

Los sistemas de producción y la ergonomía: reflexiones para el debate

Production systems and ergonomics: reflections for discussion

Mervyn Márquez Gómez

Palabras Clave: sistema de producción, producción ajustada, teoría de restricciones, ergonomía

Key Words: system of production, lean production, theory of constraints, ergonomics

RESUMEN

Desde que Taylor revolucionara la forma de concebir los procesos de manufactura, han venido surgiendo un conjunto de innovaciones en la manera de diseñar, organizar y gestionar los sistemas de producción, que luego se han convertido en modelos replicables en diferentes sectores industriales. Tal es el caso del sistema de producción ajustada o manufactura esbelta y el sistema de producción basado en la teoría de restricciones. En la presente investigación, se efectúa una revisión de estos dos sistemas de producción, sus principios básicos, los pasos para su aplicación, así como los principales aspectos diferenciadores entre estos dos enfoques, que vienen dados desde la misma esencia u objetivo perseguido: la producción ajustada enfocada a la identificación de cualquier tipo de desperdicios y la forma de eliminarlos, y la producción basada en teoría de restricciones orientada a la identificación de las restricciones del sistema y su supresión. Además, se resalta la ausencia que han tenido los principios ergonómicos dentro de las prioridades y pilares en los cuales se fundamentan los modelos de producción. Se identifican algunas de las repercusiones que la implementación de los sistemas de producción pudiera tener sobre la ergonomía, en especial desde el punto de vista psicosocial debido al incremento de las exigencias cognitivas, el ritmo de trabajo y la supresión de pausas.

INTRODUCCIÓN

En el área de producción es donde generalmente, se obtiene el valor agregado de una empresa; sus

ABSTRACT

Since Taylor revolutionizes the way of conceiving manufacturing processes, it has been emerging a set of innovations in the way to design, organize and manage production systems, which then have become replicable models in different industrial sectors. Such is the case of the system of lean production or lean manufacturing and the production system based on theory of constraints. This research, carries out a review of these two production systems, their basic principles, steps for its implementation and so the major differentiator aspects between these two approaches, which are given from the same essence or purpose: the lean production focused on the identification of any type of waste and the way to remove them, and the production based on theory of constraints guided to identify the system constraints and its suppression. Furthermore, to highlight the absence that ergonomic principles has had within the priorities and pillars in which production models are based. It is identified some of the implications that implementation of production systems on ergonomics could have, particularly from the psychosocial point of view due to cognitive demands increasement, the pace of work and the abolition of breaks.

procesos, su diseño y la forma como se gestione puede repercutir en una mayor o menor productividad y por consiguiente en un mayor o

menor beneficio para la empresa. En producción es donde se constituyen, organizan y administran las diferentes actividades que deben llevarse a cabo para obtener un producto, e incluye tanto a las personas que van a ejecutar las tareas como los materiales, maquinarias, instalaciones y hasta el contexto en el que se va a desenvolver el trabajo. Por tal razón Cuatrecasas (2009) considera que el análisis del sistema de producción tiene una importancia estratégica para la empresa.

Sin embargo, un sistema de producción no sólo se puede ver afectado por factores internos vinculados al personal, los materiales o la maquinaria, sino que en muchos casos, se presentan factores externos que determinan y condicionan el éxito de un sistema determinado, relacionados por ejemplo al nivel de competencia o a cambios en los requerimientos y condiciones del mercado; por lo que la garantía del éxito de una empresa viene dado por un constante análisis y transformación de su sistema de producción, y en especial en el modelo de gestión adoptado. Al respecto, Suñé et al (2004) plantean que en la actualidad se presenta una creciente exigencia en la demanda, determinada por mayores requerimientos de calidad, personalización, velocidad de respuesta y servicios adicionales, a

igual o menor precio; lo que ha forzado a muchas empresas a efectuar un proceso de transformación de los sistemas de producción que venían utilizando hasta entonces.

Desde que Taylor, a principios del siglo pasado, diera un giro en la forma de abordar los procesos de manufactura, han surgido algunos modelos o enfoques de producción que han tenido éxito, e inclusive lo siguen teniendo en la actualidad, y aun cuando nacieron en el seno de alguna empresa en particular, sus principios y técnicas han podido ser replicadas en otras organizaciones con excelentes resultados. Así por ejemplo, a lo largo de las últimas décadas han surgido conceptos como el de línea de producción, desperdicio, célula de trabajo, justo a tiempo, kanban, sincronización de la producción, entre muchos otros, que inclusive, hoy día forman parte de los contenidos de estudio de carreras universitarias como en el caso de la Ingeniería Industrial.

Esta investigación se realizó con el objetivo de identificar y analizar los sistemas de producción más importantes en la actualidad, como es el caso de la producción ajustada o manufactura esbelta y la producción basada en la teoría de las restricciones.

METODOLOGÍA

El estudio se enmarca dentro de la investigación documental, cuyo objetivo es la revisión del estado del conocimiento de diferentes modelos o enfoques utilizados por las empresas para el diseño y gestión de sus sistemas de producción, en especial se hace énfasis a la producción ajustada o manufactura esbelta y a la producción basada en la teoría de las restricciones; basándose principalmente, en información y trabajos previos divulgados por medios impresos y electrónicos. Adicionalmente, se analiza la ausencia que han tenido los principios

ergonómicos dentro de las prioridades y pilares en los cuales se fundamentan los modelos de producción considerados.

Mediante este diseño de investigación, se parte de la integración, organización y evaluación de la información teórica y empírica existente sobre un problema, con el propósito de analizar y reseñar el progreso de la investigación actual y la consistencia de las teorías y conceptualizaciones, indicando sus debilidades o demostrando la superioridad de unas sobre otras (UPEL, 2010).

REVISIÓN Y DISCUSIÓN

Cambios en el mercado, nuevos retos de producción

La constante transformación de la sociedad y particularmente del mercado, ha obligado a las

empresas a desarrollar e implementar nuevos esquemas de trabajo que les permita adaptarse a estos cambios y obtener alguna ventaja sobre su competencia; con el tiempo, algunas de esas nuevas prácticas se han convertido en modelos replicables para otras empresas en diferentes sectores de la economía. Cuatrecasas (2009) resume en la Tabla 1, los cambios más determinantes que

se han suscitado en el mercado y en la competitividad actual, respecto a las condiciones existentes hace algunas décadas atrás. Para Kalpakjian y Schmid (2002) esas nuevas tendencias, caracterizadas básicamente por un incrementando en la competencia global y un aumento de la calidad demandada por los clientes, comenzaron a desarrollarse a partir de la década de 1960.

Tabla 1. Comparación del mercado actual y pasado

Situación pasada	Situación actual
Mercados en expansión	Exceso de oferta sobre la demanda
Gama de producto restringida	Gran variedad de producto
Alta normalización del producto	Nivel elevado de personalización
Calidad: un factor más	Calidad total, condición previa
Cliente poco exigente	Alto nivel de exigencia del cliente
Plazos de entrega poco acuciantes	Plazos de entrega muy cortos
Servicio postventa no relevante	Gran importancia de todo servicio anexo
Ciclo de vida largo	Ciclo de vida cada vez más corto

Fuente: Cuatrecasas (2009)

Si bien, el trabajo de implementar exitosamente un nuevo sistema de producción o transformar uno ya existente, amerita de un gran esfuerzo colectivo, compromiso y dedicación, hacerlo bajo las características actuales del mercado le impregna un reto aún mayor. Para Cuatrecasas (2009), los ambiciosos y hasta contradictorios objetivos que deben lograrse para que un sistema productivo sea competitivo y eficiente en la actualidad, se pueden generalizar en:

1. *Variación en la oferta de productos. Los mismos procesos deben permitir obtener distintos productos, con un mínimo tiempo de puesta a punto, lo que implica la producción en lotes pequeños de una mayor mezcla de productos.*

2. *Flexibilidad en los procesos y medios de producción. Los procesos deben tener la posibilidad de adecuarse a las fluctuaciones de la demanda en cuanto a variedad y volúmenes de producción, sin que ello implique pérdida en la eficiencia de producción.*

3. *Rapidez de respuesta a la demanda. La variedad y flexibilidad en los procesos deben ir acompañados adicionalmente de una capacidad de respuesta acorde a la demanda, por lo que los procesos deben contar con un diseño y dinamismo que permita acortar lo más posible el tiempo de entrega de un pedido o de atención al cliente.*

4. *Calidad asegurada a la primera. Los procesos deben contar con los mecanismos necesarios para garantizar que los requerimientos del producto sean los correctos en cada etapa.*

5. *Mínimos costos y máxima productividad. Este constituye posiblemente el mayor reto para la empresa, alcanzar los objetivos planteados anteriormente de variedad, flexibilidad, rapidez y calidad, con los recursos estrictamente necesarios.*

Adicionalmente, y como consecuencia de las crecientes preocupaciones respecto a los efectos adversos sobre nuestro entorno, al ecosistema de la Tierra, y a la calidad de la vida humana presente y futura, las prácticas de manufactura con sentido ambiental y conciencia social, se ha convertido desde hace algunos años en un importante y trascendental reto para los sistemas de producción. El surgimiento de conceptos como manufactura verde o manufactura con conciencia ambiental, ha permitido generar algunas pautas y recomendaciones al momento de analizar el diseño de productos, los materiales utilizados y los procesos o prácticas de manufactura; al respecto, Kalpakjian y Schmid (2002) mencionan que entre las acciones a seguir se encuentran: reducir el desperdicio de materiales en su fuente, reducir la cantidad de materiales utilizados, reducir el uso de

materiales riesgosos, asegurar un manejo adecuado del desperdicio, realizar mejoras en la reutilización de los materiales y, en fin, efectuar investigación y desarrollo de productos y tecnologías ambientalmente seguros.

Evolución de los sistemas de producción

Un sistema de producción se encuentra conformado por un conjunto de medios humanos y materiales llamados factores de producción, el proceso de producción y los productos obtenidos con valor agregado (Cuatrecasas, 2009). Así mismo, es importante resaltar que un sistema de producción generalmente se encuentra relacionado a otro u otros sistemas de producción en la denominada cadena de valor, ya que es común que los materiales y productos requeridos en un proceso sean fabricados y suministrados por otras empresas con sus propios procesos de producción; de esta cadena de valor también forman parte los procesos de distribución y comercialización. La forma como se ha diseñado y gestionado estos sistemas de producción ha experimentado transformaciones a lo largo de los años, como una forma de adaptarse a la realidad cambiante de la sociedad y del mercado.

Al revisar los planteamientos realizados por diferentes autores, es posible encontrar algunas divergencias con relación a la cantidad, denominación y características de sistemas de producción surgidos en el transcurso de los años, y que de alguna manera marcan su evolución debido a sus cambios o transformaciones trascendentales. Así por ejemplo, Suñé et al (2004) distingue tres esquemas de producción diferentes: la producción artesana, la producción en masa y la producción ajustada; por su parte, Cuatrecasas (2009) explica que aun cuando existen varios modelos de gestión de los sistemas productivos, estos se pueden ubicar dentro de dos grandes grupos: producción en masa y sistema de producción Toyota, aunque señala un modelo alternativo basado en la teoría de las limitaciones.

Otro planteamiento, realizado por Villaseñor y Galindo (2007), explican la historia de la manufactura a través de la producción artesanal, la producción en masa, el sistema de producción Ford

y el sistema de producción Toyota, conocido también como manufactura esbelta. A su vez, Fernández et al (2006) marcan la evolución de los sistemas productivos en la producción gremial, la producción artesanal, la producción en masa, la producción *Just in Time* (llamada también JIT, justo a tiempo, sistema de producción Toyota, producción ligera, frugal o magra) y reconocen una nueva versión de esta denominada fabricantes de clase mundial, que incorporan además las tecnologías de la información y las comunicaciones. No obstante, la mayoría de autores coinciden en asociar las innovaciones más importantes en el campo de los sistemas productivos con la industria automotriz, y en relacionar a Frederick Taylor con el inicio de la aplicación sistemática de los principios científicos a la manufactura.

A continuación se resaltan algunas de las características más importantes que definen los principales sistemas de producción.

a) *La producción artesanal*: se caracteriza por disponer de personal muy cualificado con habilidades en el diseño y en el ensamble, el empleo de herramientas sencillas y maquinaria de uso general y, una organización descentralizada, combinación que permite producir lo que el cliente pide, a la medida. No obstante, los problemas que se derivan de esta forma de producción se encuentran en los altos costos de los productos y la poca capacidad de respuesta representada por los bajos volúmenes de producción, como consecuencia los productos sólo pueden ser adquiridos por un grupo de clientes pudientes. Sin embargo, este tipo de producción aún es utilizada en pequeños nichos, por lo general en productos de lujo (Suñé et al, 2004; Villaseñor y Galindo, 2007).

b) *La producción en masa*: a propósito de un conjunto de situaciones y características del mercado a inicios del siglo XX, tales como un exceso de demanda no satisfecha, una oferta muy restringida, un bajo nivel de competitividad en todos los sectores y, una gran disponibilidad de mano de obra poco especializada, se origina la producción en masa o producción industrial masiva. Este sistema de producción, cuyo desarrollo se le

adjudica a los trabajos realizados inicialmente por Frederick Taylor y luego por Henry Ford, permite la elaboración de grandes volúmenes de producto a un costo relativamente bajo.

Taylor, pionero en el mejoramiento del trabajo a partir de principios científicos, basó su sistema en la planeación separada de la producción, lo que le permitió conseguir muchas innovaciones como son el trabajo estandarizado, la reducción del tiempo de ciclo que llevaba hacer un proceso y, la medición y análisis para el mejoramiento continuo de los procesos, rompiendo así con el carácter empírico del sistema artesanal. A Ford por su parte, se le debe la creación de la línea de producción o cadena de montaje, ampliamente utilizada en la actualidad, y cuyos principios innovadores se pueden resumir en: la producción de partes intercambiables y de fácil ensamble, la disminución de las tareas requeridas por cada trabajador y, el traslado del producto hacia las estaciones de trabajo (Villaseñor y Galindo, 2007).

La producción en masa se distingue por disponer de profesionales cualificados para el diseño de productos y procesos, y de personal poco cualificado para la producción de grandes cantidades de productos iguales, utilizando para ello generalmente, maquinaria poco flexible. A diferencia de la producción artesanal, su principal ventaja es la rapidez de respuesta y los bajos costos del producto, pero con el inconveniente de la escasa variedad (Cuatrecasas, 2009; Suñé et al, 2004).

c) *La producción ajustada o manufactura esbelta*: este modelo de producción nace en el seno de la empresa Toyota en Japón en la década de los 60, de la mano de Taiichi Ohno, por lo que también se le conoce como sistema de producción Toyota. Este sistema se desarrolló en torno a la premisa de la disminución de los desperdicios dentro de los procesos de producción, es decir, producir más con menos: menos horas de trabajo, menos espacio, menos esfuerzo humano, menos inversión en maquinaria, menos materiales, menos defectos, menos inventario y menos horas de diseño e ingeniería, dando al cliente lo que desea. La utilización de máquinas flexibles con un personal

perfectamente formado, permitió a Toyota fabricar gran variedad de productos en grandes cantidades, combinándose así las ventajas de la producción en masa y artesanal (Mol y Birkinshaw, 2008; Suñé et al, 2004; Villaseñor y Galindo, 2007).

La producción ajustada es un sistema más avanzado que la producción en masa debido básicamente a su flexibilidad; se caracteriza por emplear el mínimo de recursos de todo tipo, realizar las operaciones de la manera y en el momento requerido, asegurar la calidad, favorecer la polivalencia del trabajador sobre la especialización, propiciar la mejora de los procesos de producción a través de la participación activa y en equipo de los trabajadores y adaptarse a los requerimientos de los clientes. Una de las principales diferencias de la producción ajustada respecto a los enfoques tradicionales, radica en su orientación a lograr un flujo de producción sincronizado, rápido y directo hacia el cliente, con un mínimo de desperdicios, en contraposición con un enfoque orientado a la independencia de las operaciones y a la búsqueda de su productividad particular (Cuatrecasas, 2009; Mol y Birkinshaw, 2008).

Villaseñor y Galindo, 2007 expresan que el objetivo primordial de la manufactura esbelta es minimizar el desperdicio, definido en este caso, como todo aquello que no agrega valor, los cuales se pueden clasificar en siete categorías: sobreproducción, tiempo de espera, transporte innecesario, sobreprocesamiento o procesamiento incorrecto, inventarios, movimiento innecesario y productos defectuosos o retrabajos. De hecho, Womack y Jones (2005) mencionan que proporcionar el bien o servicio incorrecto de forma correcta es considerado igualmente un desperdicio por la manufactura esbelta.

En la actualidad, los principios y prácticas de este enfoque se han extendido a una amplia variedad de sectores de producción alrededor del mundo, inclusive en el sector de servicios, y se ha difundido con la denominación de lean manufacturing o lean production, o su traducción al español manufactura esbelta, producción esbelta o producción ligera. El término "lean" fue

popularizado en la década de los 90 por James Womack, Daniel Jones y Daniel Roos en su libro "La máquina que cambió el mundo" (Villaseñor y Galindo, 2007). No obstante, estas no son las únicas nominaciones que se le han dado al sistema de producción ajustada; Kalpakjian y Schmid (2002) se refieren a este concepto como producción sobria o manufactura sobria, mientras que autores como Chase et al (2005) y Fernández et al (2006) lo denominan sistema justo a tiempo (JIT por sus siglas en inglés).

La manufactura esbelta es planteada por Womack y Jones (2005) como un proceso de 5 pasos:

1. *Definir qué agrega valor para el cliente.*
2. *Definir y hacer el mapa del proceso.*
3. *Crear flujo continuo.*
4. *Que el consumidor "jale" lo que requiere.*
5. *Esforzarse por la excelencia y alcanzar la perfección.*

Como apoyo para lograr el cumplimiento de cada una de las fases mencionadas, la manufactura esbelta se vale de un conjunto de herramientas y conceptos tales como el takt time, mapeo del proceso, células de trabajo, balanceo de línea, trabajo estandarizado, cambios rápidos SMED, mantenimiento productivo total, jidoka, justo a tiempo, 5S, pokayoke, kanban, heijunka, kaizen, entre otros. Sin embargo, según Niño y Bednarek (2010), las herramientas que realmente diferencian a este sistema de producción de otros, son el sistema jalar, estabilización de la producción, flujo de una pieza, mapa de valor, pensamiento sistémico y el takt time. Es importante resaltar que estas u otras herramientas deben implementarse de acuerdo a un plan general y a objetivos concretos establecidos, como un sistema integral, y no como la mera aplicación de un conjunto de herramientas. En un estudio realizado por Niño y Bednarek (2010) en las pequeñas y medianas empresas mexicanas, encontraron que entre los problemas más importantes y frecuentes en la implementación de la manufactura esbelta, se encuentran: la falta de un plan integral de implantación de las herramientas de mejora, implantar sólo herramientas aisladas sin verlas como parte del sistema, enfoque en objetivos particulares y no en objetivos globales de la planta, la falta de

compromiso de la alta dirección para el proyecto de implantación y, la falta de participación de todos los empleados. Adicionalmente, estos autores proponen una metodología adaptada al contexto de su estudio, conformada por cinco etapas: diagnóstico y preparación, lanzamiento, estabilidad, estandarización y flujo, que facilitarían la implantación del sistema de manufactura esbelta de una manera gradual.

Otras investigaciones, como la desarrollada por Marín y Carneiro (2010), se han enfocado en desarrollar y validar instrumentos que sirven de apoyo en los proyectos de implementación de la producción ajustada; específicamente, estos autores identificaron y resumieron diferentes modelos de producción ajustada y desarrollaron un cuestionario partiendo de los ítems que figuraban en los mismos, con el objetivo de comprobar su validez y fiabilidad, mediante un análisis factorial confirmatorio, encontrándose que el mejor ajuste se produce con un modelo de 20 sub-escalas de primer orden, las cuales son: tiempos cortos de cambio, fabricación en células, nivelado de producción, programación de la producción, sistemas de arrastre, operaciones estandarizadas, medibles e indicadores de rendimiento, gestión visual, gestión de los procesos, control estadístico del proceso, mejora continua - implicación de los mandos, mejora continua - implicación de los operarios, mantenimiento autónomo, implicación del recurso humano, formación del recurso humano, trabajo en equipo, recompensas, comunicación, relación con clientes y relación con proveedores; los cuales representan cinco grandes constructos de la producción ajustada: gestión de la calidad, flujo interno de producción, mantenimiento, implicación de los operarios y gestión de la cadena de suministro.

Según Cuatrecasas (2009) ya se ha planteado una versión avanzada de la producción ajustada, referida como producción ágil o agile production, la cual otorga mayor énfasis a la inversión en capital humano y sistemas de información y comunicaciones, agregando algunos elementos como son la formación polivalente del personal, la conformación de equipos de trabajo, la integración

de la información y la tecnología de producción, la disminución de los tiempos de desarrollo y ejecución (ingeniería concurrente) y la calidad total en todos los procesos. Kalpakjian y Schmid (2002) plantean que la manufactura ágil implica el uso de los principios de la producción ajustada en una escala amplia, donde lo que se pretende es asegurar justamente la agilidad o flexibilidad del sistema de producción, es decir, responder rápidamente a los cambios en la demanda del producto y en los requerimientos del cliente; aunque en general, sigue siendo una versión más de la misma producción ajustada.

d) *La producción basada en la teoría de las restricciones:* surge a partir del trabajo de Eliyahu Goldratt, y se fundamenta sobre la premisa de que cualquier sistema, sin importar que tan complejo parezca, está gobernado por muy pocos elementos, por lo que el proceso de producción debe trabajar en forma coordinada para lograr la meta de las utilidades de la empresa. Sin embargo, en un principio, Goldratt y su equipo crearon un software de programación llamado "tecnología para una producción óptima", cuya lógica estaba sustentada en identificar las operaciones que formaban un cuello de botella. Luego de su aplicación en varias empresas, Goldratt comenzó a promover la lógica del método bajo el nombre de teoría de las restricciones o de las limitaciones (TOC por sus siglas en inglés), aplicable en muchos sectores de la producción (Chase et al, 2005).

Suñé et al (2004) explica que la teoría de las restricciones nace como una filosofía para la mejora continua de los sistemas de producción, aplicándose en la solución de problemas de capacidad, programación e inventarios, aunque en la actualidad se ha venido convirtiendo en un método de detectar y solucionar problemas en el sistema de producción; de hecho, el mismo Goldratt lo plantea como un método sistemático de mejora, alternativo a la producción ajustada. De acuerdo a estos autores, los seguidores de la teoría de las restricciones la consideran como una forma de mejorar la eficiencia interna de las empresas, mucho más sencillo de implementar y replicar, que las técnicas asociadas a la producción ajustada. Se

cree que el problema principal en la implantación de la producción ajustada es el cambio de mentalidad que debe producirse a todos los niveles, lo cual resulta excesivamente complejo de coordinar e implantar. Adicionalmente, Cuatrecasas (2009) explica que un sistema de producción basado en la teoría de las restricciones incluye criterios avanzados como la producción en flujo equilibrado, pero bajo un enfoque diferente que permite conservar los conceptos tradicionales del tipo de implantación física de los procesos o el tipo de personal.

Una restricción es definida como cualquier factor que limita la capacidad de la empresa para alcanzar su objetivo o meta en mayor medida; de esta forma, la finalidad de la teoría de las restricciones es identificar y gestionar las limitaciones a través del mejoramiento continuo. Justamente, una de las grandes críticas que se hace desde el enfoque de la teoría de las restricciones, hacia el sistema tradicional de producción en masa, es que en este último se intenta optimizar el proceso de producción mediante la optimización y aumento de la eficiencia de cada una de sus etapas, lo cual puede traer como consecuencia, contrariamente, sobrecargas innecesarias en algunas de estas etapas. Por lo tanto, lo correcto sería concentrar todos los esfuerzos en detectar dónde se encuentra el eslabón más débil de la cadena (restricción) y minimizarlo.

De acuerdo con Heredia (2004), una forma efectiva de programar la producción consiste en identificar y programar los cuellos de botella. Una de las evidencias físicas que permite identificar un cuello de botella, viene dada por el nivel de inventario acumulado a la entrada de cada puesto de trabajo, indicando que la tasa de llegada de los trabajos requeridos supera la capacidad productiva. Además, este autor agrega que los cuellos de botella pueden ser de tipo interno, que pueden estar representados por una máquina, una estación de trabajo o un trabajador con capacidad limitada; pero también pueden ser externos, como pudiera ser la escasez de materia prima en el mercado o una demanda limitada del producto final.

En este sentido, González et al (2003) explican que existen diferentes tipos de restricciones que pueden limitar la obtención de utilidades en una empresa, entre las principales se encuentran: restricciones de manufactura, referidas a limitaciones en la capacidad de producción; restricciones de mercado, cuando la capacidad de la empresa supera la demanda del mercado atendido; restricciones de materiales, relacionadas a impedimentos de suministro, calidad o entrega de los materiales; restricciones logísticas, cuando se presentan obstáculos en el flujo del producto desde las fuentes de materias primas hasta los clientes finales; restricciones administrativas o conductuales, referidas a las políticas, prácticas y costumbres de la empresa que impiden un mejor desenvolvimiento del sistema productivo.

Al respecto Goldratt y Cox (1999) plantean cinco pasos para gestionar las restricciones:

1. *Identificar las restricciones del sistema.*
2. *Decidir cómo explotar las restricciones del sistema,* previendo que las mismas sean tan eficaces como sea posible, es decir, no malgastándolas.
3. *Subordinar todo lo demás a la decisión anterior,* sin importar que disminuya la eficiencia de los recursos no restringidos.
4. *Elevar las restricciones del sistema.*
5. *Volver al paso 1.* Si en alguno de los pasos anteriores las restricciones han sido superadas, volver al paso 1, pero sin permitir que la inercia se convierta en la restricción del sistema.

Para medir el desempeño de una empresa deben utilizarse dos conjuntos de medidas: de las finanzas y de las operaciones. Las medidas de finanzas permiten conocer la capacidad de la empresa para ganar dinero: la utilidad neta, el rendimiento de la inversión y la liquidez; las cuales deben analizarse de forma integral. Las medidas de operaciones recomendadas son las salidas, el inventario y los gastos de operación. Las salidas definidas como la velocidad a la cual el sistema genera dinero a través de las ventas; el inventario visto como el dinero que se ha invertido en adquirir bienes que se supone serán vendidos y; los gastos de operación representado por el dinero que el sistema gasta para convertir el inventario en

salidas. La intención es incrementar la salida a la vez de reducir los inventarios y los gastos de operación, para así alcanzar la meta de ganar dinero (Chase et al, 2005).

Producción ajustada vs. Producción basada en TOC

Si bien ambos modelos se han planteado como esquemas exitosos e innovadores para diseñar y gestionar los sistemas de producción industrial, y que buscan el mejor aprovechamiento de los recursos a la vez de satisfacer los requerimientos del mercado, plantean ciertas diferencias en su concepción, prioridades e implantación. En la Tabla 2 se presentan algunas de sus diferencias más importantes.

Tanto el sistema de producción ajustada como el sistema de producción basado en TOC coinciden en que ambos se presentan como métodos basados en el mejoramiento continuo, y ambos requieren del compromiso, preparación y participación tanto de la dirección de la empresa como de sus trabajadores, aunque, por la cantidad de herramientas que eventualmente pudieran emplearse en la implantación de la producción ajustada, ésta pudiera lucir más compleja y por lo tanto un mayor tiempo de formación y entrenamiento de su personal, en especial en las áreas de control de calidad, mantenimiento, preparación y cambios de herramienta; posiblemente esta sea planteada como una de las principales ventajas de la producción basada en TOC, su aparente simplicidad, además de su enfoque hacia el aumento de las salidas y de las utilidades de la empresa. Por su parte, las principales ventajas de la producción ajustada se enfocan en la minimización de uso de los recursos de la empresa y su flexibilidad de producción, en especial cuando se incorpora el concepto de layout celular. No obstante, ambos sistemas de producción se basan en principios que no son del todo excluyentes, por lo que, con una buena preparación y reconociendo la prioridad de la empresa, sería posible pensar en su conjunción e integración.

Tabla 2. Comparación entre Producción ajustada y Producción basada en TOC

Producción ajustada	Producción basada en TOC
Surge en la década de 1960 en la empresa Toyota, su precursor fue Taiichi Ohno.	Surge en la década de 1990 producto del trabajo de Eliyahu Goldratt.
Es conocido también como sistema de producción Toyota, sistema justo a tiempo, manufactura esbelta, producción ligera.	Es conocido también como producción sincronizada.
Su objetivo se centra en identificar todo lo que agrega valor para el cliente, y diferenciarlo de los desperdicios, los cuales deberán ser minimizados.	Su objetivo se centra en identificar las restricciones del sistema, eliminarlas e identificar las nuevas que resulten.
Lo común es aplicarlo a las líneas de producción aunque el entorno de talleres también puede aprovechar sus beneficios. Lo ideal es incluir células de trabajo.	Su aplicación permite conservar los conceptos tradicionales del tipo de implantación física de los procesos.
Para planear y guiar su implantación se emplea la herramienta conocida como mapa de valor (VSM).	Para planear y guiar su implantación se emplea la herramienta conocida como árbol de estrategia y táctica de TOC (E&T).
La variabilidad del proceso se prevé operando con una pieza entre estaciones y asegurando que los procesos y equipos sean confiables	La variabilidad del proceso se prevé mediante un inventario colchón frente a una operación que forma un cuello de botella, para asegurarse que siempre tenga algo que hacer.
La producción se controla haciendo énfasis en el cumplimiento del tiempo takt en todas las operaciones. Se busca equilibrar o balancear las diferentes operaciones y estaciones de acuerdo al tiempo takt.	La producción se controla haciendo énfasis en el ritmo que sigue el cuello de botella, llamado tambor. Se busca equilibrar el flujo del producto a lo largo del sistema, por lo que la capacidad no debe estar equilibrada, dadas las variaciones normales en los tiempos de producción.
Requiere de producción en proceso cuando se usa con el kanban. El trabajo terminado debe almacenarse al lado de cada estación de trabajo.	No necesita más producción en proceso que en la estación en la que se está trabajando, a excepción del inventario colocado antes de un cuello de botella.
Los medibles a utilizar dependen de la situación. Algunos son: salidas, vueltas de inventarios, calidad a la primera, entregas a tiempo, seguridad, valor agregado, tiempo de ciclo, efectividad global del equipo (OEE).	Los medibles recomendados son las salidas, el inventario y los gastos de operación (medidas de operaciones) y, la utilidad neta, el rendimiento de la inversión y la liquidez (medidas de finanzas).

La ergonomía en los sistemas de producción

A pesar de que el concepto de ergonomía ha tenido un desarrollo de forma paralela a la evolución de los sistemas de producción en las últimas décadas, no ha existido una integración plausible entre ambos. El estudio de las necesidades, capacidades, características y habilidades humanas para su consideración en el diseño y adecuación de los productos, sistemas y entornos artificiales, sigue quedando excluido dentro de los principios y prácticas planteados en los diferentes sistemas de producción. Lejos de ello, el impetuoso deseo de no

perder un solo minuto en una estación cuello de botella planteado en la producción basada en TOC, o la indispensable necesidad de mantener un tiempo takt a lo largo de todo el sistema productivo previsto en la producción ajustada, puede llevar a supervisores y trabajadores, a incurrir en prácticas ergonómicamente inaceptables. Es fácilmente previsible en estos casos, una elevada carga mental y una alta repetitividad en las tareas, sin hacer énfasis en características propias del trabajo relacionado a

posturas inadecuadas, manejo de cargas o condiciones ambientales.

Para Ramírez (2006), el sistema de producción en una empresa se encuentra caracterizado básicamente por la integración de los elementos hombre-máquina-entorno, aunque se presenten variaciones de una empresa a otra en cuanto a su amplitud, por lo que cualquier investigación ergonómica debe responder no sólo al individuo de forma aislada sino en su contexto laboral.

En este sentido, autores como Cruz y Garnica (2001) consideran que las características que deben analizarse en cualquier estudio ergonómico se dividen en fisiológicas, psicológicas y sociológicas, aunque en la práctica deben ser razonadas en conjunto. Los factores fisiológicos abarcan tanto los estructurales como funcionales; los primeros involucran la forma, ubicación y composición de órganos y cuerpo (anatomía) así como sus dimensiones (antropometría); mientras que los segundos incluyen las capacidades y necesidades musculares, sensoriales y de reacción (biomecánica). Por su parte, los factores psicológicos se vinculan al esfuerzo intelectual al que se ve sometido el trabajador producto de la

complejidad de las tareas realizadas, el nivel de atención requerido y la presión de tiempos impuesta. Finalmente los factores sociológicos se refieren a la posibilidad y calidad de las relaciones en el trabajo, con superiores y compañeros, y como parte de grupos sociales.

Sin embargo, reconocer si los factores fisiológicos son considerados adecuadamente, responde más al tipo de empresa, al producto fabricado y a los procesos y tecnología empleados, que al sistema o modelo de producción implementado, por lo que no se pueden realizar mayores inferencias, más allá de que, ni la producción ajustada ni la producción basada en TOC incluyen el diseño o adaptación ergonómica de los lugares de trabajo dentro de sus pilares fundamentales, por lo que no existe un incentivo tácito hacia el mismo.

Respecto a los factores psicológicos y sociales, o factores psicosociales como son denominados con frecuencia, se pudieran realizar algunas reflexiones o indagaciones en función del sistema de producción asumido. En la Tabla 3 se señalan algunos aspectos vinculados al tipo de sistema de producción que pudieran incentivar o cohibir una práctica ergonómica apropiada.

Tabla 3. Aspectos favorables y desfavorables de los sistemas de producción para la ergonomía

	Producción ajustada	Producción basada en TOC
Aspectos Favorables	-Algunos tipos de desperdicios como el retrabajo o la sobreproducción, que se tratan de eliminar con las herramientas de la manufactura esbelta, permitirán a su vez reducir ciclos de trabajo y la eliminación de movimientos que aun cuando no contribuyen a la operación, si pudieran lesionar al trabajador.	-El poco interés que la TOC concede a las operaciones que no son cuello de botella, puede hacer disminuir la tensión, la presión de tiempos y las exigencias de concentración, disminuyendo los requerimientos psicológicos, en esas operaciones.
Aspectos Desfavorables	-La obsesión por minimizar cualquier tipo de desperdicio como por ejemplo los tiempos de espera, pudiera originar la eliminación de tiempos de recuperación necesarios en el personal y el surgimiento de una presión alta sobre el trabajo. -Cumplir y mantener un tiempo takt en todas las estaciones pudiera generar exigencias de concentración altas, elevado ritmo de trabajo, eliminación de pausas, y la aparición de conflictos con compañeros en casos de interrupciones o retrasos a lo largo del proceso. -Se facilita la existencia de un control jerárquico	-La obsesión por explotar la restricción del sistema, es decir, la operación cuello de botella, pudiera generar por consiguiente altas exigencias psicológicas de concentración, y la supresión de pausas en el trabajo, con el fin de que siempre estas estaciones tengan siempre algo que hacer. -El trato desigual entre trabajadores pertenecientes a la estación cuello de botella y aquellos que no pertenecen, en cuanto a las exigencias del ritmo de trabajo, pudiera desencadenar conflictos de grupo. -Se facilita el surgimiento de un control

intenso, en busca de reducir cualquier forma de desperdicio. jerárquico intenso en la operación cuello de botella.

A pesar de que la ergonomía no figura dentro de los pilares fundamentales de los sistemas de producción anteriormente analizados, los beneficios que se derivan de ella son necesarios para lograr el bienestar individual y colectivo, y cumplir además con las normativas y disposiciones legales en materia de salud y seguridad laboral.

Un sistema moderno de producción debe visualizar la integración de los fundamentos tradicionales como la productividad, la fiabilidad y la economía, con principios o fundamentos de tipo ergonómico y ambiental, que propicien el bienestar y la seguridad de los trabajadores y de la organización empresarial en el marco del desarrollo social (Ramírez, 2006).

Por lo tanto, es importante que cuando se emprendan proyectos de implantación, reestructuración o evaluación de estos u otros

sistemas de producción, los cuales son obviamente necesarios, se tomen el mínimo de previsiones para evitar contrariedades en la seguridad y bienestar del trabajador, que junto a la eficacia, constituyen los objetivos fundamentales de la ergonomía.

Este planteamiento constituye el gran reto a afrontar, ya que si la implementación por sí sola de alguno de los modelos o filosofías de producción resulta ya un trabajo arduo, la incorporación de los principios ergonómicos le atañe un grado de complejidad aún mayor. Al respecto, Rodríguez (2010) señala que el proceso de protección de la salud y seguridad de los trabajadores amerita de la participación de todos los integrantes de una organización a objeto de lograr intervenciones sistémicas y multidisciplinarias que garanticen dar respuesta a los problemas que se derivan no sólo del trabajo prescrito sino del trabajo real.

CONCLUSIONES

El entorno en que se desenvuelve cualquier empresa se caracteriza por su creciente dinamismo e impredecibilidad, lo que hace que éstas deban adaptarse a las nuevas exigencias del mercado, y deban adecuar sus sistemas de producción, su estructuración y la forma de gestionarlo; de esta manera han surgido modelos como el sistema de producción ajustada o manufactura esbelta y el sistema de producción basada en la teoría de las restricciones, que constituyen dos alternativas ampliamente probadas, sobre las cuales se han venido generando todo un conjunto de metodologías, guías e instrumentos que de alguna manera buscan facilitar su proceso de implantación. Sin embargo, es importante que antes de iniciar un proceso de transformación en la forma de operar una empresa, sean superados aspectos fundamentales en su gestión como una visión y objetivos claramente definidos, sistemas de comunicación adecuados, diseño de planta acorde, claridad en las funciones a desempeñar por todo el personal, entre otros, con los cuales se

tendrá una mayor garantía de éxito ante los nuevos cambios.

Tanto el sistema de producción ajustada como el sistema de producción basado en TOC se enfocan en la mejora de la rentabilidad de la empresa, el uso óptimo de los recursos disponibles y en el cumplimiento de los requerimientos del mercado, basados en una filosofía de mejoramiento continuo; aunque presentan diferencias en sus principios, prioridad y técnicas para lograrlo. La producción ajustada se centra en la identificación de todo lo que genera valor para el cliente a objeto de eliminar o reducir todo forma de desperdicio, sus principales ventajas radican en la alta flexibilidad que puede lograrse, en la reducción de los tiempos de entrega y en el uso óptimo de los recursos de sus recursos; por su parte, la producción basada en TOC se centra en la identificación y gestión de las restricciones del sistema, sus principales ventajas se enfocan a su facilidad de entendimiento e implantación y en la consecución de un aumento de las utilidades en un tiempo relativamente corto. Los principios ergonómicos continúan quedando en segundo plano dentro del nivel de importancia considerada por los sistemas de producción; la

prioridad parece orientarse en la satisfacción de las necesidades de los clientes o en la forma de obtener más rentabilidad para la empresa, pero poco se enfatiza sobre las necesidades y el beneficio que obtendrán quienes se harán cargo de llevar a cabo la implantación de estos sistemas dentro de la empresa, sin considerar además, la gran dedicación por parte de los trabajadores, que se desprende de

cualquier proceso de transformación, que viene acompañada de más responsabilidades y controles. El gran reto dentro de la implementación exitosa de un sistema de producción viene dado por la integración de los fundamentos de productividad con los principios fisiológicos, psicológicos y sociológicos del ser humano.

REFERENCIAS

- Chase, R.; Jacobs, F. y Aquilano, N. (2005). *Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva*. México: McGraw-Hill.
- Cruz, A. y Garnica, A. (2001). *Principios de ergonomía*. Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Cuatrecasas, L. (2009). *Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexibles*. Barcelona: Profit Editorial.
- Goldratt Consulting (s.f.). ¿Qué es un árbol de estrategia y táctica? [Publicación en línea. Disponible en: <http://www.goldrattconsulting.com/?categoryId=79024>. Consultada el 06 de abril de 2012]
- Goldratt, E. y Cox, J. (1999). *La meta: un proceso de mejora continua*, Octava edición. México: Ediciones Castillo.
- González, J.; Ortigón, K. y Rivera, L. (2003). Desarrollo de una metodología de implementación de los conceptos de TOC (Teoría de Restricciones) para empresas colombianas. *Estudios Gerenciales*, 087, 27-49.
- Heredía, J. (2004). *La gestión de la fábrica: modelos para mejorar la competitividad*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Kalpakjian, S. y Schmid, S. (2002). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Cuarta edición. México: Pearson Educación.
- Marín, J. y Carneiro, P. (2010). Desarrollo y validación de un modelo multidimensional de la producción ajustada. *Intangible Capital*, 6 (1), 78-127.

- Mol, M. y Birkinshaw, J. (2008). *Las grandes revoluciones del management*. Barcelona: Ediciones Deusto.
- Niño, L. y Bednarek, M. (2010). *Metodología para implantar el sistema de manufactura esbelta en PyMES industriales mexicanas*. [Publicación en línea. Disponible en: http://octi.guanajuato.gob.mx/octigto/formularios/ideasConcyteg/Archivos/65042010_METODOLOGIA_IMPLM_SIST_MANUFAC_ESBELTA_PYMES.pdf. Consultada el 08 de abril de 2012]
- Ramírez, C. (2006). *Ergonomía y productividad*, Segunda edición. México: Limusa.
- Rodríguez, E. (2010). Protección de la seguridad y salud de los trabajadores. Una revisión desde la perspectiva global, latinoamericana y venezolana. *Ingeniería Industrial, Actualidad y Nuevas Tendencias*, 2 (5), 81-96.
- Suñé, A.; Gil, F. y Arcusa, I. (2004). *Manual práctico de diseño de sistemas productivos*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Vicerrectorado de Investigación y Postgrado (2010). *Manual de trabajos de grado de especialización y maestría y tesis doctorales*. Cuarta edición. Caracas: FEDUPEL
- Villaseñor, A. y Galindo, E. (2007). *Manual de Lean Manufacturing*. Guía básica. México: Editorial Limusa.
- Womack, J. y Jones, D. (2005). *Lean thinking. Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa*. Barcelona: Ediciones Gestión 2000.

Autor

Mervyn Márquez Gómez. Ingeniero Industrial. Magíster en Ingeniería Industrial, Universidad Nacional Experimental del Táchira. Participante del Doctorado en Ingeniería, Área Industrial, Universidad de Carabobo. Profesor Agregado a Dedicación Exclusiva, Investigador PEII Nivel B, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional Experimental del Táchira, San Cristóbal, Venezuela.

E-mail: mervyn@unet.edu.ve

Recibido: 27/07/2012

Aceptado: 12/10/2012