

**DISEÑO DE UNA PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA
PRODUCCIÓN E INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD GLOBAL EN LA
EMPRESA INDUSANDRA, UNA APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE
RESTRICCIONES**

ALEX ORDOSGOITIA LÓPEZ

**UNIVERSIDAD DE CORDOBA
FACULTAD DE INGENIERIAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL
MONTERÍA
2011**

ÍNDICE DEL CONTENIDO

RESUMEN.....	4
GLOSARIO.....	5
INTRODUCCIÓN.....	8
1 OBJETIVOS	9
1.1 GENERAL	9
1.2 ESPECIFICOS	9
2 ALCANCE	10
3 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	11
4 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	15
5 MARCO TEÓRICO	17
5.1 MARCO CONCEPTUAL	17
5.2 MARCO TEÓRICO.....	37
3.3.ESTADO DEL ARTE.....	50
6 DESARROLLO DEL TRABAJO	56
7 RECOMENDACIONES.....	80
8 CONCLUSIONES.....	82
9 BIBLIOGRAFÍA.....	83
ANEXO	86

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1: Ciclo PHVA.</i>	36
<i>Ilustración 2: Árbol de Realidad Futura.</i>	45
<i>Ilustración 3: Árbol de Transición.</i>	46
<i>Ilustración 4: Árbol de Prerrequisitos.</i>	48
<i>Ilustración 6: Resumen de los beneficios de las implementaciones de TOC, Lean y Seis sigma para una empresa.</i>	52
<i>Ilustración 7: ARA DIAGNOSTICO INTERNO INDUSANDRA.</i>	60
<i>Ilustración 8: Árbol de Realidad Futura INDUSANDRA</i>	63
<i>Ilustración 9: Relación porcentual entre los 13 productos más vendidos</i>	65
<i>Ilustración 10: Diagrama de proceso de operación que ilustra el proceso de elaboración de las sillas escolares con plásticos</i>	66
<i>Ilustración 11: Diagrama de proceso de operación que ilustra la manufactura de las sillas escolares con piezas de madera.</i>	67
<i>Ilustración 12: Cantidad de productos vendidos por líneas en los meses comprendidos de enero a mayo del año 2011.</i>	68
<i>Ilustración 14: Modelo proceso de horneado con flujo continuo de las piezas.</i>	74
<i>Ilustración 15: Tiempo promedio estimado para cada silla con el proceso de horneado propuesto</i>	76
<i>Ilustración 16: Planilla control de producción por proceso</i>	79

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Tiempos promedios en segundo de los procesos requeridos para los productos más representativos de la empresa.</i>	70
<i>Tabla 2: Capacidad por proceso.</i>	71
<i>Tabla 3: Tiempo promedio actual de cada silla en el proceso de pintura en polvo.</i>	75
<i>Tabla 4: Descripción costo Horno curado.</i>	77

RESUMEN

Este trabajo inicia con una descripción general de la empresa INDUSANDRA, luego se presentan los conceptos básicos de la Teoría de Restricciones, el marco referencial con el cual se desarrolla este trabajo y las investigaciones que se han realizado para el mismo, la metodología desde la cual se enfocó este estudio en concordancia con la teoría descrita, considerada una nueva perspectiva para el análisis de problemas, objetivos y comportamientos de las organizaciones.

El proceso de mejoramiento aquí propuesto se inicia con la identificación de situaciones indeseables de la organización, descritas por el personal de planta y administrativo en entrevistas realizadas con base en el método etnográfico de recolección de datos. A partir de esta información se desarrolla un estudio cualitativo y descriptivo que trasciende el campo de la composición y la interpretación y que conduce a un diagnóstico preciso de la problemática raíz de INDUSANDRA, a partir de la cual se presenta la posible solución que luego es analizada mediante la utilización de un Árbol de Realidad Futura. Finalmente se presenta la propuesta de mejoramiento para los procesos utilizando los 5 pasos para el mejoramiento continuo descrito en la Teoría de Restricciones. La aplicación de la TOC permite incrementar la producción y la productividad global dado que se enfoca en el recurso que limita a todo el sistema.

Esta investigación es de carácter descriptivo-exploratoria en la cual se usa los métodos inductivo y deductivo; se extiende en la metodología de la TOC para la mejora continua.

GLOSARIO

En el desarrollo de este estudio se requiere entender una serie de conceptos que son indispensables para entenderlo, estos son definidos a continuación:

AMBIENTE DE TRABAJO

Conjunto de condiciones bajo las cuales se realiza el trabajo.

BUFFER

Se puede definir el buffer (stock de seguridad o de protección) de un determinado producto como el volumen de existencias que se tiene en almacén por encima de lo que normalmente se va a necesitar, para hacer frente a las fluctuaciones de la demanda, y/o otros retrasos imprevistos en la recepción de los pedidos.

La cantidad del stock de seguridad depende de la variabilidad de la demanda, de la longitud y variabilidad del plazo de entrega, y del riesgo que la dirección esté dispuesta a asumir para encontrarse sin existencias.

El stock de seguridad está destinado a compensar las fluctuaciones de la demanda cuando esta es aleatoria, o a contrarrestar las fluctuaciones de duración del plazo de reposición o entrega.

Puede hacerse necesario el buffer de seguridad en los siguientes casos:

- * Demanda de entrega y plazo de entrega conocido.
- * Demanda conocida y plazo de entrega aleatorio.
- * Demanda y plazo de entrega aleatorios.
- * Cuando el sistema de reaprovisionamiento se realice mediante fechas fijas preestablecidas.

Si los aprovisionamientos no son instantáneos, si existe un lapso de tiempo entre el instante en que se hace el pedido al proveedor y el momento en que este llega al almacén, se hace necesario contar con cierto número de existencias para hacer frente a la demanda o salida de almacén durante dicho plazo de reposición. Si la demanda en dicho tiempo es conocida exactamente, no habrá problema al calcular las existencias necesarias para cubrirla durante ese lapso de reaprovisionamiento, pero si la demanda es aleatoria surge un problema, no se sabe el número de existencias que se debe destinar para cubrir la demanda durante el tiempo que tarda la reposición, por lo que será necesario tener en almacén un número de existencias a la hora de hacer el pedido, igual al consumo medio que se utiliza en el tiempo que tarda el reaprovisionamiento, más una cierta cantidad que es necesaria para prevenir las posibles fluctuaciones imprevistas de la demanda.

También se hace necesaria la presencia de un buffer de seguridad en el almacén cuando la demanda es completamente conocida en cada unidad de tiempo sin ningún tipo de incertidumbre. Cuando el plazo de reposición es aleatorio y puede fluctuar, es imprescindible abastecerse de cierto número de existencias, suficientes para atender la demanda durante los días en que el nuevo pedido puede tardar en llegar al almacén, por encima del plazo que se considere como normal; de lo contrario, se corre el gran riesgo de que haya inexistencias en el almacén para atender las salidas durante algunos de esos días que tarda el aprovisionamiento, sabiendo que el número de días es aleatorio, incierto.

También se puede tener presente las dos circunstancias al mismo tiempo: que las salidas de almacén estén sujetas a cierta oscilación y que el plazo de reposición sea incierto.

Además puede hacerse necesario el buffer en los sistemas de aprovisionamiento periódicos, cuando el proveedor sirve de forma regular en días prefijados o pactados. Aquí el stock de protección está referido al plazo de abastecimiento o tiempo que transcurre entre dos entradas consecutivas al almacén. En este caso no existirá incertidumbre en la fecha de llegada del nuevo pedido, pero podría haberla en el volumen de la demanda durante el tiempo que existe entre un arribo y el siguiente. (Ma Li-li, Chen Jun. 2009)

CLIENTE

Organización, entidad o persona que recibe un producto y/o servicio.

DEMANDA

Es la cantidad de bienes o servicios que el comprador o consumidor está dispuesto a adquirir a un precio dado y en un lugar establecido, con cuyo uso pueda satisfacer parcial o totalmente sus necesidades.

El patrón de demanda de una mercancía puede ser determinística o probabilística. Por determinística se entiende que las cantidades pedidas sobre los periodos subsiguientes se conocen con certeza, la demanda sobre periodos iguales de tiempo puede ser constante o puede variar así, como también ser determinística. Estos dos casos se denominan demanda estática y dinámica respectivamente.

La demanda probabilística o estocástica ocurre cuando la demanda sobre un periodo dado es incierta, pero puede describirse en términos de una distribución de probabilidad. Análogas a las demandas estáticas y dinámicas en el caso determinístico, la distribución de probabilidad puede ser estacionaria o no estacionaria sobre el tiempo.

INFRAESTRUCTURA

Sistema de instalaciones, equipos y servicios necesarios para el funcionamiento de una entidad.

INVENTARIO

Cantidad de productos, mercancías y otros recursos tales como: materias primas, artículos en proceso, artículos terminados, partes componentes e insumos, que son almacenados o se mantienen inactivos por algún tiempo en la empresa.

Según la TOC, inventario es todo el dinero invertido en el sistema para generar Throughput. Donde Throughput se define como: la velocidad a la que el sistema genera dinero a través de las ventas.

JUSTO A TIEMPO

La producción justo a tiempo (JIT) se basa en que no se producirá nada hasta que se necesite, esto se refiere tanto al cliente externo como al interno, es decir, al consumidor o la siguiente etapa del proceso productivo. En el JIT, el objetivo principal es reducir tanto el inventario en proceso como el inventario en almacén. Con el JIT se combate la idea de los grandes lotes mediante la reducción de tiempos de preparación, el rediseño de los procesos y la normalización de los trabajos.¹

LINEA DE PRODUCCIÓN

Es aquella en la cual los elementos que constituyen el proceso productivo están ordenados según una secuencia lógica de operaciones sucesivas que el proceso de transformación de la materia prima en producto terminado requiere.

PRODUCTO O SERVICIO

Resultado de un proceso o un conjunto de procesos.

PROVEEDOR

Organización o persona que proporciona un producto y/o servicio.²

PEDIDO

Documento manejado comúnmente por las empresas se considera un tanto informal en virtud de que no hay sanciones de trascendencia, sobre todo para el proveedor en caso de incumplimiento.

¹ HAY, Edward J., justo a tiempo, Ed. Norma, 1995, pg. 39.

² INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Sistema de gestión de la calidad fundamentos y vocabulario. NTC-ISO 9000. Bogotá D.C.: El Instituto, 2000.

INTRODUCCIÓN

En el entorno empresarial es necesario implementar de forma creativa prácticas orientadas a obtener ventajas competitivas y comparativas para así poder hacer que las organizaciones puedan tener estabilidad y continuidad en el mercado. En este marco, es menester *replantear estrategias e innovar en los procesos productivos mejorándolos continuamente* con el fin de fortalecer y mantener un crecimiento gradual y persistente que genere desarrollo y tenga un impacto sistémico que aflore en beneficios.

Las compañías han estado enfrentándose a una gran presión competitiva, por lo que han tenido que reaccionar llevando a cabo, innovaciones tecnológicas, implementación de los sistemas de gestión de la calidad, la personalización de los productos y de los servicios ofrecidos, además de nuevas técnicas de producción.

En este ambiente de alta competencia y con la necesidad de conquistar nuevos mercados, las empresas precisan ser ágiles y flexibles. Para lograr adaptarse rápidamente a los cambios es necesario tener un enfoque hacia el mejoramiento continuo de los procesos, teniendo así más posibilidades de adaptarse a los desafíos que se dan en el mercado. Una forma de enfocar los resultados de manera eficaz es aplicar las técnicas de mejoramiento continuo, y una técnica bastante efectiva es la Teoría de Restricciones.

En este trabajo se plantean propuestas de mejoras que lleven al incremento de la productividad global de INDUSANDRA, una empresa metalmecánica que fabrica todo tipo de muebles. Para esta propuesta de mejora se pretende usar diferentes herramientas que propone la Teoría de Restricciones.

1 OBJETIVOS

1.1 GENERAL

Diseñar propuestas de mejora que permitan incrementar la productividad global de la empresa INDUSANDRA, mediante la aplicación de la Teoría de Restricciones.

1.2 ESPECIFICOS

- Identificar la causa raíz de los problemas mediante un diagnóstico al sistema empresarial INDUSANDRA para aumentar la eficacia de las soluciones propuestas.
- Aplicar los procesos de pensamiento de la Teoría de Restricciones para minimizar los esfuerzos requeridos al proponer soluciones efectivas.
- Proponer soluciones que permitan incrementar la productividad global mediante la utilización de los 5 pasos de la mejora continua de la Teoría de Restricciones.
- Analizar el impacto que generarían las soluciones propuestas, a través de la utilización de los procesos de pensamiento de la Teoría de Restricciones

2 ALCANCE

La limitante territorial de la investigación, claramente se manifiesta en que ésta se desarrolla para la empresa INDUSANDRA., empresa del sector metalmeccánico que fabrica muebles en la ciudad de Montería (Colombia).

La aplicación de la propuesta aquí mencionada busca aumentar el rendimiento de la producción y mejorar la productividad global, mediante la aplicación de la TOC.

La información recolectada para hacer el diagnostico inicial se tomará a partir de una encuesta aplicada a todos los empleados de la empresa INDUSANDRA.

Para el desarrollo de este trabajo se estudiarán los efectos indeseables relacionados con la producción, mercadeo y ventas sin tener en cuenta los efectos indeseables de seguridad industrial, dado que estos últimos no han tenido impacto en el rendimiento de la empresa³.

Requisitos para poder aplicar las propuestas establecidas en este trabajo.

Es necesario que lo operarios ayuden a la concepción y puesta en marcha de nuevas soluciones, en las que la mejora continua y el trabajo en grupo sea una realidad. La concienciación de esta propuesta no se describe en este documento porque está fuera de los tiempos de desarrollo del trabajo de grado.

³ Esta afirmación se hace dado que en la empresa aun no ha ocurrido un accidente que implique gastos extraordinarios, solo se han presentado incapacidades laborales; además no se encuentran registros de las tasas de accidentalidades así como tampoco lesiones profesionales ocurridas en la empresa.

3 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Industrias metalmecánicas Sandra “INDUSANDRA” es una empresa productora de muebles dirigida a los segmentos de sala de belleza, hogar, instituciones educativas, clínicas y oficinas. Hace parte del grupo empresarial Sandra conformado por: **GIMNASIO Y SPA BODY GYM, ACADEMIA DE BELLEZA SANDRA, CENTRO DE ENSEÑANZA BIOESTÉTICA, PELUQUERÍA MICHELL, RESTAURANTES CARNES Y CAZUELAS Y EL ALMACÉN SANDRA.**

La planta productiva y el punto de venta están ubicados en la ciudad de montería en la carrera 5 N° 34- 53, teléfono 782 5266 ext. 111. La empresa inicia en las instalaciones traseras del almacén Sandra y sus productos eran ofertados en este mismo almacén. La estrategia de localización de la planta en la ciudad de montería se debe a que esta empresa fabrica productos que son vendidos directamente al consumidor y todavía no tienen suficiente demanda para fabricar en grandes volúmenes de producción, esto último hace que las técnicas de producción tengan una combinación de métodos artesanales con algunas herramientas de alta tecnología.

Hoy día la empresa ha aumentado sus instalaciones físicas funcionando en dos pisos. En el primero están todos los procesos metalmecánicos y de tapicería, y en el segundo piso se encuentran los procesos en madera.

MISIÓN

Industrias Metalmecánicas Sandra es una empresa productora de muebles dirigida a los segmentos de las salas de belleza, hogar, instituciones educativas, clínicas y oficinas, dispuesta a satisfacer las necesidades del cliente con productos de alta calidad con los mejores precios del mercado, y un eficiente servicio al cliente.

Nuestro recurso humano está dispuesto a trabajar y cooperar con las necesidades del cliente orientando su producción al mejoramiento continuo de sus procesos y la calidad del servicio para así lograr el posicionamiento estratégico en el mercado, contribuyendo así al desarrollo socioeconómico de la región.

VISIÓN

Para el año 2015, industrias Metalmecánicas Sandra estará caracterizada por ser una empresa líder y competitiva en el mercado nacional de muebles, con una gran proyección a nivel internacional, garantizando un producto que cumple con todas las especificaciones del cliente.

INDUSANDRA será una empresa certificada bajo los requisitos de la norma técnica colombiana NTC ISO 9001:2008, lo cual garantizará la calidad de los productos y la eficiencia de nuestros procesos.

VALORES CORPORATIVOS

- Servicio
- Compromiso
- Responsabilidad
- Respeto
- Trabajo en equipo
- Creatividad

POLITICAS

- POLITICA DE CALIDAD: los productos de la empresa cumplen con los requerimientos especificados por el cliente o por las normas exigidas, disminuyendo así las probabilidades de incurrir en no conformidades.
- POLITICA DE SERVICIO AL CLIENTE: la empresa está dispuesta a atender las necesidades de sus clientes a través de la amabilidad y el buen trato por parte de los vendedores y a cooperar con la oferta de servicio post-venta en caso de ser necesario.
- POLITICA DE CUMPLIMIENTO: los pedidos serán entregados conforme al tiempo pactado y las especificaciones fijadas con anterioridad.
- POLITICA DE PRIORIDAD: los clientes son la principal razón de ser de nuestra empresa; por lo tanto, estos son nuestra prioridad y se trabaja para captar el mayor número posible de estos.⁴

PRODUCTOS

INDUSANDRA fabrica muebles para:

- Oficina
- Salas de belleza
- Instituciones educativas
- Hospitales
- Hogar

PROCESOS PRODUCTIVOS

- Tapicería: este proceso es realizado por dos personas altamente capacitadas, ellos fabrican los muebles en su totalidad.

⁴ Información obtenida de los documentos internos de la compañía.

- Ensamble: existen dos zonas de ensamble, uno para productos escolares y estanterías y otro para sillas de oficina. En estas secciones se acoplan todas las partes terminadas mediante tornillos auto perforantes o tornillos con tuercas dependiendo del producto. En este proceso trabajan dos personas que realizan los pasos de manera no progresiva, dado que estos se les paga por unidad ensamblada. Con este método de trabajo no progresivo se eliminan tiempos muertos de por ausentismo de trabajadores que es común en esta área.
- Mantenimiento General: se hacen reparaciones a todo tipo de aparatos o elementos descompuestos.

PROCESO DE LA ESTRUCTURA DE METAL.

- Corte de tubos: consiste en cortar los tubos a las medidas exigidas para cada parte del producto.
- Doblado de tubos: se realizan los dobles necesarios para el formado de la estructura.
- Prensado de tubo: se realiza con el fin de achatar los tubos, necesario para los productos que tienen plásticos.
- Corte de láminas: se adecuan las medidas específicas para cortar las láminas, según las características del producto. La cortadora es una maquina hidráulica que funciona con un voltaje de 360 voltios.
- Doblado de láminas: se toman las medidas necesarias, revisando los apuntes que se tiene de los productos ya fabricados y se calibra la máquina para cada lote. La dobladora es una maquina hidráulica que funciona con un voltaje de 360 voltios.
- Corte de varillas: Es una cizalla mecánica accionada mecánicamente por la fuerza del operador en la que se introduce la varilla, se corta y se va empujando para seguir cortando.
- Soldadura: Se utiliza soldadura MIG, con CO₂, permitiendo uniones sin escoria. Los operadores de estas maquinas tienen alta destreza mecánica, y son ellos quienes definen las especificaciones técnicas de los productos estableciendo de esta forma los materiales a utilizar.
- Lavado y secado: se realiza con el fin de eliminar el oxido y dejarlo limpio para la pintura.
- Pulido: se hace necesario cuando se dejan imperfecciones en las partes o cuando se forma mucho oxido. Se realiza con una pulidora eléctrica o lijado manualmente dependiendo de la forma de la pieza.
- Pintura: se utiliza pintura electrostática en colores básicos (negro, blanco y gris), este tipo de pintura es exigido en las normas técnicas para la fabricación de muebles escolares permitiendo niveles menores de plomo y mayor resistencia a los rayones.
- Horneado: Se hace en un horno con capacidad de 8 m³, lo que equivale a 40 sillas universitarias de madera o 32 sillas universitarias plásticas. Por medio de este paso el polvo de pintura impregnado en la cabina, se polimeriza a una temperatura de 180° C.

- Punzonado: con una maquina hidráulica con tensión nominal de 360V se realizan perforaciones y cortes a cualquier tipo de lámina.

PROCESOS DE LA MADERA

- Corte de láminas de triple: se trozan en láminas de tamaño estándar (60x40cm). Este proceso se realiza en una sierra circular de 10" fija en una mesa de 1.2m².
- Ranurado: con una ruteadora fija en una mesa se hace la ranura tajalápiz del brazo para las sillas escolares.
- Lijado de canto: se pasan las piezas por un disco giratorio que posee lija de papel.
- Lijado antes de sellador: se lijan las caras que sean necesarias según el producto a fabricar. Esto se hace con una lijadora eléctrica.
- Pintura con sellador: Se le aplica a la madera un sellador para disminuir su porosidad y proporcionar un mejor acabado después de aplicar la laca.
- Lijado después de sellador: con una lijadora eléctrica se lija la superficie a la que se le aplicó sellador; los cantos se lijan manualmente.
- Pintura con laca: se le aplica laca a todas las piezas de madera para darles un acabado brillante y suave.

4 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Para poder competir en los mercados nacionales contra compañías que llevan años en el mercado INDUSANDRA tiene que adaptarse a los cambios que establezca el mercado nacional.

En una conversación con el gerente de la empresa este manifiesta la necesidad de tener la producción mejor organizada y de incrementar las utilidades. De la información recolectada en la conversación se le plantea la propuesta para el mejoramiento de la producción e incremento de la productividad global de la empresa INDUSANDRA. La gerencia le interesó la propuesta e informó que quería tener más información al respecto, por lo que solicitó una propuesta formal.

El primer paso fue desarrollar un diagnóstico de la situación global de la empresa. El diagnóstico realizado en este trabajo, consiste en encontrar una relación entre los problemas y características desfavorables que se presentan en toda la organización. Estos efectos indeseables fueron descritos por el personal de producción y administración en entrevistas y se recolectaron a través de 20 encuestas (*La encuesta se realizó a todos los empleados de la empresa* teniendo de así un censo del personal de INDUSANDRA) que posteriormente fueron analizadas para detectar la problemática raíz de INDUSANDRA.

En el diagnóstico se encontró algunas características del sistema organizacional que son importantes resaltar.

Existe polivalencia en el personal de producción, por lo que algunos trabajadores deben capacitarse para realizar diferentes tareas. Este proceso debe seguir dándose en la empresa con el fin de hacer el trabajo más atractivo y menos monótono. La continuidad en los procesos de capacitación debe ser importante, para que los operarios obtengan mayor destreza y de esta manera facilitar los procesos de ayuda mutua.

La empresa pudiera producir a un ritmo similar a la demanda modificando las asignaciones de los trabajadores en los diferentes procesos, de tal forma que los operarios son capaces de responder a modificaciones de la duración del ciclo, en el orden de las operaciones y en muchos casos pueden responder adecuadamente a estos cambios.

Existe un control autónomo de los defectos, por lo que no es necesario tener inspectores que monitoreen la calidad de los productos. Con este sistema de autocontrol el propio operario es el que controla la calidad de su trabajo y es el responsable de los defectos que se pasen por alto, además permite una respuesta al control de los defectos de manera inmediata.

Al trabajar bajo pedido la empresa fabrica en cantidades variables y con una demanda inestable una variedad de productos. Así mismo, la activación de las

estaciones de trabajo es inherente al mismo sistema productivo, dado que, al no existir pedidos pendientes, simplemente la estación deja de producir.

El nivel de utilización de cada recurso está determinado por la demanda del mercado, esto es, que cuando un cliente hace un pedido de sillas universitarias, inmediatamente se da la orden para que el cortador de tubos empieza a crear inventario suficiente para que el doblador pueda hacer las operaciones que le corresponden y de esta manera este último surte a los soldadores. Los soldadores unen las piezas entregadas por el doblador y al finalizar la cuota diaria de sillas soldadas pasan al proceso de pintura. Una vez pintadas se ensamblan los elementos que corresponden a cada tipo de silla. Esto indica que al existir una demanda alta de este producto las estaciones de trabajo estarán con un nivel de utilización más elevado, y viceversa.

Los operarios de los procesos más rápidos se pueden agregar al área de trabajo donde se presentan retrasos, así se mejora el flujo de la estación cuando esta está sobrecargada con trabajo en proceso. Con esta técnica los trabajadores encontraron la manera de aumentar la capacidad y por tanto el flujo de materiales de las estaciones conflictivas.

En esta empresa se percibe que la programación de la producción se da por la demanda del Mercado, siendo esta la que marca el momento en que se empieza a trabajar en la primera estación. De esta forma cuando se inicia el primer proceso de la línea de producción, se traslada el material en proceso hasta terminar la cantidad demandada por el cliente, y en caso tal de que se termine el lote de pedido antes del tiempo pactado con el cliente se le comunica. Para cuando hay mucho trabajo en proceso y el recurso con capacidad restrictiva está copado, se trabajan horas extras para poder terminar el pedido a tiempo o en un tiempo razonable. Se considera que en esta empresa no es necesario implementar técnicamente un sistema de programación de la producción, dado que esta se programa de acuerdo con la fecha de entrega o pago.

Se tiene la concepción de optimizar lo local, cayendo en la idea errada que la suma de los esfuerzos individuales de los componentes o áreas de una empresa da como resultado el rendimiento global de la compañía. Esta idea asume que cada componente del sistema trabaja de una manera aislada e independiente.

La empresa tiene como política entregar los pedidos de los clientes en un plazo de 15 días calendario, este tiempo de entrega puede variar de acuerdo a las exigencias y deudas que tenga el cliente con INDUSANDRA.

Al cabo de unas semanas y teniendo en cuenta las características del sistema organizacional se le hace entrega del borrador que incluye la propuesta que examina la situación actual de la compañía. Al exponer el diagnóstico la dirección determinó conveniente que se desarrollara este trabajo y así proponer mejoras al sistema de manera rápida.

5 MARCO TEÓRICO

Este capítulo contiene una descripción de las referencias utilizadas para el desarrollo de la metodología usada en este proyecto. Se muestra la razón por la cual se decidió aplicar la teoría de restricciones.

ELECCIÓN DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES

La Teoría de Restricciones en un ambiente productivo enfocado al proceso, es la herramienta que ofrece las mejoras y simplificación en la aplicación más efectiva. La metodología que engloba la TOC así como otras aproximaciones desarrolladas para completar dichos conceptos representa aplicaciones sencillas que ofrecen respuestas directas en la búsqueda de medios de optimización a procesos productivos como los observados en el tipo de industria a estudiar.

5.1 MARCO CONCEPTUAL

El inicio de esta teoría se le atribuye al Dr. Eliyahu Goldratt quien desarrollo un algoritmo a principios de los 70 para mejorar la producción de la empresa de pollos de un pariente. Este algoritmo aumentó la producción en un 40% y tiene como fundamento que todo sistema tiene una restricción que lo limita.

Otros autores afirman que TOC nace del trabajo de diversos autores que han hecho trabajos aliados, **ACERRO NAVARRO (2003)**

La filosofía de la teoría de restricciones ha sido ampliamente difundida en los libros como la *META, la carrera, el síndrome del pajar, no fue la suerte, necesario mas no suficiente*, entre otros. Estos libros nacen debido a la exigencia en la implementación del software.

TOC se enfoca en todas las áreas y niveles de una empresa (Operaciones, Distribución, Abastecimiento, Ventas, Marketing, Estrategia, Toma de Decisiones, Ingeniería, Gestión de Proyectos y Recursos Humanos).⁵

Diferentes autores afirman que la TOC tiene bases en el método socrático el cual es un método de demostración lógica para la indagación o búsqueda de nuevas ideas o conceptos subyacentes en la información.

⁵ Debernardo, Héctor. **Nacimiento y evolución de la Teoría de las Restricciones (TOC)** (online), <http://www.cimatic.com.ar/toc/articulos/debernardo2.asp>

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA TOC CON OTRAS FILOSOFÍAS

La TOC es una nueva forma de pensamiento para la gestión organizacional, que fácilmente se puede integrar a otras teorías de gestión. Por tal motivo se muestra otras teorías administrativas para que el lector pueda tener un mejor entendimiento de la relación y diferencias entre estas teorías.

LEAN MANUFACTURING O MANUFACTURA ESBELTA

La manufactura esbelta puede considerarse como una estrategia de producción, compuesta por varias herramientas administrativas cuyo principal objetivo es ayudar a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto (bien tangible o servicio) y a los procesos, reduciendo o eliminando toda clase de desperdicios y mejorar las operaciones en un ambiente de respeto al trabajador. Ballesteros Silva (2008)⁶

Los inicios de la manufactura esbelta no se centran solamente en Toyota. Se debe reconocer que Henry Ford, con su sistema de producción Ford (producción en masa, 1908), contribuyó en parte con este proceso, pero fue Sakichi Toyota, visionario e inventor, fundador con su hijo Kiichiro de la Corporación Toyota Motor Company en 1930, quien implementó la técnica Justo a Tiempo como una filosofía de los sistemas modernos de producción. En esta empresa siempre se ha pensado en cómo enseñar y reforzar el sistema que llevó a los fundadores de la compañía a trabajar para innovar y pensar acerca de los factores actuales que constituyen los problemas.

En esta empresa se comenzó un proceso para mejorar los niveles de productividad, entregando productos de alta calidad, con costos bajos, tiempos de entrega cortos y flexibilidad. Después funcionarios de Toyota realizaron benchmarking en las plantas de Ford en los Estados Unidos e implementaron el “sistema halar” en su empresa. Esta es la base del justo a tiempo que se complementa con otro componente llamado *jidoka* (hacerlo con calidad). Años más tarde, Toyota aplicó las enseñanzas de Edwards Deming, pionero americano de la calidad, quien estimuló a los japoneses a que adoptaran el sistema para resolución de problemas conocido como Ciclo Deming o Ciclo PHVA, como soporte para el mejoramiento continuo, conocido como *Kaizen*.

El *Kaizen* se ha convertido en una filosofía integral que procura la perfección y el mantenimiento del sistema de Producción en Toyota, el cual contribuye

⁶ Según el autor, en la literatura existente no ha habido acuerdo en la definición de este término. Algunos autores la asocian con operaciones basadas en tecnologías avanzadas (Noori), otros lo tratan como filosofías gerenciales (Chase) y otros como sistemas modernos de producción de clase mundial (Render). Incluso hay autores quienes trabajan indistintamente los términos lean production y lean manufacturing.

significativamente a alcanzar la meta de “lean” que consiste en eliminar todos los desperdicios en el proceso.

En la década de los sesenta el sistema de producción Toyota emerge como una filosofía poderosa que todo negocio debía aprender.

En resumen, el sistema de manufactura esbelta se define como una filosofía de excelencia de manufactura, fundamentada en:

- Eliminación planeada de todos los desperdicios.
- Respeto por el trabajador: kaizen
- Mejora continua de productividad y calidad.

Por lo tanto se debe eliminar todo aquello que no agrega valor y por lo cual el cliente no está dispuesto a pagar, como:

- *Sobreproducción*: No se deben producir artículos para los que no existen órdenes de producción. El producto sólo se debe elaborar cuando el consumidor lo requiera. Así se puede reducir el inventario de materiales y sus respectivos costos.
- *Espera*: se debe evitar que los operadores esperen observando a las máquinas o esperan la entrega de recursos como herramientas, materiales o partes. Es aceptable que en ocasiones la máquina espere al trabajador pero no a la inversa.
- *Transportes innecesarios*: todos los recorridos innecesarios durante el proceso de producción se deben minimizar o eliminar.
- *Sobreprocesamiento o procesamiento incorrecto*: se debe tener claridad en conocer muy bien los métodos de trabajo y los requerimientos de los clientes para evitar procesos innecesarios, que son responsables de los incrementos en los costos de producción.
- *Inventarios*: es sabido que el exceso de inventario tanto de materia prima, de productos en proceso y de producto terminado causan largos tiempos de entrega, alto riesgo de obsolescencia de los productos, deterioro de los artículos, elevados costos de transporte, almacenamiento y retrasos. Esta situación permite que el inventario oculte problemas como producción desnivelada, entregas a destiempo por parte de los proveedores, defectos, tiempos ociosos de los equipos y largos tiempos de preparación, sin desconocer que se requiere personal para cuidarlo, controlarlo y entregarlo cuando sea necesario.
- *Movimientos innecesarios*: cualquiera que sea el movimiento efectuado por el personal durante sus actividades como observar, buscar, acumular partes, herramientas siempre que no tenga nada que ver con la actividad productiva se convierte en un desperdicio que se debe eliminar.

- *Productos defectuosos o retrabajos:* la producción de partes defectuosas, las reparaciones o reprocesos, los reemplazos en la producción e inspección demandan dedicación de tiempo y esfuerzo que se pueden utilizar para realizar labores que agregan valor al producto.

Por lo expuesto anteriormente se puede inferir que los objetivos de la manufactura esbelta son:

Objetivos generales:

- Implantar una filosofía de mejoramiento continuo que le permita a las organizaciones reducir sus costos, mejorar o renovar los procesos y eliminar los desperdicios, obteniendo productos que aumenten la satisfacción de los clientes, que cumplan con sus requerimientos y especificaciones y generen un razonable margen de utilidad a las empresas.
- Por otra parte, la manufactura esbelta proporciona herramientas administrativas para que las compañías sobrevivan en un mercado global que exige productos de excelente calidad, entregas rápidas a más bajo precio y en la cantidad requerida por los clientes.

Objetivos específicos:

- Reducir la cadena de desperdicios en el sistema de producción.
- Reducir el inventario y el espacio en el área de producción.
- Crear sistemas de producción más robustos y flexibles.
- Crear sistemas apropiados de entrega de materiales.
- Mejorar las distribuciones de planta para aumentar la flexibilidad.

Otra filosofía de gestión es la producción flexible y se muestra a continuación:

PRODUCCIÓN FLEXIBLE Y ÁGIL.

Un sistema de producción flexible y ágil crea un cambio profundo a la forma tradicional de operar de una empresa, el cual nace como respuesta a las nuevas exigencias del mercado y satisface en forma integral todas las necesidades del cliente, al brindar un producto de calidad, a un costo competitivo, en la cantidad que sea necesaria y en el tiempo que se requiera.

La evolución hacia la manufactura flexible exige la implementación de estrategias de respuesta rápida, de procedimientos y reglas que conduzcan al concepto de calidad integral, de capacitación masiva de todo el personal, desde colaboradores hasta la alta gerencia, para incrementar la participación de todos en el proceso de cambio; resultado " unidades flexibles de ciclo corto = producción flexible y ágil". La actitud de todos los integrantes de la empresa, sin importar el rango, debe tener una tendencia a la mejora continua, o sea, un sinónimo de predisposición al cambio y una mente ganadora.

Una manufactura flexible busca

- Aumento del tamaño de los recursos disponibles, enfocados a lograr una asignación de recursos amplia para facilitar el manejo y control del producto en el proceso.
- Trabajo en equipo, para hacer un uso efectivo de los recursos disponibles.
- Disminución del tiempo dedicado a los re procesos y mejora de la calidad de los procesos, para poder alcanzar el autocontrol.
- Incorporación de procesos de mejoramiento continuo (KAIZEN, JIT, KANBAN y Teoría de Restricciones⁷).
- Disminución de las distancias entre los puestos de trabajo y los transportes.
- La satisfacción del cliente, con entregas oportunas, en cantidad y con calidad competitiva.

Motivos por los cuales se debe implantar una producción flexible y ágil

- Competencia mundial con productos globales.
- Cambios en los mercados, los gustos y los clientes.
- Cambios en la tecnología, la cual permite una gran automatización de los equipos y maquinaria de las empresas.
- Cambios en los sistemas de información y comunicación.
- Cambios en las personas. Hacer sentir a la gente como personas, todas tan importantes como las demás, brindarles la oportunidad de capacitarlos constantemente y ofrecerles una apertura a la creatividad.

Requisitos para que una manufactura flexible funcione

- Compromiso de la administración.
- Compromiso de toda la organización.
- Trabajo en equipo, integración, autocontrol.
- Dar entrenamiento a los líderes sobre manejo de personal.
- Polifuncionalidad de los operarios, especialmente en las operaciones cuello de botella.

⁷ GOLDRATT, Eliyahu M. Cadena crítica 1ª edición, México; Ediciones Castillo, S.A. de C.V. Monterrey Nuevo León. 1997

- Calidad en cada operación, proceso y persona.
- Halar la producción. Se debe crear un flujo constante; la persona posterior debe controlar el flujo de la anterior y así sucesivamente.

Otro concepto de importancia para el mejor entendimiento del trabajo realizado en este documento es la productividad, tal como se muestra a continuación

PRODUCTIVIDAD

Tal vez, la primera vez que se mencionó la palabra productividad fue en un artículo de Quesney en el siglo XVIII, año 1766; luego en 1833, Littré⁸ la define como la “Facultad de producir”, es decir, el deseo de producir.

La productividad es más que una simple relación de eficiencias, abarca además los criterios de calidad, manejo, modernización, sistematización, esfuerzos colectivos, etc. Productividad es el mejoramiento efectivo de las capacidades de una organización.

En 1950 la OEEC (Organization for European Economic Cooperation) emitió una definición oficial. “la productividad es el cociente que se obtiene de dividir el monto de lo producido entre alguno de los factores de la producción”

La productividad evalúa la capacidad del sistema para elaborar los productos que son requeridos (que se adecuan al uso) y a la vez el grado en que se aprovechan los recursos utilizados, es decir, el valor agregado, el cual tiene dos vertientes:

1. Producir lo que el mercado (clientes) valora.
2. Hacerlo con el menor consumo de recursos.

Esta noción de productividad incluye la calidad, o ambas nociones convergen, calidad como expresión de factores que van más allá del producto en sí mismo (incluyendo el servicio y los procesos que lo hacen posible) y productividad como resumen de las dos vertientes anotadas.

BAIN (1985) expone:

"El concepto de productividad implica así mismo la interacción entre los distintos factores del lugar de trabajo. Mientras que la producción o resultados logrados, pueden estar relacionados con muchos insumos o recursos diferentes, en forma de distintas relaciones de productividad; por ejemplo, producción por hora trabajada, producción por unidad de material, producción por unidad de capital, cada una de las distintas

⁸ Larousse Etymological Dictionary, edición 1946 – 1949. Citado por: SUMANTH, David J. (1990).

relaciones o índices de productividad se ve afectada por una serie combinada de muchos factores. Estos factores determinantes incluyen la calidad y disponibilidad de los materiales, la escala de las operaciones y el porcentaje de utilización de la capacidad, la disponibilidad y capacidad de producción de la maquinaria principal, la actitud y el nivel de capacidad de la mano de obra y la motivación y efectividad de los administradores. La manera como estos factores se relacionan entre sí tiene un importante efecto sobre la productividad resultante."⁹

La mayoría asocia el concepto de productividad con el de producción, debido a que la producción es algo más visible, tangible y medible.

Es necesario pensar en la productividad, por la sencilla razón de que afecta al propósito mismo de la existencia de las organizaciones; cuando éstas tienen un propósito definido.

Partiendo de la base de que la organización funciona como un todo, es un ente global, donde no cabe que al interior de ella se funcione de manera local o individual, ya que un solo factor aislado puede entorpecer el propósito final.

De esta manera, Goldratt (1984) dice: No se debe ver cada área local y tratar de arreglarla, sino que se debe tratar de optimizar el sistema entero.

Lo anterior implica procesos de mejoramiento continuo donde se involucran técnicas disponibles, las cuales pueden convertir el proceso en una fuerza poderosa de competitividad. Cada una de las técnicas de mejoramiento puede ser muy beneficiosa si tiene un impacto global.

Un incremento en la productividad no ocurre por sí solo. Son todos los miembros de la empresa comprometidos en el proceso los que la provocan.

"Varios son los factores que actúan contra el cumplimiento de las metas relacionadas con la productividad. Algunos de estos factores restrictivos son generados por la propia organización o por sus miembros. Otros surgen en el exterior y, por lo mismo, están menos sujetos al control de los directivos. En ambos casos, estas fuerzas pugnan no por limitar, sino inclusive por inhibir cualquier intento por elevar la productividad. Si se examinan los factores restrictivos de los particulares ámbitos de trabajo y se conocen mejor cada uno de ellos, puede desarrollarse un plan de acción realmente eficaz. A pesar de que los factores restrictivos pueden variar de un ámbito laboral a otro, hay algunos que son comunes, aunque con distintos grados de intensidad."¹⁰

Los factores de perturbación de los centros de trabajo o proveedores se convierten en nuestra lista de prioridades para detectar dónde se tiene que concentrar los esfuerzos por mejorar la productividad. Por supuesto, primero se

⁹ BAIN, David. Productividad. La solución a los problemas de la empresa. México: Mc Graw Hill. 1ª edición. 1985, Pg. 3

¹⁰ Ibíd. Pg. 14.

debe trabajar con el centro de trabajo que tenga el mayor factor de perturbación.

Se trata de controlar todos los factores que impiden que la productividad se convierta en un proceso de mejoramiento continuo; teniendo presente que el enfoque principal es hacia el factor de mayor perturbación (materias primas y componentes que no llegan en el momento oportuno, maquinarias y equipos con tiempos de parada por encima de lo programado, mantenimiento, mala calidad en el proceso, preparaciones largas y no confiables, accidentes que paralizan el proceso productivo, negligencia y descuido de los trabajadores al realizar sus operaciones, ausentismo, fallas de los supervisores en el control del cumplimiento de las normas y procedimientos de trabajo).

La productividad se puede mejorar notablemente sin que sean necesarias cuantiosas inversiones en maquinaria, equipos o en nuevas tecnologías. Las mejoras de productividad tienen que ver, más bien, con los progresivos avances, mejoramiento y adaptación a las nuevas condiciones de competencia y calidad.

Se deben emprender acciones que conlleven a un aumento de la productividad.

Aquí se incluyen las mejoras en los diseños de productos y piezas y los procesos de transformación, optimización de la flexibilidad de línea, reducción de los tiempos de preparación de máquina, mejorar las habilidades de los trabajadores además de evitar y eliminar errores en proceso.

Es necesario adquirir ventajas competitivas, para lo cual no se debe buscar una mejora, sino buscar la implementación de un proceso de mejora continua. El establecimiento de un proceso de mejoramiento continuo focalizado requiere que se entienda la ubicación de las verdaderas restricciones de nuestras plantas.

En cualquier organización un pequeño número de restricciones gobierna el nivel de desempeño total. Si se pudieran romper estas pocas restricciones, la productividad de toda la organización aumentaría de forma significativa. Este esfuerzo continuo por encontrar las restricciones actuales, romperlas, encontrar las siguientes restricciones, romperlas y así sucesivamente, es un proceso sumamente poderoso de mejoramiento continuo focalizado. Es la forma para que la industria nacional se pueda reincorporar a la competitividad. Se debe usar este proceso de mejoramiento continuo para impulsar el volante de la productividad a una velocidad cada vez mayor.

Los esfuerzos de mejoramiento deben guiarse por varios principios, uno de ellos es el de Pareto. Al respecto Pareto decía que siempre hay unas cuantas cosas importantes y muchas triviales.

Existen muchas causas de perturbaciones y también técnicas igualmente eficaces para eliminarlas

Una vez que se localiza y cuantifica dónde se debe concentrar los esfuerzos, se puede usar la gran cantidad de técnicas buenas que se tiene para analizar y corregir los problemas.

La aplicación focalizada de la técnica correcta reduce las perturbaciones, impulsando el mejoramiento de la productividad.

"Introducir y desarrollar un proceso de mejoramiento de la productividad en una organización, requiere cambios radicales en la concepción y ejecución de todas sus actividades. De esta expresión puede deducirse lo siguiente: Si se requieren cambios radicales, hay que cambiar los postulados básicos que han servido de apoyo en la conducción de los negocios o, por lo menos, un cambio de jerarquía de dichos postulados."¹¹

"Es difícil cambiar la visión de hacer ver que el mayor problema que dificulta la productividad es el enfoque que se le ha venido dando al sistema de producción, y que éste a su vez, depende casi en su totalidad de la gerencia. Hay que comenzar por allí, cambiar la visión de que la productividad no depende del trabajo únicamente, sino de la tecnología, de los sistemas y de la manera en que aquel se relacione con éstas."¹²

"Cambio" es la palabra clave del proceso de mejoramiento de la productividad, sin embargo, es más preciso decir que la clave es la dirección del cambio.

Instaurar una cultura de la productividad es el reto actual y hacia el futuro. Que las personas y las empresas equilibren el flujo del proceso con la demanda del mercado, comprando a un buen precio, con excelente calidad y con patrones de seguridad, será el resultado de una cultura de la productividad; en la cual, los accionistas buscan rentabilidad, los clientes buscan calidad y servicio y los empleados buscan seguridad, salud y bienestar.

De acuerdo con todo lo anterior, la productividad no tiene ningún significado, si no se sabe cuál es la meta.

La meta de una organización de manufactura es "ganar dinero ahora y siempre" y todo lo demás que se haga son medios para alcanzarla. Por ejemplo, comprar a buen precio, emplear buen personal, usar alta tecnología, ensamblar productos, entregar productos de calidad, vender productos de calidad; capturar la participación en el mercado; dar servicio y brindar satisfacción al cliente.

Cuando se es productivo se está logrando algo con relación a la meta.

Productividad es el acto de acercar la empresa a su meta. Las acciones que acercan la empresa a ganar dinero son productivas; lo contrario son improductivas.

¹¹ Ibíd., pg. 21.

¹² Ibíd., pg136

Si una compañía no gana dinero por producir y vender productos, por contratos de mantenimiento y servicio, por vender algunos de sus haberes, o por cualquier otro medio, esa compañía se acaba.

Técnicas y herramientas generales usadas para el mejoramiento continuo de la productividad.

Las técnicas que se mencionan a continuación existen desde antes de la TOC, las cuales al llegar ésta, las retoma, hace una recopilación de ellas, las canaliza y aplica como complemento a su desarrollo.

Justo a tiempo. Según Hay, Edward J. (1989), Es una filosofía de trabajo, de eliminación de todo lo que implique desperdicio y de actividades que no agregan valor en el proceso de producción, compras y distribución. Desperdicio implica: "Todo lo que sea distinto de los recursos mínimos absolutos de materiales, máquinas y mano de obra necesarios para agregar valor al producto."¹³

Con el Justo a Tiempo (JAT) se mejora notablemente la calidad de los productos, la respuesta al mercado, el nivel de inventarios (se podrían eliminar del todo), el rendimiento del proceso, la motivación del trabajador, disminuyen los costos de producción, etc.

En la filosofía JAT hay tres importantes componentes para eliminar el desperdicio:

1. Imponer el equilibrio, sincronización y flujo en el proceso fabril.
2. Actitud de la empresa hacia la calidad: la idea de "hacerlo bien la primera vez".
3. Participación de los empleados. Todos los miembros de la organización tienen una función por cumplir en la eliminación del desperdicio y en la solución de problemas fabriles que lo ocasionan.

Ante todo, en la producción JAT es necesario que la fábrica se organice físicamente no por funciones sino por productos y procesos. La maquinaria se debe dedicar total o parcialmente a una familia de productos y se debe disponer en el orden en que van a cumplirse las operaciones para esa familia de productos.

La empresa que desee tener un excelente proceso de fabricación, no debe tener tiempo para re procesos y mala calidad, por lo cual es necesario producir bien desde la primera operación y de esta manera se disminuyen notoriamente

¹³ HAY, Edward J. Justo a Tiempo. La técnica japonesa que genera mayor ventaja competitiva. Bogotá. Ed. Norma. 1989. Pg. 18.

los inventarios. En términos administrativos, el lote económico se ha reducido hasta aproximarlos a uno.

La idea del JAT es: "producir y entregar artículos terminados en el momento justo para venderlos cuando el cliente los necesite.

El JAT se puede mirar como una alternativa para mejorar el rendimiento de los procesos productivos, como un instrumento de control de la calidad y del desperdicio, además como un mecanismo de participación y motivación del empleado.

El sistema kanban. Es el nombre de un sistema japonés específico de reposición de inventarios desarrollado por Toyota. Es un mecanismo para avanzar hacia la producción JAT. Traducido literalmente, significa "Registro visible" o "placa visible". De modo más general, se le da el significado de "tarjeta".¹⁴

Un sistema de halar es una manera de conducir el proceso fabril de tal forma que cada operación va halando el producto necesario de la operación anterior solamente a medida que lo necesite. "Esto contrasta con el ciclo industrial tradicional que fabrica un producto y lo empuja hacia la siguiente operación aunque ésta no esté lista para recibirlo."¹⁵

Kanban proporciona las partes cuando se les necesita, sin el exceso de inventario que resulta de las producciones erróneas. Este sólo funciona bien en el contexto de un sistema JAT, en general, y de la característica JAT de reducción del tiempo de preparación y del tamaño del lote, en particular.

Un programa JAT se puede desarrollar sin un subsistema kanban, pero éste no tiene sentido independientemente del JAT, lo anterior no quiere decir que el JAT perfecto no sea un sistema de halar, ya que en éste un artículo fluye cada vez, cada operación hala a la operación anterior, haciéndola producir solamente al ritmo deseado. Pero si el flujo fuera tan perfecto, no habría necesidad de señales.

Un proceso fabril accionado enteramente por señales de halar es como los eslabones de una cadena. Cada eslabón tiene su resistencia y entrega su propio resultado al ritmo que le estén imprimiendo.

Estudio de métodos de trabajo. En el estudio de un proyecto deben considerarse conjuntamente administración, hombres, máquinas, materiales, métodos y medio ambiente; emplear la investigación, proponer nuevos métodos de fabricación y aprovechar los medios y procesos ya existentes. Este estudio trae como resultado una mejor forma de efectuar la operación la que al definirla procura alcanzar

- Combinación o eliminación de operaciones.

¹⁴ SCHONBERGER, Richard J. Técnicas japonesas de fabricación. México: Editorial Limusa, S.A. de CV. Grupo Noriega Editores. 1993. Pg. 28

¹⁵ HAY, Edward J, Op, Cit, Pg. 116

- Mejor calidad.
- Mayor seguridad.
- Menor fatiga.
- Facilidad de entrenamiento.
- Mejor utilización de la maquinaria.
- Mayor rendimiento en los materiales.
- Bases para la medida del trabajo.
- Control y seguridad en los resultados.
- Procesos confiables.
- Mejor mantenimiento de los equipos.
- Conocimiento de los procesos.
- Flexibilidad y agilidad.

Etapas fundamentales del estudio de métodos:

- Seleccionar el trabajo o el proceso a estudiar.
- Registrar mediante diagramas de proceso, ensamble y recorrido.
- Examinar los hechos registrados con espíritu crítico.
- Idear el método más económico evaluando todos los factores.
- Medir la cantidad de trabajo que exige el método elegido y calcular el tiempo que lleva hacerlo.
- Definir el nuevo método y su respectivo tiempo.
- Implantar el nuevo método, con la participación de todos los involucrados.
- Mantener en uso la nueva práctica mediante procedimientos de control adecuados.
- Fijar índices e indicadores de control y mejoramiento.

Single Minute Exchange of Die (SMED). El sistema SMED nace como un conjunto de conceptos y técnicas que pretenden reducir los tiempos de preparación hasta poderlos expresar en minutos utilizando solo un dígito, es decir, realizar cualquier preparación de máquinas en un tiempo inferior a los diez minutos. Facilita la reducción de los tamaños de lote y por ende los inventarios, costos financieros y los tiempos de fabricación.

La máquina debe quedar preparada de tal manera que permita fabricar productos de buena calidad desde la primera pieza.

En 1972 Toyota Motor Corporation abordó en serio este problema. La compañía le encargó a Shigeo Shingo, el precursor de la reducción del tiempo de instalación, que redujera el tiempo de preparación en Toyota. Entre 1972 y 1973, Shigeo redujo de dos horas a menos de diez minutos un tiempo de preparación de trabajo con herramientas; y en 1975 lo redujo todavía a menos de un minuto. Eso es una reducción de más de 100:1. Ello le permitió a Toyota manejar diferentes productos con el equipo existente.

Los esfuerzos creativos de Shigeo en reducción de tiempo de preparación destruyeron muchos mitos de fabricación largamente sostenidos. Él les dio

mucha importancia a varios puntos que son decisivos para mejorar el proceso de cambio de diseño:

- Los trabajadores deben estar convencidos de que son posibles las reducciones espectaculares. Esto es bien difícil. Para la gente es fácil pensar: "Eso no funcionará en nuestro taller". Shigeo aconseja que se comience el proceso en una línea de producción para obtener experiencia y que luego se transfiera esa experiencia a otras líneas.
- Comprometer en el proceso a los operarios de máquinas, valerse de sus ideas, capacitarlos. Hacer que el operario sea parte del proceso de preparación.
- Los cambios de preparación deben producir artículos libres de defectos, desde la primera unidad.

Técnicas de ayuda para implantar las fases de mejora

- Estandarizar la operación de preparación en la medida de lo posible y siempre que ello sea rentable.
- Utilizar sistemas de fijación de sujeción rápida.
- Adoptar medios de preparación en paralelo. Existen procesos de preparación que deben ser realizados inevitablemente en distintos lados de la máquina.
- Evitar tener que adaptar las partes. Las partes deben encajar al contacto. Los ajustes dependen del "toque" apropiado, y eso varía según el operario, así que se deberá evitar.
- Mecanizar algunos procesos de preparación. Según Shingo la mecanización solo debe considerarse después de haber ensayado el resto de técnicas de mejora, ya que éstas pueden reducir el tiempo de preparación en porcentajes mucho mayores que el propio proceso de mecanización.

Mantenimiento Productivo Total (TPM). Es un programa de mantenimiento productivo aplicado a todos los equipos y enmarcado en la filosofía de participación total de los empleados de toda la organización, que mediante el cambio de actitudes y el desarrollo de sus habilidades, realicen actividades de mantenimiento en forma autónoma que conduzcan a alcanzar la eficiencia máxima del equipo, eliminando así las pérdidas y el desperdicio en la producción.

En un programa de mantenimiento productivo total todos los trabajadores participan en las labores de prevención, detección y corrección de las anomalías de diseño o funcionamiento de las máquinas; cada trabajador es

responsable de desarrollar sobre su propio puesto de trabajo actividades como las siguientes:

- Limpiar todo el polvo y basura, lubricar y ajustar las piezas, detectar y reparar defectos de funcionamiento.
- Adoptar medidas contra las fuentes de averías, previendo las causas del polvo, basura y desajustes.
- Proponer sistemas estándar para realizar las actividades de mantenimiento en el menor tiempo posible.
- Detectar y reparar defectos menores del equipo a través de chequeos globales.
- Mantener su puesto de trabajo con el orden apropiado, eliminando los objetos innecesarios y disponiendo los necesarios de la forma más adecuada.

Delegar estos aspectos de mantenimiento a los operarios de las máquinas tiene dos ventajas fundamentales:

- Los operarios son probablemente los que más saben sobre el funcionamiento de sus máquinas y, por lo tanto, las personas más adecuadas para detectar ruidos, desgastes o vibraciones no habituales.
- Se da a los operarios una cierta sensación de propiedad sobre aquéllas, por lo que se sienten más responsables a la hora de evitar las posibles averías.

En cuanto al momento adecuado para realizar las tareas de TPM, éste puede depender de las circunstancias, pero siempre es conveniente integrarlo dentro de los programas de producción. Una de las mejores formas, si ello es posible, es desarrollar este tipo de actividades entre turnos de trabajo.

Ventajas para las empresas que apliquen TPM

- Reducciones significativas del número de averías imprevistas.
- Aumento del grado de utilización de las máquinas y de su productividad.
- Decremento del índice de defectos y de las reclamaciones de los clientes.
- Disminución de los costos de mantenimiento.
- Disminución del número de accidentes laborales.
- Aumento del grado de satisfacción de los trabajadores.

Un requisito básico de la producción JAT es agilizar considerablemente el alistamiento de las máquinas, es decir el buen funcionamiento de los equipos. Las empresas que se proponen implantar el JAT se dan cuenta de que sus actuales prácticas de mantenimiento no son suficientes, por lo cual muchas firmas han buscado en el mantenimiento preventivo el medio para resolver sus problemas de funcionamiento de las máquinas. El JAT obliga a las empresas a

hacer mantenimiento productivo total, a fin de imponer un ambiente favorable en lo relacionado con la maquinaria.

La filosofía es paralela a la de calidad total. Mientras la calidad total pasa de hacer énfasis en la inspección, la selección y la repetición de piezas defectuosas a hacer énfasis en la prevención, el mantenimiento productivo total pasa del énfasis en la simple reparación al énfasis en la prevención de averías de las máquinas. El mantenimiento productivo total comprende seis partes:

- Participación del operario.
- Selección de equipos.
- Mantenimiento correctivo.
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento contra averías.
- Registros."¹⁶

Poka Yoke. Es una herramienta para alcanzar los cero defectos y eliminar las inspecciones de control de calidad. Este método es formalmente conocido como "a prueba de tontos" o de "fallas". La idea es respetar la inteligencia de los trabajadores. Asumiendo las tareas repetitivas o acciones que dependen de la memoria, el Poka Yoke puede liberar el tiempo y mente de un trabajador para que así se dedique a actividades más creativas o que añaden valor.

El método Poka Yoke es un control mecánico o físico que permite alcanzar una inspección del 100%.

El mecanismo Poka Yoke no es en sí un sistema de inspección sino un método de detectar defectos o errores que puede utilizarse para cumplir una función de inspección.

Hay dos modos mediante los que el Poka Yoke puede utilizarse para corregir errores:

- De tipo control: Es un detector que se activa y la máquina o línea de proceso se para, y el problema puede corregirse.
- De tipo aviso: Cuando se activa, suena un timbre o se enciende la lámpara que alerta al trabajador.

Características del método

- Detecta el defecto, para la producción y ejecuta un feedback inmediato de manera que se puede ir a la causa raíz del problema y evitar que se produzca de nuevo.
- Son procedimientos que no requieren tiempo o mayor esfuerzo aunque se realicen inspecciones al 100%.

¹⁶ Ibid., p168

- Tienen capacidad para inspecciones al 100%.
- En sistemas tipo control, las operaciones se paran y el "feedback" y la acción tienen que realizarse antes de que el proceso continúe. Cuando ocurren defectos en sistemas de aviso, la necesidad de "feedback" y acción inmediata se señalan por medio de zumbadores o luces.
- En general los mecanismos de Poka Yoke pueden instalarse con un costo extremadamente bajo.

Cómo trabaja el Poka Yoke

Apunta principalmente a la eliminación de los defectos generados en la elaboración de un producto por errores en los procesos.

Existen varios tipos de Poka Yoke de control:

- El método de contacto: Identifica defectos verificando si se establece o no contacto entre el mecanismo y alguna característica del perfil o dimensiones del producto.
- El método del valor fijo: Determina si se realiza un número dado de movimientos.
- El método de pasos / movimientos: Determina si se han seguido los pasos o movimientos establecidos de un procedimiento.

Control Estadístico de Calidad. Permite el análisis de los resultados sobre calidad. Existe ciencia y manejo tecnológico adecuado, en la medida en que sus resultados se puedan medir en términos de variación y es este el objetivo fundamental de la estadística, por lo cual debe convertirse en la principal herramienta con que cuenta la gerencia para verificar y comprobar los planes y políticas que sobre calidad existen.

Otras técnicas son:

“Muestreo, histogramas de frecuencia, gráficos de control, análisis de gráficos, análisis de varianza, diseño de experimentos y confiabilidad. Todas estas técnicas miden la calidad en términos reales, permitiendo de esta forma tomar decisiones sobre hechos comprobables”.¹⁷

Hoy en día son múltiples las técnicas utilizadas para el diagnóstico de problemas, que tienden hacia el aseguramiento y el mejoramiento de la calidad. Entre otras se pueden mencionar las siguientes: Diagrama de Ishikawa, Diagrama de Pareto, estudio de causas dominantes etc.

¹⁷ GÓMEZ, Saavedra, Eduardo. El control total de la calidad. Como una estrategia de comercialización. Bogotá: Legis Editores S.A. 1991. Pg. 148.

- **Diagrama Causa – Efecto.** Es también conocido como Diagrama de Ishikawa, y sirve para establecer todas las posibles causas de un problema. Se usan de dos formas, Como un análisis general de causas, o como una secuencia de operaciones. En este último caso, se analiza el método actual y se propone uno mejorado.
- **Diagrama de Pareto.** “Con el fin de establecer prioridades en la solución de problemas, se discriminan las causas prioritarias o las vitales, diferenciándolas de las poco importantes o las triviales. Es decir, cuáles son las que influyen con más fuerza sobre el problema, para atacarlas inmediatamente, y cuáles con menos fuerza. Para atacarlas posteriormente”.¹⁸
- **Tormenta de Ideas.** "Es una técnica para generar el mayor número posible de soluciones y encarar el pensamiento positivo; se trata de hacer participar a todos los integrantes del grupo, respetando las ideas, de tal forma que se desarrolle la imaginación y se propongan soluciones creativas. En esta técnica, cualquier aporte o idea es bueno".¹⁹

Un sistema efectivo de calidad se diseña para proporcionarle al cliente, final o intermedio, la seguridad de que los productos o servicios cumplen con las características esperadas por ellos. Para tal propósito se cuenta con dos modalidades muy definidas dentro de un sistema de calidad, la certificación y la garantía de calidad.

Por último se muestra una de las herramientas más usadas para el mejoramiento de la productividad y rendimientos globales; como es la administración de la calidad.

ADMINISTRACIÓN DE LA CALIDAD

Inicialmente la producción se realizaba de modo artesanal, sin considerar factores como calidad y costos; con la llegada de la producción industrial se hace necesario tener presente la calidad y con ella la búsqueda de procedimientos de fabricación que permitieran, al mismo tiempo, mejorar la calidad de aquellos y abaratar los costes de producción. Como respuesta a este problema, a finales del siglo XIX, se introdujo la normalización de las piezas, más tarde se implantó como sistema productivo la cadena de producción; la cual impuso la necesidad de que las piezas producidas fueran conformes con sus especificaciones, donde ya no era posible realizar ajustes manuales.

Surge entonces la definición clásica de la calidad de un producto como su conformidad con las especificaciones. A partir de este momento comenzaron a

¹⁸ *Ibíd.*, p 205

¹⁹ *Ibíd.*, p 202.

desarrollarse métodos estadísticos de control de calidad que permitían con el análisis de muestras determinar si los lotes estaban dentro de los límites de tolerancia especificados. Desde esta perspectiva, el control de calidad del producto sólo podía abordarse con la ayuda de especialistas.

En la actualidad, la extensión del concepto de calidad en todas las áreas de la empresa conduce al concepto de Calidad Total; donde todos los miembros de la empresa son responsables de la misma.

Aseguramiento de la Calidad. La calidad debe ser un elemento esencial en toda compañía; ello produce buenos productos a bajo costo, con alta productividad, y mantiene los mercados internos y externos. El aseguramiento de la calidad significa que un consumidor puede comprar un producto con la confianza de usarlo durante un largo período de tiempo a satisfacción completa.

"Es la actividad que permite proporcionar toda la evidencia necesaria para establecer el grado de confianza, relacionado con el cumplimiento de los objetivos y funciones asignadas a la calidad; también se define como la forma de garantizar a un cliente que el producto puede comprarlo con confianza y utilizarlo durante el tiempo previsto, a satisfacción completa (Ishikawa)".²⁰

Es el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos (ISO 9000:2000)

Es importante tener presente la calidad en cada producto y en cada proceso según lo plantea Ishikawa. Este hecho supone que la empresa investigue permanentemente y desarrolle nuevos productos y nuevos procesos de fabricación. Es decir, que no trate de buscar la calidad mediante una rigurosa inspección sino a través de la innovación y el cambio.

El aseguramiento está presente en todas las funciones de la empresa y su principal respaldo es la normalización, basada en las necesidades del cliente.

"La normalización y el aseguramiento de la calidad son dos estrategias fundamentales en el desarrollo de una empresa, no puede existir la una sin la otra y toda compañía debe apoyar su implantación. El aseguramiento busca la satisfacción del consumidor y la normalización permite el aseguramiento de la calidad".²¹

Certificación. La certificación se definió como la conformidad de los productos o servicios, con los estándares o las especificaciones técnicas. Ello implica que al consumidor se le dé cada lote, embarque o unidad, un certificado en el cual conste que la empresa cumplió con los requisitos y la variabilidad propuesta en la norma.

²⁰ Ibíd., p 309

²¹ Ibíd., p 310.

La garantía de la calidad se define como la protección que debe tener el consumidor. Si el producto o servicio tiene problemas iniciales o posteriores de calidad, esta protección cubre defectos por diseño, fabricación y uso (este último cuando ha sido por culpa del cliente)".²²

En el contrato de la calidad, la certificación corresponde a una etapa final, en razón de la misma esencia del concepto de certificación de la ISO. "La certificación implica establecer los procedimientos o medidas administrativas necesarias para determinar si el producto o servicio cumple con las normas o especificaciones técnicas, a fin de otorgar el certificado de conformidad".²³

Es importante la planeación estratégica y el compromiso de todas las personas dentro de la organización.

Círculos de Calidad. Ishikawa escribió sobre la necesidad de formar grupos de trabajadores y supervisores en las áreas de producción en los cuales se tratarán temas relacionados con las actividades de control de la calidad.

Es "Un pequeño grupo de personas, pertenecientes a la misma área de trabajo, que se reúnen con el fin de identificar, analizar y resolver problemas de calidad, y a los cuales los une unos mismos principios filosóficos y el propósito fundamental de participar en las decisiones de la compañía".²⁴

Ciclo PHVA. El ciclo Deming es un método que apoya la administración en la búsqueda de la mejora continua. El ciclo es una derivación del método científico aplicado a los procesos.

La manera de mover este ciclo es como se da a continuación: Si se tiene un proyecto o un problema que deba resolverse, el grupo de trabajo diseña un plan de operaciones o un plan de solución; luego se implementa esta plan en una pequeña escala y a manera de prueba; luego el grupo verifica los resultados o efectos del plan de prueba; por último se toman decisiones respecto al plan y a los resultados. Estas actividades pueden llevar a aceptar los resultados obtenidos o bien al diseño de un nuevo plan, y el ciclo avanza girando y generando la mejora continua. (Ver ilustración 5).

- Plan (P): Establecer planes para el propósito del negocio o del grupo.
- Hacer (H): Llevar a cabo lo planeado.
- Verificar (V): Verificar si los resultados concuerdan con lo planeado.
- Actuar (A): Actuar para corregir o eliminar los problemas encontrados en la fase de verificación.

²² Ibid. p 149.

²³ Ibid. p 312.

²⁴ Ibid. p 189.

El ciclo de control PHVA ha evolucionado con el tiempo, y se le han agregado nuevos conceptos que lo han hecho más fácil de trabajar y de comprender.

En la actualidad, Miyauchi ha dividido el ciclo PHVA en tres subciclos: Ciclo de Mantenimiento, Ciclo de Mejoramiento y Ciclo de Corrección.

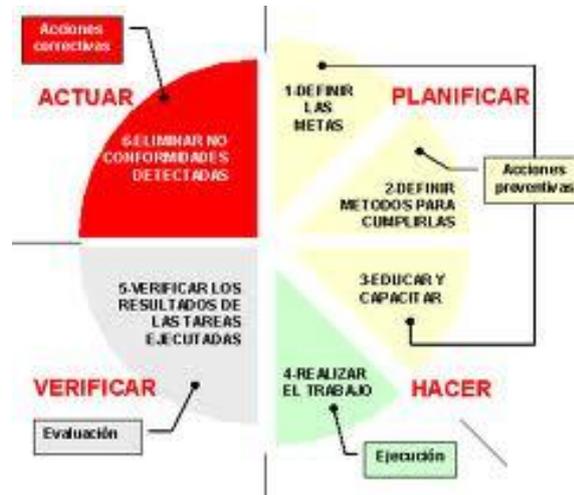


Ilustración 1: Ciclo PHVA. Fuente: GÓMEZ, Saavedra, Eduardo. El control total de la calidad. Como una estrategia de comercialización. Bogotá: Legis Editores S.A. 1991. Pg. 148.

5.2 MARCO TEÓRICO

El propósito de este trabajo es identificar problemas o efectos indeseables en la empresa metalmecánica INDUSANDRA y analizar los procedimientos en relación a otras organizaciones del sector, para proponer mejoras que redunden en el aumento de la productividad global.

A continuación se exponen conceptos de TOC encontrados en la revisión de la literatura.

Según Watson, Blackstone y Gardiner (2007), la Teoría de Restricciones es una filosofía de gestión que surgió por el desenvolvimiento de un sistema de información llamado OPT (Optimized Production Technology), que busca proponer programas de producción basados en las capacidades finitas de los elementos de los sistemas productivos.

La Teoría de las Restricciones TOC es una filosofía administrativa integral que utiliza los métodos usados por las ciencias puras para comprender y gestionar los sistemas con base humana (personas, organizaciones, etc.).

El más grande mérito del Dr. Goldratt y su equipo de investigadores expertos en la TOC de diversas partes del mundo, es haber encontrado una forma lógica y muy eficiente de poder romper paradigmas mediante el uso de novedosos procesos de pensamientos y diagramas lógicos que nos permiten optimizar y adecuar distintas herramientas técnicas y de gestión para ser usadas por cualquiera de nosotros en nuestras empresas, con una alta probabilidad de conseguir excelentes resultados

El TOC permite enfocar las soluciones a los problemas críticos de las empresas (sin importar su tamaño ó giro), para que estas se acerquen a su meta mediante un proceso de mejora continua. Para su desarrollo se tomo como base el método Socrático.

La teoría en mención comprende un conjunto de conocimientos, principios, herramientas y aplicaciones que simplifican la gestión de los sistemas, utilizando la lógica pura o sentido común.

El sistema empresa es eficaz en la medida en que alcanza el propósito, o los objetivos para los cuales fue creada. En el contexto de esta teoría la excelencia empresarial tiene como única medida global: la utilidad continua a través del tiempo.

La TOC es especialmente diseñada para mejorar la meta de la empresa a través de un proceso continuo destinado a maximizar la explotación de todos los recursos, de todas aquellas situaciones, procesos que impiden un resultado mejor.

El análisis del mundo de la utilidad, propuesto por TOC, conduce a un cambio en las prioridades gerenciales. Tradicionalmente los gestores empresariales han definido sus prioridades de la siguiente manera:

1. Reduciendo costos
2. Incrementando la utilidad y
3. Manteniendo los inventarios.

Al utilizar la TOC hay un cambio trascendental en el orden:

1. Incrementar la utilidad atacando restricciones productivas, mercadológicas, administrativas, etc.
2. Reducción de inventarios de materiales, productos en proceso y productos terminados.
3. Reducción de costos, es decir, todo el dinero que se gasta en transformar el inventario en utilidad.

Al discutir los recursos que son restricciones en una empresa, es necesario analizar dos tipos de situaciones. La primera es ubicar aquellas restricciones que afectan la meta global de la empresa y que hacen parte del contexto en el cual opera. La segunda situación es determinar los recursos restrictivos ubicados dentro de la empresa. En este caso habrá apenas un recurso restrictivo global y los demás serán considerados no restrictivos. Se habla simplemente de restricciones internas y externas.

Morales Idarraga (2006) muestra el concepto de restricción que según (woepel, 2003) lo define como todo aquello que limita u obstaculiza el rendimiento superior del sistema con respecto a la meta. De aquí parte el supuesto de que el rendimiento de la restricción del sistema determina el rendimiento de todo el sistema.

Las restricciones de mercado definen los límites de las cantidades de productos, por tanto, afectan directamente la generación de utilidades, es decir, la meta de la empresa.

Las restricciones más comunes que existen son:

- Restricciones de manufactura: Se refieren a obstáculos en la capacidad de producción que impiden mantener el ritmo de la demanda.
- Restricciones de mercados: Cuando la demanda del mercado atendido es menor que la capacidad de la empresa.
- Restricciones de materiales: Cuando el suministro, la calidad y la oportunidad de los materiales impide cumplir con la demanda.
- Restricciones logísticas: Problemas en los métodos de trabajo que impiden el adecuado flujo del producto desde las fuentes de materia prima hasta los clientes finales.

- Restricciones de políticas: Son formas de actuar, de medir los resultados y costumbres que obstaculizan un mejor desempeño del sistema productivo.

Existen dos tipos de restricciones que se pueden incluir en las restricciones de políticas: las restricciones comportamentales y procedimentales. Las comportamentales tienen que ver con las relaciones de autoridad y responsabilidad que se generan entre la gerencia y los empleados, y entre la supervisión y los obreros; las procedimentales se relacionan con los indicadores de desempeño y/o medidores ilógicos que conducen a comportamientos ilógicos en los empleados. López et al (2006)

PRINCIPIOS BÁSICOS

- No se debe equilibrar la capacidad productiva, sino el flujo de producción. No debe balancearse la capacidad con la demanda, lo que hay que hacer en lugar de eso, es balancear el flujo de producto por la planta con la demanda del mercado. La idea es hacer que el flujo a través del cuello de botella sea igual a la demanda del mercado. En este punto se tienen en cuenta dos hechos importantes:
 1. Sucesos dependientes: lo que está referido a la secuencias de operaciones.
 2. Fluctuaciones estadísticas: son aquellos sucesos que no se pueden controlar.
- La utilización de un recurso cuello de botella viene determinada por su propia capacidad, no por alguna otra limitación del sistema. Cuando hacen que un recurso que no es cuello de botella haga más trabajo que el cuello de botella, no están aumentando la productividad. Por el contrario, están haciendo exactamente lo opuesto. Están creando exceso de inventario, lo que va en contra de la meta. Frente a esta restricción lo que se debe hacer es explotar la limitación, es decir, el cuello de botella, no solo aumentando la capacidad, si no racionalizando su uso.
- La utilización y la activación de un recurso no son sinónimos. Utilizar un recurso significa hacer uso del recurso de un modo que mueva el sistema hacia la meta. Activar un recurso es como oprimir el botón de encendido de la máquina; funciona haya beneficios o no, que se deriven del trabajo que se hace.
- Una hora perdida en un cuello de botella es una hora que pierde todo el sistema. Si pierdes una de esas horas, o incluso media, la han perdido para siempre. No podrán recuperarla en otro sitio del sistema. La pérdida de tiempo en el cuello de botella, significa throughput perdido (ventas).
- Una hora ganada en un recurso no cuello de botella es un espejismo. Cierta porcentaje del tiempo de los elementos que no son cuello de botella debe estar ocioso, debido a que este recurso posee capacidad en exceso. Es tener disponibilidad.

- Los cuellos de botella rigen tanto el inventario en proceso como la facturación. El recurso cuello de botella determina el throughput del sistema (la facturación).
- Las prioridades solo se pueden fijar teniendo en cuenta simultáneamente todas las limitaciones del sistema.
- El lote de proceso debe ser variable: Esta idea busca la flexibilidad del sistema productivo, y no se tiene problemas con la escogencia del tamaño del lote, dado que de acuerdo a la demanda éste se debe amoldar.
- Analizar las restricciones simultáneamente, con el fin de optimizar los lead times, y por consiguiente el resultado obtenido. El análisis simultáneo de las restricciones contribuye con el proceso de mejoramiento continuo en la búsqueda del óptimo global. Goldratt (1984).

PASOS DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES

Según la TOC todo sistema que quiera lograr un proceso de mejora continua en la búsqueda de sus metas globales, debería seguir los siguientes pasos:

Para una restricción física, es necesario aplicar el esquema de 5 pasos mencionado por Goldratt y Cox (1984):

Rodríguez Uribe (2006) y Palacios (2010), describen los cinco pasos necesarios para poder lograr un proceso de mejora continua en la búsqueda de sus metas globales.

Paso 1: identificar la restricción del sistema

Se debe identificar el eslabón más débil de la cadena que está restringiendo el Throughput del sistema. Dependiendo del entorno en que se encuentre el recurso restricción o cuello de botella será diferente. En un entorno de manufactura es muy probable que la restricción sea una etapa del proceso productivo: una máquina o departamento, donde se esté acumulando inventario en proceso.

Si, por otra parte, se desea identificar la restricción en un proyecto se debe definir la sucesión de actividades más larga del proyecto que determina el tiempo del mismo; a esta sucesión se la denomina la Cadena Crítica. La dependencia entre las actividades está dada por su relación temporal, necesidad de precedencia y el hecho de que el mismo recurso es necesario para su ejecución.

Una vez localizados aquellos recursos que, por su escasa disponibilidad, limitan el rendimiento global del sistema, deben ser "explotados al máximo" aprovechando toda su capacidad. No es acomodar los efectos malos por prioridades, sino identificar la raíz que los causa a todos ellos.

Para poder encontrar los recursos de capacidad restrictiva es necesario analizar los flujos y suministros. La observación es la mejor herramienta para detectar este tipo de restricciones.

Paso 2: Decidir cómo explotar la restricción

Explotar la restricción del sistema se refiere a utilizar al máximo la capacidad del recurso restricción. Se debe aprovechar toda la capacidad disponible de este recurso ya que es éste quien limita el Throughput, y se tiene que hacer sin incurrir en nuevos costos de operación o inversiones. Es eliminar las causas que impiden que los recursos puedan entregar lo máximo posible,

La administración de la producción o del proyecto debe centrarse en el recurso retracción, con lo cual se puede continuar al paso 3.

Paso 3: Subordinar todo el sistema a las decisiones adoptadas en el paso anterior.

Todos los otros componentes del sistema deben actuar de tal manera que garanticen la operación de la restricción al máximo. Esto implica en muchos casos un cambio de prioridades importantes.

Todo el sistema debe depender del recurso restricción, debe operar al ritmo de este y para satisfacerlo.

Las restricciones del sistema representan un pequeño porcentaje de los recursos totales de la organización. Una determinada restricción puede verse obligada a parar su trabajo si los recursos no limitados (la gran mayoría) no le suministran los componentes que necesita.

También será perjudicial para la organización que recursos no limitados y, por tanto, con exceso de capacidad, suministren a la restricción más componentes de los que ésta pueda procesar.

Paso 4: Elevar la restricción

Si los pasos 2 y 3 no causaron que la restricción identificada en el paso 1 deje de ser el limitante de Throughput, se deberá en este paso elevar la capacidad de la restricción.

Este paso se refiere a que una vez que se está explotando la restricción y ya se agotaron las soluciones que casi no cuestan, es el momento de implementar soluciones que requieren inversión de dinero. Esto significa ampliar la capacidad de los recursos cuello de botella, superar las restricciones marcadas por su falta de capacidad; para lo cual son necesarios más máquinas, personas, turnos que permitan elevar la capacidad. Es responsabilidad de la administración.

Una vez realizados los cuatro pasos anteriores, es posible que, a fuerza de mejorar la utilización de la restricción o de incrementar su capacidad, ésta haya desaparecido. Ello no constituye, sin embargo, el final del proceso de mejora

continúa, puesto que, de darse la situación mencionada, aparecerá una nueva restricción en algún otro lugar del sistema. Ello confiere una gran importancia a la quinta etapa de la TOC.

Paso 5: Si en los pasos previos se ha roto una restricción hay que volver al primer paso

No hay que permitir que la inercia sea la causa de restricciones en el sistema. (Revisar las soluciones anteriores), ya que fueron diseñadas para una restricción que ya no existe.

MEDIOS PARA LOGRAR LA META

Es conveniente analizar muchas alternativas de acuerdo al caso particular que se esté dando en la compañía donde se quiere aumentar los resultados logrados, a continuación menciono algunos no más importantes que los que no son mencionados:

- Comprar a buen precio y al mejor proveedor.
- Aumentar la comunicación y satisfacción de los clientes.
- Fabricar productos de calidad y competitivos, diseños exclusivos e innovadores.
- Emplear buen personal; es decir, polivalente, flexible y ágil.
- Implementar alta tecnología de información y comunicación, interna y externa.
- Capturar participación en el mercado: Conocer el cliente.

Para las restricciones políticas es necesario aplicar un esquema metodológico conocido como proceso de pensamiento, ya que estas restricciones no se originan por la falta de capacidad del sistema, sino por políticas o normativas erradas. Los procesos de pensamiento son esquemas que dan respuesta a las siguientes preguntas:

¿Qué cambiar?: Análisis

No todas las políticas deben cambiarse.

Identificar el problema raíz exponiendo la causalidad, porque los resultados actuales son el resultado de decisiones pasadas. Definir los efectos indeseables.

Usar las reglas de la lógica y el sentido común.

¿Hacia qué cambiar?: Estrategia

No todas las soluciones funcionan.

Construir y verificar una solución factible.

Evaluar metas globales y no individuales.

Encontrar una dirección para eliminar el posible conflicto.

¿Cómo lograr el cambio?: Táctica

La resistencia al cambio proviene de los " No propietarios" de las soluciones. Los que implican y aprueban las soluciones deben participar en su desarrollo. Usar el método Socrático, constructivo, participativo de los dueños del proceso.

La teoría de restricciones también se aplica a la gestión de proyectos, donde lo único que importa es terminar el proyecto a tiempo y no las actividades que lo componen, pero en la realidad se puede notar que los administradores de proyectos se enfocan en terminar a tiempo cada una de las actividades de la ruta crítica, sin embargo la realidad nos muestra lo contrario, donde al finalizar el proyecto este termina con retrasos.

La teoría de restricciones tiene en cuenta el tiempo y los recursos para administrar los proyectos, al tener presente estos recursos simultáneamente se tiene la ruta crítica.

Aplicando TOC a la administración de proyectos se tiene que el tiempo de protección no se agrega a cada actividad si no al proyecto en general y se ubica al final del proyecto, por tanto se tiene un buffer de protección para todo el proyecto. Adicionalmente se deben tener buffer de protección para defender a la cadena crítica de las perturbaciones que ocurran en cualquier otro lugar, estos buffer son llamados buffer de alimentación.

Beneficios reales de la implementación de TOC en la gestión de proyectos

El síndrome del estudiante prácticamente desaparecería.

Los gerentes estarían mejor enfocados en los puntos que requieren su atención.

La gente no se saltaría frecuentemente a otras tareas y existe menos nerviosismo.

Los proyectos acabarían a tiempo, dado que los buffers darían protección adecuada en los momentos adecuados.

Los proyectos acabarían dentro del presupuesto, dado que se contemplaría solo inversiones adicionales en casos necesarios

Se cumplirían las especificaciones originales ya que se eliminaría el hecho de que la gente presente las cosas por presentarlas.

Se mejoraría notablemente la calidad de los productos que se implementarían con el proyecto, ya que quedaría un tiempo adecuado para las pruebas y verificaciones de calidad.

No hay presión sobre el líder del proyecto por recorte de especificaciones originales ni porque se dé más tiempo para terminar.

La actitud entera cambia. Ya no hay falsas alarmas. La gente no presiona porque su grupo no tiene suficiente quehacer.²⁵

PROCESOS DE PENSAMIENTO

La Teoría de Restricciones propone varios procesos de pensamiento que permiten derivar la causa raíz de los problemas de una empresa. Los procesos de pensamiento de TOC tienen 5 herramientas que se muestran a continuación.

ÁRBOL DE REALIDAD ACTUAL (ARA)

Es un diagrama que describe una situación a través de hechos observados en la realidad y a partir de supuestos aceptados como verdaderos. Las entidades de este árbol son aceptadas como hechos y no debe incluir conjeturas. El objetivo de este árbol es investigar las causas de todos los hechos observados. El ARA evalúa la red de relaciones de efecto-causa-efecto entre los efectos indeseables. Se puede aplicar para investigar causas de problemas, para encontrar el problema raíz de cierta situación, lo que conduce al mismo resultado que armar las nubes para cada hecho y encontrar la nube medular.

El árbol debe ser leído de abajo hacia arriba, empezando con la frase “Si todos queremos... y... entonces debemos...”. Nótese que las palabras *Si*, y *entonces*, son conectores para verbalizar la lógica a través de relaciones causa-efecto-efecto.

La importancia del gráfico se percibe en que permite enfocar la atención en dar solución al problema medular o problema raíz

ÁRBOL DE REALIDAD FUTURA (ARF) Y RAMA NEGATIVA

Es un diagrama que describe la situación futura que se puede prever a partir de cierta idea nueva. Normalmente se usa para mostrar, en forma lógica, como uno ve que cierta idea o acción producirá efectos positivos, validando esa idea como solución y mejora a la situación actual. Así mismo, toda idea nueva puede tener efectos laterales negativos, para lo que es muy importante construir la **RAMA NEGATIVA**, de modo de investigar como introducir elementos en la solución que poden esas ramas, dejando los efectos positivos y previendo o mitigando los negativos. Es una expresión práctica del principio

²⁵ Goldratt, Eliyahu. *Cadena Crítica*. México. Ediciones Castillo. 1997

de responsabilidad, donde uno es dueño de elegir las consecuencias de sus acciones. Evidentemente se es más libre mientras más y mejor conocimiento se tenga de las consecuencias de las propias elecciones. Se utiliza también para hacer crítica constructiva, donde muestra primero que uno entiende que los efectos positivos tendrá la idea de alguien que nos sugiere una. Normalmente esa persona está ciega a ver cosas negativas, pero al verse entendido, se abre para escuchar qué cosas mejorar de su idea para evitar los efectos negativos.

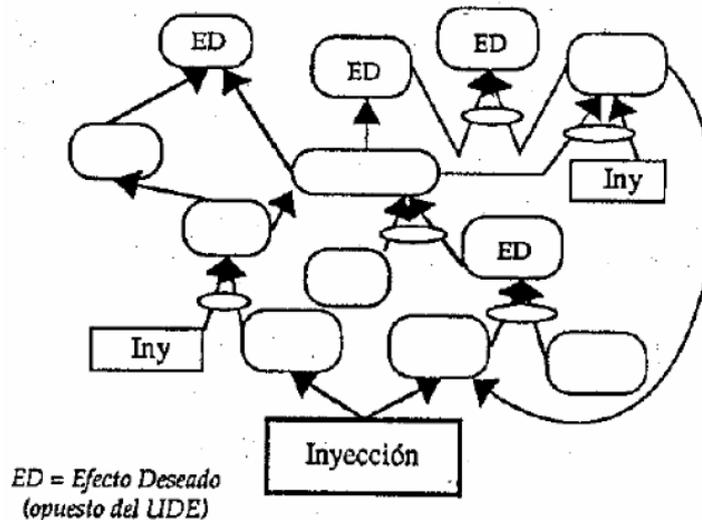


Ilustración 2: Árbol de Realidad Futura. Fuente: © 1998 Goldratt Asociados © - Abraham Y. Goldratt Institute – Citado por Acero (2003), tomado de VARGAS TORRES (2008)

ÁRBOL DE TRANSICIÓN

Este diagrama describe un plan de acciones con todos los fundamentos para cada una de ellas. Es útil cuando el plan contiene muchas acciones, varias líneas paralelas y se está haciendo algo nuevo, donde hay poca experiencia.

El plan de acción se plasma en una carta de Gantt o en un diagrama PERT, se compone de las acciones solamente, y este árbol sirve de apoyo cuando algunas acciones no tienen el efecto esperado.

Nótese que esta estructura también sirve para diseñar instrucciones claras y, cada vez más, lo importante será indicar la necesidad y la situación actual, y los subordinados tendrán más autonomía para diseñar sus propias acciones. Estos es dar autonomía de verdad, para una administración por resultados.

El procedimiento genérico para construir un árbol de pre-requisitos es:

1. Fijar los objetivos
2. Enumerar los obstáculos
3. Enumerar los objetivos intermedios
4. Ordenar los objetivos intermedios.

Los objetivos intermedios no son acciones; son necesidades que deben ser satisfechas.²⁶

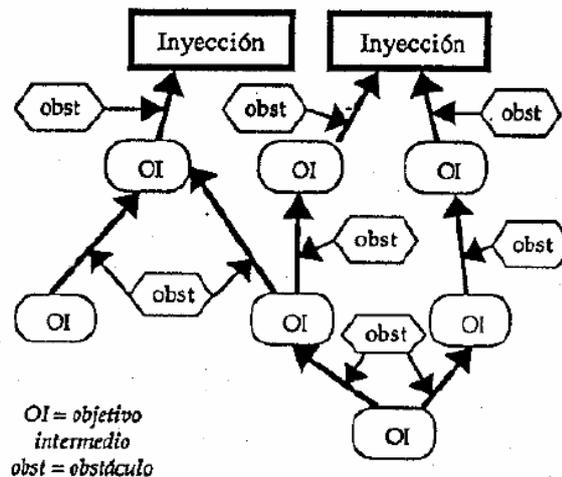


Ilustración 4: Árbol de Prerrequisitos. Fuente: © 1998 Goldratt Asociados ® - Abraham y Goldratt Institute – Citado por Acero (2003), tomado de VARGAS TORRES (2008)

NUBE DE EVAPORACIÓN DE CONFLICTOS

La nube de evaporación de conflictos, permite descubrir la búsqueda de una idea capaz de resolver el conflicto (definida como inyección) a través de la confrontación de los supuestos implícitos que originan el conflicto.

²⁶ Birrell R., Matías, Simplicidad Inherente: Fundamentos de la Teoría de Restricciones, @ libros en red, mertown international s.a., (2004), pág. 36 – 38. www.librosenred.com

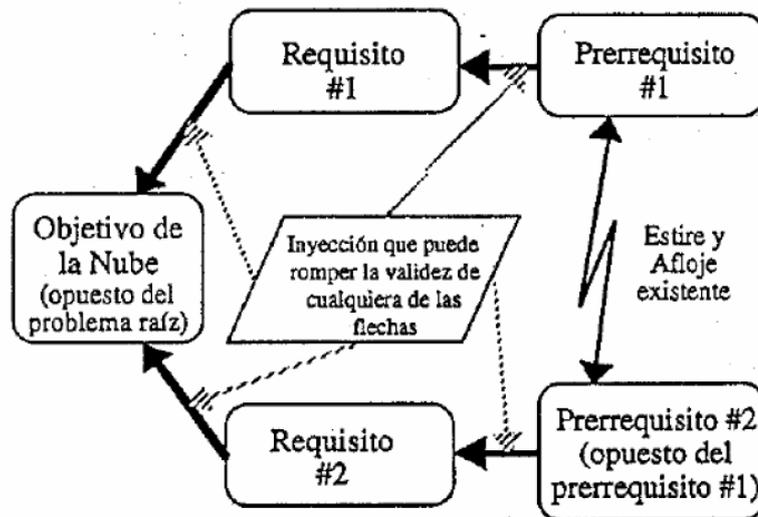


Ilustración 5: Nube de Evaporación de Conflictos. Fuente: © 1998 Goldratt Asociados ® - Abraham Y. Goldratt Institute – Citado por Acero (2003), tomado de VARGAS TORRES (2008)

La TOC también enfoca sus esfuerzos a la solución de problemas en el área de producción, a continuación describo la metodología para controlar y programar la producción.

SISTEMA DE PROGRAMACIÓN Y CONTROL DBR

El sistema de programación y control DBR (Goldratt, 1994) es una solución para conseguir aumentar los ingresos netos, disminuir los inventarios y los gastos de operación.

El tambor es el indicador de la capacidad del recurso restricción. Indica la cantidad de materia prima o producto que se debe acumular antes de la restricción. Para disminuir los inventarios no deben activarse todos los recursos a plena capacidad, sino solamente utilizarlos a medida que sean necesarios, especialmente los no cuellos de botella.

El DBR propone atar de una cuerda al elemento restricción del sistema, es decir, acompasar la entrada de materia prima al proceso productivo con las necesidades del elemento restricción, y así conseguir que ningún puesto de trabajo tenga opción de procesar mas componentes de los que hacen falta en cada momento.

En una planta productiva pueden ocurrir fenómenos aleatorios que retrasan, respecto a la restricción, a algunos elementos que no son restricción. Si el centro de trabajo que se retrasa se encuentra después de la restricción, se acumulará inventario delante de él; una solución sería que dicho centro de trabajo utilice parte de su capacidad extra (disponible) para recuperar el retraso

acumulado (inventario), esto es acelerando el ritmo de producción. Para evitar estas consecuencias, se propone colocar un colchón o buffer de tiempo, lo que significa que se adelanta la fecha de un trabajo a la fecha que se ha programado que se consuma la limitación, para asegurar el inventario de protección y que crezca a mayores niveles asignados por el buffer.

La TOC tiene algunas modificaciones según el tipo de problema a resolver; a continuación describo brevemente una adaptación del sistema DBR para cuando la restricción no está en el sistema a mejorar.

SISTEMA S-DBR

El sistema S-DBR es la nueva versión de DBR. Este sistema se percata de los beneficios del sistema tradicional DBR y al mismo tiempo soluciona algunos de los problemas sin crear nuevos. Este sistema funciona de la misma manera que el tradicional pero con la ausencia de un recurso restringido de capacidad. Además de esta diferencia, en S-DBR existe un solo amortiguador: el amortiguador de embarque, y no se necesita una programación detallada para ningún centro de trabajo. También el S-DBR añade una nueva herramienta de control: planeación de la carga, para asegurar el rendimiento durante la operación.²⁷

Hay ciertos supuestos en los que S-DBR se fundamenta, siendo el primero y más importante: la demanda del mercado es siempre la restricción del sistema. La restricción de la demanda del mercado siempre está presente. El desafío al cual toda organización se enfrenta es incrementar la demanda del mercado al mismo nivel de capacidad de un recurso.

El segundo supuesto afirma que los recursos internos que son restricciones, a menudo tienen exceso de capacidad; esto si es que las restricciones internas son temporales.

El sistema S-DBR utiliza un solo amortiguador: el amortiguador de embarque, también conocido como amortiguador de entrega. El amortiguador de embarque incluye el tiempo desde la liberación de la materia prima hasta el arribo del producto terminado a la bodega. Este tiempo incluye tiempos de preparación, movimiento, colas y variaciones a lo largo del proceso. A diversos productos se les pueden asignar diferentes tamaños de amortiguador, lo cual da la opción a la empresa de ofrecer diferentes plazos de entrega.²⁸

²⁷ Goldratt, E. M. (2009). Now and into the future. Conferencia TOCICO. Guayaquil. CITADO POR: Retamales García, Cedeño Barreiro, Buestán B., (2010).

²⁸ Retamales García, Cedeño Barreiro, Buestán B., (2010).

3.3. ESTADO DEL ARTE

En el año 1979, una nueva teoría organizacional ha surgido y esta tiene una amplia aplicación en las líneas de producción. Esta teoría ha sido desarrollada por el Dr. Eliyahu M. Goldratt. En 1979, el desarrollo de la Teoría de Restricciones (TOC) inició con la introducción del software de programación de producción optimizada. A continuación se ahondará en estudios realizados sobre la TOC.

Los estudios sobre la evidencia empírica de las primeras organizaciones en adoptar TOC sugieren que estas técnicas pueden dar como resultado aumento de la producción y disminución tanto de inventario y tiempo de ciclo. Los primeros resultados de pruebas académicas rigurosas revelan que los sistemas que utilicen técnicas de fabricación TOC superan el rendimiento de los usuarios de Manufacturing Resource Planning (MRP), Lean Manufacturing (Manufactura Ágil), y Just in Time (JIT). Los resultados de estos estudios indican que los sistemas TOC producen mayores niveles de producción al tiempo que se reduce el inventario, el tiempo de manufactura, y la desviación estándar del tiempo de ciclo. (Watson, K., Blackstone J., Gardiner S., 2007).

Las técnicas de TOC se han aplicado en muchas de las grandes empresas del mundo, tales como Fortune 500, 3M, Amazon, Boeing, Delta Airlines, Ford Motor Company, General Electric, General Motors y Lucent Technologies y han divulgado mejoras importantes logradas mediante la ejecución de soluciones de TOC. Además, la adopción de una serie de empresas estatales. La aplicación de TOC no se limita a las empresas con ánimo de lucro, organizaciones sin fines de lucro y agencias gubernamentales como Hábitat para la Humanidad, Pretoria Hospital Académico, Servicio Nacional de Salud, las Naciones Unidas, la NASA, Departamento de Defensa de Estados Unidos (Fuerza Aérea, Cuerpo de la Marina, y de la Armada) y la Fuerza Aérea Israelí han empleado con éxito todas las soluciones de TOC. (Watson, K., Blackstone J., Gardiner S., 2007).

Goldratt (1984) observó que los sistemas productivos son altamente complejos, lo que hace que sea más útil tratar de entender cómo se comportan en lugar de ordenarles cómo deben funcionar. Es decir, en lugar de intentar aplicar modelos normativos sugirió el uso de modelos descriptivos.

Los autores de los libros que hablan de TOC no son explícitos en el sentido de que esta teoría es una moda gerencial que debe reemplazar a las existentes, es claro que lo que proponen no es una panacea ni exige el desmonte de avances anteriores, por el contrario la incursión en TOC exige que la empresa se encuentre en un nivel de evolución importante. Es decir, en lugar de reemplazarlos, TOC es una visión que pretende construir sobre y aprovechar los avances logrados con la aplicación de otras técnicas, herramientas y filosofías.

TOC tiene dos partes plenamente diferenciables, que tienen sus máximos resultados cuando son aplicadas de manera simultánea: la metodología para solución grupal de problemas y la lógica operacional (con implicaciones en producción, logística, programación de personal, manejo de los recursos y por lo tanto, contabilidad y finanzas en la empresa).

Los procesos de pensamiento son poderosos en su capacidad de producir resultados, sin embargo su aplicación es compleja.

La belleza y el poder de la TOC radican en que le proporcionan al analista una manera estructurada e inteligente de concentrar esfuerzos. Si el desempeño del sistema está limitado por las restricciones, es evidente que los esfuerzos para mejorarlas cubrirían a todo el sistema; en cambio, si se intenta mejorar aspectos que no sean restricción su impacto en el resultado final será invisible. Manotas Duque et Al (2007)

Pirasteh, R. and Farah, K. (2006), nos resume los beneficios para una empresa de las implementaciones de TOC, Lean y Seis sigma. El estudio es el siguiente:

Una empresa con 21 plantas, 45,000 empleados y 211 líderes de equipos, de California, EE. UU, decide llevar a cabo un estudio durante dos años, donde 11 plantas se mantuvieron con la aplicación de Seis Sigma, 4 plantas con Manufactura Esbelta (Lean), sobre las cuales ya estaban experimentados, y 6 plantas se iniciaron con TOC como estrategia para mejorar los procesos y puntualmente aplicar las técnicas de manufactura esbelta y seis sigma cuando sean apropiadas.

Cabe destacar que este es el único estudio científico de su tipo realizado, en plantas de negocio real. Los autores resumen los resultados de más de 100 proyectos de mejora, en donde:

- 11 plantas aplicaron Seis Sigma
- 4 plantas aplicaron Lean
- 6 plantas aplicaron TOC, Lean y Six Sigma

Los resultados se resumen a continuación: del total de reducción de costos, resultantes de mejores niveles de inventarios, reducción de desperdicios, y posible eliminación de trabajos en procesos, manejando la liberación de trabajos y materiales de acuerdo al mercado, el 89% provino de las 6 plantas que aplicaron TOC, 4% de las plantas bajo manufactura esbelta, y 7% de las plantas bajo seis sigma – todo como resultado de los más de 100 proyectos completados durante los dos años.



Ilustración 6: Resumen de los beneficios de las implementaciones de TOC, Lean y Seis sigma para una empresa. Se muestra una comparación de la efectividad en los resultados de las herramientas de gestión administrativas analizadas.

Del estudio se desprenden los siguientes comentarios de altos ejecutivos de la empresa:

Un gerente de operaciones declara: “Los empleados se han energizado y se siente un renovado sentido de orgullo de sus logros”. También se siente feliz por los resultados financieros: “he sido beneficiado por un retorno sobre la inversión de más de diez veces superior”.

El vicepresidente y gerente general declara: “todos supimos en muy poco tiempo que esto era lo que nos faltaba en nuestros esfuerzos”.

Este notable resultado de la implementación de TOC, guiando los programas de Lean y Seis Sigma, es especialmente interesante, porque el ahorro de costos es solo un beneficio colateral de TOC.

Un estudio hecho por la ESCUELA DE NEGOCIOS Y ADMINISTRACIÓN PÚBLICA DE LA UNIVERSIDAD DE WELLINGTON, NUEVA ZELANDA, en el que se realizó una investigación sobre toda la literatura existente sobre casos de estudio que contienen información sobre los resultados de aplicación de TOC. Se recolectó información cuantitativa de 77 empresas desde grandes multinacionales hasta pequeñas panaderías, la gran mayoría en el sector manufacturero. Este estudio concluyó que TOC funciona muy bien. De los más de 100 casos estudiados no se presenta ninguna falla ni desilusión con el modelo.²⁹

²⁹ Balderstone, Steve J. Mabin, Victoria J. Review of Glodratt’s Theory of Constrains (TOC) – lessons from the international literature. School of Business and Public Management. Victoria University of Wellington. New Zealand. citado por Martínez Martínez, Navarro Ávila (2008)

R. Anthony Inman, Martha Lair Sale, Kenneth W. Green Jr., (2009) examinan empíricamente las relaciones entre los tres elementos de la teoría de restricciones (TOC), una serie de resultados observables se espera estén vinculados con la aplicación de TOC, y el desempeño organizacional.

Utilizan como metodología un modelo, que incorpora elementos TOC como antecedente a los resultados de TOC y los resultados como antecedente para el desempeño organizacional, que se propone. Los autores recogieron datos de 110 organizaciones que se adoptan TOC.

Encontraron que los resultados obtenidos del modelo propuesto se ajustan a los datos reales. Y sugieren que el uso de la TOC es eficaz para mejorar el desempeño organizacional.

Goldratt (2009), Analiza su propia metodología con las de Henry Ford y Taiichi Ohno. Presenta de forma explícita los cuatro principios de la gestión del flujo de acuerdo con estas filosofías de gestión de operaciones. Las diferencias entre ellos están relacionados con las diferentes instancias de los mismos principios en diferentes entornos: Ford en su industria se centra en la producción en masa de los pocos productos; Ohno en Toyota, con el Sistema de Producción Toyota (TPS), que posteriormente este sistema llegó a ser conocido en todo el mundo bajo el nombre de Just In Time (JIT), que se basa en la producción justo cuando es necesario con el fin de reducir a cero los inventarios; y Goldratt realiza trabajos en una amplia gama de entornos de producción. Los conceptos se ilustran y los prueba en un caso práctico de implementación en la empresa de Ingeniería Hitachi Tool. Aquí se tiene el caso clásico de un intento poco probable el éxito de implementar una metodología (Lean), y con la TOC ha resuelto este problema.

Palacios (2010) en su trabajo de grado para optar por el título de Magister en DIRECCIÓN DE EMPRESAS de la UNIVERSIDAD ANDINA SIMÓN BOLÍVAR define una alternativa para administrar los proyectos de desarrollo de software basándose en la Teoría de Restricciones y sigue los principios de la metodología Ágil Scrum (Scrum es un proceso iterativo e incremental para desarrollar cualquier producto o administrar cualquier trabajo), con el fin de lograr proyectos exitosos que satisfagan a los clientes y sean rentables para la compañía ejecutora.

Inicia presentando el marco lógico de la Teoría de Restricciones y los 5 pasos propuestos para implementar un proceso de mejora continua identificado el elemento que limita al sistema y le impide generar los resultados financieros deseados.

Continúa con el análisis de las particularidades de los proyectos de desarrollo de software, las bases que sustentan a las metodologías de Desarrollo Ágil y se estudia en detalle a Scrum. Se extiende con la descripción de las reglas del marco de trabajo Scrum con los lineamientos de la TOC para obtener una guía práctica para administrar los proyectos de desarrollo de software. Posteriormente analiza las convenciones de la contabilidad de Throughput para definir indicadores de operación y de resultados que le permiten monitorear y

controlar los avances de los proyectos, determinar su éxito y poder comparar las continuas mejoras conseguidas con la aplicación de la TOC y Scrum.

En la parte final de su trabajo muestra una aplicación de la teoría analizada en un proyecto real que ha sido seleccionado para ilustrar de mejor manera el marco de trabajo realizado.

López et al (2006) describen la situación actual de los hospitales públicos, y se enfocan en el proceso de facturación, mostrando sus implicaciones y proponen las alternativas de mejoramiento, enunciando la estrategia de solución al problema detectado y formulan una aplicación práctica y sistemática para corregirlo bajo los principios de la teoría de restricciones utilizando el Árbol de Realidad Actual y el Árbol de Prerrequisitos.

Cabarcas Reyes, Ardila Cabrera, Mejía Ramos (2010), Presentan los 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.

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. Por último se generaron propuestas para aumentar la capacidad de la restricción a largo plazo, a través de una inversión estratégica.

Morales Idarraga (2006). En su trabajo de grado inicia con una descripción de la teoría de restricciones, posteriormente hace una introducción a la empresa de estudio, describiendo los procesos productivos. Posteriormente realiza una evaluación y diseño para identificar la restricción y la aplicación del sistema. Finalmente la programación de la producción se realiza por medio del software visual manufacturing que trabaja con capacidades finitas de los recursos.

Vargas Torres (2008) formula una alternativa eficiente para el diseño de un Sistema Logístico de Abastecimiento de los materiales necesarios para el funcionamiento de la Gerencia de Red de una Empresa de Telecomunicaciones Celulares en Perú. El formula la alternativa utilizando los conceptos provenientes de la Teoría de Inventarios y la Teoría de Restricciones, constituyéndose esta última en un soporte metodológico para la obtención de un Sistema que permita optimizar el abastecimiento de los materiales necesarios para la Red Celular.

La metodología empleada para el diseño del sistema de abastecimiento en mención consiste inicialmente en la aplicación de los conceptos de la gestión de inventarios para la etapa de análisis de la Gestión de Compras, Gestión de

Almacenes y Planeación de Inventarios. A partir de este análisis inicia los procesos de diagnóstico y diseño de la solución, los cuales son realizados mediante la elaboración de un proceso de pensamiento completo, el cual involucra la obtención del problema raíz, la obtención de ideas iniciales para la remoción del mismo, la construcción de la solución, el establecimiento de objetivos intermedios y finalmente un plan detallado para la solución obtenida.

Martínez Martínez, Navarro Ávila (2008) Aplican la Teoría de Restricciones a la empresa Finotex y describen los resultados obtenidos; tomaron la decisión de aplicar TOC para aprovechar la inercia que se tiene en la empresa por su política de servicio integral e intentar convertir esta aplicación en una ventaja competitiva que le permita a la empresa tomar decisiones de manera rápida y confiable buscando la simplificación de los procesos e integración de la estructura funcional de la compañía de manera dinámica y sencilla.

Así mismo validan que la TOC es la adecuada para soportar el esquema gerencial que se pretende implementar.

Rivera González, Morúa Ramírez (2011) realizan una propuesta teórica acerca de cómo definir la paramétrica referida al aumento del efectivo en un periodo a través del análisis de la forma en que se genera el efectivo dentro de las pequeñas y medianas empresas (Pyme) de transformación; para ello, se resalta la importancia de tres elementos clave que intervienen en la generación del efectivo: a) el proceso de transformación, b) la optimización del flujo de materiales y de información y c) la creación de valor.

Para la realización de este artículo toman como base la hipótesis del aumento de efectivo, que es uno de los principales objetivos de las pequeñas y medianas empresas (Pyme).

Exteriorizan teóricamente la forma en cómo se aumenta el efectivo dentro de las empresas, estableciéndolo mediante el cumplimiento de cuatro condiciones necesarias¹: 1) la existencia de flujo de efectivo, 2) que el efectivo creado por el proceso de generación dentro del sistema sea mayor que el efectivo gastado por las operaciones, 3) la existencia de disponibilidad de efectivo, y 4) que los inventarios se mantengan o disminuyan a través del periodo evaluado.

6 DESARROLLO DEL TRABAJO

La Teoría de Restricciones permite tener resultado hasta en pocos meses (LA META, (1984)), siendo esta una ventaja significativa entre las demás técnicas de diagnóstico y análisis y gestión empresarial, como son JAT, administración de la calidad, SMED, Poka Yoke, Estudios de métodos del trabajo, entre otros.

La propuesta para el mejoramiento de la producción e incremento de la productividad global en la empresa INDUSANDRA con base en la aplicación de la Teoría de Restricciones consta de tres partes: diagnóstico de la situación global, análisis del sistema y la propuesta de solución

Esta metodología inicia con la identificación de efectos indeseables en los procesos productivos que generan valor. Posteriormente se pretende relacionarlos entre sí mediante un Árbol de Realidad Actual que ayudará a reducir esfuerzos y dará una visión más clara para enfocar las acciones; seguido a esto se procede con la propuesta de las acciones de mejora y su respectivo análisis con los árboles de realizada futura. Finalmente se aplica los 5 pasos del mejoramiento continuo de TOC.

El proceso para mejorar la producción e incrementar la productividad global se da como se expone a continuación:

Etapa I: Preliminares

Diagnostico interno: El proceso de mejoramiento aquí descrito se inicia con la identificación de los efectos indeseables de toda la organización. El primer paso fue desarrollar un diagnóstico de la situación global de la empresa. El diagnóstico realizado en este trabajo, consiste en encontrar una relación entre los problemas y características desfavorables (los cuales serán denominados efectos indeseables: EIDES) que se presentan en toda la organización. Estos efectos indeseables fueron descritos por el personal de producción y administración en entrevistas realizadas con base en el método etnográfico de recolección de datos. A partir de esta información se desarrolla un estudio cuantitativo y descriptivo que trasciende al campo de la composición y la interpretación (Blandón y Franco, 2000)³⁰, y que conduce a un diagnóstico preciso de la problemática raíz de INDUSANDRA.

La información recolectada de 20 encuestas se tabuló en una hoja de Excel de donde se analizó e interpretó los efectos indeseables que se muestran a continuación. *La encuesta se realizó a todos los empleados de la empresa. Las*

³⁰ Blandón, Y. & Franco, R. liderazgo empresarial. un ejercicio de caracterización, trabajo de grado no publicado, universidad nacional de Colombia, Facultad de Ciencias y Administración, Manizales. 2000; Citado por López, Urrea y Navarro (2006)

preguntas de la encuesta se pueden ver en el ANEXO al final de este documento (pág. 84).

EFFECTOS INDESEABLES

PRODUCCION

- (1) Se acumula producto en proceso
- (2) La logística de planta no propicia un flujo de materiales eficiente
- (3) El flujo de producción afecta la productividad
- (4) No se administra la producción
- (5) Hay incumplimiento con la fecha de entrega de los pedidos y necesidad de pedir prorroga.
- (8) La materia prima, se compra en montería donde es más costosa
- (9) La productividad no está en los niveles deseados
- (12) Falta de capacidad de producción (no se puede producir más)
- (13) Falta de espacio para colocar el producto en proceso y producto terminado
- (14) Hay hacinamiento (no existe espacio para almacenar el producto en proceso)
- (15) Los puestos de trabajo no están distribuidos de acuerdo con el flujo de materiales
- (16) La adquisición de algunas materias primas se gestiona tardíamente
- (17) Los tiempos de producción no se amoldan a las exigencias de los clientes
- (23) Ocasionalmente hay Materia prima faltante
- (24) Algunas veces la materia prima no llega a tiempo y los operadores se tienen que colocar a hacer otros trabajos

MERCADEO Y VENTAS

- (6) Hay determinados meses en que la demanda es mucho mayor que la capacidad de la planta
- (7) Los clientes potenciales tienen poco conocimiento de la empresa
- (10) los ingresos netos no se incrementan como se desea
- (11) los niveles de ventas no crecen en proporciones más altas
- (18) la competencia se lleva los clientes
- (19) No ofertan mucho los productos
- (20) Los clientes relacionan las industrias Sandra con las actividades de belleza, spa y al almacén de cadena
- (21) No hay promociones³¹
- (22) Los clientes se dejan influenciar por diferencias mínimas en el precio
- (25) No hay publicidad
- (26) Hay un competidor que maneja precios muy bajos en comparación a la empresa

Con esta lista de efectos indeseables se inició la búsqueda de una relación de causa – efecto entre éstos. Este proceso se inicia con la conexión de dos

³¹ Se considera efecto indeseable porque al no existir promociones no se aumenta el flujo de efectivo.

EIDES a los cuales se le va agregando el resto de la lista utilizando relaciones de tipo “*si..., entonces...*”. Es recomendable verbalizar la conexión entre las entidades para comprobar la coherencia de la relación de causalidad entre ellas. *La verbalización del árbol no se redacta para que el lector pueda analizar el árbol con sus propias interpretaciones.* El resultado de este proceso se muestra a continuación:

En INDUSANDRA los puestos de trabajo no están distribuidos de acuerdo al flujo de materiales causando que la logística de planta no propicie un flujo de materiales eficiente, ahora bien si a lo anteriormente dicho se le agrega que las estaciones no toman los productos que inmediatamente son terminados por la estación anterior se produce inventario en proceso generando que el flujo de producción afecte la productividad.

En INDUSANDRA hay determinados meses en que la demanda es mucho mayor que la capacidad de la planta entonces en estos meses falta capacidad de producción, es decir, no se puede producir más, y si esto se combina con que la mayoría de los empleados se les paga por nomina, mas lo dicho en el párrafo anterior, se tiene que la productividad no está en los niveles deseados

Cuando la productividad no está en los niveles deseados se dan 3 situaciones; la primera es que las estaciones trabajan a ritmos de producción diferentes y se les dificulta procesar el trabajo en proceso de la estación anterior dando como resultado que se acumule producto en proceso y por tanto haya hacinamiento o lo que el mismo, que no exista espacio para almacenar el producto en proceso, produciendo por ultimo la falta de espacio para colocar el producto en proceso y el producto terminado.

La segunda situación se tiene cuando no se administra bien la producción y el cliente exige tiempos cortos de entrega contribuyendo a que los tiempos de producción no se amolden a las exigencias de los clientes trayendo como consecuencia que la empresa no sea lo suficientemente ágil para entregar pedidos con menores tiempos

La tercera situación que se presenta en INDUSANDRA dada por los niveles de la productividad se da porque la adquisición de algunas materias primas se gestionan tardíamente debido a que estas se compra en montería donde es más costosa, haciendo que los costos sean más altos y por tanto los precios de algunas referencias sean más altos que un competidor fuerte que maneja precios muy bajos en comparación a INDUSANDRA.

Así mismo la gestión tardía en la adquisición de algunas materias primas conlleva a que en ocasiones la materia prima llegue tardíamente y se produzcan faltantes.

La materia prima faltante combinada con la falta de agilidad da como resultado: incumplimientos en la fecha de entrega de los pedidos y necesidad de pedir prorroga al cliente.

Por otro lado la compañía tiene estrategias de mercadeo débiles, dado que no hay publicidad, se ofertan poco los productos y no hay promociones. Al no

existir publicidad normalmente los clientes relacionan las industrias Sandra con las actividades de belleza, spa y al almacén de cadena provocando que clientes potenciales tengan poco conocimiento de la empresa.

Con todo lo anterior se tiene que la competencia se puede llevar los clientes, dando como resultado que los niveles de venta no crezcan en proporciones más altas y por último los ingresos netos no se incrementan como se desea.

El Árbol de Realidad Actual obtenido de la lista de EIDES y de la conexión de estos se visualiza a continuación:

Una vez conectados todos los EIDES, es necesario analizar una a una todas las relaciones encontradas. En donde sea adecuado, se debe clarificar las relaciones encontradas insertando entidades intermedias o efectuando correcciones.

Al terminar este proceso estratégico de causalidades se encuentra que existe un flujo de materiales que no permite a la empresa generar más unidades de la meta, siendo éste el problema medular del Árbol de Realidad Actual. La causa raíz de este problema medular es que los puestos de trabajo no están distribuidos de acuerdo al flujo de materiales. Esto se dio debido a que se adaptaron los edificios que se compraron alrededor del almacén Sandra, lo cuales no se diseñaron para la producción industrial. Goldratt (2008) expresa que para la plena identificación de las causas raíces se tienen que identificar aquellos que causen la mayor cantidad de efectos indeseables.

Al realizar el Árbol de Realidad Actual se obtiene una visión más amplia de la relación que existe entre los problemas que se encuentran en la empresa. El ARA se lee desde abajo hacia arriba, con esto se puede determinar el flujo de producción es el problema medular de la compañía, siendo este el causante de la mayoría de los problemas existentes. De acuerdo a esto se tiene que el problema raíz es el flujo de producción; al mejorar el flujo de producción se solucionan la mayoría de los problemas presentes en la empresa.

Cabe resaltar que para este caso aun no es posible diseñar una nueva distribución para toda la planta, dado que la instalación física no lo permite y la gerencia no lo considera conveniente; se opta por hacer mejoras en el proceso que afecta significativamente el problema medular de la empresa: el flujo de producción.

SOLUCIÓN AL PROBLEMA MEDULAR

Diseñar una distribución de puestos de trabajo que propicie un flujo más eficiente de materiales y minimice los tiempos de operación.

VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN

Para tener una visión clara de los efectos que se tendrán con la aplicación de la solución propuesta se procede a realizar un Árbol de Realidad Futura.

Las inyecciones o ideas iniciales se constituyen en las raíces a partir de las cuales se construye la solución a la problemática planteada, utilizando un **Árbol de Realidad Futura (ARF)**. La construcción del Árbol de Realidad Futura consta de los siguientes pasos:

Primer paso: Encontrar los efectos deseables (EDES) que permitan la construcción del árbol.

- El flujo de producción se adapta a la demanda del mercado.
- Las utilidades son altas y se mantienen.
- Los controles de inventarios son útiles para la toma de decisiones y brindan información suficiente y oportuna.
- Se generan recursos para la expansión de la planta.
- Los inventarios de materia prima están alineados con las necesidades de abastecimiento de los pedidos contratados.
- El personal de gestión de inventario se dedica en pleno a la ejecución de sus actividades.
- Los niveles de inventario se conocen con mayor precisión.
- Todos los pedidos se entregan en el tiempo acordado.
- La empresa es capaz de satisfacer los requerimientos de los clientes.
- La satisfacción de los clientes se aumenta.
- Las inversiones de capital para mejorar y maximizar el flujo de producción y la productividad global son las necesarias.
- Gestionar las operaciones para que propicien un flujo más eficiente y minimice los gastos de operación.
- Las ventas netas aumentan frenéticamente.
- Se gestiona el inventario de acuerdo con la demanda del mercado.

Segundo paso: Partiendo de las inyecciones iniciales, se obtiene el **Árbol de Realidad Futura** preliminar. Este árbol preliminar corresponde a la solución inicial planteada utilizando las inyecciones encontradas en la etapa de evaporación del conflicto. Las inyecciones iniciales son conectadas con los efectos deseados que han sido determinados en el primer paso, al utilizar relaciones de causa – efecto.

Tercer paso: Una vez determinado el **Árbol de Realidad Futura** inicial, se revisa su conformación y se identifica las ramas que podrían hacer que la solución planteada conduzca al sistema a nuevos efectos indeseables. Estas entidades se conocen como ramas negativas.

Cuarto Paso: Una vez identificadas las ramas negativas, es necesario removerlas mediante la inclusión de inyecciones que puedan cambiar la orientación de las mismas.

Quinto Paso: Finalmente, el **Árbol de Realidad Futura** contiene la estructura definitiva de la solución, considerando todas las inyecciones necesarias para evitar la generación de nuevos efectos indeseables identificados en los pasos anteriores.

El resultado obtenido en la forma final del **Árbol de Realidad Futura**, es un mapa que indica cómo alcanzar los efectos deseados planteados a partir de las inyecciones iniciales brindadas por el proceso de evaporación de conflictos.

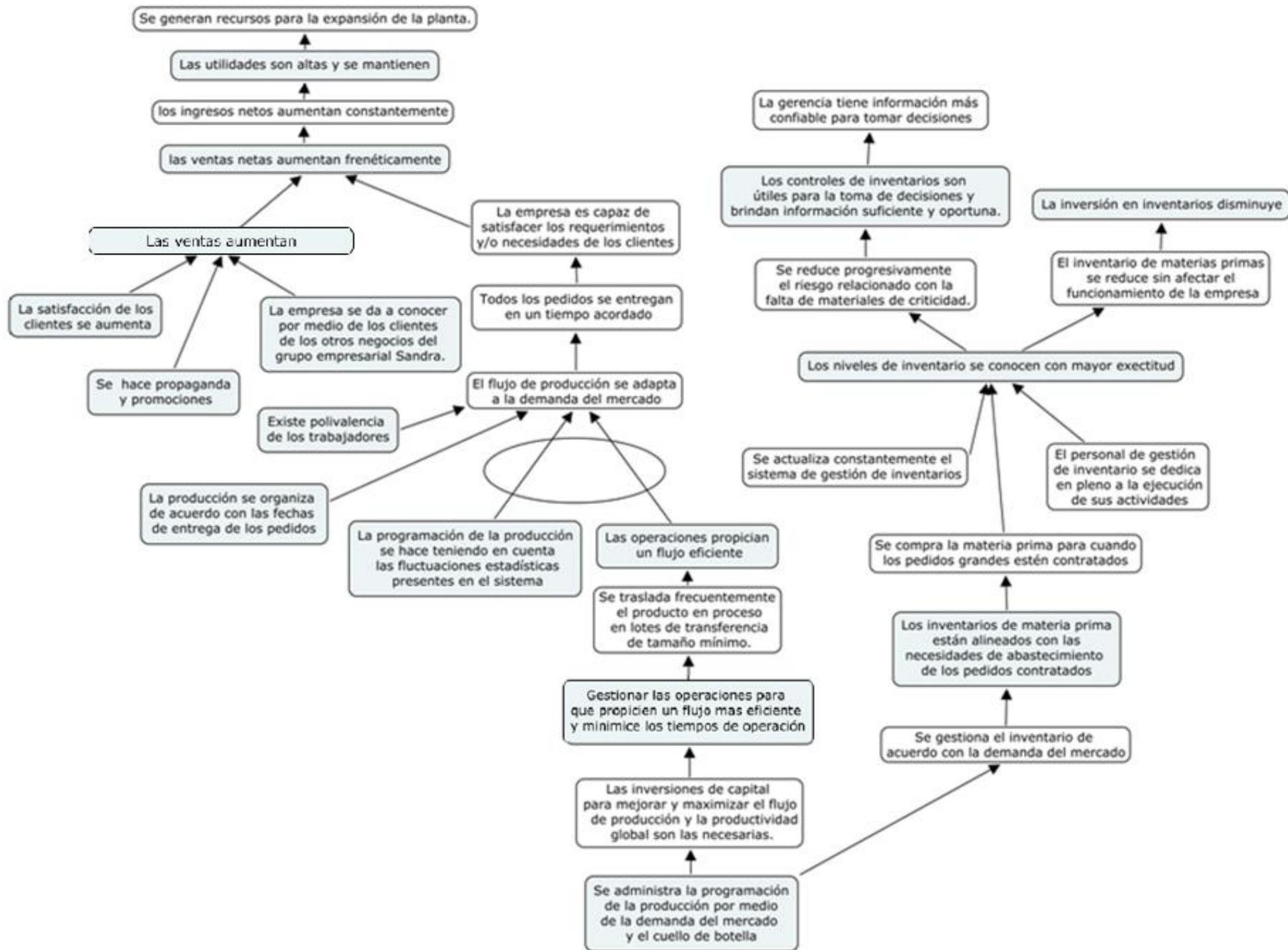


Ilustración 8: Árbol de Realidad Futura INDUSANDRA

Para la realización de la solución propuesta se procede a recolectar los datos necesarios.

Recopilación de Información Básica: Con el fin de facilitar la recopilación de datos, se consultó previamente en los archivos organizacionales si existen o no antecedentes que sirvieran de base para su actualización. Se encontró que no existen datos documentados para tomar decisiones. Cabe resaltar que en esta empresa estuvo trabajando un estudiante de ingeniería industrial, pero este se dedicaba al mejoramiento de los productos, logrando con ello la disminución de los recursos necesarios para su elaboración.

Etapa II: Trabajo de campo

Comprende la serie de actividades que se adelantaron directamente en el lugar de trabajo y tienen por objeto la identificación de los flujos de productos, información, procesos, tiempos y métodos de trabajo.

- Análisis del flujo
- Toma de tiempos
- Entrevistas
- Observación directa
- Levantamiento del material visual y gráfico
- Revisión de información secundaria

Al identificar el problema medular (flujo de producción deficiente) encontrado en el Árbol de Realidad Actual mostrado anteriormente se tiene que la restricción que impide el incremento sostenido de la meta de la empresa es una restricción física. Para elevar esta restricción física se procede a la utilización de los 5 pasos del mejoramiento. En el Árbol de Realidad Futura elaborado se encontró que la solución propuesta es viable y no genera efectos indeseables futuros. Esto indica que las soluciones que se propongan tienen que incrementar la productividad global, mejorar el flujo y a la vez utilizar la mínima inversión.

PROCESO DE MEJORAMIENTO CONTINUÓ

Este proceso se muestra con la aplicación de los 5 pasos necesarios para el mejoramiento continuo.

LOS CINCO PASOS PARA FOCALIZAR

Aplicando el proceso de enfoque de TOC, se obtiene lo siguiente:

1. Identificar la(s) restricción(es) del sistema

A continuación se presentan los datos de la facturación de las ventas netas de los meses que comprenden enero a mayo del año 2011, con los que se hará el análisis y se fundamentarán las soluciones propuestas en este trabajo. La TOC fundamenta que no es necesario visualizar todo el universo de datos para conocer el estado de la compañía. Goldratt (1984) afirma que al tener información de una pequeña muestra confiable se refleja la información del universo de datos analizado.

En este periodo de tiempo se concretaron 289 ventas, con un total de 11107 unidades de productos vendidos, con 300 referencias diferentes.

Los 13 productos mostrados en la ilustración 9 representan el 90,06% sobre el total vendido, por tanto con estos productos es que se hará el análisis de los procesos que dará como resultado la identificación de la restricción. Se puede notar que algunos de los productos más vendidos mostrados en la ilustración 9 son semejantes, en estos solo difieren en algunas características que el cliente cambió de acuerdo con sus necesidades o requerimientos. En general las sillas escolares representan la gran mayoría del total de productos vendidos; por tanto el proceso de fabricación de estos productos será el que se analice en este trabajo.

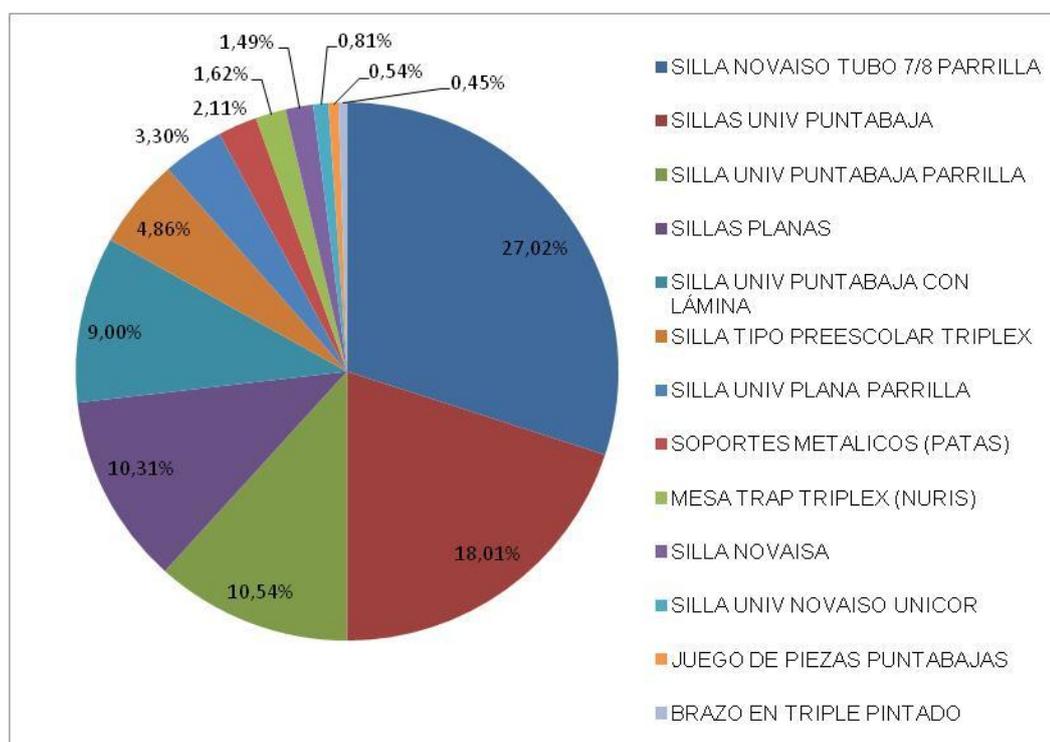


Ilustración 9: Relación porcentual entre los 13 productos más vendidos

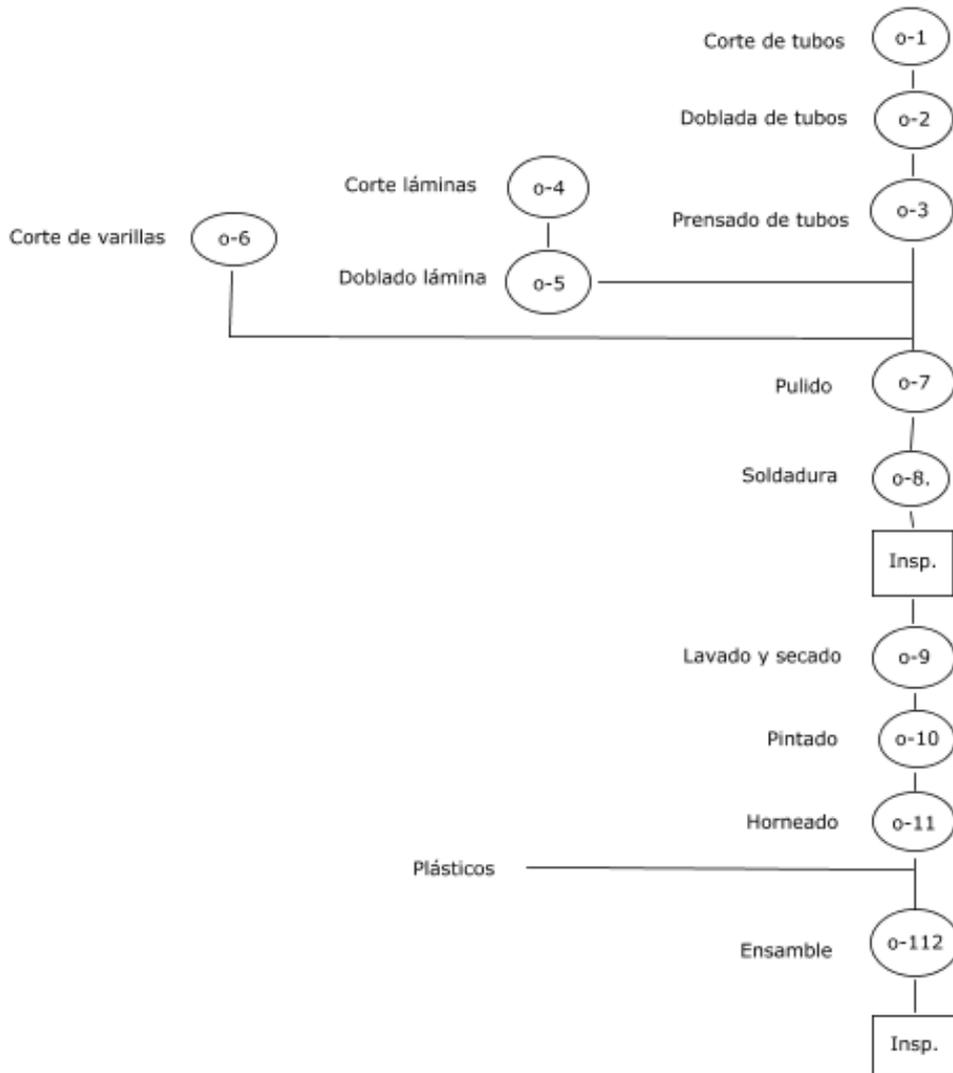


Ilustración 10: Diagrama de proceso de operación que ilustra el proceso de elaboración de las sillas escolares con plásticos

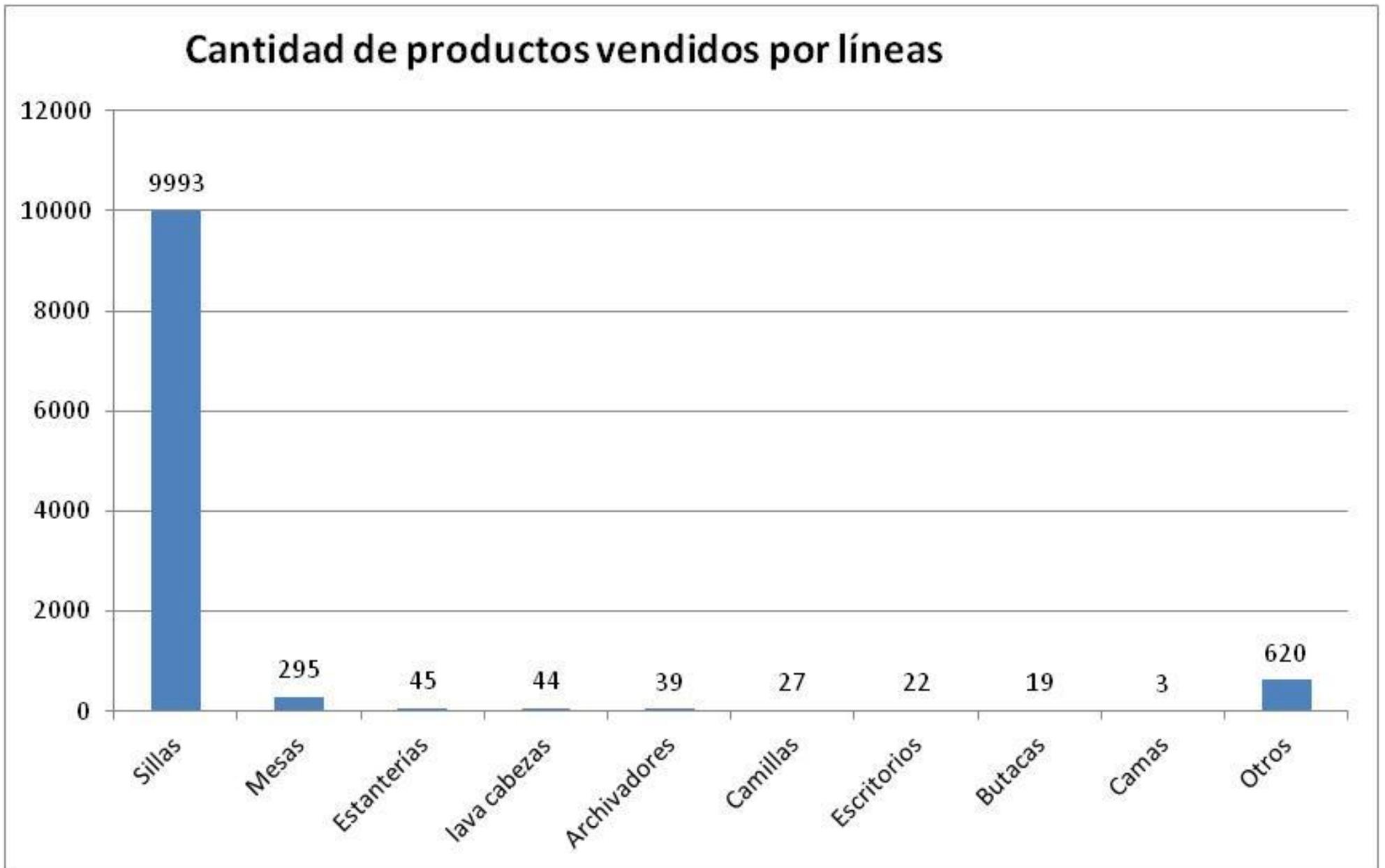


Ilustración 12: Cantidad de productos vendidos por líneas en los meses comprendidos de enero a mayo del año 2011, que fue el tiempo de estudio.

La velocidad con que son fabricados los productos depende de la capacidad de producción del recurso de capacidad restrictiva.

Con la identificación de los tiempos de procesamiento de los productos más vendidos se puede identificar claramente los procesos más lentos (estos tiempos se muestran en la tabla 1. Los cero "0" indican que ese producto no es procesado en esta estación). Los tiempos de cada proceso mostrados en la tabla 1 son los requeridos por cada puesto de trabajo (el puesto de trabajo puede estar conformado por uno o más operarios)³². *En esta empresa se tiene que una estación de trabajo posee varios puestos de trabajo, por lo tanto para calcular la capacidad de cada estación se procede a multiplicar la capacidad de cada puesto por la cantidad de puestos que haya en esa estación.* Los puestos de trabajo están limitados sea por número de máquinas o de operarios.

Para calcular los tiempos mostrados en las tablas 1 y 2 se tomó muestras de cada operación suponiendo que las observaciones tienen distribución normal alrededor de la media desconocida de la población con varianza desconocida. Se inició con una muestra de 30 datos de cada operación del proceso de fabricación de las sillas universitarias y se calculó la media y varianza preliminares.

Para determinar el tamaño de la muestra de cada operación se usa la formula

$$n = \left\{ \frac{ts}{k\bar{x}} \right\}^2 ;$$

Donde

t = valor de la distribución t.

k = error aceptable de la media muestral. (En este caso se tomó el valor predeterminado de 5%).

Al encontrar el tamaño de la muestra de cada operación se midió los tiempos y se calculo la media de las operaciones tal como se muestra en las tablas 1 y 2.

³² Puesto de trabajo: Conjunto de tareas asignadas a un trabajador fruto de la división vertical y horizontal del trabajo. Niebel, [21]

PROCESO	SILLAS NOVAISO TUBO 7/8 PARRILLA	SILLA NOVAISA	SILLA UNV. NOVAISO UNICOR	SILLA UNIV. PUNTA BAJA PARRILLA	SILLAS PUNTA BAJA CON LAMINA	SILLA UNV PLANA PARRILLA	SILLA TIPO PREESCOLAR TRIPLE	MESAS TRAP TRIPLES (NURIS)	JUEGOS DE PIEZAS PUNTA BAJA	BRAZO EN TRIPLE PINTADO
Corte de tubos	8,48	8,48	8,48	8,48	8,48	8,48	8,48	8,48	0,00	0,00
Doblado de tubos	28,14	28,14	28,14	28,14	28,14	28,14	28,14	28,14	0,00	0,00
Corte de láminas	0,00	0,00	65,50	0,00	65,50	0,00	0,00	131,00	0,00	0,00
Doblado de láminas	0,00	0,00	26,31	0,00	26,31	0,00	0,00	52,62	0,00	0,00
Corte y armado de parrillas	50,17	0,00	0,00	50,17	0,00	50,17	0,00	0,00	0,00	0,00
Soldadura	324,93	324,93	324,93	326,42	324,93	326,42	228,49	652,84	0,00	0,00
Lavado y secado	35,50	35,50	35,50	35,50	35,50	35,50	24,85	71,00	0,00	0,00
Pintura	40,97	40,97	40,97	40,97	40,97	40,97	28,68	61,46	0,00	0,00
Horneado	159,38	159,38	159,38	127,5	127,5	127,5	159,38	159,38	0,00	0,00
Corte de madera plana	0,00	0,00	0,00	15,38	15,38	19,23	19,23	35,37	15,38	15,38
Trazo para corte	0,00	0,00	0,00	22,34	22,34	11,17	0,00	0,00	22,34	11,17
Corte de brazo	0,00	0,00	0,00	31,37	31,37	31,37	31,37	0,00	31,37	31,37
Corte espaldar curvo	0,00	0,00	0,00	21,79	21,79	0,00	0,00	0,00	21,79	0,00
Lijado de codo de brazo	0,00	0,00	0,00	47,77	47,77	47,77	0,00	0,00	47,77	47,77
Lijado de canto	0,00	0,00	0,00	65,75	65,75	65,75	0,00	98,63	65,75	65,75
Ranurado	0,00	0,00	0,00	54,03	54,03	54,03	0,00	0,00	54,03	54,03
Lijado sin sellador	0,00	0,00	0,00	203,97	203,97	203,97	135,98	88,39	203,97	67,99
Aplicación Sellador	0,00	0,00	0,00	154,62	154,62	154,62	103,08	72,16	154,62	51,54
Lijado con sellador	0,00	0,00	0,00	367,20	367,20	367,20	244,80	146,88	367,20	122,40
Aplicación laca	0,00	0,00	0,00	171,09	171,09	171,09	79,84	91,25	171,09	57,03
Ensamble	321,53	321,53	321,53	271,85	271,85	271,85	163,11	190,30	0,00	0,00

Tabla 1: Tiempos promedios en segundo de los procesos requeridos para los productos más representativos de la empresa. Los ceros "0" significan que el producto mencionado en la celda superior de la columna analizada no pasa por este proceso.

ÁREA	PROCESO	MEDIA	CUOTA DIARIA	# HERRAMIENTAS, MAQUINAS O PUESTOS	OPERADORES	CAPACIDAD UND/SEMANA	CAPACIDAD SEMANA MÁXIMA PERMITIDA
METALES	Doblado de tubos	28,14	-	1	1	6.141	6.141
	Corte de tubos	4,24	-	1	4	40.755	40.755
	Punzonado	10,23	-	1		16.891	16.891
	Corte de láminas	65,5	-	1		2.638	2.638
	Doblado de láminas	26,31	-	1		6.568	6.568
	Corte y armado de parrillas	43,71	700	1	3	3.953	3.953
	Soldadura	326,42	90	4		1.588	2.117
	Lavado y secado	35,5	-	1	2	4.868	4.868
	Pintura	40,97	-	1		4.218	4.218
	Horneado sillas para plásticos	82,71	192	1		2.089	2.089
	Horneado sillas para madera	51,03	240			3.386	3.386
MADERA	Corte de madera plana	30,76	-	1	6	5.618	5.618
	Trazo para corte	11,17	-	-		15.470	92.820
	Corte de brazo	31,37	-	1		5.508	5.508
	Corte espaldar curvo	21,79	-			7.930	7.930
	Lijado de codo de brazo	47,77	650	1		3.617	3.656
	Lijado de canto	65,75	500			2.628	2.815
	Ranurado	54,03	600	1		3.198	3.198
	Lijado sin sellador	67,99	450	4		2.542	5.083
	Aplicación Sellador	51,54	600	1		3.353	3.353
	Lijado con sellador	122,4	250	4		2.824	5.647
	Aplicación laca	57,03	500	1		3.030	3.030
ENSAMBLE	Ensamble de silla plástica	321,53	100	4	2	1.075	2.150
	Ensamble de silla de madera	271,85	120			1.271	2.543

Tabla 2: Capacidad por proceso.

La tabla 2 y el análisis visual a los puestos de trabajo ayudan a identificar el recurso de capacidad restrictiva; esto último es necesario debido a la polivalencia de los trabajadores. Para la identificación del cuello de botella se procedió como se explica a continuación.

Al analizar los productos más demandados en los procesos más lentos: Soldadura, Pintura, Horneado, Lijado con sellador y Ensamble se puede observar que aproximadamente el 80% de estos productos pasan por estos procesos. Este análisis permite enfocar la atención en los procesos mencionados.

Para la plena identificación de la restricción del sistema se toma en cuenta la definición que da Goldratt (1984), "Por definición, una restricción es algo de lo que la empresa no tiene suficiente, a tal grado que limita su funcionamiento global. Una restricción física se refiere al recurso cuya capacidad es inferior a la demanda colocada sobre él."

Para esta empresa hay que tener presente que se cuenta con mano de obra polivalente, por lo que se tiene la posibilidad de agregar capacidad a los procesos manuales y no especializados. Teniendo en cuenta lo anteriormente dicho, en la tabla 2 también se muestra la capacidad máxima semanal permitida en cada proceso. ***Analizando esta capacidad productiva máxima con la capacidad de adaptar el flujo a la demanda, se tiene que el recurso de capacidad restrictiva es el proceso de horneado.***

El proceso de horneado es insuficiente para atender la demanda alta, provocando ocasionalmente la acumulación de inventario en proceso, lo que a su vez provoca mermas (el material en proceso se oxida fácilmente). Además, retrasa el proceso de ensamblado y, finalmente, resulta en entregas tardías al cliente.

Aquí no se analiza al mercado como posible restricción debido a que la empresa ya está incursionando en el mercado nacional, lo que representa un margen mayor de ventas. Si el mercado permite incrementar las ventas no se puede considerar una restricción.

2. Decidir cómo explotar la(s) restricción(es) del sistema

En este punto se tiene que buscar formas de administrar de la mejor manera la restricción en beneficio del Throughput, sin invertir dinero. Al ser el proceso de horneado la restricción del sistema, existe la posibilidad de agregar un proceso de pintura líquida pulverizada que será aplicada a los productos que no necesiten pintura con resistencia a los rayones. Esta propuesta descongestionará el horno catalizador dejando capacidad libre para la producción de sillas. Para un mejor control de la restricción se debe usar la planilla que se muestra en la ilustración # 12. Esta planilla controlará el producto en proceso en todas las estaciones y permitirá determinar cual está congestionada; con esto se busca identificar posibles restricciones o cuellos de botella móviles y así tomar los correctivos, de tal manera que se pueda agregar personal para aliviar la carga en la estación de trabajo o en su defecto se

descarga trabajo a otros procesos como la pintura líquida u otros procesos que se requieran según sea el caso.

Para agregar este nuevo proceso de pintura líquida pulverizada se tiene que ofrecer el servicio preguntándole a los clientes si su producto se les recubre con pintura líquida o con pintura electrostática.

El siguiente paso para explotar la restricción, es asegurarse de que siempre tenga trabajo, es decir, que tenga un buffer de capacidad detrás de él. Será este el único recurso que siempre trabaje al máximo de su capacidad.

La programación de la producción se hará de acuerdo con los pedidos por entregar, y su prioridad se dará de acuerdo con su tiempo de entrega y cantidad a procesar. El programa de producción indicará la fecha en que se inicie la producción y el producto en proceso será trasladado inmediatamente a la estación que le sigue hasta terminar el proceso. Para ello es necesario que este programa de producción lo haga una persona que conozca el comportamiento de los clientes o mantener la comunicación entre Ventas y Manufactura con respecto a los tiempos de entrega reales de fabricación.

3. Subordinar el resto del sistema a la decisión anterior

Consiste en coordinar el sistema de producción, tomando como base el proceso de horneado. El tamaño del lote de producción debe ser igual al tamaño del pedido.

Lo que se pretende es que el producto semielaborado sea trasladado a pintura tan rápido como sea posible para mantener este proceso trabajando a su máxima capacidad.

Se deberá también considerar el amortiguador de tiempo y de espacio para evitar los paros en el recurso restrictivo. El amortiguador de tiempo consistirá en una cantidad tiempo de anticipación expresado en unidad de tiempo (horas) para tener el producto terminado antes de la fecha y hora de entrega y o pago.

El amortiguador de espacio en este caso se refiere a un espacio físico en el que pueda ser almacenado temporalmente el producto terminado, de tal forma que se absorben las aleatoriedades del mercado. Actualmente no existe este espacio disponible.

4. Elevar la(s) restricción(es) del sistema

Una vez que se han agotado todas las posibilidades para hacer más productivo el proceso de horneado se deben analizar las alternativas que se requieren para aumentar el flujo.

El lema del flujo continuo es “Mover uno, hacer uno”. Para lograrlo, el procesamiento implica producir o transportar productos apoyándose en tres reglas esenciales: Producir solamente lo que se necesita, justo cuando se necesita y en la cantidad exacta que se requiere.

En la actualidad para sacar las piezas horneadas se espera que el horno disminuya su temperatura de 180°C a unos 60°C, luego los pintores entran al horno para sacar cada elemento. Este proceso de calentar y dejar enfriar el horno genera altos costos en el servicio de gas, que es el combustible para calentar el horno.

PROPUESTA DE MEJORA

Esta consta de un horno longitudinal en el que las piezas a hornearse entran por un extremo y salen por el otro. Este sistema sería impulsado por un motor eléctrico que movería una cadena transportadora en donde se engancharían las piezas a hornear.

El sistema incluirá un graduador de velocidad electrónico que adaptará el flujo y se amoldará al tiempo de pintura. El tiempo que permanecería una pieza dentro del horno es de 12 minutos, siendo este el requerido para polimerizar el polvo de pintura. Actualmente un lote tarda en ser pintado 40 minutos.

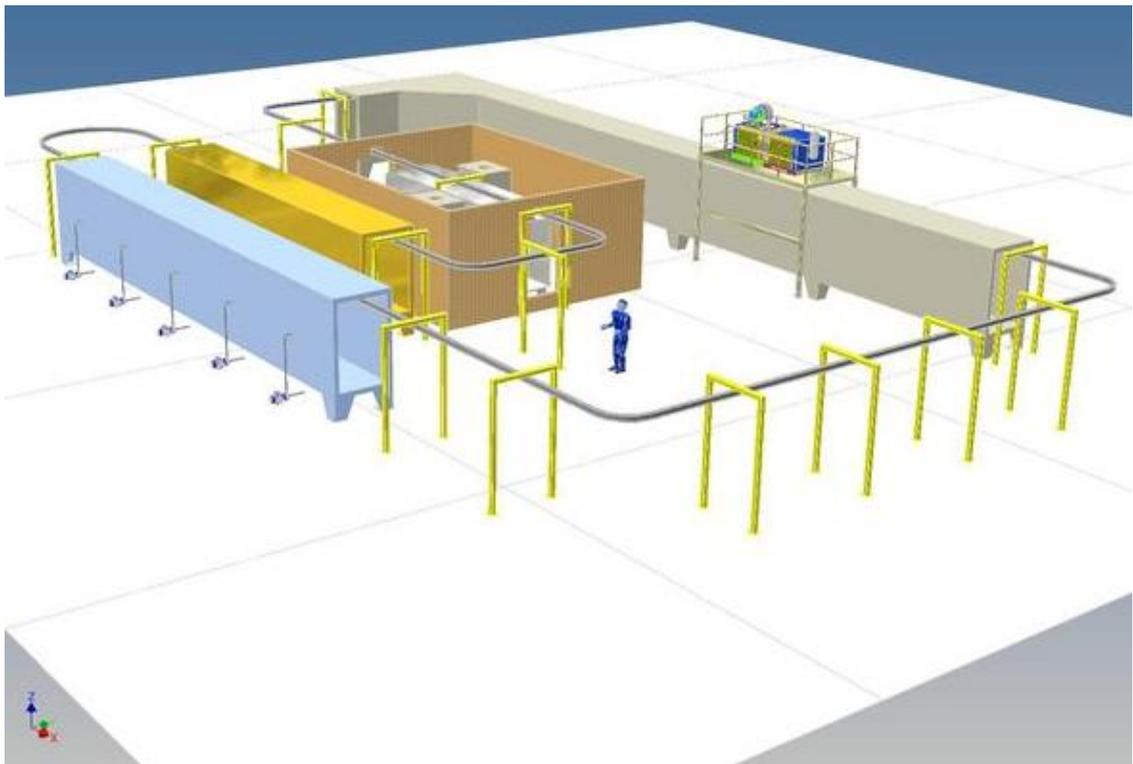


Ilustración 13: Modelo proceso de horneado con flujo continuo de las piezas. La forma del horno cambia de acuerdo a las condiciones de las locaciones físicas.

La productividad actual se calcula a continuación:

Lavado y secado	35,5s		
Pintura		40,97s	
Horneado	127,5s		

Tabla 3: Tiempo promedio actual de cada silla en el proceso de pintura en polvo. Claramente se puede observar un tiempo ocioso de 51,03s por silla.

La productividad diaria del proceso de pintura de metales en la actualidad es:

$$\frac{8.5 \text{ horas}}{\text{turno}} \times \frac{3600 \text{ s}}{\text{hora}} - 35,5 \text{ s} - 40,97 \text{ s} = 240 \text{ sillas/turno}$$

Teniendo que:

El tiempo del proceso de lavado y secado = 35,5s/silla

El tiempo del proceso pintura = 40,97s/silla

El tiempo actual del proceso de horneado = 127,5s/silla

Los procesos de pintura, lavado y secado son concurrentes con el proceso de horneado por tanto solo se resta el tiempo de lavado y pintado de la primera silla.

La pintura en polvo requiere que las sillas estén a 180°C por 12 minutos para que polimerice, pero por el proceso de enfriar y calentar el horno, el lote de 40 sillas se tarda 40 minutos (5,100 segundos) desde que entra la primera silla con la pintura en polvo impregnada, hasta que sacan la última silla del horno con la pintura ya polimerizada. Lo que da como resultado un tiempo promedio de 127,5 s/unidad.

Productividad de la propuesta:

Como se menciona, la pintura en polvo requiere que las sillas estén a 180°C por 12 minutos para que polimerice. Por tanto la propuesta busca maximizar el flujo, disminuyendo los tiempos improductivos. Para lograr esto es necesario que el horno siempre este a 180°C y las sillas entren al horno a la velocidad con que son pintadas.

Para calcular los tiempos de procesamiento se tiene que la distancia entre sillas dentro del horno es 30cm, y como el largo de la silla es de 70cm se tiene un total de 1m para cada silla³³. Es decir que las sillas entran al horno cada

³³ Los 30 cm aquí mencionados corresponden a la distancia que debe tener cada silla dentro del horno, esta distancia se toma desde los extremos más cercanos con el fin de que no se produzcan rayones en la pintura mientras se polimeriza. La longitud de la silla desde el extremo del porta brazos hasta el espaldar es de 70 cm.

40,97s³⁴ y salen al mismo ritmo, es decir entran a la velocidad con que son pintadas. Con este procedimiento el horno disminuye los tiempos muertos y el proceso de polimerización se da en 12 minutos tal como lo sugiere el fabricante de la pintura en polvo.

Con esta propuesta los procesos de pintura, lavado y secado siguen siendo concurrentes con el proceso de horneado; de tal manera para calcular la productividad se resta el tiempo que tarda la primera silla en su recorrido desde el inicio hasta el final del horno (12 minutos), el tiempo de lavado y pintado de la misma silla.

Lavado y secado		35,5s		
Pintura			40,97s	
Horneado				40,97s

Ilustración 14: Tiempo promedio estimado para cada silla con el proceso de horneado propuesto

Considerando que el objetivo de este trabajo busca aumentar la productividad, a continuación se calcula la productividad de la propuesta. La productividad diaria del proceso de pintura de metales con esta propuesta es:

$$\frac{8.5 \text{ horas}}{\text{turno}} \times \frac{3600 \text{ s}}{\text{hora}} - 12 \text{ min} \times \frac{60 \text{ s}}{\text{min}} - 35,5 \text{ s} - 40,97 \text{ s}$$

$$40,97$$

$$= 727 \text{ sillas/turno}$$

Teniendo que:

El turno de trabajo diario es de 8,5 horas

El tiempo que tarda en polimerizar la pintura en polvo es de 12 minutos

El tiempo promedio del proceso de lavado y secado = 35,5s/silla

El tiempo promedio del proceso pintura = 40,97s/silla

El tiempo promedio del proceso de horneado propuesto = 40,97s/silla

Con este resultado se nota que la productividad aumenta en 487 unidades/turno de 8,5 horas. Lo que representa un incremento teórico del 203%.

El resultado que se quiere obtener con la implementación de la propuesta es aumentar el número de sillas terminadas por día, por tal motivo es menester mejorar el flujo, lo que significa que se disminuye el intervalo de tiempo con el que salen las sillas del horno. No hay que confundir el tiempo de flujo con el tiempo que permanece la silla dentro del horno.

³⁴ Tiempo promedio que requiere para rociar con la pintura en polvo la silla universitaria

COTIZACIÓN HORNO CURADO A NOVIEMBRE DE 2012

El diseñador y fabricante del horno de curado, en la cotización telefónica realizada informa que el diseño y fabricación del horno es de \$70.000.000, tal como se describe en la siguiente tabla.

Diseño y fabricación del horno	\$20.000.000
Materiales	\$50.000.000
Total horno	\$70.000.000

Tabla 4: Descripción costo horno curado

El sistema de alimentación del horno es por cadena teniendo un gancho cada 50 centímetros, variador de velocidad electrónico, permitiendo cambiar la velocidad de la cadena dependiendo del producto que se va a pintar. El horno tiene una longitud de 14 metros con 22 quemadores y una cabina para el pintado continuo.

Ver imágenes en ANEXO.

El contacto del fabricante es **Gonzalo Hernández Acero**
e-mail: (acergo61@live.com.mx) celular: 3115236931 Colombia.

5. Regresar al paso número 1 si en alguno de los pasos anteriores se ha roto la restricción.

Con la aplicación de las propuestas de mejora presentadas en el punto anterior se permite incrementar la productividad global de la compañía, permitiendo mejorar la eficiencia con inversiones eficaces.

Cuando la empresa comience a operar con el nuevo sistema de horneado, es probable que en algún momento dado éste sea el recurso limitante. Si esto llegara a suceder, se debe regresar al paso 1 para evitar que la inercia se convierta en la restricción del sistema.

Cabe resaltar que para cuando se aplique la propuesta de mejora se deben crear condiciones para que este recurso no esté ocioso. Estas condiciones necesarias deben ser estrategias de ventas que vayan enfocadas a la maximización del recurso de capacidad restrictiva y por ende en el mejor aprovechamiento de los recursos financieros de la compañía.

PRODUCTO:

MES:

UNIDADES TERMINADAS POR PROCESO	FECHA														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
CORTE LAMINA TRIPLE															
TRAZO PARA CORTE															
CORTE TRAZADO															
PULIDA DE CANTOS															
LIJADO CODO															
RANURADO															
LIJADA SIN SELLADOR															
APLICACIÓN SELLADOR															
LIJADA CON SELLADOR															
LACA															
CORTE TUBOS															
DOBLEZ															
SOLDADURA															
PINTURA															
ENSAMBLE															

UNIDADES TERMINADAS POR PROCESO	FECHA															
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
CORTE LAMINA TRIPLE																
TRAZO PARA CORTE																
CORTE TRAZADO																
PULIDA DE CANTOS																
LIJADO CODO																
RANURADO																
LIJADA SIN SELLADOR																
APLICACIÓN SELLADOR																
LIJADA CON SELLADOR																
LACA																
CORTE TUBOS																
DOBLEZ																
SOLDADURA																
PINTURA																
ENSAMBLE																

Ilustración 15: Planilla control de producción por proceso

7 RECOMENDACIONES

Al analizar la información anteriormente expresada se presentan las siguientes recomendaciones:

Aplicar las propuestas descritas para mejorar el flujo del proceso de horneado, ya que el procedimiento utilizado actualmente está ocasionando que se convierta en el cuello de botella.

Implementar un sistema de sugerencias, acompañado de incentivos para los empleados de tal forma que se aproveche las ideas de los mismos.

Realizar mantenimiento preventivo en las maquinas de soldar de igual forma que se hace en la dobladora, la cortadora y punzonadora, con el fin de prevenir la cantidad de paradas para mantenimiento correctivo que se le hace a estas maquinas. *Este mantenimiento es necesario porque el proceso de soldadura es crítico para mantener siempre trabajando al horno y a los pintores.*

Analizar el sistema productivo a través de otras herramientas de mejoramiento continuo, y comparar los resultados de las propuestas establecidas con cada herramienta.

Trasladarse a unas instalaciones que tenga mejor acondicionamiento para la fabricación de muebles. La distribución física de la nueva instalación debe dividirse en procesos de madera y en procesos de metal.

Teniendo en cuenta que la fabricación de las sillas toman un tiempo relativamente largo y con el número elevado de pedidos semanales se recomienda una correcta organización en los puestos de trabajo y estandarizaciones en las diferentes operaciones con el fin de lograr una organización completa en la planta que permita reducción de movimientos y tiempos que agilizaran la producción y la entrega de los pedidos. La distribución en planta no se diseña aquí dado que no se enmarca en los objetivos de este trabajo.

Agregar un proceso de pintura líquida pulverizada para los productos que no necesitan resistencia a los rayones

Construcción de otras propuestas.

Las siguientes son particularidades que se recomienda mejorar y que quedan fuera del alcance de este trabajo.

- No existe capacitación en el personal, pero cabe resaltar que los mismos empleados enseñan a los demás sus técnicas.
- El área de pintura con sellador necesita tener mucha ventilación, así mismo pero en menor proporción el área de pintura con laca. Estas

áreas tienen en la actualidad extractores de vapores ubicados en las ventanas y techo, pero son insuficientes cuando se pintan grandes volúmenes de material.

- En el piso de carpintería o maderas se tienen ventanales que no facilitan la ventilación y la salida de los vapores de la pintura.
- La temperatura es alta cerca del horno, dado que las instalaciones no son las adecuadas para los procesos que aquí se realizan. Para contrarrestar las altas temperaturas de estas zonas los operadores tienen varios ventiladores de alto poder de empuje de aire pero son insuficientes.
- No hay señales en los pisos que demarquen los pasillos y las zonas de almacenamiento temporal de elementos en proceso, por lo que muchas veces queda poco espacio para el tránsito adecuado de materiales.
- La seguridad industrial es incipiente, sólo se usan elementos de protección personal, algunos equipos de baja tecnología no cuentan con sistemas de seguridad que protejan a los operarios de los riesgos presentes.
- Al existir cables eléctricos sueltos y tirados en suelo existe riesgo eléctrico con alta probabilidad de ocurrencia dado que la red eléctrica suministra un voltaje de 220 voltios usado para los motores de la sierra circular y cortadora sin fin, y un voltaje de 110V para el compresor de aire que se usa en la pintura con sellador y laca, así mismo para la ruteadora, taladros y lijadoras.
- No se cuenta con condiciones de trabajo seguro.
- No se tiene un registro de la capacidad y el mantenimiento de la maquinaria.
- El modelo de costos actual de la empresa INDUSANDRA no proporciona una medida de los costos reales de los productos, ya que utiliza un costeo variable (sistema tradicional de costo). Es importante mencionar que la empresa posee algunas tecnologías superiores a la de su competencia y aún así algunos precios son superiores a la competencia. En síntesis, se puede expresar que la empresa INDUSANDRA no cuenta actualmente con un modelo de cotización de pedidos y valuación del precio de los productos que ofrezca a la gerencia información suficiente, confiable, rápida y oportuna que tenga en cuenta las diferentes restricciones que tiene la empresa y que arroje precios competitivos. El sistema de costos que usa como base para cotizar pedidos no proporciona una medida de los costos reales de los productos y el proceso de cálculo del costo unitario es complejo, por lo que se hace necesario recurrir a estimaciones de costos basados en la experiencia con productos similares para su cálculo.

8 CONCLUSIONES

Se puede concluir que al enfocar los esfuerzos en el Recurso Capacidad Restrictiva (cuello de botella) se minimiza los esfuerzos requeridos para aumentar la productividad global. Al enfocarse en el recurso de capacidad restrictiva se tendrá más posibilidades de éxito en el logro de la meta planteada.

Cabe resaltar que aunque en este trabajo se utilizó el método deductivo los resultados son tan efectivos como los encontrados al usar métodos cuantitativos.

Con la aplicación de esta propuesta se pretende aumentar el flujo de materiales de la fábrica redundando en el flujo de efectivo y en la utilidad neta.

Esta propuesta pudiera generalizarse para la solución de cualquier problema sin importar la índole del mismo

9 BIBLIOGRAFÍA

1. Bain, David. **Productividad. La solución a los problemas de la empresa.** México: Mc Graw Hill. 1ª edición. 1985, Pg. 3
2. Ballesteros Silva, **Algunas reflexiones para aplicar la manufactura esbelta en empresas colombianas**, Scientia et Technica Año XIV, No 38, Junio de 2008. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701, Pg. 223-228
3. Birrell R., Matías, **Simplicidad Inherente: Fundamentos de la Teoría de Restricciones**, @ libros en red, mertown international s.a., (2004), 112 pg. www.librosenred.com
4. Cabarcas Reyes, Ardila Cabrera, Mejía Ramos, **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**, *Prospect.* Vol. 8, No. 2, 2010, págs. 45-54
5. David J. **Medición, evaluación, planeación y mejoramiento de la productividad en las organizaciones de manufactura y servicio, Ingeniería y administración de la productividad**, México: Mc Graw – Hill, 1990; Pg. 3.
6. Estrategia focalizada, **Introducción a la Teoría de Restricciones “Una mirada a sus fundamentos y aplicaciones”**, www.estrategiafocalizada.com
7. Gómez, Saavedra, Eduardo. **El control total de la calidad. Como una estrategia de comercialización.** Bogotá: Legis Editores S.A. 1991. Pg. 148.
8. Goldratt, E.M. & Jeff Cox. **La Meta, Un proceso de mejora continua**, México, Editorial Díaz de Santos. Edición Revisada, (2005). 1984
9. Goldratt, Eliyahu M. **Cadena crítica**, México; Ediciones Castillo, S.A. de C.V. Monterrey Nuevo León. 1997
10. Goldratt, Eliyahu M., **Standing on the Shoulders of Giants – Production concepts versus production applications. The Hitachi Tool Engineering example**, *Gest. Prod.*, São Carlos, v. 16, n. 3, p. 333-343, 2009
11. Goldratt, Eliyahu M., **No es cuestión de suerte**, Argentina, Ediciones Granica, 2008, 336p.

12. Hay, Edward J. **Justo a Tiempo. La técnica japonesa que genera mayor ventaja competitiva.** Bogotá. Ed. Norma. 1989.
13. Hay, Edward J. **Justo a Tiempo,** Bogotá, Ed. Norma, 1995.
14. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. **Sistema de gestión de la calidad fundamentos y vocabulario. NTC-ISO 9001.** Bogotá D.C.: El Instituto, 2000.
15. Lepore, Domenico y Cohen, Oded, **Deming and Goldratt the Theory of Constraints and the System of Profound Knowledge,** Estados Unidos de América, Editorial the North River Press Publishing Corporation, 1999.
16. López López, Iván Darío; Urrea Arbelaez, Joaquín Y Navarro Castaño, Diego. **Aplicación de la Teoría de Restricciones (TOC) a la gestión de facturación de las Empresas Sociales del Estado, ESE.: Una contribución al Sistema de Seguridad Social en Colombia.** *Innovar* [online]. 2006, vol.16, n.27, pp. 91-100. ISSN 0121-5051.
17. Manotas Duque, Manyoma Velásquez, Rivera Cadavid, **Hacia una nueva métrica financiera basada en Teoría de Restricciones,** Universidad ECESI, estudios gerenciales # 76, (2007), Colombia, pg. 61-75
18. Morales Idarraga, **Propuesta para implementar un sistema de programación de la producción, bajo la Teoría de Restricciones, en una empresa de artes graficas,** Universidad de Antioquia, Tesis para optar título especialista, departamento de Ingeniería Industrial, Colombia, 2006.
19. Martínez Martínez, Navarro Ávila, **Aplicación de un modelo gerencial practico en finotex Colombia. Estudio de caso.** Trabajo de grado para obtener el título de Magister en Administración de Empresas, Maestría en Administración de Empresas, Fundación Universidad del Norte, 2008.
20. Ma Li-li, Chen Jun. **Modeling and Simulating of Time Buffer Control for Engine Remanufacturing System.** Information Engineering and Computer Science, 2009. ICIECS.
21. Niebel, Freivalds, **Ingeniería Industrial Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo,** México, alfaomega, 745 pg.
22. Pirasteh, R. and Farah, K. **Continuous Improvement Trio: The top elements of TOC, lean, and six sigma make beautiful music together.** APICS magazine, May, 2006 pp. 31-36
23. Palacios Álvarez, Nicanor, **la Teoría de Restricciones aplicada al desarrollo de software,** Universidad Andina Simón Bolívar, 2010, Ecuador.

24. R. Anthony Inman, Martha Lair Sale, Kenneth W. Green Jr, **Analysis of the relationships among TOC use, TOC outcomes, and organizational performance**, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 29 Iss: 4, 2009, pp.341 – 356
25. Retamales García, Cedeño Barreiro, Buestán B., **Evaluación de la Aplicación de la Teoría de Restricciones (TOC) en un Proceso de Elaboración de Productos Plásticos Bajo Pedido**, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Repositorio de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, (2010), <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/8637>
26. Rivera González, Morúa Ramírez, **Reconstrucción del enfoque del aumento y generación del efectivo para la Pyme de manufactura**, Contaduría y Administración, núm. 234, 2011, pp. 131-150, Universidad Nacional Autónoma de México, México
27. *Rodríguez Uribe, Diseño de un Sistema de Manufactura Sincronizada en la empresa Q. F. MEX., S.A. de C.V.*, Tesis para obtener el grado de *Maestro en Ciencias en Administración*, Instituto Politécnico Nacional, 2006, México.
28. Schonberger, Richard J. **Técnicas japonesas de fabricación**. México: Editorial Limusa, S.A. de CV. Grupo Noriega Editores. 1993. Pg. 28
29. Sumanth David J. **Administración para la productividad total**, Compañía Editorial Continental, 1999, 396 páginas.
30. Vargas Torres, **Diseño de un sistema logístico de abastecimiento para la gerencia de red de una empresa de telecomunicaciones utilizando la Teoría de las Restricciones**, Tesis para optar al título de Ingeniero Industrial, Facultad de Ciencias e Ingenierías, Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, 2008.
31. Watson, K., Blackstone J., Gardiner S., **The evolution of a management philosophy: The theory of constraints**, Journal of Operations Management, vol. 25, 2007, Pág. 387–402.

ANEXO

1. CUESTIONARIO

Con la aplicación del presente cuestionario se pretende recolectar información para identificar el estado de la empresa de acuerdo a la meta que esta tiene.

1. ¿Cuáles son los resultados deseados de la empresa?
2. ¿Por qué no se pueden alcanzar los resultados deseados?
3. ¿Qué impide que la organización sea más rentable o gane más dinero?
4. ¿Qué factores internos afectan el buen funcionamiento de la empresa?
5. ¿Por qué los niveles de ventas no son más altos?
6. ¿Qué problemas impiden su desarrollo o crecimiento?
7. ¿Cree que se necesitaría algo para mejorar el puesto de trabajo?

Esta encuesta fue aplicada a todos los empleados de INDUSANDRA y se encontró los efectos indeseables con los que se hizo el diagnóstico.

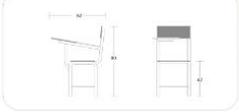
2. Imágenes propuesta del horno continuo de curado pintura en polvo



3. Imágenes sillas universitarias fabricadas por INDUSANDRA



Silla Universitaria

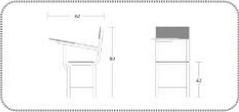
Colores - pintura electrostática

- Negro
- Negro
- Blanco
- Gris

Silla punta baja con lámina



Silla Universitaria

Colores - pintura electrostática

- Negro
- Negro
- Blanco
- Gris

Silla plana



Silla novaiso