de Manufactura.

Como se mencionó anteriormente, en una empresa existen dos clases fundamentales de recursos: aquellos con una capacidad que excede a la demanda (Y) y los que su capacidad es menor o igual a la demanda (X). Los recursos no actúan solos, unos alimentan a otros en una cadena de dependencias tal que establecen las rutas los productos.

Las combinaciones que se pueden formar al interactuar los distintos recursos tienen también características que las distinguen entre sí y dan la pauta para su manejo.

Caso 1. Un recurso X alimenta a uno Y.

El recurso X debe, por definición, trabajar todo el tiempo disponible, así que su eficiencia debe ser alta. Por otro lado, al Y depender de X y tener una capacidad mayor, no trabajará a su máxima capacidad, lo cual puede interpretarse como una ineficiencia. Ya se demostró que esto es una falacia, por lo que el sistema de evaluación de desempeño del recurso Y no debe basarse en su eficiencia local, sino en la medida que no provoque un bloqueo a X. El principio que rige este caso es: *el nivel de utilización de un recurso no-cuello de botella está controlado por las restricciones del sistema.*

Caso 2. Un recurso Y alimenta a uno X.

Un manejo por eficiencias locales fomentará que tanto Y como X trabajen a su máxima capacidad. De esta forma, supuestamente la CDG está asegurada, pues X tiene siempre material que procesar. Sin embargo, un análisis más detenido revela que el desempeño global del sistema está siendo dañado. Y irá acumulando material frente a X creando un inventario en proceso que resta ventaja competitiva al negocio. Dos términos que a continuación se definen,

pueden ser usados para describir esta situación:

Activación.- Se refiere al empleo de un recurso o centro de trabajo para procesar un material, producto o parte.

Utilización.- Esta se da cuando la activación de un recurso impacta positivamente en la CDG del sistema.

La diferencia entre ambas formas de emplear un recurso marca la preferencia de la utilización de éste antes que su simple activación. Estos criterios deben estar implícitos en la evaluación de un recurso.

Caso 3. Un recurso Y1 alimenta a un Y2.

El riesgo más fuerte de esta combinación radica en pasar de la utilización a la sobreactivación. De nueva cuenta los sistemas de evaluación por eficiencias locales inducen a decisiones erróneas para el negocio. De nuevo ha de sincronizarse la operación de Y1 e Y2 a las restricciones del sistema, que bien pudiera ser el mercado.

Caso 4. El recurso X1 alimenta a X2.

En esta combinación, ninguno de los recursos es capaz de satisfacer la demanda del mercado, por lo que podría pensarse en que al aplicar las medidas tradicionales de eficiencia, es decir, el tratar de que ambos recursos trabajen a su capacidad máxima, no afectaría negativamente.

Aún cuando ambos recursos son cuellos de botella, lo más probable es que uno sea más rápido que el otro, comportándose esta combinación como una donde Y alimenta a X o viceversa. Las políticas a seguir serán las mismas que en esos casos ya analizados.

Caso 5. Ensamble alimentado por recursos X e Y.

En este caso no existe una relación directa entre los recursos X e Y, mas no por esto se eliminan las dependencias. La operación de ensamble no puede ser más rápida que el recurso X que la alimenta, por ende, todos los demás materiales o partes que reciba deben llegar al mismo ritmo que X. En caso contrario se favorece la acumulación de un inventario en proceso. Las medidas tradicionales de eficiencia para los recursos Y vuelven a ser inapropiadas para reflejar su desempeño.

Recursos de Capacidad Restringida (RCR).

Dentro de la Manufactura Sincronizada se define un Recurso de Capacidad Restringida (RCR) como: cualquier recurso que si no es apropiadamente programado y manejado provoca que el flujo de materiales se desvíe de lo planeado.

*La planeación del flujo de
materiales debe basarse en los
RCR*

Un RCR puede ser o no un cuello de botella, pero el excluirlo en la planeación del trabajo provocará una cédula irreal. Por esta razón, la planeación del flujo de materiales a través de la planta se hará considerando los RCR en vez de los cuellos de botella. El considerar los RCR como los focos de atención hace siempre aplicable la Teoría de Restricciones a la manufactura, independientemente que los verdaderos cuellos de botella se encuentren en los proveedores, el proceso o el mercado. El efecto de los RCR y de los cuellos de

botella en el flujo de materiales se resume a continuación:

| | Cuello de Botella | No-cuello de Botella |
|---------------|---|--|
| RCR | Restringirán el flujo de materiales en cantidad y tiempo. Debe considerarse al planear el flujo del producto | Restringirán el tiempo disponible para el flujo de materiales, pero no la cantidad de éste. Debe considerarse al planear el flujo del producto |
| No-RCR | Pueden restringir el flujo de materiales en cantidad y tiempo. No es necesario considerarlos en la planeación del flujo de materiales | No restringen el flujo ni en cantidad ni en tiempo. No es necesario considerarlos en la planeación del flujo de materiales |

IV SINCRONIZANDO LA OPERACION

Clases de Restricciones

Existen varias clases de restricciones en las empresas, dependiendo del lugar donde se localicen. Así, se tienen las restricciones de mercado, de materiales, logísticas, gerenciales y de comportamiento.

Restricciones de Mercado

En las operaciones de manufactura, el mercado es un factor de primera importancia. Dependiendo de la demanda que éste produzca será la mezcla de producto que se ha de procesar y en última instancia también define los límites del negocio.

Otras variables como los requerimientos del tiempo guía de manufactura, fijación de precios competitivos y estándares de calidad también son influidas por el mercado. Si una empresa no considera los límites que el mercado le impone, se arriesga a no recuperar su inversión en recursos y materiales. Por otro lado, si el mercado no ha sido satisfecho, la empresa posee una oportunidad de aumentar sus ingresos.

Restricciones de Materiales.

Si una empresa manufacturera no recibe los materiales necesarios para transformarlos en producto terminado, no le será posible sobrevivir debido a la interrupción en el flujo del producto. Varios modelos de control de materiales con diferentes características han sido desarrollados, si estos modelos sobreprotegen con un exceso de materia prima o inventario en proceso al sistema, terminan por restar la ventaja competitiva de la empresa. Las restricciones de materiales pueden ser de dos

tipos: a corto y largo plazo.

Una restricción de materiales a corto plazo se da cuando algún proveedor entrega con retraso o se rechaza el pedido por mala calidad. Las restricciones de materiales a largo plazo usualmente se dan por una escasez en el mercado. Si la entrega de materias primas (o partes compradas) frecuentemente provoca interrupciones en el flujo de los materiales, deberá ser considerada en la programación de producción.

También puede haber una falta de materiales dentro del piso de la planta. Las causas comunes son un manejo pobre del inventario en proceso debido a que alguna operación está sobrecargada y el empleo de partes o materiales destinados a otro producto.

Restricciones de Capacidad.

Una restricción de capacidad se da cuando algún recurso de la planta es insuficiente para procesar el trabajo necesario para alcanzar la CDG deseada. Los cuellos de botella, definidos previamente, son: el ejemplo típico de esta clase de restricción. Aún más, existen recursos que sin ser estrictamente cuellos de botella frecuentemente ocasionan interrupciones en el flujo de materiales. Estos recursos se conocen como Recursos de Capacidad Restringida y también ya han sido mencionados.

Un verdadero cuello de botella limita la CDG de un negocio, por lo que deben recibir inmediata atención. Para los alcances del presente estudio, sólo se profundizará en el manejo de este tipo de restricciones.

Restricciones Logísticas.

Las restricciones logísticas se dan en la planeación y control de la manufactura. Esta clase de restricciones es rara vez reconocida como tal por ser parte inherente del

sistema de manufactura. Un ejemplo de restricción logística es el caso de la oficina de ventas que levanta un pedido, el cual se comunica a las oficinas corporativas y de ahí se transmite a la planta para incluirlo en la programación maestra de producción. A esto se suma el tiempo guía de manufactura hasta la distribución. El tiempo consumido por este sistema claramente demerita la capacidad competitiva de la firma ante otra capaz de satisfacer al cliente en menos tiempo. Si las restricciones logísticas son una causa frecuente de interrupciones en la operación deben modificarse o cambiarse los sistemas que las causan.

Restricciones Gerenciales.

Este tipo de restricciones se originan en las estrategias y políticas de operación producto de un pobre entendimiento de los factores que influyen en la operación sincronizada. Un ejemplo es la determinación del tamaño óptimo de orden de compra (de las siglas en Inglés Economic Order Quantity) por medio de modelos que buscan la optimización local en lugar de la global.

Restricciones de Comportamiento.

Las restricciones de comportamiento se manifiestan como actitudes de los empleados de una empresa, las cuales van en contra de mantener una operación sincronizada. Por ejemplo, el supervisor que sobreactiva los recursos de la planta para mantener una apariencia de trabajo permanente, aunque el producto generado no esté planeado o peor aún, no sea requerido por el mercado. Lo único que se logra con esa actitud es crear un exceso de inventario en proceso y de producto terminado.

Como Identificar los RCR.

Para la identificación de los RCR se emplea el "análisis de carga por recurso", este análisis parte de los perfiles de carga de cada uno de ellos. Considérense por

ejemplo las figuras 4.1.a, 4.1.b y 4.1.c que muestran la distribución del trabajo en una planta con sólo tres recursos para un período de diez días. La carga de trabajo de cada recurso se basa en la mezcla de productos que demanda el mercado. También se grafica la capacidad disponible de cada recurso.

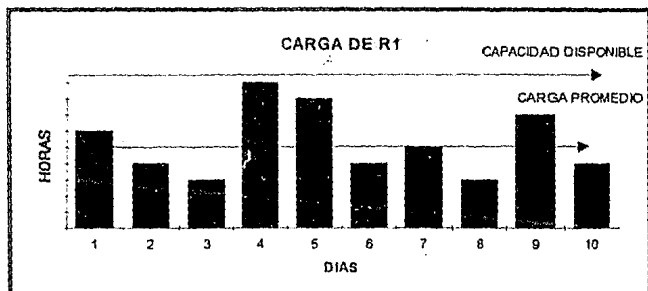


Fig 4.1.a

Analizando el recurso R1, se ve que en todo momento es capaz de soportar la carga planeada de trabajo, por lo que no representa un RCR y no es necesario considerarlo en la planeación del flujo de materiales.

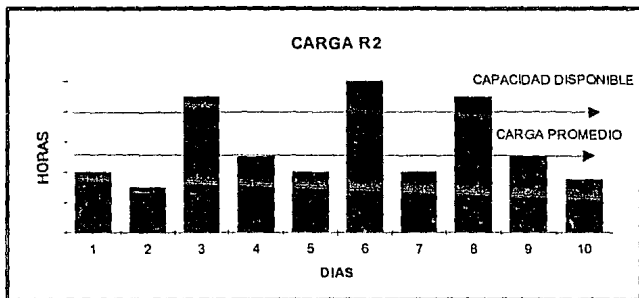


Fig 4.1.b

En R2 se ve que la carga promedio de trabajo es inferior a la capacidad del recurso, aunque en los días 3, 6 y 8 no es posible trabajar la carga demandada. Una pequeña parte del trabajo del día 3 tendrá que posponerse para el día 4, el cual tiene una carga menor al promedio. Como hay capacidad para procesar el trabajo retrasado del día 3 y el planeado para el mismo día 4 el impacto en el flujo de materiales no es de gran consideración. Lo mismo sucede en los días 7 y 9. Como todo el trabajo se termina para el día 10 se concluye que R2 no es un factor que deba considerarse en la planeación.

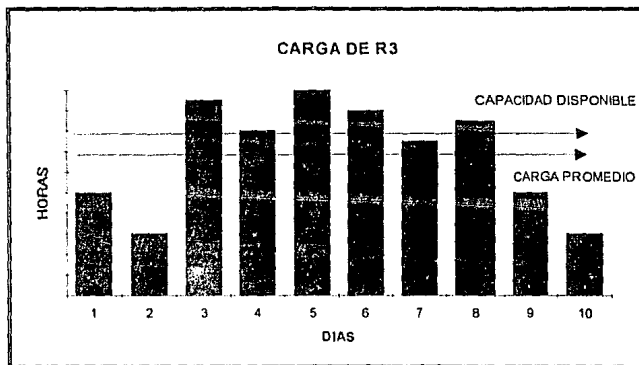


Fig. 4.1.c

Por último se analiza a R3. La carga promedio diaria sigue siendo menor a la capacidad límite disponible, sólo que esta vez no existe la holgura de tiempo requerida para trabajar en los restos de carga retrasados de los días 3, 5, 6 y 8 sin afectar el flujo de los materiales. Automáticamente se define a R3 como un RCR.

Una vez que se han identificado los RCR del sistema, deben ser tomados en cuenta para programar la carga de trabajo de todos los demás recursos de tal manera que no haya una sobreactivación de estos y mucho menos que provoquen una falta de suministro o bloqueo en el RCR.

Para efectuar el análisis de carga por recurso, puede en principio utilizarse una cédula maestra de producción para generar el perfil de carga por recurso y compararlo con su capacidad límite para así identificar los RCR. Este proceso exige una cantidad inmensa de información, como tiempos guía, tiempos de alistamiento, tamaños de lote, mezcla de productos, disponibilidad de materia prima o partes, la cual rara vez es exacta. Una vez que los RCR de la planta hayan sido identificados no es necesario seguir manejando ese volumen inmenso de datos (que no necesariamente es

información útil), sino solamente aquellos que atañen a los RCR. El concentrar los esfuerzos de manejo de datos en aquellos pocos puntos críticos de la planta permitirá aumentar la precisión en el manejo de estos. Así, por ejemplo, sólo interesará conocer el tiempo exacto de alistamiento de los RCR y no de todos los recursos de la planta.

Los Cinco Pasos de la Teoría de Restricciones

Como se mencionó en un apartado anterior, el presente estudio se enfoca en las llamadas Restricciones de Capacidad.

Los cinco pasos de la Mejora Continua:

- 1) Identificar las Restricciones**
- 2) Explotar las Restricciones**
- 3) Subordinar el Sistema**
- 4) Elevar las Restricciones**
- 5) Volver al Paso 1**

La Teoría de Restricciones es en esencia un método de mejora continua que reconoce el objetivo fundamental de las empresas ya mencionado. De ahí que la sistematización de los pasos del proceso de mejora continua tienen como misión generar más dinero a través de hacer más efectivo el trabajo del sistema completo.

Como el cumplimiento de la meta de la empresa se mide a través de la Cantidad de Dinero Generada (CDG), el Inventario (I) y los Gastos de la Operación (GO), el sistema creado deberá considerarlos intrínsecamente.

Son cinco los pasos a seguir, los cuales han sido producto de la filosofía de la mejora continua y una visión objetiva de la manufactura como negocio.

Paso 1. Identificar las restricciones del sistema.

Una restricción será por definición cualquier cosa que impida al sistema cumplir

con su meta. Si la meta es hacer dinero hoy y mañana, una restricción será cualquier cosa o condición que impida generar más recursos para la empresa. Es evidente que las restricciones se priorizarán de acuerdo a su impacto negativo en la meta.

Generalmente, por la misma naturaleza de la estructura de la empresa, sólo habrá unas cuantas o hasta una única restricción en un momento dado. Esto es un requisito para enfocar los esfuerzos de mejora, ya que debe tenerse siempre presente que el desempeño global del sistema depende de sus restricciones. Una identificación errónea de las restricciones provocará que se desperdicie cualquier esfuerzo de mejora y por lo tanto dañará a la misma empresa. Todos los niveles de la organización deberán involucrarse en este paso para asegurar que se tenga la visión global y el conocimiento del detalle, para llegar a una respuesta acertada.

Paso 2. Decidir como explotar las restricciones del sistema.

Si el desempeño de las restricciones gobiernan el comportamiento general del sistema, es vital para el negocio no desperdiciar en lo absoluto la capacidad de las restricciones.

Cualquier eventualidad o ineficiencia en la restricción, representa una merma en el ingreso monetario de la empresa que jamás podrá recuperar. Dicho en términos de tiempo, una hora perdida en la restricción es una hora perdida en todo el sistema. De este razonamiento se desprenden las primeras acciones concretas para maximizar la capacidad de respuesta a la meta del negocio.

Paso 3. Subordinar todo lo demás a la decisión anterior.

Existen tres formas de paralizar la restricción y con esto la consecución de la meta: 1) No darle lo necesario a la restricción para ejecutar su trabajo en todo momento. 2) Bloquear el avance de la restricción, y. 3) Que la misma restricción trabaje por debajo de su capacidad.

Todo el sistema creado para generar dinero debe trabajar sincronizadamente para que ninguna de las tres condiciones descritas anteriormente se presente, a esto se le conoce como *subordinar el resto del sistema*. Básicamente éste es un proceso de alineación y coordinación, por lo que exige crear un método de monitoreo y control, que reconociendo los fenómenos de variabilidad y dependencia, sea capaz de lograrlo.

Paso 4. Elevar las restricciones del sistema.

Ya que las restricciones trabajan a toda su capacidad y el resto del sistema lo hace al ritmo de éstas, la única manera de seguir incrementando la capacidad de generar recursos es aumentando la misma capacidad de las restricciones.

En forma similar a un reloj de arena, cuando la sección estrecha del mismo siempre dispone de arena que pasar y no se ha bloqueado la caída de la arena, la única forma de pasar arena a mayor velocidad es aumentando el diámetro del orificio.

Paso 5. Una vez rota la restricción, volver al paso 1.

Al pretender crear un sistema de mejora continua, debe asegurarse la forma en que el desempeño del mismo se supere constantemente.

Una vez que la capacidad de la restricción ha sido elevada debe voverse a analizar el sistema entero. Si se encuentra que las restricciones ahora se encuentran en otra parte de la empresa, se procederá desde el paso 1.

El término *inercia organizacional* se definiría como aquello que podría impedir redefinir los puntos de mejora cuando estos hayan cambiado de lugar. Manifestaciones de la inercia organizacional son un gran número de normas y medidas creadas con anterioridad, que pudieron responder a una necesidad del momento, pero ahora una vez superada esa necesidad y por ende sin razón para seguir existiendo, se siguen aplicando. La misma inercia empresarial podría llegar a ser la restricción del sistema.

En el ambiente de la manufactura se ha desarrollado una técnica concreta basada en los cinco pasos anteriores. Esta técnica busca la consecución de la meta del negocio y es particularmente aplicable a la industria. Su nombre es Tambor-Cuerda- Colchón y será tratada a continuación.

Sincronizando la Operación

Desde el momento en que se reconoce que el desempeño de cualquier empresa en función de la meta, depende totalmente de sus restricciones, se hace necesario subordinar todas las actividades respecto a éstas.

*La técnica propuesta para lograr
la sincronización es el concepto
Tambor - Cuerda - Colchón*

La forma de lograr la sincronización de todo el sistema es mediante la aplicación del concepto "Tambor-Cuerda-Colchón" ya mencionado. El nombre del concepto proviene de la analogía de la manufactura de una marcha de un pelotón de soldados, propuesta con anterioridad. En la analogía cada soldado representa una estación de trabajo, el camino por andar representa el trabajo por hacer para cumplir con una orden de un cliente, el espacio entre las filas de soldados representa el inventario en proceso y la orden sólo se considerará cumplida cuando la última fila del pelotón haya llegado al punto final. Como es natural, cada soldado tiene un paso distinto, por lo que si se coloca al soldado más rápido al frente, pronto habrá dejado atrás al resto del pelotón, significando un incremento de inventario en proceso.

La solución parece ser colocar al soldado más lento al frente del pelotón y así mantener las filas cerradas y a un mismo paso. Pensando en un ambiente manufacturero esta es una solución insatisfactoria por dos razones: a) la mayoría de

las veces es imposible colocar a la estación de trabajo de menor capacidad, es decir a la restricción, como la primera de las operaciones, y b) si el suministro de materiales se retrasa, habrá retrasado directamente a la restricción con lo que inmediatamente hay una pérdida en la generación de dinero.

La solución definitiva para la marcha uniforme de los soldados es amarrar con una cuerda al más lento con alguien en la primera fila, para evitar la separación excesiva, pero dejando algunos metros libres frente el soldado lento por si se detienen momentáneamente los soldados rápidos del frente y así el lento pueda seguir caminando antes de parar. Los soldados detrás del soldado lento, al ser más rápidos que éste último, podrían detenerse por algunos instantes, pero a la larga volverían a alcanzar al resto del pelotón sin necesidad de cuerda que los amarre.

La velocidad del paso del pelotón la marcará el soldado lento con un tambor. En la manufactura, esencialmente el ritmo de producción lo marca la restricción, convirtiéndose en la base de la cédula maestra; la cuerda que mantiene unida a toda la operación es la cédula de liberación de materiales al piso, y por último, el aseguramiento de la marcha continua de la restricción se logra poniendo un colchón de inventario en proceso justo antes de ésta.

Definición de los Elementos Cuerda-Tambor-Colchón

Para desarrollar un buen plan de producción es necesario tomar en cuenta tres elementos cruciales, los cuales son:

- a) la demanda del mercado
- b) la capacidad de la planta
- c) las limitaciones de material.

En primer lugar el plan de producción no deberá sobrepasar la demanda. Segundo, deberá asegurarse el adecuado suministro de materiales para soportar la producción y finalmente, el trabajo planeado no debe exceder la capacidad de los centros de

trabajo. El plan generado en base a estas consideraciones evitará las cancelaciones de órdenes y no provocará confusión en el piso de producción.

La Cédula Maestra de Producción constituye "el tambor" de la operación.

Con el plan de producción establecido, lo que sigue por hacer es distribuir una cédula de fabricación a los Recursos de Capacidad Restringida (RCR). Las cédulas de los RCR sirven para detallar el plan de producción dando por resultado la Cédula Maestra de Producción, la cual es el "tambor" que marca el ritmo de producción de toda la línea o planta.

Un colchón de protección debe medirse en tiempo, no en unidades de inventario

Reconociendo que siempre existen interrupciones en el proceso de producción que obedecen a patrones aleatorios, es necesario usar "Colchones" de materiales como protección, medidos en tiempo y no en nivel de material. Al medir un colchón en tiempo, su repercusión en la planeación es la siguiente:

Tiempo Guía Planeado = Tiempo de proceso y alistamientos + Colchón.

Los colchones serán colocados estratégicamente para maximizar su acción protectora, sin exceder un tamaño adecuado.

Los No-RCR deben soportar la cédula de los RCR. Esto constituye "la cuerda" del sistema

El ritmo de producción de todos aquellos centros de trabajo que no sean Recursos de Capacidad Restringida (No-RCR) debe soportar la cédula de los RCR, este proceso es el llamado la Cuerda. Debe recalcar que no debe ser necesario hacer

una planeación detallada de las horas de trabajo de los No-RCR; con sólo planear la liberación de materiales al sistema debe ser suficiente. En resumen la estrategia del sistema Tambor-Colchón-Cuerda se expresa en los siguientes puntos:

1. *Desarrolle una cédula maestra de producción de tal manera que sea consistente con la restricción del sistema.*
2. *Proteja la cantidad de dinero generada (CDG) del sistema mediante el uso de colchones.*
3. *Subordine el trabajo de todo el sistema al ritmo de la restricción.*

El Tambor

La función de un tambor en un desfile militar es la de mantener el ritmo de la columna de soldados. Haciendo una analogía en un sistema de manufactura, son los cuellos de botella y los recursos de capacidad restringida quienes tocan el tambor.

El primer paso del proceso enfocado de mejora continua es la identificación de las restricciones. Por definición un cuello de botella es aquella parte de la organización que impide generar más dinero, por lo que el primer paso para localizar los cuellos de botella es analizar detenidamente los principales problemas de la empresa desde el punto de vista del negocio. Para los alcances del presente trabajo supondremos que el cuello de botella es la manufactura. Ya dentro de la planta será necesario identificar los RCR. Este punto es muy delicado pues una vez reconocidos los RCR el negocio completo marchará de acuerdo a su ritmo.

La planeación de la producción se hará de la siguiente forma: se programan las diversas órdenes de producción de acuerdo a las fechas de embarque prometidas hasta agotar la capacidad de los RCR, luego se elabora la cédula maestra de producción de acuerdo a la cédula del (los) RCR(s). No es necesario que se sature de trabajo a los elementos No-RCR, evitando caer en la trampa de creer que semejante

práctica eleva el mejor aprovechamiento total del sistema.

El esquema global para sentar el ritmo de producción es bastante sencillo, pero es necesario analizar los detalles. Existen cuatro condiciones que complican la programación del trabajo en un RCR y evitan programar el trabajo de acuerdo a las fechas de entrega:

- 1. Los tiempos guía desde el RCR hasta llegar al producto terminado varían drásticamente dependiendo del producto o presentación.*
- 2. El tiempo de alistamiento en un RCR es considerable*
- 3. Un RCR alimenta a otro RCR.*
- 4. El mismo RCR procesa diversas partes para un mismo producto.*

1. Los tiempos guía desde el RCR hasta llegar al producto terminado varían drásticamente El primer caso se entiende con el siguiente ejemplo: se tiene el producto A, que una vez procesado por el RCR requiere de un día adicional de trabajo para embarcarse. El producto B requerirá después de pasar por el RCR de una semana más de trabajo antes de embarcarse. Bajo estas circunstancias se modifica la secuencia de trabajo en el RCR basada en la fecha de embarco prometida, de tal manera que el producto B, requerido para la próxima semana pase primero por el RCR y luego se trabaje en el producto A, requerido para esta semana, pudiendo cumplir así con ambas órdenes a tiempo.

2. El tiempo de alistamiento en un RCR es considerable. El segundo caso, cuando los tiempos de alistamiento del RCR impactan significativamente en el tiempo disponible de proceso, podría no ser conveniente seguir un orden de trabajo basado en las fechas prometidas de embarque, ya que se incrementará el número de alistamientos necesarios y por ende el tiempo gastado en ellos. Puede optarse por

hacer una producción corrida que satisfaga varios órdenes de compra de un mismo producto y que no sigan un estricto orden cronológico de entrega respecto a otros pedidos. Supóngase que se tienen dos pedidos del producto A en la primera y tercera semana del siguiente mes y un pedido del producto B para la segunda semana. Si el tiempo que toma alistar el RCR para cambiar de producto A a B y viceversa es tal que impide cumplir con el pedido de A para la tercera semana, la programación de la cedula de trabajo puede seguir el orden (A,A,B) en lugar del inicial (A,B,A), en otras palabras, se incrementa el lote de proceso. Esta solución está sujeta a que los tiempos de proceso de los productos A permitan cumplir con la orden de producto B y no arriesgar los ingresos a la empresa. También es conveniente verificar que la mezcla de producto sea la que maximice la generación de dinero.

3. Un RCR alimenta a otro RCR. El tercer caso, cuando un RCR alimenta a otro RCR puede provocar que el último RCR sufra una falta de suministro y por ende tenga que parar. Como no es necesario que paren todos los RCR para hacer daño a la generación de recursos de la empresa, deberá coordinarse la cedula de ambos RCR para minimizar los paros en cualquiera de ellos.

4. El mismo RCR procesa diversas partes para un mismo producto. En el cuarto caso es imposible tomar la fecha de entrega prometida como guía, pues todas las partes procesadas por el RCR son para la misma orden. El criterio para establecer el orden de trabajo será aquel que minimice el tiempo guía de producción. Por ejemplo, el tiempo total tomado por los alistamientos del RCR podría variar según el orden en que se hagan.

Programación de un RCR.

Obsérvese la figura siguiente, en la cual se muestra información sobre la producción y

demanda de dos productos.

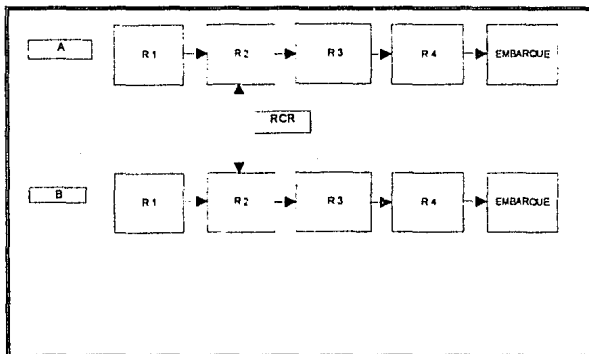


Fig 4.2

a) DEMANDA DEL CLIENTE.

| FECHA | PRODUCTO | CANTIDAD |
|-------|----------|----------|
| 7/5 | A | 20 |
| 7/5 | B | 20 |
| 7/6 | A | 20 |
| 7/6 | B | 20 |
| 7/7 | A | 20 |
| 7/7 | B | 20 |

**Un Enfoque Productivo:
Manufactura Sincronizada**

Sincronizando la Operación

| | | |
|-----|---|----|
| 7/8 | A | 20 |
| 7/8 | B | 20 |
| : | : | : |
| : | : | : |

En la figura se muestra que R2 es el RCR para ambos procesos y que los materiales después de pasar por R2 pasan por R3 y R4 para ambos productos. El tiempo de alistamiento de R2 para ambos productos es de 40 minutos y el tiempo de proceso para ambos productos en R2 es de 11 minutos por pieza.

Cada recurso puede trabajar 480 minutos al día, es decir, un turno de 8 horas.

El tiempo transcurrido entre el RCR y el embarque es de tres días, lo cual incluye el colchón de embarque.

La demanda es de 20 unidades A y 20 unidades B, tal como se mostró en la figura anterior.

Basándose en la distribución de la demanda, se construye un primera cédula tentativa para R2, la cual se muestra a continuación:

| FECHA | PRODUCTO | CANTIDAD | TIEMPO DE ALISTAMIENTO (MINUTOS) | TIEMPO DE CORRIDA (MINUTOS) | TIEMPO TOTAL (MINUTOS) |
|-------|----------|----------|----------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| 7/2 | A | 20 | 40 | 220 | 260 |
| 7/2 | B | 20 | 40 | 220 | 260 |
| 7/3 | A | 20 | 40 | 220 | 260 |
| 7/3 | B | 20 | 40 | 220 | 260 |
| 7/4 | A | 20 | 40 | 220 | 260 |

**Un Enfoque Productivo:
Manufactura Sincronizada**

Sincronizando la Operación

| | | | | | |
|-----|---|----|----|-----|-----|
| 7/4 | B | 20 | 40 | 220 | 260 |
| 7/5 | A | 20 | 40 | 220 | 260 |
| 7/5 | B | 20 | 40 | 220 | 260 |
| : | : | : | : | : | : |
| : | : | : | : | : | : |

Primera Cédula para R2

Un análisis del tiempo total diario empleado muestra que se requieren de $260\text{min} \times 2 = 520\text{ min}$, mientras que sólo se disponen de 480 minutos al día.

El problema surge por lo significativo de los tiempos requeridos para el alistamiento del RCR. El orden de la programación del trabajo debe ser distinta de la cronología de la demanda. La cédula propuesta es la siguiente:

| FECHA | PRODUCTO | CANTIDAD | TIEMPO DE ALISTAMIENTO (MINUTOS) | TIEMPO DE CORRIDA (MINUTOS) | TIEMPO TOTAL (MINUTOS) |
|-------|----------|----------|--|-----------------------------------|------------------------------|
| 7/1 | A | 40 | 40 | 440 | 480 |
| 7/2 | B | 40 | 40 | 440 | 480 |
| 7/3 | B | 40 | 40 | 440 | 480 |
| 7/4 | A | 40 | 40 | 440 | 480 |
| : | : | : | : | : | : |
| : | : | : | : | : | : |

Cédula modificada para R2

**Un Enfoque Productivo:
Manufactura Sincronizada**

Sincronizando la Operación

La cédula de producción de R2 es la base para construir la cédula maestra de producción. la cual queda como sigue:

| FECHA | PRODUCTO | CANTIDAD |
|-------|----------|----------|
| 7/4 | A | 40 |
| 7/5 | B | 40 |
| 7/6 | A | 40 |
| 7/7 | B | 40 |
| : | : | : |

Cédula Maestra

Las 20 piezas A, requeridas para el día 5 se encuentran listas desde el día 4, así como las otras 20 piezas A requeridas para el día 6. Las 20 piezas B requeridas el día 5 estarán a tiempo, así como las 20 piezas B requeridas al día siguiente. Para proteger los ingresos de dinero se ha permitido dejar crecer el inventario de producto terminado, pero el impacto en las medidas de fondo de la empresa se ve beneficiado.

Hay tres elementos que deben definirse al crear la cédula del RCR, estos son

- a) la secuencia de producción
- b) el lote de proceso
- c) el lote de transporte.

El desenvolvimiento de la planta depende de la forma en que se establezcan esos tres criterios.

Es importante remarcar que esos tres elementos son dependientes entre sí.

Análisis del Ritmo de Producción.

La sincronización del flujo de materiales por la planta depende de la forma en que se haya establecido el ritmo de producción. Para evaluar los resultados de las decisiones tomadas se cuenta con una herramienta que permitirá llevar a la práctica el

concepto de mejora continua. Tal herramienta se conoce como "Curva de Desempeño de la Cédula". Esta herramienta permite comparar las fechas comprometidas al cliente contra las fechas obtenidas de la cédula.

La curva se grafica sobre un plano cartesiano, donde el eje X representa la fecha comprometida al cliente y el eje Y representa las fechas propuestas por la cédula.

Si absolutamente todas las fechas de embarque, prometidas y reales coinciden; la gráfica mostrada en los ejes coordenados será una recta de pendiente 1, que nace del origen.

Se da por sentado que la situación descrita arriba no es la habitual en una empresa manufacturera. Algunas órdenes se terminarán con anticipación y otras con retraso, lo que al graficarse se verá como una línea oscilante sobre la línea recta diagonal, tal como se ve en la figura 4.3.

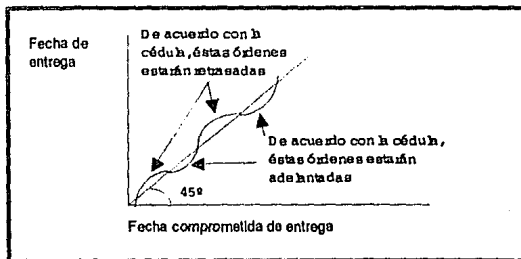


Fig 4.3

Aquellos puntos que caen por encima de la recta diagonal representan aquellas órdenes que de ejecutarse de acuerdo a la cédula estarán retrasadas. Los puntos por debajo de la diagonal representan aquellas órdenes que se terminarán antes de tiempo. La curva descrita es la llamada Curva de Desempeño de la Cédula.

Es importante aclarar que la curva de desempeño de la cédula no maneja fechas reales, sino los propuestos por la cédula. Una vez implementado el sistema Colchón-Cuerda-Tambor se supone que el sistema es capaz de cumplir con lo planeado

La gráfica del desempeño de la cédula es una herramienta de análisis para determinar "el tambor" del sistema

Si la curva no muestra ningún patrón reconocible y se presentan puntos distribuidos en forma aleatoria, se tienen graves problemas de control sobre el sistema, que pueden originarse por una inadecuada secuencia de trabajos, tamaños inadecuados de lotes o una incapacidad del RCR para seguir su cédula. Por otro lado, ciertos patrones preestablecidos pueden ofrecer información valiosa. Las tres características de interés en la curva de desempeño de la cédula son:

- a) La posición de la línea.
- b) La inclinación de la línea.
- c) Las oscilaciones.

La posición de la línea está influenciada por el tamaño de los lotes de transferencia. Una reducción en el tamaño de los lotes de transferencia resultará en un cumplimiento más rápido de la cédula. Al cumplir más prontamente con las fechas de embarque, la gráfica de desempeño de la cédula se moverá hacia abajo y hacia la derecha de la diagonal ideal.

La inclinación y oscilaciones están relacionadas, pues ambas son determinadas por el tamaño de lote de proceso. Al disminuir el tamaño del lote de proceso, las

oscilaciones se harán más pequeñas y la pendiente ascendente de la curva se hará más pronunciada. La explicación se basa en que al disminuir el tamaño del lote de proceso se requieren más alistamientos, por lo que se favorece que la secuencia de operaciones siga a las fechas requeridas por los clientes, lo cual a su vez impide que se sacrifiquen fechas de entrega de órdenes por adelantar otras (que es en sí la oscilación de la curva).

El incremento en el número de alistamientos disminuye el tiempo de proceso disponible en el RCR lo cual a la larga limita la capacidad de generar dinero del sistema.

En el caso de incrementar el tamaño de lote de proceso el efecto es contrario; en el largo plazo se aprovecha al máximo la capacidad de generar recursos para la empresa, mientras que en el corto plazo se tendrán problemas para cumplir con las fechas demandadas por los clientes.

Casos Típicos de la Curva de Desempeño de la Cédula.

Caso 1. Las fechas de terminación de las órdenes presentadas en la figura siguiente muestran un retraso general y uniforme.

El tamaño del lote de transferencia debe reducirse para que el tiempo guía de manufactura también decrezca y la curva, sin modificar su perfil, se acerque a la diagonal ideal. En el caso de que las órdenes estén terminándose con anticipación en forma consistente, el tamaño del lote de transferencia puede aumentarse sin poner en peligro la facultad de generar recursos económicos (Fig. 4.3.a y 4.3.b).

| No. de Orden | Fecha comprometida de entrega | Fecha de entrega |
|--------------|-------------------------------|------------------|
| 101 | 7/1 | 7/8 |
| 109 | 7/8 | 7/12 |
| 115 | 7/12 | 7/17 |
| 120 | 7/19 | 7/21 |
| 126 | 7/24 | 7/30 |
| 132 | 7/27 | 7/30 |

Fig. 4.3.a

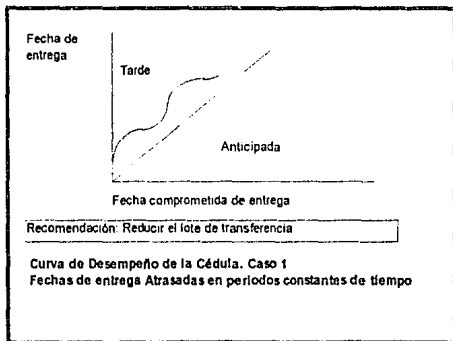


Fig. 4.3.b

Caso 2. En este caso la mayoría de las órdenes se completan a tiempo, pero unas cuantas órdenes llegan tarde a su destino.

Nótese que en las fechas de terminación de la cédula, parece que ciertas órdenes formaran un lote específico de proceso. La curva de desempeño de la cédula se localiza sobre la línea ideal diagonal; sus oscilaciones son muy amplias y en cierta forma parece una escalera. Este efecto es causado por lotes de proceso de mayor tamaño que las cantidades ordenadas.

Las largas corridas garantizan que ciertas órdenes se terminen antes de lo requerido, pero esto sacrifica a otras órdenes que se terminarán con retraso por la cola a la que se les sometió.

Generalmente se completarán más órdenes con anticipación mientras pasa el tiempo, porque un cierto exceso de capacidad en el RCR se combinan con políticas erróneas de planeación. La capacidad del RCR puede dar mejores rendimientos si se reduce el tamaño de lote de proceso, esto podría provocar que se redujera el tamaño del lote de transferencia, que nunca podría ser mayor al de proceso (Fig 4.4.a y 4.4.b).

| No. de Orden | Fecha comprometida de entrega | Fecha de entrega |
|--------------|-------------------------------|------------------|
| 101 | 7/3 | 7/5 |
| 109 | 7/8 | 7/5 |
| 115 | 7/12 | 7/5 |
| 120 | 7/19 | 7/20 |
| 126 | 7/24 | 7/20 |
| 132 | 7/27 | 7/20 |

Fig 4.4.a

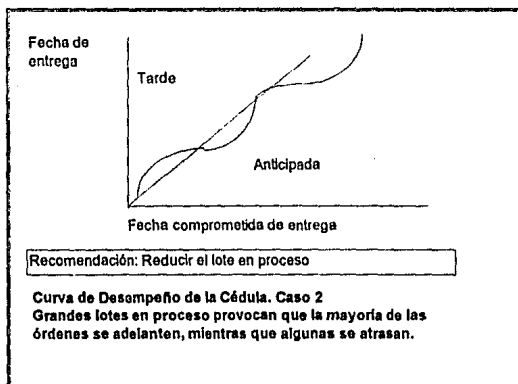


Fig 4.4.b

Caso 3. La terminación de las órdenes se dan con un retraso consistente, además que el desempeño empeora críticamente.

Las oscilaciones son pequeñas, la localización de la curva es por encima de la diagonal ideal y la inclinación hacia arriba se hace más pronunciada con el tiempo. La causa de que la planta sea cada vez menos capaz de cumplir con las fechas de embarque prometidas al cliente indica que la capacidad disponible es menor a lo requerido. Las oscilaciones pequeñas sugieren que el tamaño de los lotes de proceso son similares al tamaño de la orden. La política a seguir debe permitir menos alistamientos en los RCR y así incrementar el tiempo disponible para proceso. En el largo plazo la capacidad de generación de dinero se protegerá, pero las oscilaciones se harán más grandes debido a que los tamaños de orden y lote de proceso no serán iguales (Fig. 4.5.a y 4.5.b).

| No. de Orden | Fecha comprometida de entrega | Fecha de entrega |
|--------------|----------------------------------|---------------------|
| 101 | 7/3 | 7/4 |
| 109 | 7/8 | 7/10 |
| 115 | 7/12 | 7/16 |
| 120 | 7/19 | 7/22 |
| 126 | 7/24 | 7/29 |
| 132 | 7/27 | 8/3 |

Fig 4.5.a

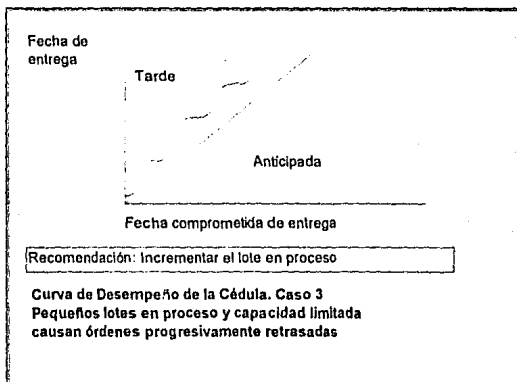


Fig. 4.5.b

Caso 4. *La cédula entrega el producto antes de lo requerido y el efecto se hace más fuerte con el tiempo.*

Las oscilaciones son pequeñas y hay una cierta tendencia hacia abajo. En este caso el proceso tiene un exceso de capacidad. Aún cuando el tamaño de lote de proceso es similar al tamaño de la orden, la producción suele adelantarse al mercado. Los recursos de la planta no están siendo explotados a todo su potencial, y la compañía podría explotar esta cualidad como ventaja competitiva ofreciendo un menor tiempo de entrega. Podrían también reducirse los tamaños de los lotes de proceso (Fig. 4.6.a y 4.6.b)

| No. de Orden | Fecha comprometida de entrega | Fecha de entrega |
|--------------|-------------------------------|------------------|
| 101 | 7/3 | 6/29 |
| 109 | 7/8 | 7/4 |
| 115 | 7/12 | 7/7 |
| 120 | 7/19 | 7/14 |
| 128 | 7/24 | 7/18 |
| 132 | 7/27 | 7/22 |

Fig. 4.6.a

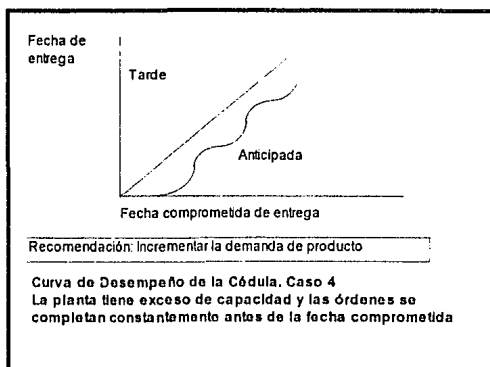


Fig. 4.6.b

Caso 5. Las fechas de terminación de la cédula están retrasadas respecto a las fechas deseadas por los clientes y la situación empeora con el tiempo.

La curva de desempeño de la cédula tiene grandes oscilaciones y progresivamente se inclina hacia arriba. En este caso un verdadero cuello de botella se ha presentado.

Las largas oscilaciones indican que el tamaño del lote de proceso es demasiado grande en comparación con el tamaño de las órdenes, pero aún así no hay capacidad para responder al mercado. Una acción a tomar es aumentar realmente la capacidad del cuello de botella.

| No. de Orden | Fecha comprometida de entrega | Fecha de entrega |
|--------------|-------------------------------|------------------|
| 101 | 7/3 | 7/14 |
| 109 | 7/8 | 7/14 |
| 115 | 7/12 | 7/14 |
| 120 | 7/19 | 7/31 |
| 126 | 7/24 | 7/31 |
| 132 | 7/27 | 7/31 |

Fig. 4.7.a

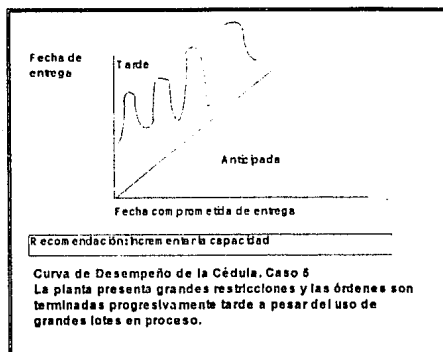


Fig. 4.7.b

El Colchón de Tiempo

Es evidente que cualquier interrupción en el proceso productivo tiene algún impacto en el desempeño del centro de trabajo afectado; pero debe quedar claramente entendido que no todas las interrupciones tienen el mismo peso para el desempeño global de la empresa.

Una interrupción en un No-RCR podría afectar el tiempo en el que la parte o material sea procesada por varios de los centros de trabajo, pero no impactará directamente en la cantidad de producto terminado y por ende en la cantidad de dinero generada (CDG); esto por supuesto, si la duración de la interrupción no es mayor que los colchones de tiempo, como se tratará más adelante.

Por otro lado, una interrupción en un RCR o cuello de botella tendrá un impacto significativo en el tiempo y cantidad producida y por lo tanto en la CDG de toda la planta.

Localización del Colchón de Tiempo

Por medio del estudio de un sencillo caso se explicará la técnica para localizar el colchón de tiempo. La figura siguiente muestra la secuencia de cinco operaciones de producción de algún bien y su embarque. Se tiene una orden de un cliente por diez piezas, la cual requiere 40 horas de trabajo. Supóngase que ningún proceso es un RCR y que el comienzo de los trabajos se programa 40 horas antes de la fecha prometida de entrega.

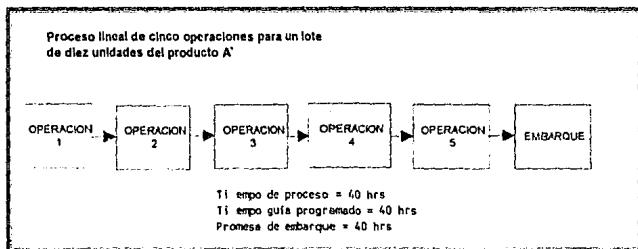


Fig 4.8

Como es evidente, cualquier interrupción en la producción hará que la fecha real de embarque se retrase y probablemente se cancele la orden.

Ahora supóngase que por seguridad se programa el comienzo de la producción 20 horas antes de lo establecido anteriormente, es decir, en total se comienza 60 horas antes de la fecha prometida de embarque. (40 horas de proceso y 20 de protección).

Se pudiera pensar que el pedido podría estar a tiempo siempre y cuando cualquier interrupción dure menos de las 20 horas de protección. Se demostrará que esto no es necesariamente cierto.

Una forma de colocar el colchón de protección de tiempo de 20 horas es

proveer a cada proceso con 4 horas de protección. Esto se ilustra en la figura 4.8 bis.

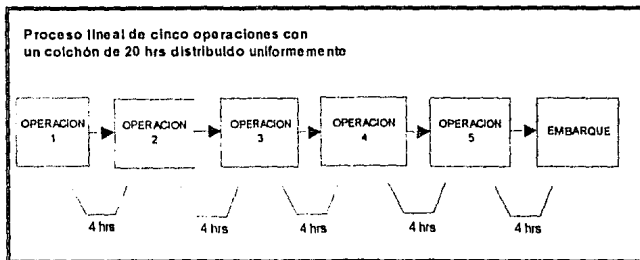


Fig 4.8 bis

Con el sistema protegido en esta forma se tiene que las primeras cuatro operaciones terminarán su trabajo cuatro horas antes de que la siguiente estación tenga programado continuar con el proceso. La última operación está programada para terminar su trabajo cuatro horas antes del embarque. Cualquier falla de menos de cuatro horas puede ser absorbida por cualquier estación de trabajo sin afectar la programación del siguiente paso. Ahora supóngase que se tiene una falla de consideración que toma 12 horas de reparación en la estación uno. Descontando el colchón de 4 horas, la estación dos comenzará su trabajo con ocho horas de atraso, la operación tres comenzará con un retraso de 4 horas y la estación cuatro, gracias al colchón que tiene antes, comenzará su operación a tiempo; lo que permite, sólo si no se presenta otra falla, entregar el pedido a tiempo. ¿Qué pasaría si la falla de 12 horas se hubiese presentado en la estación cinco? El embarque hubiera salido con 8 horas de atraso. Nótese que la falla de 12 horas es menor que la magnitud total del colchón de 20 horas. Esta manera de distribuir el colchón ha provado ser vulnerable.

La forma estratégica de localizar el colchón es poniéndolo todo entre la operación cinco y el embarque. De esta forma se pueden absorber todas las fallas del

sistema, no importando en que etapa se den, mientras que no totalicen más de 20 horas y seguir embarcando a tiempo.

La diferencia de fondo entre las dos formas antes expuestas de colocar el colchón de tiempo es que no se debe buscar la protección de cada operación como una localidad independiente, sino del sistema como una sola unidad. (Se debe recordar que en el ejemplo no existían cuellos de botella ni RCR y la única restricción era la fecha prometida de embarque).

Las plantas manufactureras que posean algún RCR necesitan una distribución del colchón de tiempo un poco más elaborada. Cuando se presenten uno o varios RCR en la planta no sólo debe protegerse el embarque, sino también cualquier RCR.

Supóngase para el ejemplo analizado que la operación 3 es un RCR. Para proteger la CDG del sistema se colocarán colchones de 10 horas antes de la operación 3 y del embarque.

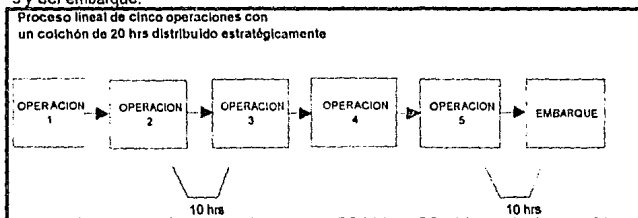


Fig 4.9

Los principios generales que indican la localización de los colchones son:

- Concentrar la protección antes de las operaciones críticas (RCR, cuellos de botella y embarque) y no en el origen de los problemas.*
- Un alto grado de protección sólo se logra con inventario de las partes o materiales correctos, en el momento correcto y antes de las operaciones correctas.*
- El inventario localizado en cualquier otra parte va en contra de la meta de*

la empresa.

Las reglas para ubicar los colchones de tiempo son:

- 1) Frente a los RCR**
- 2) En puntos de ensamble y/o convergencia**
- 3) En áreas de embarque**

Estos principios de localización de colchones de tiempo dan la pauta para establecer tres reglas de ubicación de los colchones de tiempo: 1) Enfrente de cualquier recurso de capacidad restringida, 2) En puntos de ensamble y/o convergencia, donde hay partes que fueron procesadas por un RCR, y 3) En las áreas de embarque de producto terminado.

Regla No 1. La necesidad de un colchón frente al RCR es obvia: mantenerlo trabajando pese a las fallas normales en cualquier parte del proceso antes de la restricción. Esta regla evita las faltas de suministro.

La forma de elaborar la distribución de un colchón de un RCR es sencilla. En una gráfica de absisas y ordenadas, donde ambos ejes tienen unidades de tiempo, se coloca en la coordenada adecuada la operación a realizarse. El eje de las absisas representa el horizonte del colchón, es decir, la duración del mismo; habitualmente serán horas, turnos o días. El eje de las ordenadas representa las fracciones de las unidades del eje X. Por ejemplo, si una unidad del eje X es un día, el eje Y estará dividido en ocho horas, representándose en él la disposición de los materiales como si fuese un gráfico de Gantt vertical, siendo además coherente con la cédula de trabajo del RCR. A continuación se muestra un colchón de diez horas, que debe recibir los materiales C1 y C2 en la secuencia mostrada. Los "agujeros" en el colchón, es decir los faltantes, se representan con un signo menos.

| | | TIEMPO (HRS) | | | | | | | | | |
|-----------------|----------|--------------|----|----------|-----|-----|----|----------|----|-----|-----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| TIEMPO (min) | 60 | C1 | C1 | C1 | -C1 | C2 | C2 | C2 | C2 | -C1 | -C1 |
| | | C1 | C1 | C1 | -C1 | C2 | C2 | C2 | C2 | -C1 | -C1 |
| | 45 | C1 | C1 | C1 | -C1 | C2 | C2 | C2 | C2 | -C1 | -C1 |
| | | C1 | C1 | C1 | -C1 | C2 | C2 | C2 | C2 | -C1 | -C1 |
| | 30 | C1 | C1 | C1 | C1 | -C1 | C2 | C2 | C2 | -C1 | -C1 |
| | | C1 | C1 | C1 | C1 | -C1 | C2 | C2 | C2 | -C1 | -C1 |
| | 15 | C1 | C1 | C1 | C1 | -C1 | C2 | C2 | C2 | C2 | -C1 |
| | | C1 | C1 | C1 | C1 | -C1 | C2 | C2 | C2 | C2 | -C1 |
| | REGION 1 | | | REGION 2 | | | | REGION 3 | | | |

Fig 4.10. Distribución Típica de un colchón en un RCR

Regla No. 2. La segunda regla asegura que cuando una parte o material ya trabajada por el RCR llegue a un esamble, el flujo uniforme no se pierda porque los demás materiales no estén disponibles. La segunda regla se concibe para evitar bloqueos. La representación gráfica de un colchón de ensamble es distinta de la de un colchón para un RCR.

El eje de las abscisas seguirá teniendo unidades de tiempo que representen el horizonte del colchón. El eje de las ordenadas se expresará en unidades de producto, ya sean piezas, ensambles o kilogramos de un material particular. Este eje no tiene unidades de tiempo porque el tiempo mismo que dura el proceso de ensamble no es relevante ya que no es la restricción (en todo caso el tiempo guía de manufactura está dado esencialmente por el tiempo acumulado de los colchones y no del proceso). Lo realmente importante en un recurso No-RCR es que trabaje subordinado al RCR.

A continuación se muestra un caso hipotético de un colchón de ensamble, que requiere las piezas A y B.

| | | TIEMPO HRS. | | | | | | | | | |
|----------|----|-------------|----------|----|---|----------|---|---|----------|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| UNIDADES | 16 | | | | | | | | | | |
| | 14 | | | | | | | | | | |
| | 12 | | | | | | B | | | | |
| | 10 | | | | | | B | | | | |
| | 8 | | | -A | | | B | | | -A | |
| | 6 | | | -A | | | B | | | -A | |
| | 4 | | | A | | | B | | | -A | |
| | 2 | | | A | | | B | | | -A | |
| | | | REGION 1 | | | REGION 2 | | | REGION 3 | | |

Fig 4.11

Regla No. 3. La tercera regla asegura un alto desempeño en la satisfacción de las órdenes y sincroniza el flujo de todas aquellas partes o materiales que no tienen paso a través de un RCR. La representación gráfica del colchón de embarques es similar a la del colchón de ensamble. El eje X está dado en unidades de tiempo, que representarán el horizonte del colchón. Por este eje se sabrán las fechas prometidas de embarque mientras que el eje Y está dado en unidades de producto terminado. La razón para no expresar el eje Y en unidades de tiempo es que el embarque no es en sí un proceso que se mida a través del tiempo, sino en un instante dado.

Tamaño del Colchón

Una vez identificados los puntos estratégicos donde serán localizados los colchones, queda pendiente la cuestión de determinar el tamaño de los mismos. El punto de partida para determinar el tamaño adecuado es continuar con el mismo razonamiento que sirve de fundamento para la Teoría de Restricciones: la mejora continúa.

Si un RCR constantemente sufre faltas de suministro, el tamaño del colchón

debe incrementarse. Si la cédula del RCR sufre correcciones continuas por órdenes perdidas, también deberá aumentarse el tamaño del colchón. Si los embarques son retrasados con frecuencia por órdenes incompletas, lo más evidente es aumentar el tamaño del colchón. Con esta acción lo que realmente se hace es hacer que las órdenes se terminen con mayor anticipación.

De forma contraria debe analizarse el caso de la planta donde el flujo de materiales en la mayoría de las veces cumple con lo planeado y la tasa de generación de dinero nunca se ve amenazada; es evidente que hay un exceso de protección en el colchón. Aunque esta posición es muy cómoda, se eleva la cantidad de inventario con las consecuencias negativas que esto tiene para el desempeño competitivo de la empresa.

La aparente impresión o empirismo para llegar al tamaño de colchón adecuado puede comprenderse recordando que el proceso presentado se mueve dentro de un marco de mejora continua, por lo que no es imprescindible obtener la mejor solución al primer intento, lo realmente esencial es ser capaz de mejorar la solución anterior.

Como regla práctica se sugiere que en un principio el tamaño total del colchón del sistema sea de la mitad del tiempo guía dedicado a la manufactura. Las ventajas de esta regla son:

1. Se provee de una protección suficiente para hacer promesas confiables de fechas de entregas.
2. Reconoce la necesidad de reducir el tiempo guía como ventaja competitiva.

El primer punto casi se explica por sí mismo, pero el segundo requiere detallarse con mayor profundidad. La razón básica es que la mayor parte del tiempo

guía de un producto manufacturado se pasa en las colas de las diversas estaciones de trabajo. En el sistema Tambor-Cuerda-Colchón, las únicas colas son las planeadas en los colchones, no debe haber ninguna otra, y de llegar a formarse una antes de un No-RCR, ésta afectará el nivel de inventario pero no de la CDG. Como el tiempo de espera se reduce, con éste también el tiempo guía de la orden.

Es muy importante enfatizar la diferencia que existe entre un colchón de tiempo y un inventario de seguridad (stock). El colchón de tiempo está diseñado para proteger la Cantidad de Dinero Generada (CDG) de las interrupciones que existen en un ambiente de manufactura. El inventario de seguridad (stock) se diseñó para mejorar la respuesta del negocio a la demanda del mercado. Esto se logra manteniendo inventarios de producto terminado o parcialmente terminado, con el propósito de la anticipación de la demanda. Con esto se logra responder a una orden de compra en un lapso menor al tiempo guía de manufactura. Debe notarse que ambos tipos de colchones tienen objetivos y unidad de medición distintos.

Administración del Colchón de Tiempo.

El adecuado manejo del colchón de tiempo, acompañado de un análisis de su contenido dinámico, hará posible tener un control más enfocado del flujo de materiales, así como señalar los puntos que demanden mayor atención.

La administración del colchón comienza con la comparación de su contenido planeado contra el real, identificándose las partes faltantes. Haciendo un rastreo de la parte o material faltante se puede encontrar el origen de la ruptura del flujo sincronizado.

Una clasificación de los orígenes de la ruptura permitirá a la gerencia de producción hacer un cálculo del tamaño y costo de la fallas de una causa específica. Dicho cálculo, que puede generar un "índice de ruptura", es útil para enfocar los esfuerzos de mejora y así atacar los problemas más críticos que afectan el flujo de

materiales a través del RCR y por ende la consecución de la meta de la empresa.

La administración del colchón se logra de la siguiente forma: una vez establecido el tamaño del mismo, medido en tiempo, se divide en tres secciones. Por ejemplo, si un colchón mide tres días de trabajo, cada día puede representar una sección; así pues, al comienzo de la semana antes del RCR se deberá encontrar el material para trabajar el lunes, martes y miércoles. El seccionar el colchón sirve para crear el perfil de éste. El perfil ideal muestra que los materiales de la primera sección, es decir, aquellos que serán procesados inmediatamente, se encuentran disponibles en su totalidad, los materiales de la segunda sección, es decir, aquellos que en plan maestro de producción siguen en prioridad a los de la primera sección, deberán estar disponibles en su mayoría, pero nunca completos. Sólo algunos de los materiales de la tercera sección deberán de haber llegado al colchón y ningún material no programado en el colchón deberá estar presente en el mismo, pues invertir tiempo del RCR en un trabajo no programado es un daño directo a la CDG.

Los materiales faltantes en el colchón se conocen como "hoyos". La existencia de cualquier hoyo indica que el material se encuentra detenido en una operación precedente.

La programación de un colchón se puede simbolizar mediante la siguiente gráfica:

El eje Y muestra las horas de trabajo disponibles en el RCR y el eje X muestra el tamaño y las secciones del colchón.

El análisis del colchón es útil, como se dijo con anterioridad, para hacer un monitoreo de todo el proceso productivo. Hay cuatro perfiles básicos del colchón que serán la base del monitoreo propuesto.

Las figuras 4.12 a 4.15 ilustran estos casos.: las áreas en blanco representan el contenido planeado del colchón, mientras que las áreas sombreadas representan el contenido real del colchón.

Perfil 1. (Fig. 412) El colchón casi lleno muestra que se está invirtiendo demasiado en

seguridad y el colchón es por lo tanto muy grande. Por otro lado la información proporcionada por el colchón acerca de las causas de ruptura del flujo es pobre, de tal manera que no se pueden enfocar adecuadamente los esfuerzos de mejora.

| | | |
|-----|-----|-----|
| | 107 | |
| 104 | | 111 |
| 103 | | 110 |
| 102 | | 109 |
| | 106 | |
| 101 | 105 | 108 |

Días 1 2 3
Estatus: Poca información acerca de interrupciones
Acción: Reducir el tamaño del colchón

Fig 4.12

Perfil 2. (fig. 4.13) La protección que provee este colchón es inadecuada. Idealmente la primera sección deberá estar del 95% al 100% respecto a lo planeado. Las partes faltantes de la primera sección deben expedirse para mantener trabajando al RCR. La acción inmediata es aumentar el tamaño del colchón hasta que la cantidad de materiales existentes en el colchón alcance a llenar la primera sección y el riesgo de daño a la CDG se minimice.

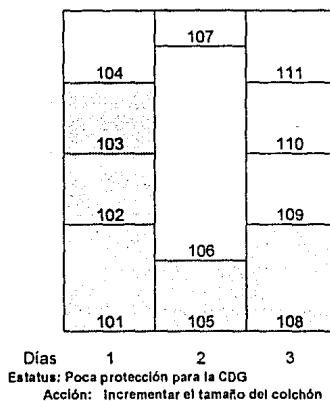


Fig 4.13

Perfil 3. (fig 4.14) En este perfil los materiales requeridos por el RCR se encuentran disponibles, pero hay otros materiales no programados presentes. Es la clara muestra de que se están liberando materiales en exceso al piso y estos llegan al colchón antes de tiempo, creando un mayor inventario en proceso. La política debe ser disciplinar la operación de liberación de material.

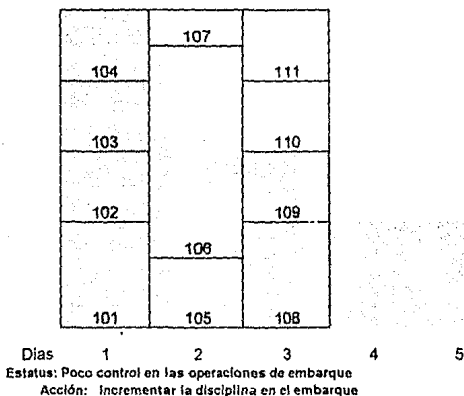


Fig 4.14

Perfil 4. (fig 4.15) Este es el perfil adecuado del colchón de tiempo. La información y protección provistas por este colchón están balanceadas, permitiendo tomar las acciones correctivas necesarias para mantener la CDG. Este perfil debe mantenerse pese a la naturaleza dinámica de su contenido, lo cual quiere decir que los materiales encontrados hoy en el colchón son distintos de los que mañana deberán haber.

| | | |
|-----|-----|-----|
| | 107 | |
| 104 | | 111 |
| 103 | | 110 |
| 102 | | 109 |
| | | 106 |
| 101 | 105 | 108 |

Días 1 2 3
 Estatus: Provee información y protección
 Acción: Encontrar y eliminar los motivos de interrupción

Fig 4.15

La prioridad de las acciones correctivas se determina mediante el cálculo del "índice de ruptura". El primer paso es encontrar los materiales faltantes en los hoyos del colchón. Comúnmente se encontrarán estacionados en la operación que origina las rupturas de flujo. No debe descartarse la posibilidad de que la falta de suministro la provoque un proveedor externo. El segundo paso es obtener Y, que es el número de horas que el RCR deberá gastar en procesar las diversas partes o materiales faltantes. Este parámetro refleja la magnitud del daño que será causado de no llegar a tiempo el material al colchón. El tercer paso es determinar W, el tiempo disponible antes de que el RCR sea impactado por la falta de cada material. El cuarto paso es determinar P, el tiempo de proceso, o entrega, requerido antes de que cada material faltante pueda llegar al RCR. Una fórmula tentativa de cálculo del factor de ruptura puede ser:

$$\text{Factor de Ruptura} = (Y + P) / W.$$

Este cálculo se hará para cada hoyo del colchón y se sumarán clasificándose por causa (operación o proveedor). De esta forma se puede construir un diagrama de pareto que muestre el punto que contribuye en mayor grado a interrumpir el flujo de materiales, dando la pauta para concentrar las acciones correctivas. Aquí pueden aplicarse una gran variedad de técnicas propias de Calidad Total.

La adecuada administración de los colchones de tiempo proporciona en primera instancia la protección necesaria al sistema para operar en forma continua y sincronizada. Su adecuado análisis refleja las debilidades del proceso productivo, permitiendo concentrar los esfuerzos de mantenimiento, calidad y entrenamiento en los puntos críticos, convirtiendo al sistema tambor-cuerda-colchón en una poderosa herramienta gerencial.

La Cuerda.

Una vez establecido el ritmo al que ha de trabajar el sistema y de protegerlo con los colchones adecuados, solo hace falta establecer el medio de comunicación que enlace a cada centro de trabajo y haga posible la sincronización con la cédula maestra de producción. Esta vía de comunicación es la cuerda.

"La cuerda" es el medio por el cual se logra la sincronización en el proceso

Existen dos factores clave que se tomarán en cuenta al desarrollar la cuerda. El primero es que la información comunicada sea significativa para el receptor. De nada sirve comunicar algo ya sabido, además la información debe ayudar al receptor a actuar efectivamente. El segundo factor clave es que no es necesario llevar un control

estricto sobre todos los recursos para cumplir con la cédula. No significa esto que la gerencia se olvide de todos los detalles, sino solamente que concentre efectivamente sus esfuerzos en aquellos pocos puntos críticos que determinan el comportamiento general del sistema.

El problema básico de control de la planta es asegurarse que cada centro ejecute su trabajo en la secuencia correcta. El tiempo preciso en que cada centro debe hacer las diferentes tareas no debe ser el principal foco de atención, salvo para aquellos centros que sean inmediatamente precedidos por un colchón.

La manera más sencilla y tal vez la más efectiva de asegurarse que cada centro ejecuta las tareas adecuadas, es procurando que sólo tenga disponibles los materiales indicados, eliminando así la oportunidad de error. La esencia de este método de control es distinta de aquellos métodos que pretenden controlar la secuencia de producción mediante una lista de prioridades. Debido a que la cantidad de materiales disponibles en los centros de trabajo es función de la liberación de materiales al piso, esta última operación debe ser estrictamente controlada. La cédula de surtido de materiales al piso debe incluir la clase de materiales o partes a surtir, la cantidad y la fecha y/u hora.

En un sistema cuerda-tambor-colchón, todos los materiales que lleguen a cierta estación de trabajo estarán a tiempo o retrasados, exceptuando cuando llegan a un colchón; en cualquier caso el trabajo debe empezarse tan pronto como sea posible.

Debido a que el tiempo guía de manufactura e inventario en proceso se deben haber reducido, será raro que haya más de un lote disponible para procesar. En caso contrario se usará la lista de liberación para establecer prioridades.

En un proceso lineal, el control básicamente se reduce a la liberación de materiales. En procesos con ramificaciones, la mera liberación de materiales al piso no suele ser suficiente modo de control, por lo que puntos adicionales de control serán establecidos en la planta.

Puntos de Programación.

En un sistema tambor-colchón-cuerda, cualquier estación que sea necesario controlar para mantener el flujo de materiales o partes sincronizado será un "punto de programación".

Los puntos de programación poseen la característica de ser fácilmente activados pero no utilizados. Estos puntos no deben abundar y deben identificarse claramente.

Las cuatro clases de puntos de programación que existen en la manufactura son:

1. Puntos de liberación de materiales.
2. Recursos de capacidad retringida (RCR).
3. Puntos de divergencia.
4. Puntos de ensamble.

No importa que tan compleja o sencilla sea una planta, la liberación de materiales al piso debe estar siempre cuidadosamente programada, pues la existencia de materiales dentro del proceso depende de la entrada de los mismos.

Como se ha postulado constantemente en el presente trabajo, la operación de los RCR es crítica para el sistema entero; así pues se comprende que el flujo de materiales en un RCR estará cuidadosamente programado.

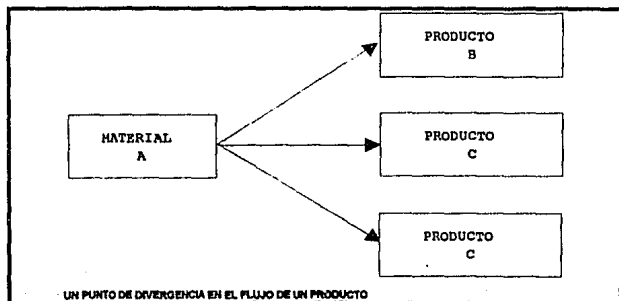


Fig 4.18

Los puntos de divergencia, como se ilustra en la figura 4.16 son aquellos en que los materiales pueden ser procesados en diferentes productos. El saber la cantidad producida de cada variedad es crucial para evitar la activación sin utilización del recurso en cuestión y crear productos sobrantes en el sistema. Aún cuando el horario de producción en un punto de divergencia está determinado por la disponibilidad de materiales, la cédula otorgada a este punto debe especificar la secuencia de trabajo.

Las operación de ensamble se muestra en la figura 4.17 La disponibilidad de materiales no es suficiente para mantener el control del proceso. Una gran cantidad de partes son empleadas y los operadores, ya sean los de la línea o surtidores, deberán asegurarse que las partes requeridas estén disponibles y así crear la versión del producto deseada.

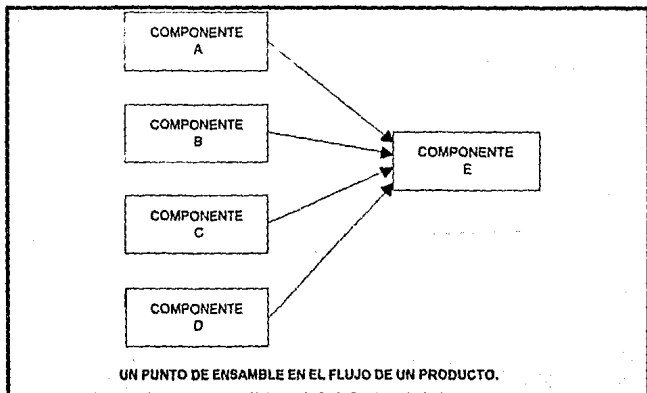


Fig 4.17

Se reafirma la idea de que sólo los puntos de programación recibirán un control estricto. Todos los no-puntos de programación no deben distraer la atención requerida en otras áreas críticas para la operación. Las reglas que gobernarán los no-puntos de programación se reducen a una secuencia de "primeras entradas/primeras salidas" (conocido por las siglas del nombre en inglés First Inputs, First Outputs: FIFO).

La Cédula en un Punto de Programación

Una vez identificados los puntos de programación, queda pendiente determinar el momento de la liberación de materiales y los tamaños de lote de proceso y transferencia.

El momento exacto de la liberación de materiales a cualquier centro de trabajo está determinado por la cantidad de tiempo requerido para procesar el material y que llegue al siguiente punto de programación. La lógica empleada es similar a la del MRP, salvo por los principios de la Manufactura Sincronizada. La cantidad de tiempo requerida por el proceso o tiempo guía de manufactura, depende de la elección de los lotes de transferencia y proceso.

El tamaño del lote de proceso está determinado por la cédula maestra de producción, la cual se generó al establecer el ritmo de producción (tambor), por lo que en este punto el lote de proceso es una constante y no una variable.

El tamaño del lote de transferencia es la variable más importante que se soluciona en esta etapa. Los lotes de transferencia pequeños favorecen un flujo de materiales más uniforme y rápido, reducen los niveles de inventario y disminuyen el tiempo guía. Por otro lado, las operaciones de transporte serán más frecuentes, lo que directamente impacta en los gastos de operación.

La selección adecuada no depende de aplicar un modelo de tamaño económico de lote, pues los factores que añaden una real ventaja competitiva no son comprendidos en el algoritmo. En última instancia la decisión se tomará según el

impacto causado en la CDG, inventarios y gastos operativos, en ese orden.

El siguiente es un ejemplo para mostrar el impacto de la decisión del tamaño del lote de transferencia. La figura 4.18 muestra un proceso lineal de cuatro etapas secuenciales, que se llevan a cabo en los centros R1, R2, R3 y R4.

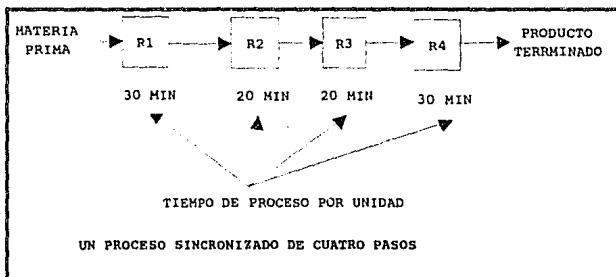


Fig. 4.18

Los tiempos de proceso por recurso o centro son 30, 20, 20 y 30 minutos respectivamente. La cédula maestra de producción estipula un lote de proceso de 30 unidades. Si el lote de transferencia es igual al lote de proceso, entonces el lote requerirá 15 horas de proceso en el recurso R1 antes que las 30 piezas sean llevadas al recurso R2, donde continúan 10 horas de proceso, seguido de 10 horas en R3 y 15 horas en R4. El lote se programa para terminarse 50 horas después de que el material se liberó en el piso. La siguiente tabla resume los movimientos:

LOTE DE PROCESO = LOTE DE TRANSFERENCIA = 30 UNIDADES.

| RECURSO | TIEMPO DE INICIO | TIEMPO DE TERMINO |
|---------|------------------|-------------------|
| R1 | 00 HRS | 15 HRS |
| R2 | 15 HRS | 25 HRS |
| R3 | 25 HRS | 35 HRS |
| R4 | 35 HRS | 50 HRS |

Considérese ahora que el lote de transferencia es reducido a 6 unidades: se formarán 5 lotes de transferencia de 6 piezas cada uno para mover todo el lote del proceso. El primer lote de transferencia tarda 3 horas en estar en el R2. El último lote de 6 unidades se completa en R1 y entra en R2 después de 15 horas, este mismo último lote de transferencia estará llegando a R3 en 17 horas para terminar a las 19 horas de haberse liberado el material. La última pieza de ambos lotes, transferencia y proceso, estará saliendo de R4 a las 22 horas de que la primera pieza del lote de proceso llegó a R1. Esto implica una mejora de 28 horas en el tiempo guía de manufactura, menos del 50% del tiempo original; sin contar con la posibilidad de hacer entregas parciales, es fácil ver que el verdadero impacto de la decisión del tamaño de lote de transferencia se debe buscar en la ventaja competitiva lograda. -Para completar el panorama comparativo, analicase la siguiente tabla:

| RECURSO | COMIENZO | TERMINO | COMIENZO | TERMINO | COMIENZO | TERMINO |
|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|
| R1 | 00 HRS | 03 HRS | 03 HRS | 06 HRS | 12 HRS | 15 HRS |
| R2 | 03 HRS | 05 HRS | 06 HRS | 08 HRS | 15 HRS | 17 HRS |
| R3 | 05 HRS | 07 HRS | 08 HRS | 10 HRS | 17 HRS | 19 HRS |
| R4 | 07 HRS | 10 HRS | 10 HRS | 13 HRS | 19 HRS | 22 HRS |

Ejemplo del Sistema Tambor-Cuerda-Colchón

Una vez comprendida la función de cada elemento del sistema, se expone un ejemplo integral del funcionamiento del mismo.

Supóngase una planta industrial que es capaz de producir los productos: A y B. Ambos son procesados por los recursos R1, R2, R3, R4 y R5. Cada recurso dispone de 8 horas al día, es decir 480 minutos. El tiempo guía de manufactura actual es de tres semanas para ambos productos. La demanda, secuencias, tiempos de

alistamiento y de proceso se enlistan en las tablas siguientes:

A) DEMANDA DEL CLIENTE

| FECHA | PRODUCTO | CANTIDAD |
|-------|----------|----------|
| 6/26 | A | 10 |
| 6/28 | B | 5 |
| 6/27 | A | 10 |
| 6/27 | B | 5 |
| 6/28 | A | 10 |
| 6/ 28 | B | 5 |

B) RUTA PARA EL PRODUCTO A

| OPERACION | RECURSO | TIEMPO DE PROCESO POR UNIDAD (MIN) | TIEMPO DE ALISTAMIENTO (MIN) |
|-----------|---------|------------------------------------|------------------------------|
| 010 | R1 | 25 | 15 |
| 020 | R2 | 20 | 60 |
| 030 | R3 | 20 | 00 |
| 040 | R4 | 30 | 30 |
| 050 | R5 | 20 | 00 |

C) RUTA PARA EL PRODUCTO B

| OPERACION | RECURSO | TIEMPO DE PROCESO POR UNIDAD (MIN) | TIEMPO DE ALISTAMIENTO (MIN) |
|-----------|---------|------------------------------------|------------------------------|
| 010 | R1 | 25 | 15 |
| 020 | R2 | 30 | 60 |
| 030 | R3 | 25 | 00 |
| 040 | R4 | 30 | 30 |
| 050 | R5 | 40 | 00 |

El propósito es sincronizar la operación para asegurar que la cantidad de dinero generada (CDG) sea la máxima posible.

Por un análisis de la tabla de rutas de materiales, se identifica el recurso R4 como el RCR. Este sistema necesita dos colchones, uno ubicado frente a R4, el RCR, y otro en embarques. Como se recomendó anteriormente, una primera aproximación aceptable para el tamaño total de colchón es la mitad del tiempo guía. Al ser de tres semanas para ambos productos, es decir quince días laborables, se establece como colchón total un tiempo de seis días. Este colchón se reparte en tres días frente a R4 y tres días frente a embarques (Fig. 4.19).

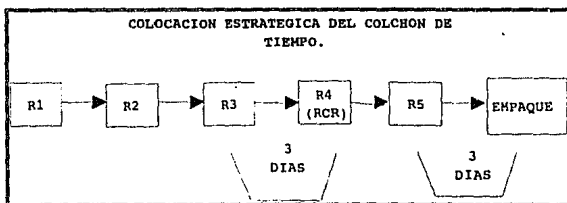


Fig 4.19

El tambor para el proceso descrito se establece de la siguiente forma:

CONVERSION DE LA DEMANDA EN CEDULA DEL RCR.

| FECHA | PRODUCTO | No. DE OPERACION | CANTIDAD | CORRIDA (min) | ALISTAMIENTO (min) |
|-------|----------|------------------|----------|---------------|--------------------|
| 8/22 | A | 040 | 10 | 300 | 30 |
| 8/22 | B | 040 | 5 | 150 | 30 |
| 8/23 | A | 040 | 10 | 300 | 30 |
| 8/23 | B | 040 | 5 | 150 | 30 |
| 8/24 | A | 040 | 10 | 300 | 30 |
| 8/24 | B | 040 | 5 | 150 | 30 |

El siguiente paso es establecer el ritmo de producción. Con base en la

demanda se elabora una cédula para R4, la cual luego será la base de la cédula maestra de producción.

Como una primera cédula tentativa para el RCR se tiene:

CEDULA PARA R4

| FECHA | PRODUCTO | NÚMERO DE OPERACION | CANTIDAD | TIEMPO DE OPERACION | TIEMPO DE ALISTAMIENTO |
|-------|----------|---------------------|----------|---------------------|------------------------|
| 6/22 | A | 040 | 10 | 300 | 30 |
| 6/22 | B | 040 | 5 | 150 | 30 |
| 6/23 | A | 040 | 10 | 300 | 30 |
| 6/23 | B | 040 | 5 | 150 | 30 |
| 6/24 | A | 040 | 5 | 300 | 30 |
| 6/24 | B | 040 | 5 | 150 | 30 |

Esta cédula se elaboró en base a la cantidad y cronología de la demanda.

La fecha comprometida para el primer lote de productos A es el día 26, así como para el producto B. El colchón, de tres días antes de embarque pide que los lotes de producto A y B comiencen a llegar desde el día 23, por lo que se programan para estar listos al final del día 22. Aún queda por ajustarse la cédula a la capacidad finita del RCR, la cual es de 480 minutos de trabajo (proceso/alistamiento) al día. El tiempo requerido por la cédula ideal al día es de 510 minutos, 450 de producción y 60 de alistamientos. La forma de disminuir el tiempo consumido por los alistamientos es aumentando el tamaño de lote de proceso, por ejemplo al doble. La cédula resultante es la siguiente:

CEDULA AJUSTADA PARA R4

| FECHA | PRODUCTO | NUMERO DE OPERACION | CANTIDAD | TIEMPO DE OPERACION | TIEMPO DE ALISTAMIENTO |
|-------|----------|---------------------|----------|---------------------|------------------------|
| 6/22 | A | 040 | 15 | 450 | 30 |
| 6/23 | A | 040 | 5 | 150 | 0 |
| 6/23 | B | 040 | 10 | 300 | 30 |
| 6/24 | A | 040 | 15 | 450 | 30 |
| 6/25 | A | 040 | 5 | 150 | 0 |
| 6/25 | B | 040 | 10 | 300 | 30 |

La cédula maestra de producción (para producto terminado) se muestra en la siguiente tabla. Esta cédula incluye los tres días de colchón antes de embarque y el tiempo requerido para completar el recorrido desde el RCR hasta embarque. La programación de producción permite cumplir con las fechas comprometidas con el cliente.

CEDULA MAESTRA DE PRODUCCION

| FECHA | PRODUCTO | CANTIDAD |
|-------|----------|----------|
| 6/26 | A | 20 |
| 6/26 | B | 10 |
| 6/28 | A | 20 |
| 6/28 | B | 10 |
| 6/30 | A | 20 |

Nótese que desde el día 26 queda satisfecha la demanda del día 27 para ambos productos, el día 28 se dispone del material para esa misma fecha y para el día siguiente. Las realidades de la manufactura, en especial el juego central de los RCR, son las causantes de tener que modificar la programación ideal del sistema por una

programación que proteja a capacidad generadora de dinero del sistema.

Las figuras 4.20-21 muestran la diferencia entre la demanda del cliente y la cédula maestra de producción. Cabe hacer notar que ésta última responde a las necesidades de la primera.

TAMBOR PARA EL PROCESO DESCRITO
DERIVACION DE LA CEDULA MAESTRA APARTIR DE
LA CEDULA DEL RCR.

| FECHA | PRODUCTO | CANTIDAD |
|-------|----------|----------|
| 26/6 | A | 20 |
| 26/6 | B | 10 |
| 28/7 | A | 20 |
| 28/7 | B | 10 |
| 30/6 | A | 20 |
| 30/6 | B | 10 |

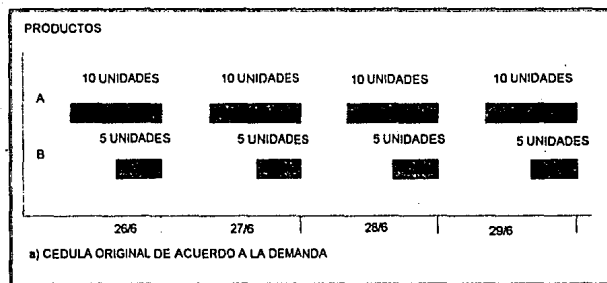


Fig 4.20

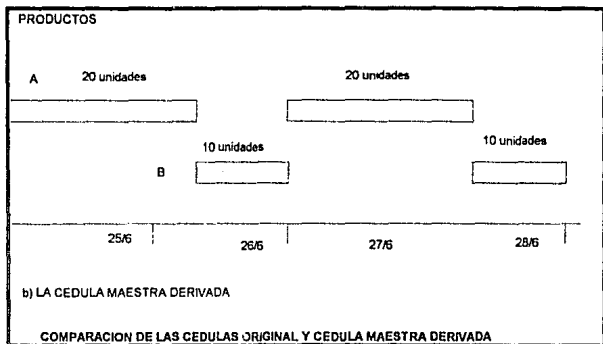


Fig 4.21

| PRODUCTO | CANTIDAD | LIBERACION |
|----------|----------|-------------|
| A | 20 | 15/6 - 0:00 |
| A | 20 | 17/6 - 0:00 |
| B | 10 | 17/6 - 5:15 |
| A | 20 | 19/6 - 0:00 |
| B | 10 | 19/6 - 5:15 |
| . | . | . |
| . | . | . |

**CUERDA PARA EL PROCESO DESCRITO.
 DERIVACION DE LA LIBERACION DE MATERIALES
 QUE SOPORTAN A LA CEDULA MAESTRA.**

Por último se tiende la cuerda que sincroniza a todo el sistema. Los puntos de programación en este ejemplo son el surtido de materiales al piso y R4. En el surtido de materiales se debe poseer la siguiente información esencial: la cantidad de material por surtir y el momento en que se ha de disponer de él. La cantidad de material liberado por lote ya fue decidida al establecer el ritmo de producción: 20 piezas para el producto A y 10 piezas para el producto B.

El tiempo en que deben liberarse los materiales de cada lote se calcula restando a la fecha comprometida de embarque el tiempo guía de manufactura. El tiempo guía de manufactura para 20 piezas del producto A es de 115 minutos de proceso por pieza multiplicados por 20 piezas más 105 minutos de alistamientos; esto es igual a 2,405 minutos o 5 días, más seis días de colchón total, da como resultado once días.

El tiempo guía de 10 piezas del producto B es de 150 minutos de proceso por pieza, por 10 piezas, más 105 minutos de alistamiento, lo cual resulta 1.605 minutos o 3 días 2 horas con 45 minutos, más seis días de colchón de tiempo da 9 días 2 horas y 45 minutos.

También es necesario programar la secuencia de trabajos en R4, pues la instrucción de trabajar en un simple sistema de primeras entradas primeras salidas no es infalible, ya que cualquier irregularidad en el flujo de materiales antes de este punto podría causar que los materiales lleguen en un orden diferente al requerido y así poner en riesgo la cantidad de recursos generados.

Los demás centros de trabajo de la planta pueden trabajar con un sistema de primeras entradas primeras salidas y no afectar el flujo sincronizado de materiales, desde un punto de vista global

A continuación se muestra la programación del surtido de materiales.

**PROGRAMACION DE SURTIDO
DE MATERIALES.**

| PRODUCTO | CANTIDAD | FECHA DE SURTIDO |
|----------|----------|----------------------|
| A | 20 | 6/15 - 0 HRS 00 MIN |
| A | 20 | 6/17 - 0 HRS 00 MIN |
| B | 10 | 6/17 - 5 HRS 15 MIN |
| A | 20 | 6/19 - 0 HRS 00 MIN |
| B | 10 | 6/19 - 5 HRS 15 MIN. |

Si a estas fechas de surtido se le suman sus respectivos tiempos guía, se verá que el producto terminado estará listo en la fecha programada en la cédula maestra de producción. Se comienza con dos lotes del producto A por el tamaño relativo de ambos lotes y porque no había órdenes previas, ya bajo una demanda estable la liberación de materiales para ambos lotes es alternada.

Clasificación de las Operaciones de Manufactura

Las plantas dedicadas a la manufactura de manera general pueden identificarse como aquellas que trabajan con productos básicos, convertidoras, fábricas y ensambladoras.

Las plantas dedicadas a la transformación de recursos básicos tiene como materia prima los recursos naturales para generalmente refinarlos o separarlos en subproductos. Estos subproductos constituyen la entrada de material para las plantas convertidoras, las cuales pueden producir bienes de consumo o bienes para el mercado industrial.

Los fabricantes de igual manera pueden producir bienes de consumo o bienes para el mercado industrial, como los ensambladores, quienes combinan varios componentes para entregar bienes para los consumidores.

Según su estructura las plantas pueden ser "V", "A", "T" o sus combinaciones

Como se ha propuesto desde el principio de esta investigación, el comportamiento de un sistema de manufactura está determinado por unos pocos recursos críticos y su interacción con todo el éste. Las combinaciones más comunes en la manufactura se han tomado como la base de una guía para clasificar las distintas operaciones de una planta. Esta clasificación no excluye la existencia de plantas cuya

representación sea una combinación de las combinaciones elementales.

Las tres clases de plantas son V, A y T.

Plantas Tipo V.

Comúnmente son plantas V las manejadoras de productos básicos, convertidoras y fábricas. Su característica principal es que la interacción entre recursos es de divergencia. Un material en una parte del proceso puede transformarse en dos o más productos subsecuentes en la siguiente etapa. Adicionalmente se tiene estos diferentes productos pueden compartir al mismo recurso.

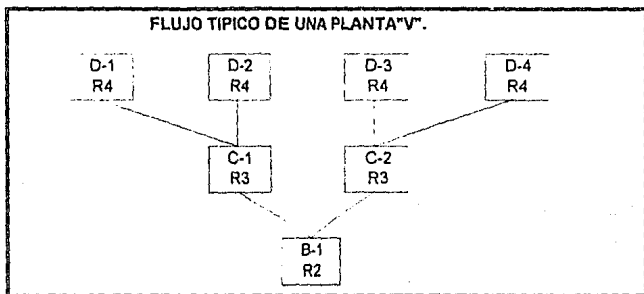


Fig 4.22

Características dominantes de una planta V

- 1.- El número posible de productos terminados es superior al número de materias primas empleadas. Esto se debe a la presencia de puntos de divergencia a lo largo del proceso.
- 2.- Los diferentes productos terminados son producidos esencialmente en la misma forma. La razón es que los productos terminados comparten los mismos recursos a través de su proceso.
- 3.- El equipo y maquinaria son altamente especializados y requieren por lo general una

alta inversión de capital. Debido a que todos los productos terminados pasaron esencialmente por las mismas operaciones repetitivas, es lógica la especialización del equipo; que además suele eliminar mano de obra directa. Por otro lado se sacrifica la flexibilidad.

Problemas comunes de una planta V

Incorrecta ubicación de los materiales. Cada punto de divergencia es una oportunidad para equivocarse en la ruta del material. La planta V, al ser dominada por los puntos de divergencia tiene una alta probabilidad de equivocar la ruta de los materiales y obtener el producto terminado no necesitado por el mercado. Si la planta además no posee cuellos de botella deberá añadirse el sobreinventario de producto terminado o en proceso.

Si existe un cuello de botella o RCR en la planta, puede ocurrir la mala elección de la ruta antes o después de éste. Si ocurre antes, habrá un exceso de inventario frente al cuello de botella el cual trabajará en los productos equivocados. Por satisfacer la cédula maestra de producción, los expeditores pueden interrumpir el flujo de materiales en el cuello de botella.

Si la equivocación en la ruta de materiales se da después del RCR o cuello de botella habrá inventarios de producto terminado no deseado y el RCR tendrá que retrabajar para corregir el error. Todo esto afecta negativamente las medidas operativas del negocio.

La desubicación de materiales en los recursos de la planta no es por descuidos, sino por acciones planeadas de acuerdo a un enfoque de costos localista el cual fuerza a obtener niveles aceptables de activación del equipo y fomenta largos lotes de proceso y traslape de éstos para evitar tiempo gastado en alistamiento. Esto hace excesivos los tiempos guía de manufactura y la violación de las prioridades de los productos. En última instancia el resultado es un mal servicio al cliente y la apariencia

de que la demanda del mercado es impredecible.

Administración de plantas V por Manufactura Sincronizada.

Los elementos que dan la ventaja competitiva a las plantas V son el servicio a clientes y el costo del producto. Estos elementos deben verse a través de las medidas operacionales del negocio: CDG, inventario y gastos operativos. Para mejorar el servicio a clientes debe reducirse el tiempo guía de manufactura, lo cual equivale basado en el contexto de esta investigación a la disminución del inventario en proceso. Esto trae consigo la disminución de gastos de acarreo.

Una vez que los RCR han sido identificados se establece el tamaño de los inventarios de seguridad y colchones de tiempo. Recuérdese que los primeros sirven para responder a la demanda del cliente y los segundos para proteger el flujo de los materiales de las interrupciones normales de una planta. Los colchones de tiempo sólo estarán ubicados antes del RCR y embarques. La cédula maestra de producción será consistente con las capacidades de los RCR. Los puntos de programación serán la liberación de materiales a la planta, puntos de divergencia y RCR.

Plantas Tipo A.

Las plantas A son dominadas por operaciones de ensamble, de tal manera que se caracterizan por producir relativamente pocos productos a partir de una gran variedad de componentes. La manufactura de un televisor es un ejemplo típico en que a partir de cientos de componentes se llega a un único producto final.

Las características dominantes de una planta A son:

- 1.- El ensamble de un gran número de componentes en uno o pocos productos terminados. Los puntos dominantes son los de convergencia.
- 2.- Los componentes son específicos para un modelo final. Tomando como ejemplo el ensamble del televisor, aunque todos llevan un cinescopio éste no es intercambiable

de un modelo a otro. Esta es la propiedad que distingue a las plantas A y T.

3.- Las rutas de producción de cada componente son distintas entre sí. La causa de esto es la misma variedad de componentes de un ensamble. Voviendo al ejemplo del televisor, la ruta de fabricación del cinescopio es muy diferente de la del control de sintonía aunque posteriormente formen parte del mismo subensamble.

4.- Las herramientas y máquinas tienden a ser de propósito general.

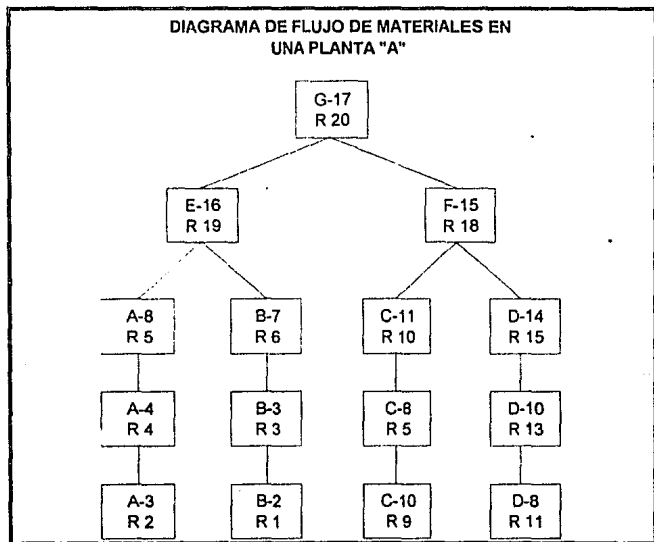


Fig. 4.23

Problemas comunes de una planta A

Una deficiente utilización de sus recursos causada por determinar grandes tamaños de lote de proceso, los cuales pretenden reducir el número de alistamientos, para así lograr una mejor eficiencia local. Los lotes de gran tamaño provocan un flujo de materiales pulsante, es decir, mientras un recurso se encuentra procesando algún material o parte, la estación de trabajo alimentada por este recurso está esperando para poder comenzar con su tarea. Considérese ahora que los puntos de convergencia son característicos de las plantas A y tienen que esperar hasta que todos los componentes se encuentren disponibles para arrancar: el problema se multiplica. Los retrasos causados por procesar grandes lotes provocan el empleo de tiempo extra en las últimas operaciones para cumplir con las fechas de embarque. El mismo flujo pulsante causa la súbita aparición de inventario en proceso frente a cualquier recurso, por lo que aparentemente los cuellos de botella se presentan por toda la planta y no hubiera forma de controlarlos.

Administración de las plantas A por Manufactura Sincronizada.

El frecuente uso de tiempo extra y la pobre utilización de sus recursos ocasiona que los costos de producción se eleven, restando de esta forma la ventaja competitiva de la empresa. La causa de esto es el flujo pulsante (no sincronizado) de los materiales en la planta. La solución es disminuir el tamaño de los lotes de transferencia y proceso.

Para sincronizar la operación se identifican los RCR, que a diferencia de las plantas V, se presentan en mayor número. Los inventarios de seguridad se emplearán para aquellos componentes comunes a los diferentes productos. Los colchones de tiempo se ubicarán antes de los RCR, ensambles y embarque. Los puntos de programación serán la liberación de materiales, puntos de ensamble y RCRs.

Plantas Tipo T.

La característica principal de las planta T es que se logra una gran cantidad de productos terminados diferentes usando partes comunes. Las plantas que operan por familias de productos suelen clasificarse en este rubro.

Características dominantes de una planta T

- 1.- El número de productos terminados puede exceder al número de partes diferentes usadas. El diagrama de flujo de producto se expande en su parte final, por lo que asemeja una T.
- 2.- Frecuentemente trabajan sobre pedido, cada orden con sus características específicas.
- 3.- Los pronósticos de venta por modelo son difíciles de hacer, gracias a la misma variedad disponible.
- 4.- Para obtener capacidad de respuesta al mercado se tienen inventarios de seguridad de las partes empleadas antes del ensamble final.
- 5.- A diferencia de las plantas A, en la planta T los puntos de ensamble son también puntos de divergencia.

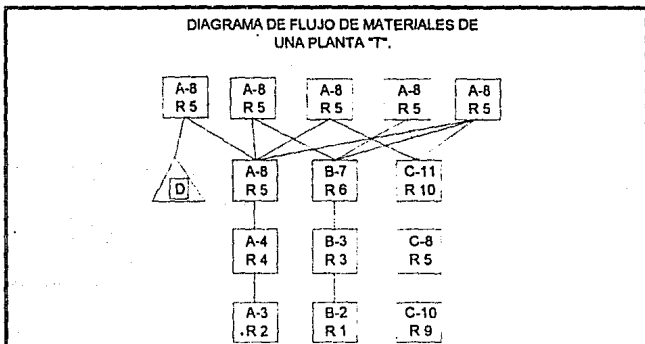


Fig 4.24

Problemas comunes de las plantas T

Al ser una planta con características de divergencia, el problema de la mala ubicación de los materiales está presente, la magnitud de este problema es proporcional al número de piezas comunes empleadas en diferentes productos terminados. La mala ubicación de los materiales o partes en los recursos de la planta se traduce en órdenes que se terminan con anticipación o retraso. El retraso en las órdenes acarrea otro problema: la expeditación que interrumpe el flujo de los materiales a través de la planta.

Puede darse el caso de que los distintos componentes se procesen en plantas separadas y exista otra dedicada exclusivamente a el ensamble.

Si existen las políticas de proteger el nivel de inventario de partes con el objeto de tener disponibilidad de las mismas y de reducir el número de alistamientos, se programarán inevitablemente grandes lotes de proceso los cuales acentúan el efecto de un flujo de materiales pulsante que acarrea un bajo nivel de utilización de los recursos y empleo de tiempo extra de trabajo o alargar el tiempo guía de manufactura.

Administración de plantas T por Teoría de Restricciones.

El problema de el pobre servicio a clientes debe ser enfocado bajo los principios de la manufactura sincronizada. La liberación de materiales, fabricación de componentes y ensamble debe estar de acuerdo a la demanda del mercado. Para lograr esto, se debe eliminar la mala ubicación de las partes en el ensamble; es decir, disciplinar esta actividad para no tomar partes comunes programadas para un modelo en otro que no le corresponde. Con esto se espera reducir el empleo de tiempo extra y el nivel de inventario antes requerido. Los esfuerzos del departamento de Ingeniería deben enfocarse en mejorar la eficiencia de las operaciones críticas para para obtener una mejor respuesta al mercado. La identificación de las operaciones críticas deben estar en función de la mezcla de productos y no tomando sólo uno de ellos en cuenta.

Para sincronizar la operación, el primer paso es identificar las restricciones, las cuales es probable que no existan por falta de capacidad en los recursos de la planta, sino en la forma en que éstos se manejan. Si realmente existieran restricciones, ya sean cuellos de botella y/o RCR habría serios problemas para manejar la gran variedad de productos diferentes disponibles al mercado.

Los inventarios de seguridad se ubicaran frente a la operación de ensamble. Los colchones de tiempo se ubicarán frente a los RCR, antes del inventario de seguridad (stock) de ensamble y antes de embarques.

Una planta T puede manejarse como dos planta separadas, una que fabrica las partes y otra que las ensambla. La primera funciona como producción para inventario y la última como producción por orden.

Los puntos de programación serán la liberación de materiales, ensamble y en caso de existir, cualquier RCR. Especial precaución deberá tenerse en respetar la cédula de ensamble y evitar la desviación de partes a otros recursos no asignados.

V APLICACION PRACTICA DE LA MANUFACTURA SINCRONIZADA.

Antecedentes del Caso Práctico.

El caso práctico de la implantación del sistema de manufactura sincronizada se llevó a cabo en una empresa comercializadora de artículos de consumo, durante el período de noviembre de 1991 a octubre de 1992. Aquí sólo se explica el trabajo realizado durante diciembre de 1991, pero los principios empleados se han seguido aplicando hasta romper el récord de producción por un 16% (oct. 92) sin hacer ninguna inversión significativa de capital.

Es necesario aclarar que en el desarrollo del caso práctico no se mencionará el nombre de materias primas, productos terminados ni datos en general que puedan lesionar los intereses de la empresa en la cual se hizo la implementación del sistema de trabajo por Manufactura Sincronizada que a continuación se describe.

Así mismo, para los alcances de esta tesis sólo se analizará el proceso de manufactura, pues de antemano se sabe que ahí se encuentra la restricción del sistema. Debe recordarse que ante la incertidumbre de la ubicación de la restricción deberán analizarse los subsistemas de compras, distribución, mercadeo, etc.

El producto analizado pertenece al mercado nacional de los bienes de consumo. Este se distribuye desde la planta de manufactura ubicada en el Estado de México a una bodega en una zona industrial del área metropolitana y de ahí a toda la República a través de varios centros de distribución, los cuales dan servicio a los principales mayoristas y almacenes comerciales.

Por su participación de mercado es líder de su sector, sin embargo, la competencia agresiva de compañías nacionales y transnacionales hacen necesario que la empresa estudiada entre en un proceso de mejora continua, si es que pretende seguir cumpliendo con su meta ahora y en el futuro: hacer dinero.

Descripción del Proceso.

La manufactura del producto en cuestión se hace por medio de un proceso continuo. La planta industrial es del tipo híbrido V-A.

A partir de 16 materias primas se llega a una mezcla de granel única, que a su vez se empaqueta en 6 presentaciones finales distintas. También es posible empaquetar la mezcla final de granel en sacos que son mandados con un maquilador que apoya la operación de empaque final para la presentación C.

Aunque el proceso en general es del tipo continuo, existen 3 premezclas fabricadas por lotes. El diagrama de flujo de proceso y la lista de materiales se muestra en las páginas siguientes. Antes de iniciar el proceso de manufactura, todas las materias primas son muestreadas y analizadas químicamente. Una vez aprobadas por el laboratorio de control de calidad se les considera disponibles para surtir al piso. De igual forma, antes de considerar que un lote de producto terminado está listo para embarcarse, éste deberá pasar otro análisis químico, el cual requiere 6 horas.

El proceso posee una estructura A-V, combinando la producción por lotes y continua

El proceso comienza con la fabricación del material M-11 a partir de los materiales M-12, M-13, M-15, M-16, M-17, M-18, M-19 y M-20. Se hacen 2 premezclas iniciales en el recurso R-26 y son ensacadas en R-27. Ambas premezclas iniciales constituyen el material M-21, el cual es de nueva cuenta mezclado junto con los materiales M-8, M-13 y M-12 para formar un lote de M-11, empaquetado en 8 fracciones, totalizando 1620 Kg. Utilizando el equipo R-26 y R-27 se fabrica con los materiales M-23, M-24 y M-8 un lote de 1,200 Kg. de M-22. Este proceso consta de una etapa de mezclado y otra de ensacado.

Los materiales M-8, M-10, M-11 y M-22 se mezclan en el recurso R-25 para formar una carga de 1,641 Kg. del material M-9. Con los materiales M-5, M-6 y M-7 se hace el material M-4 usando el recurso R-15.

En el recurso R-9 convergen los materiales M-4 y M-3, obteniéndose el material M-2.

En el recurso R-8 convergen los materiales M-2, M-8 y M-9 también en forma continua, obteniéndose el material M-1.

De ahí se pasa a R-17, el cual es un punto de divergencia, pues ahí el material M-1 puede ser dirigido a los recursos R-1, R-2, R-3, R-4 y R-5 para ser empacados como los productos terminados A, B, C, D, E y F, mientras que R-29 sirve para ensacar el material M-1, como subproducto G y enviarse a un maquilador de empaque contratado, ya que la capacidad de R-2 es insuficiente para satisfacer el mercado de C.

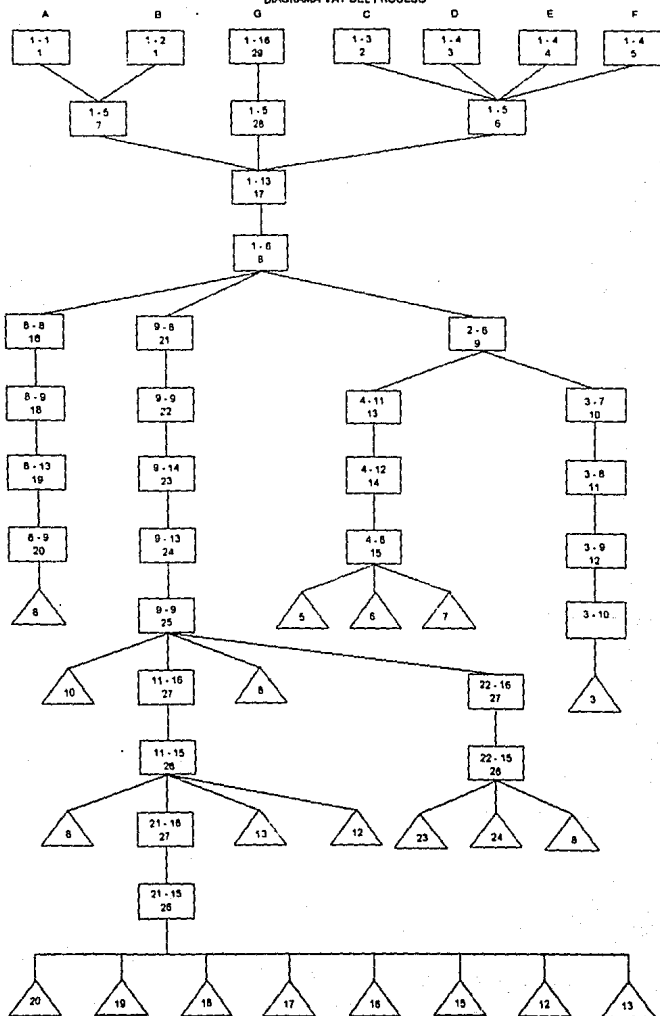
A continuación se muestran recursos, materiales y diagrama de proceso.

Lista de Recursos.

| Recurso | Descripción | Personal requerido | Capacidad (Kg./hr) |
|---------|-------------|--------------------|--------------------|
| R-1 | Empacadora | 4 | 420/A ; 720/B |
| R-2 | Empacadora | 11 | 495 |
| R-3 | Empacadora | 5 | 1680 |
| R-4 | Empacadora | 5 | 1824 |
| R-5 | Empacadora | 8 | 1920 |
| R-6 | Silo 10 Ton | 0 | |
| R-7 | Silo 5 Ton | 0 | |
| R-8 | Mezcladora | 1 | 3500 |
| R-9 | Mezcladora | 1 | 3500 |

| Recurso | Descripción | Personal requerido | Capacidad (Kg./hr) |
|---------|----------------------|--------------------|------------------------|
| R-10 | Molino | 0 | |
| R-11 | Controlador de Flujo | 0 | |
| R-12 | Silo 1800 Kg. | 2 | 3750 |
| R-13 | Reactor | 1 | 40 |
| R-14 | Reactor | 0 | 40 |
| R-15 | Agitador | 0 | 68.23 |
| R-16 | Controlador de Flujo | 0 | |
| R-17 | Tamiz | 0 | |
| R-18 | Silo 1200 Kg. | 1 | |
| R-19 | Tamiz | 0 | |
| R-20 | Depósito | 0 | |
| R-21 | Controlador de Flujo | 0 | |
| R-22 | Silo 1800 | 0 | |
| R-23 | Mezcladora | 2 | 820.5 |
| R-24 | Tamiz | 0 | 4450 |
| R-25 | Depósito | 0 | |
| R-26 | Mezcladora | 2 | 436.3/M-22 252/M-11 |
| R-27 | Ensayadora | 2 | |
| R-28 | Silo 500 Kg. | 0 | |
| R-29 | Empacadora | 9 | 3000 |

DIAGRAMA VAT DEL PROCESO



Lista de Actividades.

| Actividad | Descripción |
|------------------|---|
| O-1 | Empacado del producto final A. |
| O-2 | Empacado del producto final B. |
| O-3 | Empacado del producto final C. |
| O-4 | Empacado de productos finales D, E, y F. |
| O-5 | Almacenamiento en silo. |
| O-6 | Mezclado de graneles |
| O-7 | Molienda |
| O-8 | Control de flujo de graneles. |
| O-9 | Adición de materiales a silos. |
| O-10 | Limpieza de sacos. |
| O-11 | Bombeo de mezcla líquida. |
| O-12 | Calentamiento y agitado. |
| O-13 | Tamizado |
| O-14 | Homogeneización de mezcla sólida por agitación. |
| O-15 | Homogeneización de mezcla sólida por agitación y calentamiento. |
| O-16 | Ensacado. |

A continuación se muestran por medio de diagramas de Gantt los procesos para la fabricación por lotes de los materiales M-11 y M-22.

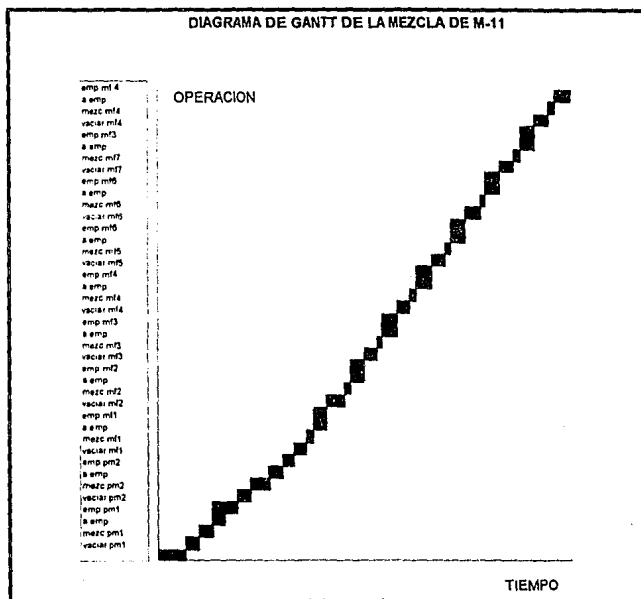


Fig. 5.2

Componentes del material M-9 (Tomando como 100% una unidad del material M-1)

M-11 1.08%

M-22 0.8%

M-8 4.0%

M-10 16%

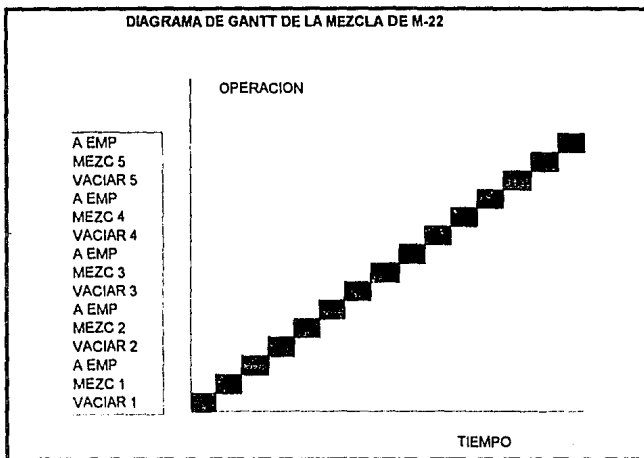


Fig. 5.3

Componentes del Material M-1

| | |
|-----|---------|
| M-9 | 21.88% |
| M-4 | 1.003% |
| M-8 | 10.226% |
| M-3 | 66.89% |

Aplicando los Cinco Pasos.

1. Identificación de los Recursos de Capacidad Restringida.

El análisis de carga de trabajo por recurso es un método válido para identificar los RCR de la planta. Sólo son necesarios tres datos:

- a) La demanda dependiente de cada recurso.
- b) La capacidad de cada recurso.
- c) El tiempo disponible de cada recurso.

Para optimizar este proceso y eliminar el estudio de capacidad de cada recurso de la planta, el análisis se ha de enfocar en aquellos centros de trabajo que la experiencia indica que normalmente operan todo el tiempo disponible para no provocar un paro en la planta por falta de material o un retraso de un embarque por falta de producto terminado.

Si llegara a suceder que por esta manera de simplificar el trabajo de análisis se excluyera un RCR, no identificándolo como tal, al avanzar en el proceso del tambor-cuerda-colchón se vería que ese recurso no puede subordinarse al resto del sistema, concretamente se detectaría al elaborar las cédulas de producción para los puntos de control o en el peor de los casos se manifestarían como agujeros en los colchones. Las gráficas de fecha de cumplimiento de órdenes contra fecha comprometida también son una herramienta valiosa de retroalimentación; de cualquier manera al reiniciar el ciclo de la mejora continua ("Los Cinco Pasos") esto se deberá tomará en cuenta.

En una entrevista con el personal de supervisión se encontró que R-1, R-2, R-8, R-9 y la operación O-9 efectuada en R-12 son recursos que a lo largo de los dos turnos que normalmente trabaja la planta, es decir 16 horas, siempre tienen actividad. Existe una relación de dependencia entre R-8, R-9 y R-12. Al revisar la tabla de descripción de recursos se ve que el recurso cuya capacidad de trabajo está más comprometida es R-8, lo que elimina, por la dependencia antes mencionada, la necesidad de hacer un análisis de carga de R-9 y R-12. (En una cadena sencilla sólo uno de los eslabones es el más débil).

Una vez enfocados los esfuerzos de obtención de información es más fácil elaborar perfiles de carga exactos ya que sólo se observará el trabajo de R-1, R-2 y R-8. Ha de observarse la independencia que existe entre R-1 y R-2. También vale la pena notar que aunque R-1 y R-2 dependen de R-8, éste último no pueda dejar de analizarse, ya que al ser prácticamente un punto de divergencia debe tomarse en cuenta la carga de trabajo necesaria para satisfacer las necesidades de R-3, R-4, R-5 y

R-29 además de R-1 y R-2.

Para el mes de diciembre de 1991 se tienen programados cuatro embarques de los productos A y B, mientras que, por razones que no se explican por estar fuera del alcance de esta investigación, no habrá embarques del producto C empacado en la planta, aunque si habrá venta del mismo producto, pero empacado por el maquilador.

Programa de Embarques.

| EMBARQUE | A | B | C | D | E | F | G |
|----------|-------|-------|---|---------|-------|-------|-------|
| 6 DIC. | 28215 | | 0 | 4671.2 | 50796 | 73485 | 36000 |
| 16 DIC. | 5652 | 29025 | 0 | 35078.4 | 38097 | 53442 | 54000 |
| 20 DIC. | | 48375 | 0 | 45550.8 | 49473 | 71406 | 36000 |
| 27 DIC. | | 38709 | 0 | 45550.8 | 36774 | 64728 | 36000 |

Recuérdese que los productos terminados A y B son empacados por R-1.

Los perfiles de carga son los siguientes:

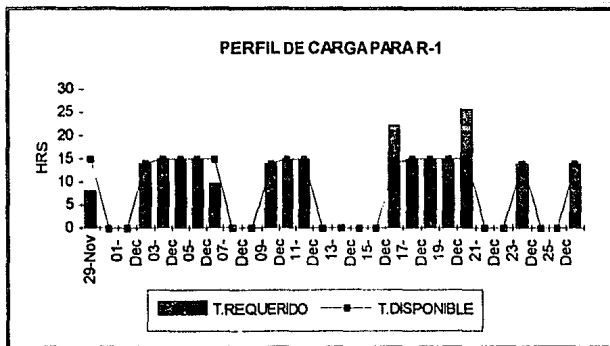


Fig. 5.4

Los perfiles de carga de R-1 y R-8 fueron elaborados bajo los siguientes supuestos: el tiempo disponible para cada una de las órdenes de producción abarca desde la fecha comprometida para el embarque anterior hasta un día antes a la fecha comprometida de embarque en cuestión; para el primer embarque de diciembre se tomaron los cinco días hábiles previos como tiempo disponible para cumplir con la orden. No se consideraron como disponibles para producción los fines de semana, los días 12, 13, 14 y 15 por mantenimiento, ni 24 y 25 por ser festivos.

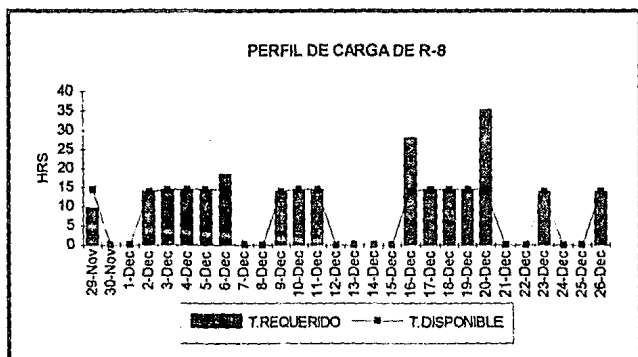


Fig. 5.5

Por el perfil de carga presentado para estos recursos se ve que por un manejo inadecuado o por algún imprevisto es fácil impactar en forma negativa y directa en la generación de recursos para la compañía. Este análisis los confirma como los RCR de la planta. Téngase presente que estos perfiles de carga no son la cédula final.

Los esfuerzos de planeación, mantenimiento y asignación de recursos humanos deben garantizar el buen desempeño de estas operaciones.

2. Explotando las Restricciones.

La manera de obtener el máximo provecho de ambos recursos de capacidad restringida es, obviamente, haciéndolos trabajar todo lo posible y proteger los embarques de su producto.

Colchón de Embarques.

Para asegurar que el producto terminado se encuentre disponible en el momento preciso se establece un colchón de tiempo de dos días antes de los embarques. Deberá notarse que los dos días de colchón no cubren el día dedicado a procesos administrativos y último análisis, por lo que en realidad el producto final deberá terminarse de manufacturar tres días antes del embarque.

Explotación de R-8.

1. Para sacar el máximo provecho del RCR denominado R-8, se programará trabajo continuo durante los dos turnos diarios (la cuadrilla del primer turno entra a las 6:45 AM y sale a las 3:15 PM, el segundo turno entra a las 2:30 PM y sale a las 10:30 PM). El tambor considerará media hora para la comida del primer turno y 22.5 minutos por cada una de las limpiezas de R-17 (una por turno), lo que obliga a detener a R-8 45 minutos al día. En los días precedidos por un asueto se hará una limpieza al inicio del primer turno, que consume 30 minutos extras.

2. Definiendo los colchones.

Se definen colchones para todos los materiales que alimentan a R-8, de tal manera que nunca pare por una falta de alguno de ellos.

| MATERIAL | TIEMPO DE COLCHON | UBICACION |
|----------|-------------------|-----------|
| M-3 | 3 días | R-12 |
| M-5 | 3 días | R-15 |
| M-6 | 3 días | R-15 |
| M-7 | 3 días | R-15 |
| M-8 | 3 días | R-20 |
| M-8 | 3 días | R-25 |
| M-10 | 3 días | R-25 |
| M-11 | 3 días | R-25 |
| M-22 | 3 días | R-25 |

El tamaño de los colchones de tiempo se determina con el siguiente criterio: aquellos materiales que desde el momento en que se solicita su liberación hasta que se llegan al piso debería transcurrir un día, se les dará un colchón de tres días.

Recuérdese que la definición del tamaño del colchón es un proceso dinámico y basándose en la observación del comportamiento del mismo puede hacerse un mejor balance entre protección de la CDG y los inventarios.

Debido a la naturaleza del proceso continuo del caso analizado no es posible tener colchones de materiales justo frente a R-8, como sería el caso ideal, lo que se propone es retroceder por la ruta de los materiales hasta encontrar una operación o recurso que permita la inclusión de un colchón frente a él.

Generalmente esto sucede donde terminan los procesos por lote de materiales intermedios y comienza el proceso continuo.

Explotación de R-1.

1. El tiempo programado de trabajo abarcará los dos turnos completos.
2. El tiempo dedicado a cambios de presentación se minimizará al maximizar el tamaño de lote de los productos finales A y B.
3. Definiendo el Colchón.

Existe un silo con capacidad de almacenaje de 5,000 Kg. de M-1, R-7, que al estar ubicado antes de R-1 hará la función de colchón del mismo.

Cuando R-1 efectúe la operación O-1, el silo será capaz de garantizar la alimentación por 12 horas. Cuando R-1 efectúe la operación O-2 la protección sólo será por 7 horas debido al cambio de capacidad de consumo de granel.

Tocando el Tambor.

- a) Elaboración de la Cédula de Trabajo de R-1.

La cédula de R-1 debe cumplir con los embarques prometidos para el mes de diciembre, tomando en cuenta que el producto debe llegar a un colchón de 2 días antes de embarcarse; sin considerar un día más dedicado a los trámites de autorización y verificación para su distribución, el cual se considera una extensión del proceso.

La misma cédula debe proveer la información para operar adecuadamente el recurso R-1, es decir: tiempos de corrida, tiempos de alistamiento y presentación. Para efectos de un mejor análisis se ha incluido la cantidad diaria producida y acumulada para el próximo embarque y el tiempo total empleado por día. La cédula se muestra en las páginas finales de este capítulo.

- b) Elaboración de la cédula de R-8.

Los criterios que aplican para la elaboración de la cédula de R-1 son válidos para R-8, con la diferencia de que este último no tiene cambios de versión.

Estrictamente hablando debería hacerse una cédula para R-8, por ser un RCR y otra

para R-17, por ser un punto de divergencia; pero viendo que R-8 alimenta directamente a R-17, constituyendo prácticamente un mismo recurso, se diseñará una sola cédula, la cual debe incluir la cantidad del material M-1 que debe destinarse a cada recurso subsecuente, es decir: R-1, R-3, R-4, R-5 y R-29.

Debe considerarse el colchón de producto terminado de 2 días antes de embarques, más un día para trámites administrativos de autorización para todos los productos terminados.

En las páginas finales del capítulo se muestran las cédulas de R-1 y R-8.

3. Subordinación del Resto del Sistema.

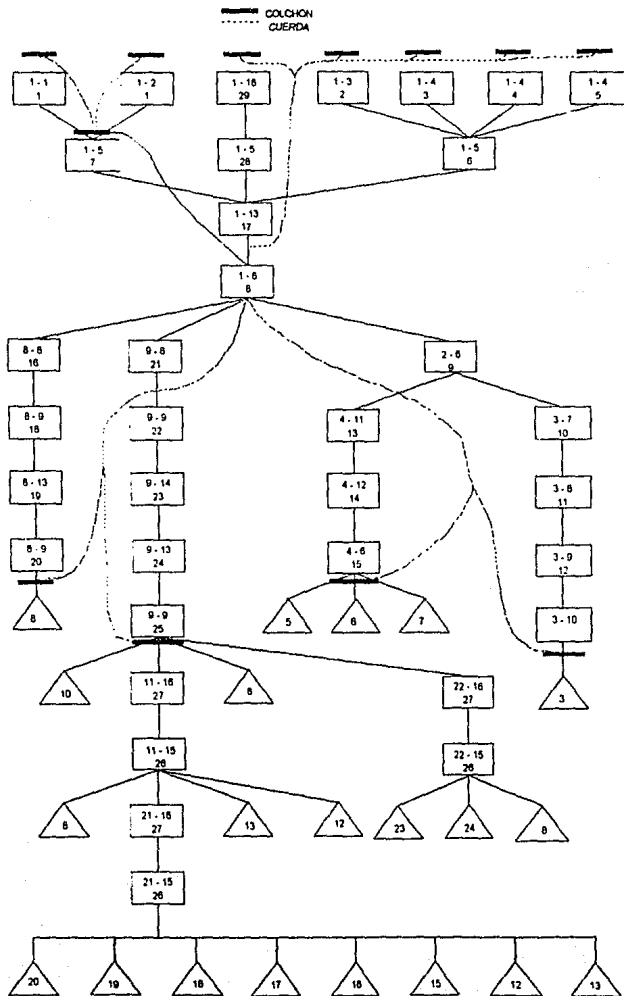
Es en este punto donde más claramente se aprecia el concepto de "Manufactura Sincronizada". El desempeño de toda la planta deberá ir al ritmo que los RCR dicten.

Tendiendo la Cuerda.

El ingreso del resto de las materias primas al piso será el mecanismo de activación de todos los demás recursos de la planta. Considerando los tiempos guía para que los materiales lleguen a sus colchones o recursos, según sea el caso, en el momento debido, se obtiene el Programa de Liberaciones al Piso, que se muestra en las páginas finales del capítulo.

La siguiente figura muestra un diagrama de flujo donde se aprecia como queda sincronizada toda la operación gracias a los colchones de tiempo y a las cuerdas lógicas que se han tendido.

DIAGRAMA DE LA OPERACIÓN SINCRONIZADA



4. Elevando las Restricciones.

Para garantizar que la meta se cumple con una mayor eficacia a través del tiempo, el ciclo de la mejora continua debe de provocar que se mejore el desempeño actual.

Se analizará el desempeño de cada RCR para clasificar las causas por las que hubo paros o retrasos no programados y por lo tanto la generación de dinero se vio retrasada o en peligro. Como paso inmediato se deberán dar los planes de acción para superar estas situaciones. En segundo lugar se revisará el comportamiento del colchón de embarque, buscando asegurar la satisfacción del cliente en lo que a tiempo de entrega se refiere y al mismo tiempo procurar un nivel de inventario saludable en términos de la meta del negocio.

Elevando R-8.

La información extraída de los reportes de los operadores se condensa en el siguiente cuadro:

TIEMPO PERDIDO EN R-8

| CAUSAS | HORAS | PORCENTAJE |
|---------------|-------------|---------------|
| Alistamiento | 19 | 36.05% |
| Comida | 13.6 | 25.81% |
| Flujo mats. | 11.72 | 22.24% |
| Limp. de R-21 | 3.02 | 5.73% |
| Otros | 2.45 | 4.65% |
| Bloqueo | 2.9 | 5.51% |
| TOTAL | 52.7 | 100.0% |

Acciones Inmediatas.

Se han perdido 19 horas en alistamientos, los cuales consisten en hacer dos limpiezas diarias a R-17. Estas limpiezas garantizan la integridad del material M-1 y consisten en el aspirado de una malla, sanitización de 4 cepillos razadores y extracción de residuos de M-1 cuyo tamaño de grano no le permitió pasar a través de la malla.

Empleando las bases de la tecnología de cambios rápidos se separaron las operaciones que podían hacerse fuera de R-17 de aquellas que tenían que hacerse forzosamente con el equipo (R-17 y R-8) parado.

Se construyó un juego de mallas idénticas a las instaladas en R-17, de tal manera que se tuvieran limpias con anterioridad, se les adaptaron grapas y broches en lugar de tornillos que requieren de más tiempo para apretarse y así se ahorraron 10 minutos de paro por cada limpieza. Esto representa 20 minutos más de producción diaria. La inversión fue mínima, pues todo el material empleado se tenía en el almacén de refacciones. El beneficio equivale a 1.16 toneladas más de M-1 diarias.

La media hora destinada en el primer turno para comida representa un área de mejora. No fue necesario reducir el tiempo de comida de todo el personal y además tener problemas con el sindicato. La solución, más sencilla y con el mismo impacto para el negocio, es establecer relevos para el operador de R-8, afectando así a sólo una persona. Ahora durante el tiempo de comida el relevo hace la limpieza de R-8. Con estos pequeños cambios el tiempo de comida diaria ascendió de un máximo de 14.5 horas a 15 horas y 20 minutos. Un incremento de producción diaria de casi 3 toneladas de M-1.

***La Manufactura Sincronizada puede apoyarse en técnicas de
Calidad Total y Cambios Rápidos***

Elevando R-1

Revisando de nuevo los reportes de los operadores se tiene que:

TIEMPO PERDIDO EN R-1

| CAUSAS | HORAS | PORCENTAJE |
|-----------------------|--------------|-------------------|
| Comida | 12.8 | 32.95% |
| Alistamiento | 10 | 25.74% |
| Ajustes | 7.3 | 18.79% |
| Materia defectuoso | 6.5 | 16.73% |
| Otros | 2.25 | 5.79% |
| TOTAL | 38.85 | 100.0% |

En R-1 se aplicaron también los conceptos de *Cambios Rápidos*, de tal manera que para cambiar de la presentación B a la A y viceversa se emplea el 40 % del tiempo que antes era necesario. El cambio principal fue la modificación de las dimensiones físicas del material de empaque de A, de tal manera que coincidieran con las de B; esto evitó hacer el intercambio de una pieza llamada *hombro formador* el cual consumía el 60 % de tiempo dedicado a alistamiento. Al hacer más fácil los cambios de presentación se puede tener una programación de R-1 más flexible, es decir, se puede reducir el tamaño de lote de proceso lo cual beneficiará en una reducción de inventarios de los productos finales A y B. Por otro lado, al requerir menos herramientas y menor desgaste de las piezas por los ajustes frecuentes que se tenían que hacer al hombro formador, se redujeron los gastos operativos. Cabe recalcar que de los beneficios obtenidos este es el menor.

Elevando R-2

Durante el mes de diciembre, no hubo necesidad de activar a R-2, sin embargo esta situación no es normal. Recordando los perfiles de carga de R-2 de meses anteriores, se observa que opera a toda su capacidad. Por otro lado, se ha tenido que contratar a un maquilador para realizar esta operación. El hecho de usar maquilas incrementa la inversión en materiales de empaque, los inventarios en proceso y eleva los gastos operativos debido a recargos por entregas atrasadas, contratación de transporte, dobles análisis químicos, etc. Recuérdese también que R-8 pierde tres horas al mes por bloqueo, el cual se debe a que no se ha desbalanceado la capacidad de empaque respecto a R-8 para así balancear el flujo de M-1.

El adquirir un equipo de mayor capacidad que sustituya a R-2 impactaría positivamente a la CDG, Inventarios y Gastos de la Operación.

El nuevo equipo que sustituirá a R-2 se seleccionará en base a los criterios establecidos a lo largo de este trabajo, es decir, la acción a seguir será aceptable si tanto las medidas operativas como las financieras aumentan. Con esto en mente se procederá a analizar el impacto que tiene el nuevo equipo en las medidas operativas:

a) Impacto en la Cantidad de Dinero Generada (CDG). El precio de venta del producto, así como los costos de la materia prima y del material de empaque son los siguientes:

| | Nuevos pesos/kg |
|-------------------------------|------------------------|
| Precio de Venta | 4.65 |
| Costo de la materia prima | (1.50) |
| Costo del material de empaque | (0.80) |

Los volúmenes pronosticados para los próximos diez años, así como la CDG producida con el nuevo equipo se muestran a continuación:

| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X |
|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Volumenes pronosticados (Tons) | 2,016 | 2,394 | 2,817 | 2,961 | 3,096 | 3,249 | 3,402 | 3,555 | 3,717 | 3,879 |
| Ventas Netas (Miles de N\$) | 9,365 | 11,121 | 13,086 | 13,755 | 14,382 | 15,093 | 15,804 | 16,515 | 17,267 | 18,020 |
| Materia prima (Miles de N\$) | (3,027) | (3,595) | (4,230) | (4,446) | (4,649) | (4,878) | (5,108) | (5,338) | (5,581) | (5,824) |
| Material empaque (Miles de N\$) | (1,818) | (1,921) | (2,261) | (2,376) | (2,485) | (2,607) | (2,730) | (2,853) | (2,983) | (3,113) |
| CDG (Miles de N\$) | 4,720 | 5,606 | 6,596 | 6,933 | 7,249 | 7,608 | 7,966 | 8,324 | 8,703 | 9,083 |

b) Impacto en los Inventarios (I). La capacidad actual del proceso no es suficiente para satisfacer la demanda, por lo que se tiene contratado un servicio de 72 maquilas anuales de 18 toneladas cada una. Una vez que el producto es regresado por el maquilador a la planta, debe permanecer cinco días en cuarentena, esto significa un inventario de 18 toneladas en promedio. El nuevo equipo evitará la necesidad del maquilador, lo que significa un ahorro en inventarios promedio de N\$27,000.

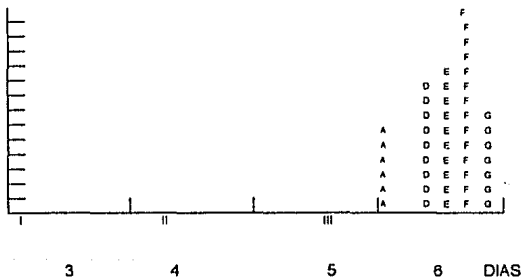
c) Impacto en los Gastos de la Operación (GO). El proceso de maquila tiene un costo de N\$0.31 por kilogramo de producto; asimismo, son necesarios quince trabajadores eventuales en la planta para manejar el producto maquilado cuyo salario es de N\$11,000 anuales. La eliminación de la maquila reporta ahorros en gastos operativos de N\$164,000 y N\$402,000 anuales en mano de obra y pago al maquilador respectivamente.

Análisis del Colchón de Embarques

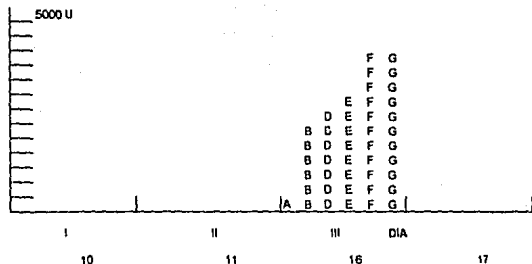
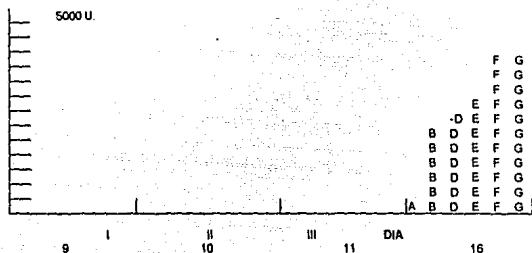
Se ha graficado el comportamiento del colchón de embarques, para las cuatro

fechas de entrega comprometidas, de tal manera que se pueda analizar el desempeño del sistema. El eje de las ordenadas muestra divisiones de 5,000 Kg. El eje de las abscisas muestra en números romanos las regiones del colchón y en números arábigos la fecha, las letras corresponden a los diferentes productos, anteponiendo un signo menos a los faltantes.

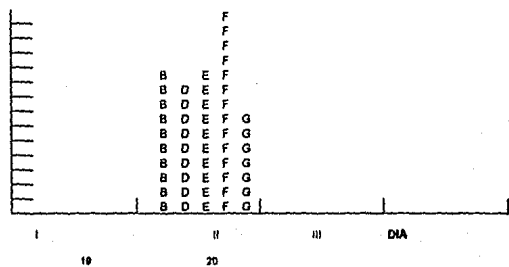
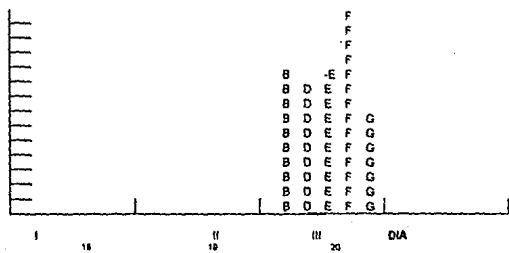
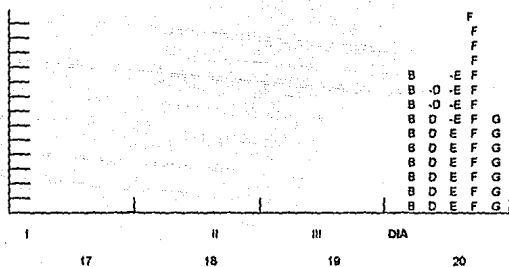
El primer embarque se muestra a continuación.



El embarque del día 6 de diciembre se comportó de manera sobre protegida, pues todos los productos requeridos ya se encontraban disponibles desde antes de llegar a la tercera región del colchón. Aunque estrictamente hablando, el colchón sólo debería medir dos días, se graficó un tercer día que corresponde a la misma región y que se origina del tiempo dedicado a los trámites administrativos antes de la distribución. El desempeño de la segunda orden se comportó de la siguiente forma:

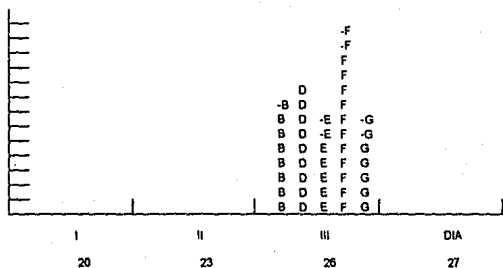
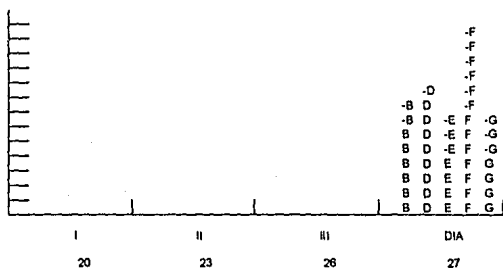


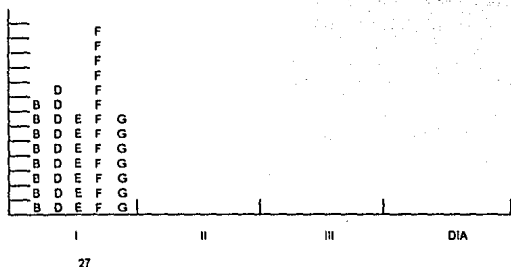
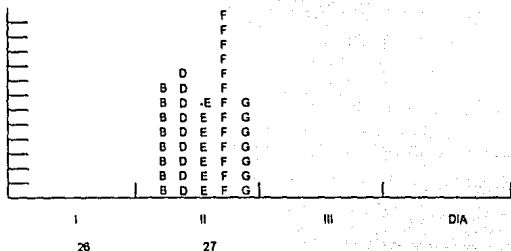
Para este segundo embarque se ve que sigue siendo excesivo el colchón de protección. La información que la gráfica proporciona sobre el desempeño de la manufactura es pobre, pues cualquier problema que pudiera estarse dando se está encubriendo, agravándose con todas las consecuencias ya antes mencionadas que trae un exceso de inventario. Un juicio inmediato indica que la liberación de materiales se está efectuando antes de lo que realmente es necesario. Debe remarcarse que no es por indisciplina del departamento de surtido de materiales, sino en estricto apego a la cuerda. Este efecto podría evitarse elaborando una gráfica de desempeño de la cédula. Para el tercer embarque se observó el siguiente comportamiento:



Como se puede apreciar el desempeño del colchón de embarques ha mejorado, aunque sigue estando sobreprotegido.

Para el cuarto embarque el comportamiento dinámico de los colchones fue el siguiente.





Se observa que este último embarque requirió del colchón completo para no retrasarse respecto a la fecha comprometida, en contraposición con los arribos al colchón del primer embarque del mes que estuvieron notablemente adelantados. Esto sugiere que el problema no es el tamaño del colchón, pero ... ¿Cómo se explica este efecto si se toma en cuenta que inclusive el volumen total del primer embarque es mayor que el último? La respuesta radica en el tiempo del que dispone R-8 para concluir ambas tareas. Observando la cédula de R-8 se aprecia que el producto para el primer embarque comienza a manufacturarse con 10 días hábiles de anticipación (más de lo que dispuso cualquier otro embarque); añádase que en la realidad se manufacturó los días 30 de noviembre y 1 de diciembre que por ser fin de semana no

se habían programado en la cédula.

El análisis del colchón señala puntos de mejora en la cédula y tamaños de lote.

Es evidente que no era necesario gastar dinero en tiempo extra, al menos para los tres primeros embarques, siendo que en el peor de los casos se completaban en la segunda región del colchón.

Este sin embargo es un análisis de primer orden (ver capítulo I), reflexionando sobre las bases implícitas en que fueron diseñadas las cédulas de R-1 y R-8 se descubre que había suficiente tiempo disponible a finales de noviembre como para retroceder 10 días hábiles en la manufactura del primer embarque de diciembre, situación que no se repite para las tres órdenes de producción subsecuentes; esto explica por que en un principio el producto terminado llega con tanta anticipación a embarques y luego el comportamiento de los colchones se va normalizando. Por otro lado, al estudiar el comportamiento de los arribos al colchón de embarques se encuentra una semejanza con el segundo caso típico de curva de desempeño de la cédula descrita en el capítulo IV, en el que largas corridas garantizan la anticipación y el comportamiento pulsante de los arribos.

La conclusión es que se deben proponer lotes de proceso más chicos y dejar el mismo tamaño de colchones para el próximo mes. Al disminuir el lote de proceso se disminuye el lote de transferencia a la bodega central, es decir que podrán hacerse más viajes entre semana y tener un ritmo de transporte más uniforme; como beneficio lateral el nivel de inventario debe bajar y los costos de flete siguen básicamente igual,

pues sólo se reparten los mismos viajes realizados el viernes a los demás días de la semana. Compárese esta propuesta contra la realizada en primera instancia de disminuir el tamaño de los colchones.

CEDULA DE LOS RCR.

CEDULA DE R - 1

| FECHA | PRODUCTO | CANTIDAD | CANTIDAD | TIEMPO DE | TIEMPO DE | TIEMPO | ARRIVO A |
|-----------|----------|----------|----------|--------------|-----------|--------|----------|
| | | DIARIA | ACUM. | ALISTAMIENTO | CORRIJA | TOTAL | COLCHON |
| 23-Nov-91 | | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB | |
| 24-Nov-91 | | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM | |
| 25-Nov-91 | A | 3015 | 3015 | 1.25 | 7.18 | 8.43 | |
| 26-Nov-91 | A | 6300 | 9315 | 0.25 | 15.00 | 15.25 | |
| 27-Nov-91 | A | 6300 | 15615 | 0.25 | 15.00 | 15.25 | |
| 28-Nov-91 | A | 6300 | 21915 | 0.25 | 15.00 | 15.25 | |
| 29-Nov-91 | A | 6300 | 28215 | 0.25 | 15.00 | 15.25 | 28215 |
| 30-Nov-91 | | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB | |
| 01-Dec-91 | | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM | |
| 02-Dec-91 | A | 5652 | 33867 | 1.31 | 13.46 | 15.25 | 5652 |
| 03-Dec-91 | B | 10305 | 10305 | 0.94 | 14.31 | 15.25 | |
| 04-Dec-91 | B | 10800 | 21105 | 0.25 | 15.00 | 15.25 | |
| 05-Dec-91 | B | 7920 | 29025 | 0.25 | 11.00 | 11.25 | 29025 |
| 05-Dec-91 | B | 2844 | 2844 | 0.00 | 3.95 | 15.20 | |
| 06-Dec-91 | B | 10080 | 12924 | 1.25 | 14.00 | 15.25 | |
| 07-Dec-91 | | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB | |
| 08-Dec-91 | | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM | |
| 09-Dec-91 | B | 10080 | 23004 | 1.25 | 14.00 | 15.25 | |
| 10-Dec-91 | B | 10800 | 33804 | 0.25 | 15.00 | 15.25 | |
| 11-Dec-91 | B | 10800 | 44604 | 0.25 | 15.00 | 15.25 | |
| 12-Dec-91 | | MTMTO | MTMTO | MTMTO | MTMTO | MTMTO | |
| 13-Dec-91 | | MTMTO | MTMTO | MTMTO | MTMTO | MTMTO | |
| 14-Dec-91 | | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB | |
| 15-Dec-91 | | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM | |
| 16-Dec-91 | B | 3771 | 48375 | 1.25 | 5.24 | 6.49 | 48375 |
| 16-Dec-91 | B | 6309 | 6309 | 0.00 | 8.76 | 15.25 | |
| 17-Dec-91 | B | 10800 | 17109 | 0.25 | 15.00 | 15.25 | |
| 18-Dec-91 | B | 10800 | 27909 | 0.25 | 15.00 | 15.25 | |
| 19-Dec-91 | B | 10800 | 38709 | 0.25 | 15.00 | 15.25 | 38709 |

CEDULA DE LOS RCR.

CEDULA DER - 8

| FECHA | RUTA DE MATERIAL | | | | | | TIEMPO DE | |
|-----------|------------------|-------|----------|----------|----------|----------|--------------|---------|
| | R-1 | R-2 | R-3 | R-4 | R-5 | R-28 | ALISTAMIENTO | CORRIDA |
| 25-Nov-91 | 3015 | 0 | 0.00 | 0.00 | 27985.00 | 18000.00 | 1.25 | 14.00 |
| 26-Nov-91 | 6300 | 0 | 24891.40 | 1558.60 | 0.00 | 18000.00 | 0.75 | 14.50 |
| 27-Nov-91 | 6300 | 0 | 17090.00 | 27360.00 | 0.00 | 0.00 | 0.75 | 14.50 |
| 28-Nov-91 | 6300 | 0 | 4789.80 | 0.00 | 15660.20 | 24000.00 | 0.75 | 14.50 |
| 29-Nov-91 | 6300 | 0 | 6731.20 | 0.00 | 19718.80 | 18000.00 | 0.75 | 14.50 |
| 30-Nov-91 | SAB | SAB | SAB | 21877.40 | 19718.80 | SAB | SAB | SAB |
| 01-Dec-91 | DOM | DOM | DOM | 10737.00 | 15044.20 | DOM | DOM | DOM |
| 02-Dec-91 | 5652 | 0 | 2548.00 | 0.00 | 28800.00 | 12000.00 | 1.25 | 14.00 |
| 03-Dec-91 | 10305 | 0 | 13985.00 | 27360.00 | 0.00 | 0.00 | 0.75 | 14.50 |
| 04-Dec-91 | 10800 | 0 | 12714.20 | 0.00 | 27235.80 | 0.00 | 0.75 | 14.50 |
| 05-Dec-91 | 10764 | 0 | 0.00 | 0.00 | 21986.00 | 18000.00 | 0.75 | 14.50 |
| 06-Dec-91 | 10080 | 0 | 0.00 | 7363.00 | 15307.00 | 18000.00 | 0.75 | 14.50 |
| 07-Dec-91 | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB |
| 08-Dec-91 | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM |
| 09-Dec-91 | 10080 | 0 | 4682.80 | 27360.00 | 6877.20 | 0.00 | 1.25 | 14.00 |
| 10-Dec-91 | 10800 | 0 | 25200.00 | 14750.00 | 0.00 | 0.00 | 0.75 | 14.50 |
| 11-Dec-91 | 10800 | 0 | 15668.00 | 0.00 | 24282.00 | 0.00 | 0.75 | 14.50 |
| 12-Dec-91 | MTMTO | MTMTO | MTMTO | MTMTO | MTMTO | MTMTO | MTMTO | MTMTO |
| 13-Dec-91 | MTMTO | MTMTO | MTMTO | MTMTO | MTMTO | MTMTO | MTMTO | MTMTO |
| 14-Dec-91 | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB |
| 15-Dec-91 | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM |
| 16-Dec-91 | 10080 | 0 | 0.00 | 0.00 | 11646.00 | 27274.00 | 1.25 | 14.00 |
| 17-Dec-91 | 10800 | 0 | 0.00 | 2424.00 | 28800.00 | 8726.00 | 0.75 | 14.50 |
| 18-Dec-91 | 10800 | 0 | 20350.00 | 19600.00 | 0.00 | 0.00 | 0.75 | 14.50 |
| 19-Dec-91 | 10800 | 0 | 25200.00 | 14750.00 | 0.00 | 0.00 | 0.75 | 14.50 |

Un Enfoque Productivo:
Manufactura Sincronizada

Caso Práctico

| PROGRAMACION DE LIBERACIONES AL PISO | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|------------|
| MATERIAL | UBICACION | DESCRIPCION | FECHA | | | | | | | |
| | | | 14-May-01 | 04-Jun-01 | 13-Jul-01 | 19-Ago-01 | 26-Sep-01 | 21-Oct-01 | 18-Nov-01 | 15-Dic-01 |
| 3 | ALMACEN | | | | | | | | | 100000 000 |
| 6 | R-11 | | | | | | | | | 0 448 |
| 7 | R-11 | | | | | | | | | 3 902 |
| 8 | R-20 | | | | | | | | | 1500 000 |
| 9 | R-20 | | | | | | 154 79 000 | | | |
| 10 | R-25 | | 814 860 | 814 860 | 814 860 | | 8092 000 | | 848 000 | 848 000 |
| 11 | R-25 | | 210 500 | 210 500 | 210 500 | | 648 000 | | | |
| 12 | R-25 | | 800 000 | 800 000 | 800 000 | | | | 2150 000 | |
| 13 | R-26 | | 3 800 | 3 800 | 3 800 | | | | | |
| 14 | R-26 | | 89 000 | 89 000 | 89 000 | | | | | |
| 15 | R-26 | | 34 500 | 34 500 | 34 500 | | | | | |
| 16 | R-26 | | 34 500 | 34 500 | 34 500 | | | | | |
| 17 | R-26 | | 1 156 | 1 156 | 1 156 | | | | | |
| 18 | R-26 | | 1 048 | 1 048 | 1 048 | | | | | |
| 19 | R-26 | | 1 048 | 1 156 | 1 156 | | | | | |
| 20 | R-26 | | 1 048 | 1 048 | 1 048 | | | | | |
| 21 | R-26 | | | | | | 106 000 | | 106 000 | 106 000 |
| 22 | R-26 | | | | | | 450 000 | | 450 000 | 450 000 |
| 23 | R-26 | | | | | | | | | |
| 24 | R-26 | | | | | | | | | |

| MATERIAL | UBICACION | DESCRIPCION | FECHA | | | | | | | | |
|----------|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| | | | 14-May-01 | 21-May-01 | 25-May-01 | 17-Jun-01 | 24-Jun-01 | 21-Jul-01 | 18-Ago-01 | 15-Sep-01 | |
| 3 | ALMACEN | | | | | | | | | | 100000 000 |
| 6 | R-11 | | | | | | 0 448 | | | | 100000 000 |
| 7 | R-11 | | | | | | 3 902 | | | | 3 902 |
| 8 | R-20 | | | | | | 1500 000 | | | | 1500 000 |
| 9 | R-20 | | | 150 000 | | | 150 000 | | | | 150 000 |
| 10 | R-25 | | | 2030 000 | | | 2030 000 | | | | 2030 000 |
| 11 | R-25 | | | 2030 000 | | | 2030 000 | | | | 2030 000 |
| 12 | R-25 | | | 814 860 | | | 814 860 | | | | 814 860 |
| 13 | R-25 | | | 814 860 | | | 814 860 | | | | 814 860 |
| 14 | R-26 | | | 800 000 | | | 800 000 | | | | 800 000 |
| 15 | R-26 | | | 3 800 | | | 3 800 | | | | 3 800 |
| 16 | R-26 | | | 89 000 | | | 89 000 | | | | 89 000 |
| 17 | R-26 | | | 34 500 | | | 34 500 | | | | 34 500 |
| 18 | R-26 | | | 34 500 | | | 34 500 | | | | 34 500 |
| 19 | R-26 | | | 1 156 | | | 1 156 | | | | 1 156 |
| 20 | R-26 | | | 1 048 | | | 1 048 | | | | 1 048 |
| 21 | R-26 | | | | | | | | | | 106 000 |
| 22 | R-26 | | | | | | | | | | 450 000 |
| 23 | R-26 | | | | | | | | | | |
| 24 | R-26 | | | | | | | | | | |

| MATERIAL | UBICACION | DESCRIPCION | FECHA | | | | | | | | |
|----------|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| | | | 14-May-01 | 21-May-01 | 25-May-01 | 17-Jun-01 | 24-Jun-01 | 21-Jul-01 | 18-Ago-01 | 15-Sep-01 | |
| 3 | ALMACEN | | | | | | | | | | 100000 000 |
| 6 | R-11 | | | | | | 0 448 | | | | 100000 000 |
| 7 | R-11 | | | | | | 3 902 | | | | 3 902 |
| 8 | R-20 | | | 150 000 | | | 150 000 | | | | 150 000 |
| 9 | R-20 | | | 2030 000 | | | 2030 000 | | | | 2030 000 |
| 10 | R-25 | | | 814 860 | | | 814 860 | | | | 814 860 |
| 11 | R-25 | | | 814 860 | | | 814 860 | | | | 814 860 |
| 12 | R-26 | | | 800 000 | | | 800 000 | | | | 800 000 |
| 13 | R-26 | | | 3 800 | | | 3 800 | | | | 3 800 |
| 14 | R-26 | | | 89 000 | | | 89 000 | | | | 89 000 |
| 15 | R-26 | | | 34 500 | | | 34 500 | | | | 34 500 |
| 16 | R-26 | | | 34 500 | | | 34 500 | | | | 34 500 |
| 17 | R-26 | | | 1 156 | | | 1 156 | | | | 1 156 |
| 18 | R-26 | | | 1 048 | | | 1 048 | | | | 1 048 |
| 19 | R-26 | | | | | | | | | | 106 000 |
| 20 | R-26 | | | | | | | | | | 450 000 |
| 21 | R-26 | | | | | | | | | | |
| 22 | R-26 | | | | | | | | | | |
| 23 | R-26 | | | | | | | | | | |
| 24 | R-26 | | | | | | | | | | |

| MATERIAL | UBICACION | DESCRIPCION | FECHA | | | | | | | | |
|----------|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| | | | 14-May-01 | 21-May-01 | 25-May-01 | 17-Jun-01 | 24-Jun-01 | 21-Jul-01 | 18-Ago-01 | 15-Sep-01 | |
| 3 | ALMACEN | | | | | | | | | | 100000 000 |
| 6 | R-11 | | | | | | 0 448 | | | | 100000 000 |
| 7 | R-11 | | | | | | 3 902 | | | | 3 902 |
| 8 | R-20 | | | 150 000 | | | 150 000 | | | | 150 000 |
| 9 | R-20 | | | 2030 000 | | | 2030 000 | | | | 2030 000 |
| 10 | R-25 | | | 814 860 | | | 814 860 | | | | 814 860 |
| 11 | R-25 | | | 814 860 | | | 814 860 | | | | 814 860 |
| 12 | R-26 | | | 800 000 | | | 800 000 | | | | 800 000 |
| 13 | R-26 | | | 3 800 | | | 3 800 | | | | 3 800 |
| 14 | R-26 | | | 89 000 | | | 89 000 | | | | 89 000 |
| 15 | R-26 | | | 34 500 | | | 34 500 | | | | 34 500 |
| 16 | R-26 | | | 34 500 | | | 34 500 | | | | 34 500 |
| 17 | R-26 | | | 1 156 | | | 1 156 | | | | 1 156 |
| 18 | R-26 | | | 1 048 | | | 1 048 | | | | 1 048 |
| 19 | R-26 | | | | | | | | | | 106 000 |
| 20 | R-26 | | | | | | | | | | 450 000 |
| 21 | R-26 | | | | | | | | | | |
| 22 | R-26 | | | | | | | | | | |
| 23 | R-26 | | | | | | | | | | |
| 24 | R-26 | | | | | | | | | | |

| MATERIAL | UBICACION | DESCRIPCION | FECHA | |
|----------|-----------|-------------|-----------|-----------|
| | | | 14-May-01 | 15-Sep-01 |
| 3 | ALMACEN | | | |
| 6 | R-11 | | | |
| 7 | R-11 | | | |
| 8 | R-20 | | | |
| 9 | R-20 | | 150 000 | |
| 10 | R-25 | | 2030 000 | |
| 11 | R-25 | | 2030 000 | |
| 12 | R-26 | | 800 000 | |
| 13 | R-26 | | 3 800 | |
| 14 | R-26 | | 89 000 | |
| 15 | R-26 | | 34 500 | |
| 16 | R-26 | | 34 500 | |
| 17 | R-26 | | 1 156 | |
| 18 | R-26 | | 1 048 | |
| 19 | R-26 | | | |
| 20 | R-26 | | | |
| 21 | R-26 | | | |
| 22 | R-26 | | | |
| 23 | R-26 | | | |
| 24 | R-26 | | | |

DESEMPEÑO REAL DE LOS RECURSOS DE PRODUCCION.

AVANCE REAL CONTRA TOTAL COMPROMETIDO PARA EL PROXIMO EMBARQUE

| FECHA | R-8 | | | R-1 | | | R-3 | | | R-4 | | | R-6 | | | R-29 | | |
|-----------|----------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|---------|-------|--------|-------|--------------|
| | DIARIO | DIARIO | AVANC | DIARIO | AVANC | DIARIO | AVANC | DIARIO | AVANC | DIARIO | AVANC | DIARIO | AVANC | DIARIO | AVANC | DIARIO | AVANC | ACARRIO BLDQ |
| 25-Nov-91 | 47014.07 | 2589.51 | 9.18% | 0.00 | 0.00% | 0.00 | 0.00% | 0.00 | 0.00% | 17071.50 | 23.23% | 17516.15 | 48.66% | 9836.92 | | | | |
| 26-Nov-91 | 44899.85 | 8070.42 | 30.89% | 23693.01 | 50.66% | 1364.08 | 2.69% | 0.00 | 23.23% | 15544.50 | 91.84% | 8024.78 | | | | | | |
| 27-Nov-91 | 38152.80 | 5824.22 | 51.33% | 15287.75 | 83.34% | 15065.71 | 32.34% | 0.00 | 23.23% | 0.00 | 91.84% | 10000.00 | 254.4 | | | | | |
| 28-Nov-91 | 45407.81 | 4396.04 | 66.92% | 4757.16 | 93.51% | 0.00 | 32.34% | 15084.71 | 43.76% | 21985.54 | 100.00% | 9184.37 | | | | | | |
| 29-Nov-91 | 40000.28 | 6038.28 | 88.32% | 8720.74 | 100.00% | 0.00 | 32.34% | 19366.26 | 70.11% | 13953.86 | 61.19% | 3085.51 | | | | | | |
| 30-Nov-91 | 41112.19 | SAB | SAB | SAB | SAB | 21009.44 | 73.71% | 18024.13 | 94.64% | SAB | SAB | 5144.13 | | | | | | |
| 01-Dec-91 | 22171.53 | DOM | DOM | DOM | DOM | 7352.37 | 88.18% | 14753.39 | 100.00% | DOM | DOM | 5209.89 | | | | | | |
| 02-Dec-91 | 47590.45 | 5523.34 | 100.00% | 2532.28 | 17.73% | 0.00 | 88.18% | 20481.25 | 73.53% | 11624.77 | 82.71% | 4647.69 | | | | | | |
| 03-Dec-91 | 39189.28 | 7680.54 | 28.57% | 11093.08 | 49.36% | 25017.97 | 100.00% | 0.00 | 73.53% | 0.00 | 82.71% | 24.48 | | | | | | |
| 04-Dec-91 | 50587.21 | 10519.64 | 58.91% | 11274.70 | 81.50% | 0.00 | 49.91% | 24097.35 | 100.00% | 0.00 | 82.71% | 4700.00 | | | | | | |
| 05-Dec-91 | 40298.79 | 7869.36 | 81.60% | 0.00 | 81.50% | 0.00 | 49.91% | 17927.60 | 39.04% | 13581.86 | 100.00% | 5618.17 | | | | | | |
| 06-Dec-91 | 49374.01 | 10054.99 | 100.00% | 0.00 | 81.50% | 6028.90 | 65.73% | 13489.15 | 57.95% | 15928.01 | 56.04% | 10000.00 | 678.85 | | | | | |
| 07-Dec-91 | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB | | | | | | |
| 08-Dec-91 | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM | | | | | | |
| 09-Dec-91 | 48121.18 | 9544.73 | 27.33% | 4154.87 | 93.34% | 25609.66 | 100.00% | 6851.93 | 67.54% | 0.00 | 56.04% | 8990.00 | | | | | | |
| 10-Dec-91 | 48152.32 | 9249.23 | 48.45% | 23379.06 | 100.00% | 13484.02 | 52.63% | 0.00 | 67.54% | 0.00 | 56.04% | 10000.00 | 3589.58 | | | | | |
| 11-Dec-91 | 48628.79 | 9047.84 | 65.15% | 14684.34 | 78.44% | 0.00 | 52.63% | 24164.86 | 100.00% | 0.00 | 56.04% | 10000.00 | 742.75 | | | | | |
| 12-Dec-91 | MTMTO | MTMTO | MTMTO | MTMTO | MTMTO | MTMTO | MTMTO | MTMTO | MTMTO | MTMTO | MTMTO | MTMTO | | | | | | |
| 13-Dec-91 | MTMTO | MTMTO | MTMTO | MTMTO | MTMTO | MTMTO | MTMTO | MTMTO | MTMTO | MTMTO | MTMTO | MTMTO | | | | | | |
| 14-Dec-91 | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB | | | | | | |
| 15-Dec-91 | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM | | | | | | |
| 16-Dec-91 | 44483.75 | 8649.70 | 83.03% | 0.00 | 78.44% | 0.00 | 52.63% | 11241.05 | 18.89% | 25318.24 | 100.00% | 9284.75 | | | | | | |
| 17-Dec-91 | 44788.74 | 10658.57 | 100.00% | 0.00 | 78.44% | 2236.20 | 57.15% | 22667.62 | 53.91% | 8589.12 | 50.23% | 10000.00 | 4904.36 | | | | | |
| 18-Dec-91 | 43660.56 | 9449.29 | 30.48% | 20253.73 | 100.00% | 18788.49 | 95.13% | 0.00 | 53.91% | 0.00 | 50.23% | 5169.04 | | | | | | |
| 19-Dec-91 | 25549.08 | 7614.29 | 50.15% | 12847.89 | 51.11% | 10256.14 | 100.00% | 0.00 | 53.91% | 0.00 | 50.23% | 0.00 | | | | | | |
| 20-Dec-91 | 42905.34 | 8143.41 | 71.19% | 17634.59 | 89.82% | 14457.69 | 60.65% | 0.00 | 53.91% | 0.00 | 50.23% | 2689.45 | | | | | | |
| 21-Dec-91 | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB | SAB | | | | | | |
| 22-Dec-91 | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM | DOM | | | | | | |
| 23-Dec-91 | 42540.12 | 10131.23 | 97.36% | 4637.17 | 100.00% | 0.00 | 60.65% | 20541.23 | 85.65% | 0.00 | 50.23% | 10000.00 | 3045.3 | | | | | |
| 24-Dec-91 | FEST | FEST | FEST | FEST | FEST | FEST | FEST | FEST | FEST | FEST | FEST | FEST | | | | | | |
| 25-Dec-91 | FEST | FEST | FEST | FEST | FEST | FEST | FEST | FEST | FEST | FEST | FEST | FEST | | | | | | |
| 26-Dec-91 | 34698.06 | 1021.40 | 100.00% | | | 13567.41 | 97.55% | 9288.97 | 100.00% | 17918.00 | 100.00% | 2900.28 | | | | | | |
| 27-Dec-91 | 37832.80 | | | | | 802.00 | 100.00% | | | | | | | | | | | |

CONCLUSIONES

La Manufactura Sincronizada, que es la aplicación a la industria de la Teoría de Restricciones, demostró ser una arma poderosa para las empresas cuya meta es el beneficio económico. En la consecución de este objetivo es que se justifica la búsqueda de una ventaja competitiva, ya sea mediante tecnología, mercadotecnia etc.

Es por esto que exige en primer lugar que los gerentes y todas aquellas personas que tomen decisiones de negocio cambien de forma de pensar, del usual "Costo Mínimo" a la "Cantidad Generada de Dinero". Este cambio de pensamiento no fue reconocido por las técnicas tradicionales de manufactura y administración, recuérdese por ejemplo la teoría del "Tamaño Económico de Lote" (que obtiene una solución mediante el compromiso entre dos requisitos) tampoco es un principio claramente reconocido por técnicas contemporáneas como el MRP II, Calidad Total y el Justo a Tiempo.

En este punto es útil considerar a la compañía como una máquina de hacer dinero. Si alguien se dirigiera a un establecimiento especializado en la venta de máquinas de dinero ¿cuáles serían las preguntas que se deberían formular al vendedor para asegurar una buena inversión?. La primera pregunta que surgiría sería "*¿Cuánto dinero puede generar la máquina?*". Sin embargo esta pregunta no es suficiente para garantizar una buena compra; por ejemplo, una máquina puede ser capaz de generar N\$100.00 pero utilizar N\$150:00 de materia prima durante el proceso. De este razonamiento surge una segunda pregunta: "*¿Cuántos insumos necesita la máquina para generar dinero?*". La respuesta a esta pregunta dirá si la relación entre los requerimientos del proceso y el dinero producido es conveniente. Sin embargo no son suficientes dos preguntas para decidir una buena compra. Hasta ahora se conoce la cantidad de dinero que se puede producir y la cantidad de recursos necesarios para ello pero aún si esta relación es satisfactoria, el costo de la máquina

puede no ser rentable, es por elló que una tercera pregunta es indispensable: *¿cuánto cuesta operar la máquina?* Con esta respuesta es posible obtener una relación que determine la rentabilidad de la inversión

La analogía de una máquina productora de dinero es útil para entender algunos de los conceptos propuestos en este trabajo. La primera pregunta corresponde a la Cantidad de Dinero Generada (CDG). Los insumos necesarios para producir dinero en la máquina corresponden al Inventario (I) en un proceso real. Por último el costo de operar la máquina se relaciona con los Gastos de la Operación (GO).

A través de esta analogía se comprende cómo es que debe visualizarse una compañía: simplemente como una máquina de hacer dinero.

Ahora bien ¿cuál de las medidas operativas es más importante? es decir, si una acción impacta en diferentes grados a las tres medidas, ¿cuál medida debe preferirse incrementar?. Dado que la meta de la organización es generar dinero, es claro que una acción que incremente la capacidad del negocio para lograr este fin es la adecuada. Puede concluirse entonces que la Cantidad de Dinero Generada (CDG) es la primera medida en escala de importancia.

El segundo lugar debe ser ocupado por el Inventario. Aún cuando esta medida impacta directamente a una de las medidas financieras, se relaciona indirectamente con todas ellas. La Manufactura Sincronizada no se pretende que los inventarios lleguen a un nivel cero, pues reconoce que son el medio de protección contra imprevistos, pero sólo se les permite en puntos estratégicos. El manejo de los inventarios se vuelve una herramienta, pues es posible detectar aquellos puntos que potencialmente dañarán a la compañía en la persecución de su objetivo. Por otro lado los inventarios se manejan en forma dinámica y son medidos en tiempo para efectos de toma de decisiones. Por último, el manejo de inventarios y más concretamente, de

los colchones de tiempo, permite determinar con precisión el tiempo en que una orden se terminará y estará lista para entregarse al cliente. Debe reconocerse que no se plantea un modelo matemático definitivo, en especial para los inventarios de materia prima, pero de haber un desarrollo en este sentido deberá fundamentarse en los mismos principios de protección de las restricciones y considerarse como una medida real del nivel de dinero invertido.

Por otra parte, el inventario juega un papel protagónico en la capacidad de una compañía para ser competitiva.

Los gastos operativos pasaron a un tercer nivel en importancia, contra lo normalmente usado en la industria contemporánea. Las medidas de eficiencia locales cambian radicalmente al adoptar esta nueva jerarquía en las medidas financieras y reconocer que no todos los recursos tienen la misma importancia y aún más aquellos identificados como Restricciones y/o Cuellos de Botella, los cuales determinan el comportamiento de toda la compañía. Conceptos como *costo unitario*, *costo del producto*, *valor incremental del inventario* y *eficiencias locales* no tienen lugar en la manufactura sincronizada. Estas medidas no reflejan si la compañía está haciendo más o menos dinero, sino únicamente un punto de vista fragmentado que puede llevar a una decisión errónea.

La escala de importancia anteriormente propuesta contradice a las normas comúnmente aceptadas de reducción de costos.

Un aspecto que no se debe perder de vista dentro de la manufactura sincronizada es el considerar a la compañía como un todo. Actualmente la gerencia distrae su atención al tratar de lograr mayor eficacia en todos los recursos de la compañía, cuando en realidad lo que hace débil al sistema es el más débil de los

recursos: la restricción. Es en este punto donde los esfuerzos deben ser enfocados por toda la compañía, recordando que la restricción lo es para toda la empresa y no sólo para el departamento en donde se encuentra.

El no tener presente que la compañía es un todo provoca que las prácticas gerenciales no permiten que un recurso opere a menos capacidad que la máxima. Esto provoca que cada recurso trabaje para sí mismo y no para la generalidad. Al hacer trabajar a toda su capacidad un recurso que alimenta un cuello de botella lo que se consigue es aumentar el inventario, pero no la CDG. Se desprende que las actuales medidas de desempeño con que se mide a un departamento no van de acuerdo al logro de una ventaja competitiva.

La gran cualidad de los colchones de tiempo es que permiten lograr protección contra los imprevistos sin necesidad de inventarios. Si ningún imprevisto se presenta, la orden estará terminada antes de de la fecha de embarque prevista, pero el resultado no será inventario, sino un embarque adelantado. El concepto de colchón de tiempo difiere grandemente del usual *stock de seguridad* fijo para cada parte.

El análisis para la adquisición de un nuevo equipo con el fin de aumentar la capacidad de un RCR debe impactar positivamente a las medidas operativas, de lo contrario el efecto no sería saludable para la empresa. Las técnicas financieras de evaluación, como TIR, VPN etc. deben aplicarse coherentemente con la Manufactura Sincronizada, es decir, los datos requeridos por estos modelos, como ingresos y gastos a través del tiempo tendrán que reflejar las condiciones de trabajo de los RCR. Así mismo, la compra de equipos en recursos No-RCR constituye un desperdicio aún cuando un análisis tradicional establezca lo contrario. Recuérdese que si se aumenta

la capacidad de un No-RCR no se aumentará la CDG y por lo tanto, los flujos de efectivo pronosticados no se llevarán a cabo.

La implantación de un sistema de manufactura sincronizada no es técnicamente complicada. La dificultad reside en que está en conflicto con muchas de las técnicas actuales de administración. La implantación en una compañía pequeña puede no resultar un gran problema, sin embargo en una corporación de grandes proporciones el cambio es sumamente difícil.

En esta tesis se ha planteado la Manufactura Sincronizada como una herramienta más bien táctica, dejando abiertos dos grandes temas: cómo hacer una evaluación del desempeño de aquellos recursos o departamentos no-RCR y cómo afectarán en el largo plazo las decisiones que hoy se tomen en cualquier área de la compañía.

Respecto al primer punto, un hipotético sistema de medición deberá reconocer y estimular el flujo uniforme de los materiales a través del departamento o recurso según lo requieran la cuerda y el tambor, para dejar en un segundo término el nivel de activación.

El segundo punto puede llevar a la Manufactura Sincronizada a niveles de estrategia corporativa. En esta dimensión ya se habrán roto los cuellos de botella en la manufactura y comenzarán a aplicarse los cinco pasos de la mejora continua a las restricciones de mercado, logísticas, gerenciales y de comportamiento. Aquí también entrarán las actividades propias de mercadotecnia y desarrollo, en términos del conocimiento y satisfacción del cliente y su repercusión en el negocio.

A manera de síntesis se presentan siete puntos fundamentales de la Manufactura Sincronizada.

1. El objetivo de la empresa es hacer dinero hoy... y mañana más.
2. El comportamiento de todo el sistema (empresa) está determinado por sus restricciones.
3. Hay que desbalancear la capacidad de los recursos, para sincronizar el flujo de los materiales y con esto el ritmo de generación de dinero.
4. El nivel adecuado de inventario es un gran factor para obtener la ventaja competitiva en términos de tiempo de respuesta, inversión, flexibilidad y calidad.
5. El área financiera debe ser consciente de cambio del mundo del costo al mundo de los recursos generados.
6. El empleo de técnicas de excelencia en manufactura tiene mayor impacto cuando se hace bajo los parámetros de la Manufactura Sincronizada.
7. Se debe comprender que en la manufactura siempre habrá dependencia entre recursos y que estos se comportarán de acuerdo a patrones de variación estadística.

Sólo queda una pregunta abierta: ¿Es la obtención de dinero el último objetivo de las empresas?

BIBLIOGRAFIA

- Goldratt, Eliyahu / Fox, Robert E. *The Race*, North River Press Inc, Crotonon-Hudson, NY (1988)
- Goldratt, Eliyahu / Cox, J *The Goal*, North River Press Inc, Crotonon-Hudson, NY (1984)
- Goldratt, Eliyahu, *Theory of Constraints*, North River Press Inc, Crotonon-Hudson, NY (1985)
- Goldratt, Eliyahu, *The Haystack Syndrome*, North River Press Inc, Crotonon-Hudson, NY (1984)
- Srikanth M. / Cavallaro H., *Regaining Competitiveness. Putting The Goal to work*, Spectrum, USA, (1990)
- Umble, M. / Srikanth, *Synchronous Manufacturing*, South-Western Publishing Co. Cincinnati, OH (1990)
- Salvendy G. *Handbook of Industrial Engineering.*, Wiley Interscience, USA (1982)
- Weintraub, Sidney, *U.S. - Mexican Industrial Integration*, Westview Press, Boulder Colorado (1991)
- Weston, F.J. / Brigham, E.F. *Fundamentos de Administración Financiera*, McGraw Hill, México (1989)
- Shingo, S. *Non-Stock Production*, Productivity Press, Cambridge MA (1988)
- Senge P. *La Quinta Disciplina*, Granica/Vergara, Buenos Aires (1990)
- Ishikawa, K *¿Qué es el Control Total de Calidad?*, Norma, México (1986)
- Plossl G. *Control de la Producción e Inventarios*, Prentice Hall, México (1989)
- Schragenheim, E / Ronen, B. "Buffer Management: A Diagnostic Tool for Production Control" *Production and Inventory Management Journal*, Vol 32, No 2 (1991), pp 74-79
- Flack Carol "MRP, MRP II, OPT, JIT and CIM - Succession, Evolution or Necessary Combination", *Production and Inventory Management Journal*, Vol 32, No. 2, (1991), pp 7-11

**Un Enfoque Productivo:
Manufactura Sincronizada**

Fawcett, S / Pearson, J "Understanding and Applying Constraint Management in Today's Manufacturing Environments" *Production and Inventory Management Journal*, Vol 32, No. 3, (1991), pp 48-55

Lozan González O. "La Naturaleza del Mejoramiento Continuo" *Productividad*, 1991