

Mejoramiento del flujo y aumento de la capacidad de prestación de servicios de un taller de reparación y mantenimiento automotriz, a través de estrategias basadas en los principios de la teoría de restricciones

Improvement of flow and increase capacity to provide the services of a workshop on automotive repair and maintenance, through strategies based on the principles of the theory of constraints

Juan Carlos Cabarcas Reyes¹, Fabián Alberto Ardila Cabrera² y María Teresa Mejía Ramos²

1. Magíster en Ingeniería Industrial, Profesor de Tiempo Completo del Programa de Ingeniería Industrial, Universidad Autónoma del Caribe, Grupo en Gestión Moderna de Operaciones, Gemop. jcabarcasr@uac.edu.co

2. Estudiantes de X semestre del Programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Autónoma del Caribe. Miembros del Grupo de Investigación en Gestión Moderna de Operaciones, Gemop.

Recibido 22/10/2010, Aceptado 30/11/2010

RESUMEN

Este artículo presenta resultados obtenidos a partir del estudio de las condiciones de prestación de servicios de un taller de reparación automotriz, donde se determinó que debido a la insuficiente capacidad de respuesta ante la demanda creciente, se presentan retrasos en la entrega de los vehículos, lo cual generaba baja satisfacción a clientes, trabajadores y accionistas. Esta problemática fue atacada utilizando los principios de la teoría de restricciones, donde se busca que la empresa logre su meta, la cual es generar dinero ahora y en el futuro. Como primera medida se identificó que el eslabón más débil dentro de la cadena de prestación de servicios, era Latonería, a través de un análisis de la capacidad de cada uno de los servicios versus la demanda, además de un análisis del impacto de las restricciones en la generación de Trúput. Así se generaron estrategias para obtener el mayor rendimiento del recurso restrictivo a través de estudios de los métodos de trabajo, es decir, encontrar la capacidad oculta del sistema y aprovecharla para así apoyar la estación cuello de botella. Por último se generaron propuestas para aumentar la capacidad de la restricción a largo plazo, es decir, a través de una inversión estratégica.

Palabras clave: Teoría de restricciones, Trúput, Mejora continua, Capacidad de respuesta, Demanda.

ABSTRACT

This paper presents results obtained from the study of the conditions of service of an automotive repair shop, where it was determined that due to insufficient capacity of the response to the growing demand, were behind in delivery of the vehicles, which produced low satisfaction of customers, employees and shareholders. This problem was attacked using the principles of the theory of constraints, where the company seeks to achieve its goal, which is making money now and in the future. The first step was identified as the weakest link in the chain of supply of services, was to pay rent, through an analysis of the capacity of individual versus demand services, as well as an analysis of the impact of restrictions throughput generation. These strategies generated the highest return for the restrictive use through studies of the working methods, ie the ability to find hidden and system and use them to support the bottleneck station. Finally proposals were generated to increase the capacity of the long-term restriction, through a strategic investment.

Key words: Theory of constraints, Throughput, continuous improvement, response capacity, demand.

1. Introducción

Ingecosmos Ltda. es una empresa que presta los servicios de mantenimiento correctivo, preventivo, reparación de colisiones y suministro de refracciones, baterías, botes plásticos y llantas para vehículos de toda marca, empresas con flotas de vehículos y compañías aseguradoras de vehículos; en las áreas de Latonería, Pintura, Electromecánica, Aire Acondicionado, Tapicería y Reparación Plástica.

Con el paso de los años la empresa Ingecosmos Ltda. Ha tenido un aumento en la demanda de sus servicios, pero esta demanda excede a la capacidad de la empresa, lo que quiere decir que aunque nadie es rechazado, las condiciones de prestación del servicio no son optimas; pues la multitud de automóviles en el taller, genera un deterioro en la calidad del servicio para todos los clientes, por los retrasos en los tiempos de entrega de automóviles.

En este orden de ideas, el éxito de Ingecosmos, esta en gran medida en la habilidad de la directiva para utilizar la capacidad de forma eficiente, ya se trate de la fuerza de trabajo (el personal), el equipamiento o las instalaciones. Cabe resaltar que el objetivo no debe ser utilizar esos medios productivos tanto como sea posible, sino tan productivamente como se pueda. El manejo de la demanda y la capacidad son esenciales no solo para efectos de una mayor productividad de los activos de la empresa, sino también para proporcionar al cliente las experiencias del servicio de calidad que esta buscando.

La clave da la Teoría de las Restricciones es que la operación de cualquier sistema complejo (empresa) consiste en realidad en una gran cadena de recursos interdependientes (maquinas, equipos, centros de trabajo, instalaciones, materiales) pero solo unos pocos de ellos (cuellos de botella) restringen o condicionan la salida de toda la producción.

Reconocer esta interdependencia y el papel clave de los cuellos de botella es el punto de partida para las empresas que adoptan TOC como filosofía, y de allí a de subordinarse todo el sistema para crear las soluciones simples y comprensibles por todos para sus problemas complejos.

Planteamiento del problema

Aunque Ingecosmos Ltda. ha presentado en los últimos años una gran demanda de sus servicios, no está generando dinero de forma incremental y sostenida, porque se presentan muchos cuellos de botella que no le permiten ser lo suficientemente productivos para satisfacer esta demanda creciente. Esto se debe posiblemente a la falta de una gestión apropiada de las operaciones, que propicie el

flujo más eficiente dentro del taller o al desconocimiento o falta de implementación de estrategias de producción más efectivas que permitan aumentar la capacidad productiva del taller.

Específicamente lo anterior se puede evidenciar a través de las siguientes situaciones presentadas en la empresa:

- Incumplimiento con la fecha de entrega de los pedidos y necesidad de pedir prorroga a los clientes para poder entregar.
- Necesidad de realizar turnos y trabajar fuera de los horarios regulares como son los sábados en la tarde y domingos para poder cumplir con los pedidos de los clientes.
- presencia de reprocesos en el taller debido al incumplimiento de las especificaciones del cliente.
- Amplios lapsos de tiempos improductivos.

De seguir presentándose la problemática anteriormente descrita la empresa no va a adaptarse a los crecientes cambios del mercado, que exigen cada vez más una mayor competitividad por parte de las empresas, generándose así una pérdida de participación en el mercado y con esto la posible desaparición de la empresa.

2. Estado del arte y marco teórico

Para llevar a cabo el proyecto se revisaron las investigaciones más recientes y relevantes acerca del tema, para determinar que tan factible es lo que se propone en la investigación.

A nivel internacional se han realizado muchas investigaciones para determinar cual ha sido el efecto de la teoría de restricciones al momento de implementarla en diferentes empresas, por ejemplo Victoria J. Mabin, en su artículo "*The performance of the theory of constraints metodología: analysis and discussion of successful toc applications.*" Muestra el resultado exitoso de la implementación de los principios de la teoría de restricciones en más de 80 empresas manufactureras, basados en datos cuantitativos disponibles que demuestran que se logran mejoras significativas a niveles tanto operativos como financieros. Las medidas de desempeño operativas que se tienen en cuenta son el lead time, el tiempo de ciclo, el DDP y el nivel de inventario, que para la mayoría de los casos mostraron un aumento considerable gracias a la aplicación de TOC.[11]

Además el ingeniero Raul Bianchi del Instituto de Ingeniería Mecánica y Producción Industrial de la Universidad de la República del Uruguay en su investigación titulada *LA SOLUCIÓN DE TEORÍA DE RESTRICCIONES PARA LA GESTIÓN INDUSTRIAL* plantea que:

“Desde 1984, año en que el Dr. Goldratt publica este procedimiento, millones de personas han accedido a este conocimiento y miles de empresas lo han implementado con éxito.

Los resultados promedios que se logran al implementar esta metodología son:

- Tiempo de Ciclo: reducción promedio del 70%
- Cumplimiento de fechas de entrega: mejora del 44%
- Niveles de Inventario: reducción promedio del 49%
- Desempeño Financiero: incremento promedio del 63%

Por un lado el DBR tiene un potencial muy grande en lograr rápidamente la estabilidad y predictibilidad del sistema. El mecanismo de buffers permite estabilizar la producción y ser confiable en el cumplimiento de las fechas de entrega. Luego que el sistema está estable, agregándole la identificación y explotación de los CCR se logra sacarle mucho más jugo. Y todo esto se puede hacer en poco tiempo. Pero por otro lado, el implementar esta solución cuestiona y va en contra de nuestra manera actual de operar, de nuestras creencias y de nuestra manera de evaluar la mejora. La resistencia al cambio y cómo abordarla, es un factor clave que se debe tener muy en cuenta al comenzar un cambio de esta magnitud”.[2]

A nivel nacional se han realizado varias investigaciones relacionadas con la implementación de la teoría de restricciones tales como: *Metodología para la implementación de los conceptos de la teoría de restricciones en las pymes colombianas* y *Desarrollo de una metodología de implementación de los conceptos de TOC (teoría de restricciones) para empresas colombianas.*, que básicamente muestran la metodología adecuada para implementar la teoría de restricciones ya que se plantea la necesidad de adaptar la metodología creada por Goldratt a las empresas colombianas, para que pueda de esta forma dar resultados favorables para ellas, debido a que por diferencias de culturas, sistemas económicos y políticos, no siempre las estrategias de teoría de restricciones dan resultados.[5]

Además de esto se realizó un proyecto de grado para optar el título de Especialista en Gerencia de la Producción y el Servicio de la Escuela de Ingeniería de Antioquia. (Director del proyecto: Andrés Zapata Correa, 2008.), el cual consistió en el análisis de los procesos de AGENCIAUTO S.A. mediante la contabilidad del tróput; lo cual es muy pertinente con este proyecto de grado, puesto que a través del ciclo de mejora continua propuesto en la teoría de restricciones, plantean estrategias que llevarían a 3 escenarios diferentes para mejorar la condición actual de la empresa mediante el aumento del tróput, que es básicamente la velocidad con la cual se genera dinero a través de las ventas.

Con su estudio ellos llegaron a las siguientes conclusiones:

“Para todo cambio productivo es necesario contar con el apoyo de una Gerencia comprometida y abierta al cambio, que este dispuesta a romper el paradigma de utilizar cada recurso al 100%, cuando en realidad quien marca la pauta siempre va a ser el proceso más lento en una línea productiva.

Con la aplicación de la metodología TOC se logró incrementar el número de vehículos en la línea industrial, mejorando notablemente la utilidad de la operación.

La aplicación de TOC, es el primer paso para alcanzar un proceso de mejora continua en la organización, ésta permite conocer a fondo los procesos y visualizarlos en grupo como un todo y no como la suma de las partes. Cada área debe brindar todo su mejor esfuerzo orientado a que la restricción se pueda elevar y así lograr subordinar todos los recursos a ella.

Es difícil establecer una demanda en las condiciones actuales del mercado, más aún sabiendo que existen fenómenos como el político o social, además del económico que la afectan directamente; la ventaja es que el TOC enfocado en la contabilidad de tróput ayuda en gran medida a orientar las prioridades de la compañía sobre las cuales debe reforzar su negocio.”

La teoría de las restricciones (TOC) expuesta y sustentada por el doctor Eliyahu Goldratt, nace como una manera de administrar los ambientes industriales, con el objetivo de aumentar las ganancias de las organizaciones en el corto y largo plazo. Este objetivo se alcanza aumentando el ingreso de dinero a través de las ventas al mismo tiempo que se reducen los inventarios y los gastos de operación. Convirtiéndose esta filosofía y tecnología de la teoría de las restricciones en una herramienta para la toma de decisiones estratégicas y modelo de mejoramiento continuo.[4]

Está basada en el hecho de que los procesos multitarea, solo se mueven a la velocidad del paso más lento, y la manera de acelerar el proceso es utilizar un catalizador (buffer) en el paso más lento y lograr que trabaje hasta el límite de su capacidad.

El modelo da importancia especial al factor o recurso más limitante. Estos factores limitantes o “restricciones” se llaman también “cuellos de botella”. Las restricciones pueden ser “físicas” o “políticas” y se manifiestan en un individuo, un equipo, una pieza de un aparato, un procedimiento, una política interna, la carencia o insuficiencia del algún equipo, herramienta o insumo, y desde luego, el tiempo como insumo necesario y escaso en todo proyecto.

La clave de la Teoría de las Restricciones es que la operación de cualquier sistema complejo (empresa) consiste en realidad en una gran cadena de recursos interdependientes (maquinas, equipos, centros de trabajo, instalaciones, materiales) pero solo unos pocos de ellos (cuellos de botella) restringen o condicionan la salida de toda la producción.[10]

Reconocer esta interdependencia y el papel clave de los cuellos de botella es el punto de partida para las empresas que adoptan TOC como filosofía, y de allí a subordinarse todo el sistema para crear las soluciones simples y comprensibles por todos para sus problemas complejos.

También se ha visto que en los últimos años se han desarrollado diferentes herramientas y procesos que se orientan fundamentalmente a la creación de una nueva cultura administrativa, y todas estas en busca de enfatizar el mejoramiento de habilidades gerenciales con la finalidad de intensificar la búsqueda y el desarrollo de procesos de mejoramiento continuo tanto en el accionar como en el aprendizaje, que lleve a niveles óptimos de calidad tanto en la utilización de recursos como en la solución práctica de problemas en las empresas. Así es como se han desarrollado diferentes filosofías que contemplan conceptos tales como calidad total, mejoramiento continuo, sistema de justo a tiempo y por supuesto teoría de restricciones manufactura sincrónica.[7]

Producir para lograr un aprovechamiento integral de la capacidad instalada, lleva a la planta industrial en sentido contrario a la meta si esas unidades no pueden ser vendidas. La razón dentro del esquema de E. Goldratt es muy sencilla: se elevan los inventarios, se elevan los gastos de operación y permanece constante el throughput; exactamente lo contrario a lo que se definió como meta. E. Goldratt sostiene que todo el mundo cree que una solución a esto sería tener una planta balanceada; entendiendo por tal, una planta donde la capacidad de todos y cada uno de los recursos está en exacta concordancia con la demanda del mercado, sin embargo esto no es productivo en realidad, puesto que no todos los elementos de un sistema necesitan estar al 100% si el elemento que le continua esta por debajo de esta capacidad, lo cual generaría cuellos de botellas.[4]

Por lo tanto teniendo en cuenta que si la Meta de cualquier empresa con fines de lucro es ganar dinero de forma sostenida, esto es, satisfaciendo las necesidades de los clientes, empleados y accionistas, si no se gana una cantidad ilimitada es porque algo se lo está impidiendo: sus restricciones, que contrariamente a lo que parece, en toda empresa existen sólo unas pocas restricciones que le impiden ganar más dinero.

Si se trata de un proyecto, una demora o retraso en la entrega acordada puede significar pérdida notable de utilidades y asumir costos de oportunidad y políticos incalculables. La gerencia, en consecuencia, debe dedicarse en primera instancia a localizar dichas restricciones. Insiste Goldratt que los recursos no son independientes, sino que corresponden a una cadena de eslabones interdependientes, que trabajan con el propósito central de hacer dinero.

Es claro, que el eslabón mas débil determina la resistencia de la cadena, solo unos pocos recursos críticos (cuellos de botella) determinan el desempeño de una planta industrial, una organización o un proyecto, en efecto, identificando y programando primero estos recursos, es posible tener éxito en su administración.

Producir para lograr un aprovechamiento integro de la capacidad instalada, lleva a la planta en sentido contrario a la meta.

En este nuevo lenguaje, los cuellos de botella (restricciones) que determinan la salida de producción son llamados Drums (tambores), ya que ellos determinan la capacidad de producción (como el ritmo de un tambor en un desfile). De esta analogía proviene el método llamado Drum-Buffer-Rope (Tambor – Inventario de Protección – Cuerda) que es la forma de aplicación de la Teoría de las Restricciones a las empresas industriales, organizaciones o proyectos. Así es como la técnica DBR (Drum-Buffer-Rope) indica que la planta o proyecto debe trabajar sólo en lo que sea necesario para alcanzar los requerimientos del mercado, no los que se requiere para mantener a los trabajadores y a las máquinas ocupadas (no buscando la utilización plena de la capacidad instalada). El principal recurso con restricción de capacidad será tratado como “el tambor” que es el que marcará la velocidad de producción de toda la planta (impone el ritmo). También se necesitará establecer “un amortiguador” de inventario frente al factor limitativo. Y finalmente, para asegurarse que el inventario no crezca más allá del nivel dictado por el amortiguador, deberá limitarse la velocidad a la cual se liberan materiales a la planta. Debe amarrarse “una cuerda o sogá” desde el cuello de botella a la primera operación; en otros términos, la velocidad a la cual se liberaran materiales a la planta será administrada por la velocidad a la cual está produciendo el cuello de botella. La liberación de materias primas y materiales a la planta, está entonces “atada” a la programación del Drum, ningún material puede entregarse a la planta antes que la “longitud de la cuerda” lo permita, de este modo cada producto es “tirado por la cuerda o sogá” a través de la planta.

Esto sincroniza todas las operaciones al ritmo del Drum, lográndose un flujo de materiales rápido y uniforme a tra-

vés de la compleja red de procesos de una fábrica. Este método de programación DBR puede llevar a beneficios substanciales en la cadena de suministros asegurando que la planta esté funcionando a la máxima velocidad con el mínimo de inventarios y alcanzando a satisfacer demandas aleatorias de los clientes.

La única manera de mejorar es identificar y eliminar restricciones de forma sistemática. TOC propone el siguiente proceso para gestionar una empresa y enfocar los esfuerzos de mejora:[7]

A) Identificar Las Restricciones Del Sistema: una restricción es una variable que condiciona un curso de acción. Pueden haber distintos tipos de restricciones, siendo las más comunes, las de tipo físico: maquinarias, materia prima, mano de obra etc.

B) Explotar Las Restricciones Del Sistema: implica buscar la forma de obtener la mayor producción posible de la restricción.

C) Subordinar Todo A La Restricción Anterior: todo el esquema debe funcionar al ritmo que marca la restricción (tambor).

D) Elevar Las Restricciones Del Sistema: implica encarar un programa de mejoramiento del nivel de actividad de la restricción. Ej. Tercerizar.

E) Si En Las Etapas Previas Se Elimina Una Restricción, Volver Al Paso A): para trabajar en forma permanente con las nuevas restricciones que se manifiesten.

Debemos insistir en los costos de oportunidad incalculables de carácter financiero y político que se derivan de los atrasos en la entrega de proyectos de diferente índole o la desmejora de sus especificaciones que lo hacen poco competitivos. Un artefacto de consumo masivo que sale al mercado después de su similar de la competencia; la necesidad de aplazamiento de un evento importante para un país o región como la celebración de unas elecciones populares o la realización de eventos deportivos o artísticos, unos juegos olímpicos o campeonatos de especial prestigio y connotación, por ejemplo. Situaciones no deseables para las cuales siempre se escuchan disculpas oficiales y justificaciones extemporáneas, en fin, una larga lista de culpas ajenas que en ninguna forma recuperan el tiempo, ni el prestigio perdido ni tan poco los recursos comprometidos. En fin, son muchos los ejemplos de fracasos en la ejecución de proyectos, desafortunadamente los casos de proyectos exitosos no abundan. En consecuencia, nuestro desafío es encontrar algún modo que nos permita reducir drásticamente el tiempo de desarrollo de nuestros servi-

cios y garantizar su ejecución dentro del presupuesto y acorde al alcance y a la calidad comprometida.

Identificación de los cuellos de botella del taller de reparación automotriz Ingecosmos Ltda. para determinar las restricciones del sistema

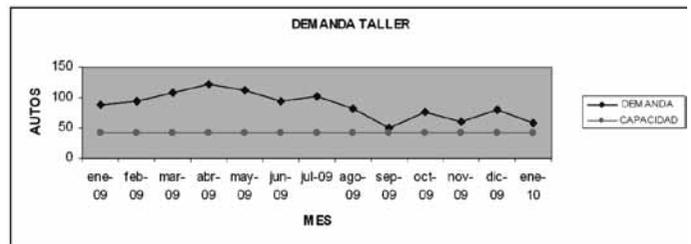
Existe una variabilidad implícita en el proceso de prestación de servicios, que hace que la restricción flote entre todas las estaciones del taller según los requerimientos de un vehículo en particular, específicamente porque la empresa trabaja en un ambiente multiproyecto, donde cada vehículo es un proyecto con sus actividades y recursos específicos, por lo tanto, la empresa debe atacar sobre la marcha cada una de las restricciones que surjan, pero para generar soluciones a la problemática presentada se enfocaron los esfuerzos en una restricción.

A través de un análisis del comportamiento de la demanda de cada uno de los servicios prestados en el taller comparado con la capacidad promedio de cada uno, se llega a identificar la estación cuello botella dentro del taller aquella cuya capacidad es menor a la demanda presentada en el mes.

Como primera medida se muestra el comportamiento de la demanda en forma global, como se puede apreciar en la Figura 1: comportamiento de la demanda vs. La capacidad del taller, la capacidad promedio de respuesta del taller está por debajo de la demanda, lo cual explica porque se presentan tantos incumplimientos en las fechas de entrega, porque básicamente lo que nos muestra la grafica es que el taller no tiene la capacidad para atender todos los vehículos que llegan.

Figura 1. comportamiento de la demanda vs. la capacidad del taller

Figure 1. Demand behaviour vs. the workshop's capacity

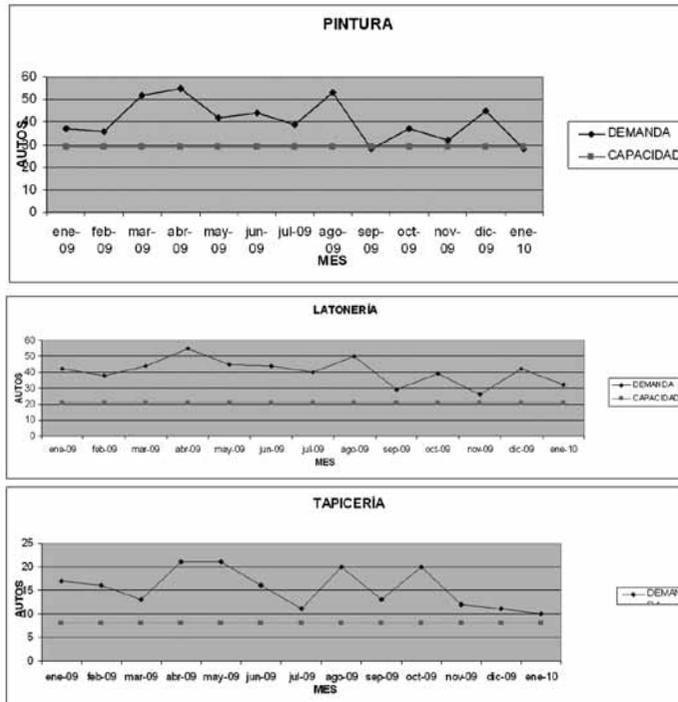


Luego se analizó de la misma manera para cada uno de los servicios el comportamiento de la demanda vs. Su capacidad, a partir de lo cual se llegó a identificar las tres restricciones del taller, Latonería, Pintura y Tapicería. Lo cual nos demuestra que de un sistema complejo de 6 estaciones de trabajo, se nos reduce a un sistema más simple

de 3 restricciones que marcan el paso en la capacidad de prestación de servicios, como se muestra en las ilustraciones 2, 3 y 4.

Figura 2. Demanda vs. Capacidad en las estaciones cuello de botella

Figure 2. Demand vs. Capacity bottleneck stations



Pero al momento de poner en práctica la metodología se deben enfocar los esfuerzos en la estación que afecta en mayor proporción el rendimiento del sistema, para no caer en el error del óptimo local, por lo tanto se analizó el porcentaje de participación de cada uno de los servicios en la generación de Trúput, como se muestra en la Figura 3, donde se pone de manifiesto que el servicio de pintura es el que genera la mayor contribución a las ganancias del taller, le sigue en orden de importancia, latonería y mecánica.

Figura 3. porcentaje de participación en el margen de contribución

Figure 3. Percentage of participation in the contribution margin

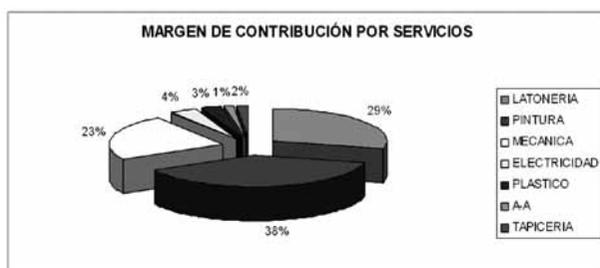
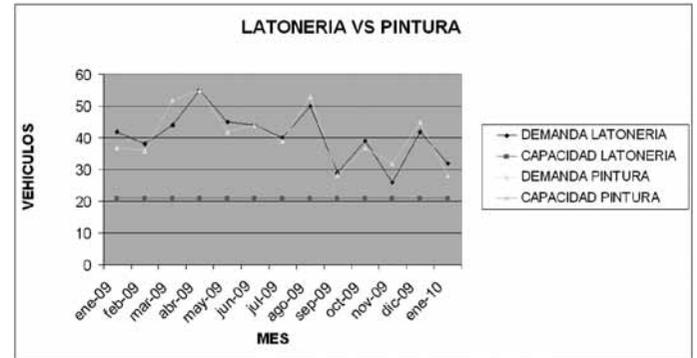


Figura 4. Capacidad Vs. Demanda de latonería y pintura

Figure 4. Demand vs. Capacity to pay rent and painting



Si se analizan las ilustraciones 3 y 4, la mayoría de las veces cuando un vehículo llega a latonería pasa a pintura, y como latonería tiene una menor capacidad de prestación de servicios que pintura, la cantidad de ganancias que pintura le genere a la empresa está restringida por latonería, lo cual hace necesario generar estrategias para explotar y elevar esta restricción para que no afecte la meta de la empresa.

Definición de las estrategias para aprovechar al máximo el recurso del cuello de botella

La estación de latonería no logra alcanzar el número de vehículos que permiten llegar a generar el margen de contribución proyectado, lo cual se debe, entre otros a diferentes factores como son:

- Altos tiempos de procesamiento debido a la complejidad de las tareas.
- Demoras por espera de los repuestos requeridos para realizar los trabajos, cuando se presentan adicionales, retrocesos o imprevistos.
- Necesidad de emplear más de un operario para un mismo trabajo de acuerdo con el nivel del daño.
- Altos tiempos de recorrido para buscar herramientas y piezas requeridas en las reparaciones.
- Falta de programación eficiente de los trabajos que se realizarán en el taller.
- Falta de coordinación de las actividades y colaboración de los trabajadores para apoyar una operación.

Para poder aplicar estrategias enfocadas a atacar todos estos problemas, la empresa debe generar condiciones de trabajo que permitan que estrategias realmente funcionen, como son:

- Se deben crear políticas para la eliminación del pago de anticipos a los técnicos de los trabajos que se están realizando.

- Realizar la programación de los trabajos y ubicarla a la vista de todos los operarios preferiblemente en un tablero acrílico donde se puedan hacer modificaciones, en el formato de programación se deben colocar:
 - la marca del vehículo,
 - los tiempos para cada una de las actividades a realizar,
 - la fecha de entrada
 - la posible fecha de salida;
- Con base en esto se deben planificar las provisiones de repuestos, pinturas y demás recursos requeridos
- Para esta programación debe haber un constante monitoreo de los tiempos empleados en cada una de las operaciones para el cumplimiento de las fechas.

Teniendo estas condiciones, se proponen las siguientes alternativas para aprovechar al máximo el cuello de botella.

- Reorganizar el área de trabajo donde se coloquen en un sitio todas aquellas herramientas que se van a utilizar al momento de realizar el trabajo,
 - a. en caso tal que las mismas herramientas se necesitan para realizar otro trabajo simultáneamente, el auxiliar de latonería deberá buscarlas y al momento que el latonero finalice su trabajo con ellas, este deberá facilitárselas al que las este necesitando inmediatamente.
 - b. Además de esto en el área de trabajo debe estar ubicado una repisa especial donde se coloquen todas las piezas que se vayan a desmontar que no se vayan a procesar en tapicería, y que se encuentren disponibles en este lugar para el momento del armado y así el latonero no se tenga que mover de su puesto de trabajo.
- Se propone trabajar horarios continuos en donde el taller no pare de laborar a medio día, sino que, se turnen los operarios para tomar sus respectivos almuerzos y descansos que serán respectivamente de 30 y 15 minutos, lo cual aumentara la disponibilidad y la capacidad de prestación de servicios.
- Se les recomienda hacer una sincronización entre la programación de los trabajos a realizar y los tiempos que toman tener los repuestos disponibles en el taller.
- los operarios deben colaborar de acuerdo con el nivel de trabajo que halla en las estaciones cuello de botella, para que estos salgan más rápido.
- Al momento de estar realizando el trabajo se debe manejar la ética de carrera de postas:
 - a. Empezar tan pronto como la tarea fue asignada
 - b. Realizarla continuamente hasta terminarla
 - c. Avisar que fue terminada

Lo cual tiene un impacto en los tiempos de procesamiento como se muestra en las siguientes figuras:

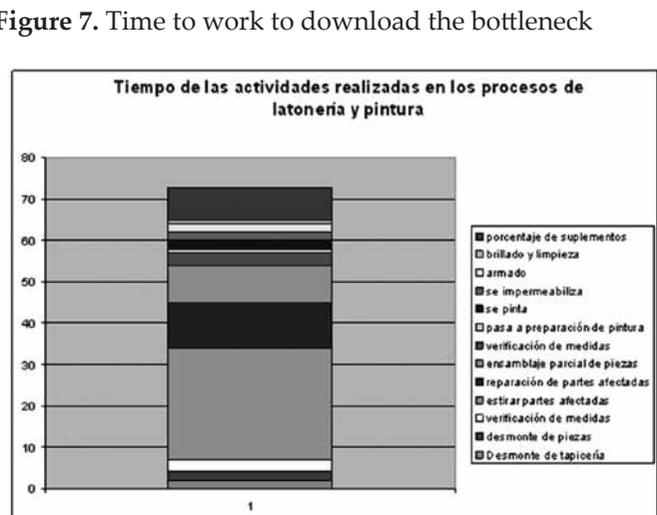
Figura 5. Tiempos actuales de reparación de colisiones
Figure 5. Current Time Collision Repair



Figura 6. tiempos reorganizando el área de trabajo
Figure 6. time rearranging the work area



Figura 7. Tiempos colaborando para descargar el cuello de botella
Figure 7. Time to work to download the bottleneck



Diseño de las estrategias para elevar el rendimiento de la restricción del sistema

Buscando eliminar por completo la restricción del sistema se propone a la empresa que se creen dos circuitos de reparación:

- Un circuito corto que sería para aquellos trabajos que toman menos de 10 horas, es decir golpes leves a medios, o los llamados golpes rápidos,
- Un circuito largo donde estarían los trabajos más pesados, que demoran entre 10 y 24 horas.

Para ello se requiere separar el espacio que se encuentra en el taller destinado para el parqueadero de vehículos que se encuentra subutilizado, para ubicar el servicio para golpes rápidos de latonería y pintura, además solo se requeriría un trabajador multifuncional, es decir un pintor con conocimientos básicos de latonería, que se dedicara a sacar los golpes pequeños y enseguida preparara las piezas y las pintara, pero para ello es necesario realizar un inversión en máquinas y herramientas que necesitaría esta persona para trabajar los vehículos, además de una inversión en una nueva cabina de pintura puesto, que con la que cuenta el taller no supe las exigencias del mercado, como se muestra en la Figura siguiente:

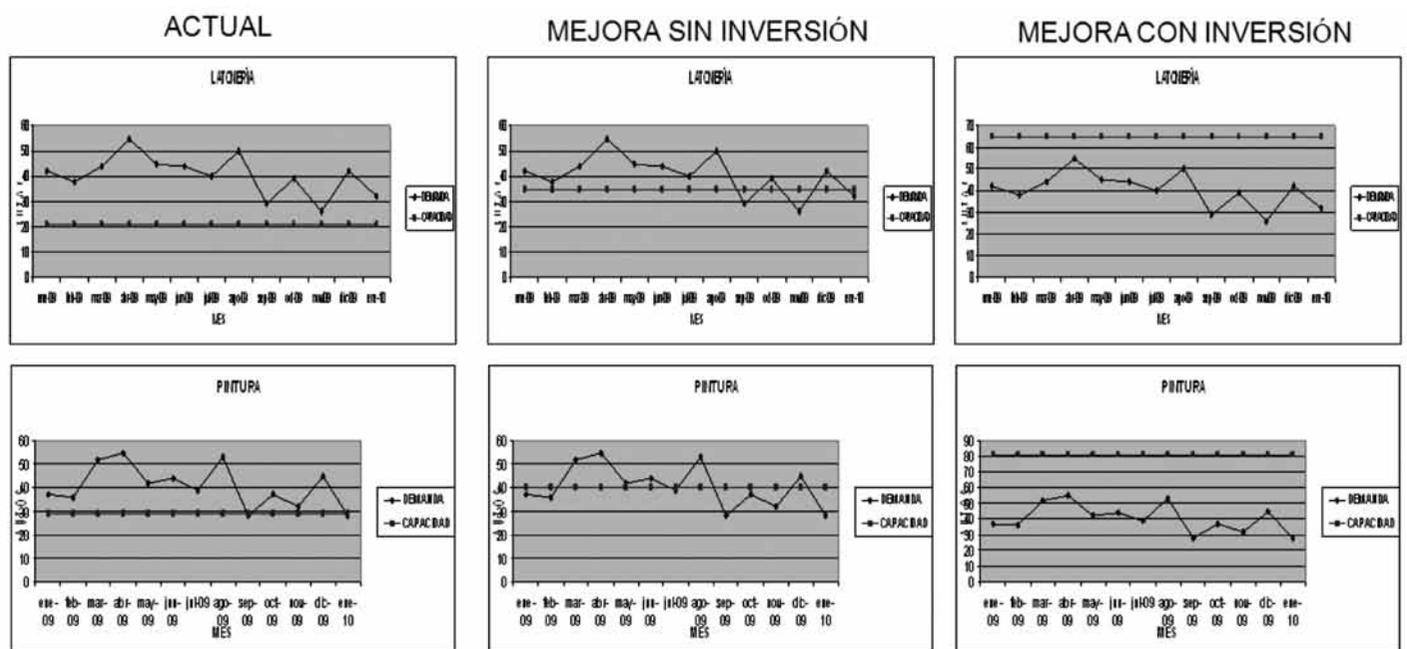
Figura 8. Inversión requerida para implementar las estrategias para elevar la capacidad de la restricción
 Figure 8. Investment required to implement strategies to increase the capacity of the restriction

Requerimientos de recursos	Inversión	Trúput generado en la estación de latonería y pintura /mes	
Horno de pintura nuevo	\$ 120.000.000,00	\$ 19.091.559,48	
Gato power	\$ 700.000,00		
Sacatoco(martillo de inercia)	\$ 2.500.000,00		
Taladro electrico	\$ 300.000,00		
Maquina de puntos	\$ 5.000.000,00		
Pistola de calor	\$ 280.000,00		
Martillo grafilado	\$ 250.000,00		
Martillo plano	\$ 250.000,00		
Pesas planas	\$ 250.000,00		
Pesas de tacón	\$ 250.000,00		
Limas de aplanar	\$ 250.000,00		
TOTAL	\$ 130.030.000,00		
	Tiempo de recuperación de la inversión		7 meses

Con esta estrategia los trabajos cortos no tendrían que esperar sino que entrarían a repararse de forma simultanea con los de circuito largo en su propio espacio generándose trabajo suficiente para los preparadores de pintura de ambos circuitos y teniéndose el horno-cabina se podrían procesar con mayor rapidez los trabajos ya que el tiempo de secado sería menor, atacándose de esta forma tanto las restricciones en latonería como las de pintura.

Se muestra a continuación el incremento en la capacidad del sistema:

Figura 9. Incremento de la capacidad de latonería y pintura implementando las alternativas propuestas.
 Figure 9. Increased capacity to pay rent and painting implementing the proposed alternatives.



Diseño de indicadores de desempeño para determinar la efectividad de las estrategias propuestas

Para medir los avances y el desempeño del sistema, en este caso del taller de reparación automotriz, se presentan a continuación los indicadores de gestión para evaluar las estrategias implementadas basadas en los principios de la teoría de restricciones.

Se deben tener en cuenta los indicadores básicos que propone la teoría de restricciones como son:

Trúput: este indicador hace referencia a la velocidad con la cual se genera dinero a través de las ventas.

Gastos operaciones: Este indicador hace referencia a el dinero que el sistema gasta para tener un vehículo reparado.

Inversión: Todo el dinero que el sistema invierte en infraestructura para tener las condiciones necesarias para prestar los servicios.

Estos indicadores no se deben analizar de forma individual, para ello se cuenta con el siguiente indicador financiero:

Utilidad neta: trúput – gasto de operación

Además se propone la utilización de los siguientes indicadores, para realizar un seguimiento diario de los trabajos en el taller:

Odtc: órdenes de trabajo en cola: órdenes de trabajo que esperan por entrar al proceso.

Este indicador permite conocer cuantos trabajos están esperando para ser procesados, lo cual mide directamente la capacidad de respuesta del taller y si se deben tomar decisiones para aumentar la capacidad a corto, mediano o largo.

Odtp ejecutadas vs. Odte: mide el porcentaje de órdenes de trabajo planificadas del total ejecutadas - *prioridad que se le da a la planificación* –

$$(Odtp\ ejecutadas/odte)*(100\%) (1)$$

Nos permite conocer en que porcentaje se está llevando a cabo una planificación y/o priorización al momento de asignar las ordenes de trabajo, de acuerdo con la que genere mayor trúput por unidad de tiempo de la restricción.

Odtp ejecutadas vs. Total de odtp: mide el porcentaje de ordenes de trabajo planificadas ejecutadas del total de or-

denes de trabajo planificadas – *eficiencia de la planificación* –

$$(Odtp\ ejecutadas/odtp)*(100\%) (2)$$

Odte vs. Odtc: mide la relación entre las órdenes de trabajo ejecutadas y las que están esperando por ser atendidas – *capacidad del sistema* –

$$(Odte/odtc)*(100\%) (3)$$

Tiempos de procesamiento vs. Tiempo de permanencia en el taller

$$(Tp/tp)*100\% (4)$$

Este indicador permite medir el porcentaje del tiempo de permanencia del vehículo en el taller, utilizado en las operaciones de reparación y mantenimiento, lo cual permite determinar en que se utilizó el otro porcentaje del tiempo en el cual el vehículo está sin que se le esté trabajando.

3. Resultados

Con las estrategias planteadas para aprovechar al máximo el recurso del cuello de botella, se logra aumentar la capacidad de prestación de servicios en 14 vehículos, para latonería, lo cual equivale a un 40% más en las ganancias mensuales.

Si se implementan las estrategias para aumentar la capacidad del cuello de botella con inversión, se logra un aumento en la capacidad de un 62%, esto hace que la restricción se convierta en el mercado, para lo cual se deben generar estrategias de mercadeo para así llevar más clientes al taller.

A medida que se aumenta la capacidad de prestación de servicios por latonería y pintura, los tiempos de permanencia en el taller se disminuirían drásticamente, permitiendo facturar la demanda entrante en el mismo mes, con lo cual se aumenta la satisfacción de las expectativas de los clientes, al entregarles el vehículo a tiempo y con la mejor calidad.

Teniendo en cuenta los resultados de la investigación, se puede afirmar que no solamente la aplicación de los principios de la teoría de restricciones, sino, la implementación de la teoría en su totalidad, permiten primeramente hallar la real capacidad de las empresas, la cual muchas organizaciones no saben encontrar estando implícitas y muchas veces explícitas en ellas, recurriendo así a técnicas de recursos de inversión, recorte de personal y tantas de estas vías, que en realidad no mejoran la productividad, sino que la complican.

La teoría de restricciones no solamente brinda una solución para el desarrollo de las empresas partiendo de la satisfacción de los clientes-empleados-accionistas, sino que es una verdadera solución integral para los problemas que se puedan presentar en cualquier área de las empresas. En otras palabras es *la aplicación compleja del sentido común*.

4. Conclusiones

- El primer paso para que todas las propuestas que se plantean en el presente trabajo se lleven a cabo, es la sensibilización de todo el personal de la empresa, todos deben comprender de que se trata la teoría de restricciones para que se de el ciclo de mejoramiento continuo.
- Se debe realizar un proceso de continua medición de los tiempos de procesamiento, para lo cual se le recomienda que a cada técnico se le asigne un cronometro donde ellos puedan medirse el tiempo y ellos mismos propongan mejoras al métodos de trabajo.
- se recomienda que los formatos de las ordenes de trabajo se llenen completamente y con el tiempo se tenga una base de datos completa que permita tener información histórica acerca de los clientes, las marcas, los tipos de daños, etc. que se presentan con mas frecuencia, para así diseñar nuevas estrategias con base en esto.
- Hacer un continuo seguimiento a las estrategias diseñadas para aprovechar al máximo el recurso restrictivo y de acuerdo con las ganancias generadas por la implementación de estas y con el comportamiento de la demanda, poner en consideración y realizar la evaluación técnica-económica de las estrategias para aumentar la capacidad del cuello de botella.

Bibliografía

- [1] Agudelo Marino Cesar, Isaza Carlos Andrés, Erazo Sergio Gabriel. **Análisis de proceso en AGENCIAUTO S.A., mediante la contabilidad del tróput**. Revista soluciones de postgrado EIA. Medellín, Octubre de 2008.
- [2] Bianchi Raúl. MBA. **La solución de teoría de restricciones para la gestión industrial**. Instituto de Ingeniería Mecánica y Producción Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de la República del Uruguay Yaguarón 1407, of. 1403. Montevideo CP 11100, Uruguay
- [3] Birkin Frank, Polesie Thomas, Lewis Linda **.A new business model for sustainable development: an exploratory study using the theory of constraints in Nordic**

organizations. Business Strategy and the Environment. Chichester: Jul 2009. Vol. 18, Iss. 5; p. 277

[4] GOLDRATT, Eliyahu y COX, Jeff. **La meta: un proceso de mejora continua**. 2ª Edición. Ediciones Castillo S.A. de C.V. Mexico, 1996.

[5] González Gómez, José Arturo Ortegón Mosquera, Katherine, Rivera Cadavid, Leonardo. **Desarrollo de una metodología de implementación de los conceptos de toc (teoría de restricciones), para empresas colombianas**. Estudios Gerenciales [en línea] 2003, (abril-junio): [fecha de consulta: 18 de agosto de 2009]

[6] HAY H, Edward. **Justo a tiempo: la técnica japonesa que genera mayor ventaja competitiva**. Editorial Norma. 1985

[7] HERRERA GALLEGO, Iván. **Gestión moderna de producción aplicando la teoría de restricciones**. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 2003.

[8] KANAWATI, George. **Introducción al estudio del trabajo**. Oficina internacional del trabajo. Ginebra. Editorial Limusa. 2002.

[9] Ortiz Flores, Fernando., Nuño de la Parra, Pablo., Torres Osorio, Raúl. **Comparación del sistema de costos estándar y la teoría de restricciones para el control del flujo de materiales mediante un modelo de simulación** Revista de la Ingeniería Industrial. 2009

[10] UMBLE, Michael y SRIKANTH, MI. **Manufactura sincrónica, principios para lograr una excelencia de categoría mundial**. 1ª Edición. Compañía editorial continental, S.A. de C.V.Mexico, 1995.

[11] Victoria J Mabin, & Steven J Balderstone. (2003). **The performance of the theory of constraints methodology: Analysis and discussion of successful TOC applications**. *International Journal of Operations & Production Management*, 23(5/6), 568. Retrieved August 15, 2009, from ABI/INFORM Global. (Document ID: 358435061).

[12] PÉREZ, Hernán David. **JIT Y TOC, aspectos tácticos en la integración de un sistema híbrido en la dirección de operaciones**. Escuela de Ingeniería De Antioquia. Envisgado, Colombia. 2000.

[13] GÓMEZ POSADA, Luís Felipe y JIMENEZ VILLALOBOS Juan Fernando. **Gestión de proyectos con teoría de restricciones aplicada al área técnica de la compañía Construcciones y servicios S.A**. Revista Soluciones de postgrado EIA Numero 4p 195-208. Medellín. Agosto del 2009.