Etapas para Desarrollar una Metodología de Sincronización Aplicando el Sistema Logístico TAC en una Planta A con Recursos Compartidos

*Fernando Ortíz Flores**
*Isadora Rojas Terrazas***

Introducción

Actualmente, la ventaja competitiva de una empresa radica en su capacidad para elaborar productos de alta calidad, cumplir con las fechas de entrega y mantener un costo del producto que le permita tener un mejor posicionamiento en el mercado. Para alcanzar estos aspectos, las plantas manufactureras deben estar en condiciones de establecer un flujo sincronizado de materiales a través de la planta que responda a la demanda del mercado en una forma oportuna.

Para Umble (1997), la implementación del sistema logístico TAC, que forma parte de la TOC, puede ayudar a sincronizar el flujo de producción en una planta manufacturera de una forma rápida. Esta sincronización trae como consecuencia la reducción de inventarios, la mejora de la calidad y sobre todo, la disminución de trabajos atrasados al incrementar el nivel del servicio al cliente.

Esta idea de Umble (1997) y el enfoque de Goldratt, acerca de que la sincronización puede obtenerse identificando y controlando las restricciones que hay en el sistema, trae consigo un área de oportunidad que se plasma en el desarrollo del presente trabajo: mostrar las etapas utilizadas para desarrollar una metodología de sincronización -debido a que no se encontró en revistas, libros y páginas electrónicas- que permita a los administradores de plantas manufactureras tipo A con recursos compartidos, implantar un sistema logístico basado en TAC para obtener un flujo uniforme (sincronizado) de materiales a través de la planta y responder oportunamente a las demandas del mercado, enfocando su atención en los recursos críticos.

En este artículo, antes de describir las etapas de cómo se desarrolló la metodología de sincronización del flujo de materiales en una planta A con recursos compartidos, se da una descripción acerca de simulación, de plantas A y de cómo repercute el control de la producción en la sincronización del flujo de materiales en estas plantas al emplear el enfoque tradicional de costos y el enfoque de TOC basado en su sistema logístico TAC.

Simulación

La simulación es una herramienta que permite desarrollar modelos de un sistema, de tal forma que se obtiene la imitación de un proceso de la vida real o de un sistema que aún no existe, mediante el uso de una computadora, de esta forma no se experimenta directamente en el sistema real, sino en el modelo. Por esta razón, para la realización del trabajo descrito se hizo uso de la simulación.

Plantas A

Las plantas A, que es donde dominan las interacciones entre recurso y producto, se caracterizan por la existencia de componentes o recursos compartidos. Un rasgo distintivo de estas plantas A es el ensamble de dos o más componentes concentrados en uno o en un número pequeño de artículos finales. Estos puntos en el flujo del producto se suelen conocer como puntos de ensamble o puntos de convergencia.

En las plantas tipo A, el rasgo distintivo es el ensamble de un gran número de piezas fabricadas, concentradas en un número pequeño de artículos finales.

En las plantas A, el empleo de lotes grandes en un centro de trabajo ocasiona que los centros subsecuentes reciban el material en una forma muy errática. Este errático flujo del material ocasiona problemas que se pueden resumir como sigue (Umble, 1997):

- En la sección de ensamble se quejan continuamente de escasez de material.
- El tiempo extra no planeado es excesivo.
- La utilización de los recursos, es inaceptable.
- Toda la operación parece estar fuera de control.

Enfoque tradicional de costos

El enfoque tradicional de costos se basa en la suposición de que

*Maestro en Ciencias en Ingeniería Industrial por el Instituto Tecnológico de Orizaba. Profesor-Investigador de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Orizaba. Correo electrónico: ferchilo@prodigy.net.mx.
**Maestro en Ciencias en Ingeniería Industrial por el Instituto Tecnológico de Orizaba. Correo electrónico: isa_roter@hotmail.com.

todas las máquinas o centros de trabajo tienen una capacidad balanceada, o si no la tienen, parece no importar, debido a que el objetivo que persigue este enfoque es la máxima eficiencia de cada una de las máquinas (Castro, 2005). Esta forma de producir ocasiona que existan grandes inventarios en proceso y por lo tanto mayor inversión para mantenerlos, asimismo, genera grandes problemas dentro del sistema, tal como el alargamiento de los tiempos de entrega, la mala calidad y los apresuramientos.

Enfoque TOC

El enfoque TOC controla la producción considerando que para lograr la sincronización de las operaciones de manufactura es necesario identificar y controlar las restricciones que hay en la empresa (materiales, capacidad, personal, entre otras), las cuales afectan la meta de cualquier organización: ganar dinero. El acercamiento de TOC al control de la producción es conocido como TAC, el cual es un sistema logístico que se emplea para ayudar a establecer el flujo sincronizado del material en una planta manufacturera.

El **tambor** se define como aquella máquina del sistema de producción que tiene la capacidad de producción más lenta, conocido también como cuello de botella (CB). El **amortiguador** se define como un inventario representativo del tiempo de respuesta de las operaciones anteriores al CB, asegurando que éste siempre tenga material para trabajar. La **cuerda** es la que comunica al CB con los recursos restantes, programando su carga de trabajo a la velocidad de trabajo del CB.

Etapas del desarrollo de la metodología de sincronización

Para obtener la metodología de sincronización basada en el sistema logístico TAC, se realizaron las etapas descritas a continuación.

Etapa I. Definir las características del modelo de una planta A con recursos compartidos

Las características específicas del modelo simulado de una planta A con recursos compartidos fueron:

- El modelo representativo de la planta A con recursos compartidos constó de 9 recursos diferentes.
- Los recursos que se compartieron fueron el R1, R2, R3 y R5.
- 3 recursos fueron definidos como ensambladores y se identificaron como R7, R8 y R9.
- Los recursos fueron de capacidad unitaria.
- Se contó con 4 tipos diferentes de materia prima y el flujo de ésta, se muestra en la figura 1.

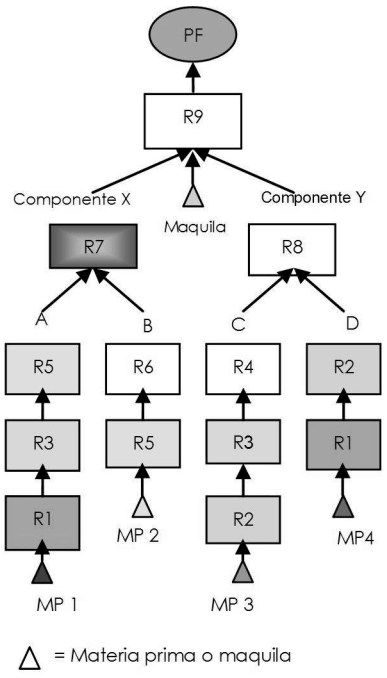

Figura 1. Diagrama de flujo de proceso de una planta A con recursos compartidos

- La materia prima entró al sistema de acuerdo a un lote de transferencia de 7 piezas.
- El lote de transferencia se transportó entre recursos por medio de transportadores.
- Las diferentes materias primas llegaron a un almacén destinado para cada una de ellas, posteriormente iniciaron su proceso de transformación en los recursos R1, R2 o R5.
- Después de ser procesada una materia prima en un recurso, ésta se dirigió a un área de almacenamiento con capacidad de 1 hasta 12 piezas, para que se acumulara un lote de transferencia.
- No existieron tiempos de transporte de los materiales de una estación de trabajo a las áreas de almacenamiento y viceversa.
- Existió un área de almacenamiento para un solo tipo de maquila.
- Se contó con un área de almacenamiento para el producto final.
- Al final del proceso se obtuvo un solo artículo.
- El artículo terminado se entregó inmediatamente al cliente.
- No existió inventario en proceso al inicio de la simulación.
- Durante la simulación se presentaron averías por uso efectivo del recurso.
- Los recursos que se compartieron tuvieron un tiempo de preparación determinístico.
- Existió la suposición de que los proveedores podían suministrar los pedidos de cualquier volumen.
- Los costos de materia prima y maquila para el modelo fueron definidos por los autores, así como los gastos de operación considerados como fijos con un valor de $3000.
- Al inicio de la simulación se contó con un efectivo de $20000.
- El sistema representado estuvo en operación las 24 horas y se simuló por un lapso de 2 meses.
- Los tiempos de procesamiento del material en cada recurso, se muestran en la tabla 1.

Etapa II. Definir las medidas de desempeño

Las medidas de desempeño evaluadas fueron las siguientes:

		Tiempos de procesamiento (horas)								
		Recurso								
Materia prima	*Icono*	1	2	3	4	5	6	7	8	9
mp1		2.5		2.0		2.5				
mp2						2.0	3.5			
mp3			2.0	1.0	2.0					
mp4		2.0	2.0							
maquila*						No tiene				
X								6.0		
Y									5.5	
productofinal										5.0

Tabla1. Tiempos de procesamiento del material.

- Tiempo promedio de permanencia de las piezas en el sistema.
- Número de unidades producidas al final de la simulación.
- Utilización de cada uno de los recursos durante la corrida de simulación.
- Cantidad de dinero generado por la empresa a través de las ventas (throughput).
- Dinero disponible al final de la simulación (liquidez).
- Cantidad de dinero invertido en materiales que la empresa pretende vender (inventario).
- Dinero utilizado en la operación (gastos de operación).
- Utilidad neta al finalizar la simulación.
- Retorno sobre la inversión.

Etapa III. Crear un modelo de una planta tipo A operando bajo el enfoque tradicional

El modelo de simulación con las, características descritas en la etapa I, que operó inicialmente bajo el enfoque tradicional de costos, se desarrolló en el programa profesional ProModel utilizando los módulos siguientes: *Locations*, *Entities*, *Processing*, *Arrivals*, *Attributes*, *Variables*, *Macros*, *General Information* y *Background Graphics* (ProModel, 1998); y la lógica del proceso empleando comandos de programación y palabras reservadas de ProModel.

Etapa IV. Verificar el modelo

Una vez creado el modelo de la planta A con recursos compartidos con las características descritas en la etapa I, se observó su funcionamiento para corroborar que el modelo funcionara como se planeó que lo haría: con las características y problemas típicos de una planta A.

Etapa V. Diseñar la metodología de sincronización

Para desarrollar la metodología de sincronización primero se diseñó un procedimiento matemático que ayudara a encontrar el cuello de botella (Tambor) de la planta A en estudio, posteriormente se desarrollaron ecuaciones para determinar el número de piezas que debían estar antes del CB para asegurar que siempre estuviera trabajando (Amortiguador), finalmente se establecieron las ecuaciones que indicaron el momento en que se debía liberar el material al sistema (Cuerda). En general, la metodología desarrollada comprende una serie de ecuaciones que facilitan la implantación del sistema logístico TAC en una planta A con recursos compartidos.

Etapa VI. Incorporar la metodología al modelo de simulación

Una vez desarrollada la metodología de sincronización, ésta se incorporó a la lógica del modelo de la planta tipo A desarrollado en la etapa III y se observó su funcionamiento de acuerdo a las medidas de desempeño descritas en la etapa II para ver si existía una sincronización de las operaciones de la planta.

Si los resultados no eran satisfactorios, se regresaba a corregir las ecuaciones de la metodología a través de la experimentación en el modelo. Esto se estuvo realizando hasta obtener el flujo sincronizado de material a través de la planta, el cual permitió observar la nueva forma de operar (bajo el enfoque TAC) y así determinar cuál de los dos enfoques ofrece mayores ventajas.

Etapa VII. Comparación de modelos

A continuación se presentan los resultados obtenidos al correr los modelos operando bajo los diferentes enfoques –Enfoque tradicional de costos y enfoque de la metodología desarrollada basada en el sistema logístico TAC- basándose en las medidas de desempeño establecidas.

Tiempo promedio de permanencia en el sistema

El tiempo promedio de permanencia en el sistema del producto en el modelo operando bajo la metodología desarrollada es cerca

de la mitad del tiempo promedio registrado en el modelo que opera bajo el enfoque Tradicional de costos. Esto se debe a que en el modelo Tradicional el material se libera en forma continua, por lo que pasa demasiado tiempo en espera para ser procesado por los recursos, lo cual se ve reflejado en tiempos de permanencia mayores dentro del sistema, mientras que en el modelo al que se incorporó la metodología desarrollada, al liberarse material sólo cuando se requiere, los tiempos de permanencia se reducen, esto se observa en la figura 2.

Figura 2. Tiempo promedio de permanencia en el sistema.

Número de unidades producidas

El número de unidades producidas es un parámetro que permite observar cuál es el desempeño del sistema para cumplir con la demanda. En la figura 3 se observa que las unidades producidas en el modelo que opera bajo los principios de la metodología desarrollada es mayor que las unidades producidas en el modelo que opera bajo el enfoque Tradicional de costos. Esto es debido a que en el modelo que opera bajo la metodología desarrollada (basada en el sistema TAC) se considera un amortiguador de existencias inicial para que el recurso CB, que es el que determina el número de piezas que salen del sistema empiece a trabajar al menor tiempo posible.

Utilización de los recursos

Como se observa en la figura 4, el modelo funcionando bajo la

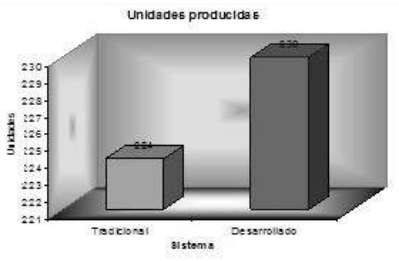

Figura 3. Número de unidades producidas.

metodología desarrollada tiene un mayor porcentaje de operación para el recurso R7 (CB) que el modelo Tradicional de costos. Esto significa que tal recurso siempre tuvo material para procesar, ya que este determina el número de unidades que salen del sistema.

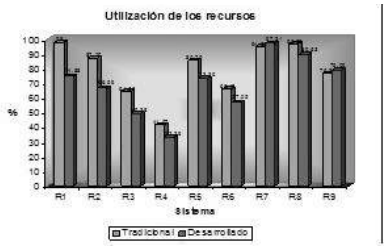

Figura 4. Utilización de los recursos.

Throughput

El dinero generado por las ventas (*Throughput*), es una medida operativa de TOC y representa la cantidad de dinero que el sistema genera a través de la venta de los artículos terminados en un tiempo específico.

En la figura 5 se observa que el modelo que opera bajo la metodología desarrollada genera un *throughput* mayor que el modelo que opera bajo el enfoque Tradicional debido a que se producen más unidades, lo cual es una ventaja que posteriormente se verá representada en mayores ganancias.

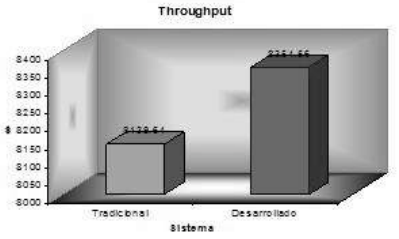

Figura 5. Throughput.

Inventario

El inventario es una de las medidas operativas de TOC y representa la cantidad de dinero invertida en material para la fabricación del producto final.

Los resultados del inventario para ambos modelos se muestran en la figura 6, en donde se puede observar que el inventario del modelo funcionando bajo la metodología desarrollada fue de $32075 y es menor que el inventario arrojado por el modelo funcionando bajo el enfoque Tradicional el cual fue de $36835, esto se debe a que en el modelo operando bajo la metodología desarrollada el material se libera de una forma controlada y esto conduce a que exista menor inventario en proceso y a que no existan tantas órdenes de pedido de material que conducen a compras innecesarias.

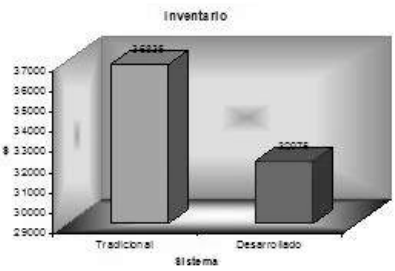

Figura 6. Inventario.

Utilidad neta

La Utilidad neta es una de las medidas financieras de TOC que mide la habilidad de la empresa para hacer dinero, y representa el dinero que la empresa ha ganado después de restar los costos de materia prima y los gastos de operación

En el modelo Tradicional la utilidad neta es menor que la utilidad obtenida en el modelo, funcionando bajo la metodología desarrollada, esto es consecuencia de que se realizan menos artículos y el dinero generado por las ventas es menor del esperado. Esto se observa en la figura 7.

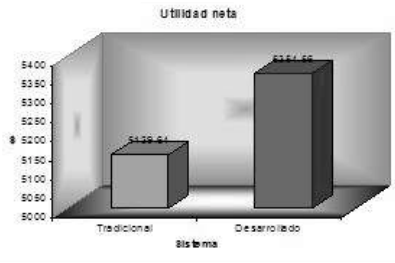

Figura 7. Utilidad neta.

Retorno sobre la inversión

El retorno sobre la inversión (ROI) es otra de las medidas financieras de TOC y muestra cuánto dinero se ha ganado con respecto al dinero que se ha invertido en el sistema.

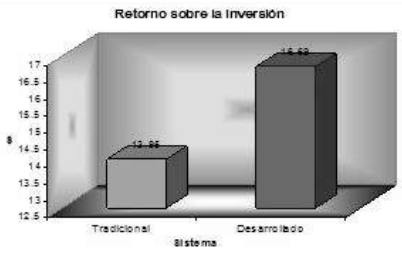

Figura 8. Retorno sobre la inversión.

En la figura 8 se muestra la comparación del *ROI* de ambos modelos y se observa que el modelo Tradicional tiene un *ROI* menor al del modelo al cual se incorporó la metodología desarrollada basada en el sistema logístico TAC, ya que en dicho modelo se obtuvo una mayor utilidad neta y un menor inventario, lo que significa que se gana más dinero trabajando de esta manera en relación con el dinero que se invierte.

Flujo de efectivo

Otra medida financiera de TOC es el flujo de efectivo o liquidez, condición necesaria para la supervivencia de una empresa, que representa la cantidad de dinero disponible al finalizar la simulación.

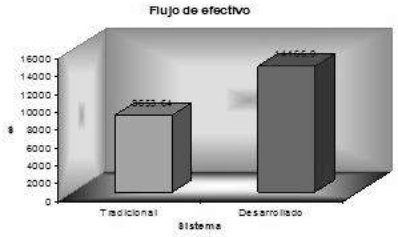

Figura 9. Flujo de efectivo.

En la figura 9 se observa que el flujo de efectivo en el modelo que funciona bajo la metodología desarrollada es mayor el flujo de efectivo arrojado por el modelo tradicional, porque se produjeron mas unidades y se tuvo menor inventario.

Conclusiones

Los resultados de las medidas de desempeño de la comparación del modelo de la planta A, funcionando con los conceptos del enfoque tradicional de costos y bajo las premisas de la metodología desarrollada, muestran una ventaja significativa en la disminución de inventarios y en la fecha de entrega prometida al cliente. Se espera que estos resultados sean utilizados por las empresas para resolver en gran parte el problema de la baja utilización de los recursos y el uso excesivo de tiempo extra, y mantenerlas competitivas en el mercado evitando así, la desaparición de fuentes de empleo.

En lo que respecta a la Teoría de Restricciones, ésta representa una alternativa de sincronización mediante su sistema logístico TAC, el cual logra que exista un flujo uniforme de materiales a través de toda la planta; de igual manera proporciona medidas operativas y financieras que son de gran ayuda para medir el rendimiento de cualquier organización.

Finalmente, es importante mencionar que las etapas mostradas en el presente artículo para el desarrollo de la metodología proporcionan un camino estructurado para el desa-rrollo de nuevas alternativas de trabajo, en particular, este proceso sirvió para desarrollar un sistema logístico, el cual está ilustrado ampliamente en el trabajo de Rojas (2005), que permite obtener un flujo continuo de materiales a través de la planta.

Bibliografía

Castro Salas, Rosa Isela, *Desarrollo de una metodología para implantar TOC en una célula de manufactura a través de un modelo de simulación*, Tesis de Maestría, Asesor: M.C. Fernando Ortíz Flores, Instituto Tecnológico de Orizaba, 2005.

Goldratt, Eliyahu M., *Production the TOC Way*, The North River Press, 1996.

Goldratt, Eliyahu M. & Robert E. Fox, *La Carrera*, Ediciones Castillo, segunda edición, México, 1992.

Goldratt, Eliyahu M. & Jeff Cox, *La Meta*, Ediciones Castillo, México, 1993.

Gómez Bernardi, Baldomero, *Sincronización del flujo de materiales en una planta manufacturera tipo A con componentes compartidos*, Tesis de Maestría, Asesor: M.C. Fernando Ortiz Flores, Instituto Tecnológico de Orizaba, 2005.

López Vigil, Carlos, *Metodología para implantar la técnica de optimización de la producción o sistema OPT*, Tesis de Maestría, Asesor: M.C. Fernando Ortíz Flores. Instituto Tecnológico de Orizaba, 1997.

ProModel Corporation, *ProModel, Software de Simulación de Manufactura*, Manual del Usuario, Estados Unidos de América, 1999.

Rojas Terrazas, Isadora, *Sistema logístico TAC en una planta A con recursos compartidos*, Tesis de Maestría, Asesor: M.C. Fernando Ortíz Flores, Instituto Tecnológico de Orizaba, 2005.

Umble, Michael & M. L. Srikanth, *Manufactura Sincrónica*, CECSA, México, 1997a.

Umble, Michael & M. L. Srikanth, *Synchronous Management Volume Two*, The spectrum publishing company, USA, 1997b.