

## ALGUNAS REFLEXIONES PARA APLICAR LA MANUFACTURA ESBELTA EN EMPRESAS COLOMBIANAS.

### Some reflections to apply the Lean Manufacturing in Colombian Companies.

#### RESUMEN

Es de mucho interés del autor presentar en este artículo una buena fundamentación del sistema de manufactura esbelta, sus orígenes, la clasificación de los diferentes tipos de desperdicios, sus objetivos generales y específicos, mostrando una sencilla guía para su implementación. De igual manera, indicar sus distintos niveles de intervención, sus beneficios y desventajas.

Al final, se relacionan algunas conclusiones que pretenden motivar a los lectores y empresarios a profundizar en esta estrategia de producción y su posible implementación en las empresas colombianas.

**PALABRAS CLAVES:** Calidad, cliente, demanda, desperdicios, estrategia de producción, flujo continuo, kaizen, manufactura esbelta, niveles de producción, sistema de producción.

#### ABSTRACT

*It is of great interest of the author to present in this paper a good foundation of the lean manufacturing, since its origin, the classification of different types of scraps, its general and specific objectives, showing a simple guide for its implementation. It also indicates different levels of intervention, its benefits and disadvantages.*

*In the end, some conclusions relate seeking to motivate readers and entrepreneurs to deepen this production strategy and its possible implementation in Colombian companies.*

**KEYWORDS:** *Quality, customer, demand, scraps, production strategy, continuous flow, kaizen, lean manufacturing, production levels, production system.*

Un buen comienzo de este artículo es evocar la conocida frase de Sir Francis Bacon que dice “*el conocimiento es poder*”. Para nadie es un secreto que en este mundo globalizado de inesperados cambios las empresas requieren ser cada vez más ágiles y adaptarse con más rapidez a estos cambios. Esto quiere decir, que quienes saben manejar bien la información, poseen el poder para tomar decisiones que las benefician y es aquí donde las nuevas estrategias de producción como *lean manufacturing* o *manufactura esbelta* juegan un papel determinante porque las empresas pueden tener una ventaja competitiva que les permita ir delante de sus competidores. Esto no es fácil de lograr, entre otras razones porque la mayoría de las organizaciones no han aprovechado el medio ambiente existente para implementar ideas innovadoras que ayuden a mejorar los diferentes sistemas existentes en éstas. Algunos obstáculos que han afectado significativamente el desempeño de las organizaciones son la acentuada resistencia al cambio por parte de la gente, las deficiencias para reconocer rápidamente las amenazas competitivas, la debilidad estructural de los sistemas de

#### PEDRO PABLO BALLESTEROS SILVA

Ingeniero Industrial.

M. Sc en Investigación de Operaciones y Estadística con énfasis en Producción  
ppbs@utp.edu.co

Investigador líder del grupo Logística: Estrategia de la cadena de suministro, registrado en Colciencias y en el Centro de Investigaciones de la Universidad Tecnológica de Pereira.

Miembro del Grupo de Desarrollo en Investigación de Operaciones – DINOP, reconocido por Colciencias en categoría A.

información, la escasez de recursos apropiados y la incertidumbre de cómo o por qué automatizar procesos. Por lo anterior, se presentan en este documento algunas ideas que pueden contribuir y resolver estos inconvenientes, una vez explorado el estado del arte de este interesante tema.

#### 2. UN POCO DE HISTORIA: ¿QUÉ ES 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<sup>1</sup> al producto (bien tangible o servicio) y a los

---

<sup>1</sup> Si el centro de la empresa es el cliente, ésta, en su totalidad debe mejorar los asuntos con el cliente. Esto conduce al concepto de valor agregado y a considerar los procesos y actividades de valor agregado o de no valor agregado, según aumentan el valor que añaden a los consumidores en cada paso. Este concepto se aplica no sólo a las etapas básicas de manufactura, sino también a las actividades gerenciales,

procesos, reduciendo o eliminando toda clase de desperdicios y mejorar las operaciones en un ambiente de respeto al trabajador. (Autores)<sup>2</sup>

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 Toyoda, 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 W. 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 de Planear – Hacer – Revisar – Actuar, 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 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. Cuando ocurre la crisis petrolera en 1973 y Toyota se destacaba por encima de las demás compañías, el gobierno japonés intenta copiar el modelo y pasarlo a las demás empresas. Las capacitaciones continúan y solo en año 1990 surge el término *producción esbelta*, citado en el libro “*The machine that changed the world*.” (La máquina que cambió el mundo)<sup>3</sup>

administrativas y de servicios. Por ejemplo, un mejoramiento en el diseño de un producto agrega valor.

<sup>2</sup> 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.

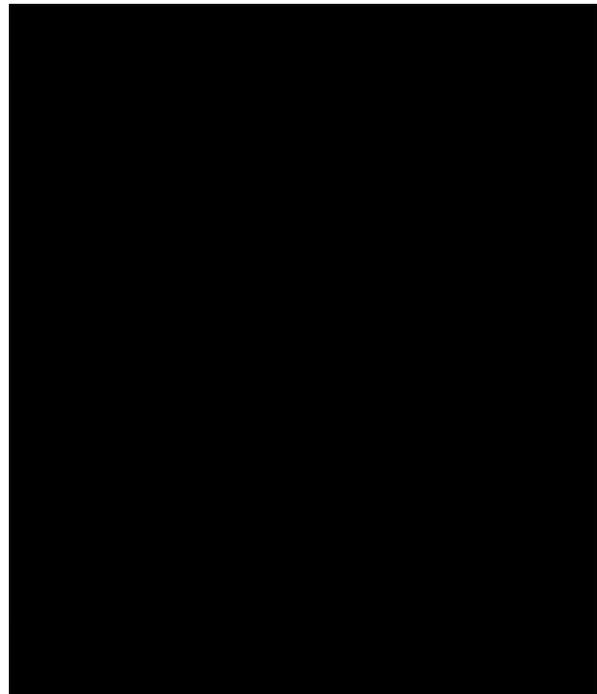
<sup>3</sup> Womack, et al.(1991)

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.

El sistema de producción Lean es un sistema de negocios que sirve para organizar y administrar el desarrollo, la operación, proveedores y relaciones con los clientes de los productos. Este sistema requiere menos esfuerzo de la gente, menos espacio, menos capital y menos tiempo para hacer los productos con menos defectos<sup>4</sup>.

En la figura 1 se muestra un ejemplo del desperdicio de tiempo en un sistema tradicional de producción.



Puede notarse en la anterior gráfica que el tiempo que agrega valor (duración de las actividades corte, etiquetado, ensamble) es un pequeño porcentaje del tiempo de entrega (lead time). En los sistemas tradicionales el ahorro de costos se centraba únicamente en las actividades que agregan valor y con el sistema lean, su enfoque es precisamente en las cosas que no agregan valor.

Con base en lo anterior, Toyota ha identificado a través del tiempo siete clases de desperdicio que no agregan

<sup>4</sup> Villaseñor, et al. (2007)

valor al proceso de manufactura o la generación de un determinado servicio. (Ver figura 2.)

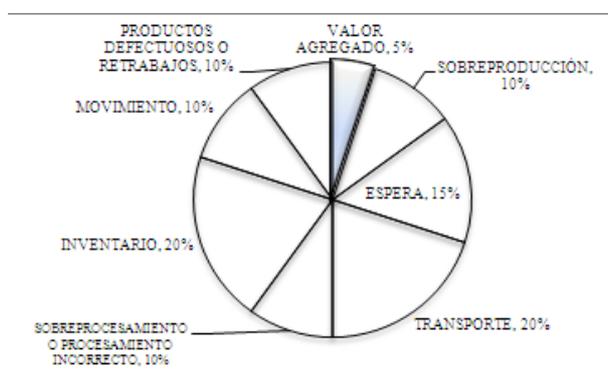


Figura 2. Los siete desperdicios.

En el ejemplo precedente, los siete desperdicios representan el 95 % del total del tiempo en donde no se agrega valor al producto.

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:** Todos sabemos 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.

Los desperdicios también se pueden agrupar por niveles, como se describe a continuación:

- **Desperdicios de nivel 1:** por lo general se presentan en trabajo en proceso y comprenden la deficiente distribución en planta, rechazos, reprocesos, productos defectuosos, tamaño de los contenedores, tamaños de los lotes, deficiente iluminación, equipos sucios, material que no se entrega en los puntos donde se requiere.
- **Desperdicios de nivel 2:** se refieren a los procesos y métodos y comprenden inadecuado diseño del lugar de trabajo, falta de mantenimiento, la existencia de almacenes temporales, problemas con los equipos y el empleo de métodos inseguros.
- **Desperdicios de nivel 3:** son los conocidos desperdicios menores en el proceso de producción. Se citan los siguientes: surtir y alcanzar, doble manejo, caminar en exceso, producir para almacenar, trabajo en papel (hacer borradores y luego ejecutar), velocidad de producción y suministro de materiales.

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.

### 3. ¿QUÉ SE NECESITA PARA TRANSFORMAR UNA EMPRESA TRADICIONAL EN UNA EMPRESA DE LEAD MANUFACTURING?

La guía fue propuesta por Womack y Jones (1996) y contiene las siguientes etapas<sup>5</sup>: (ver figura 3).

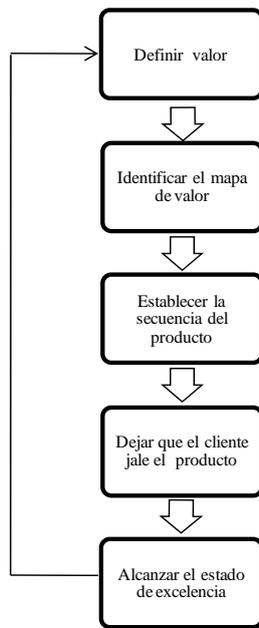


Figura 3. Guía para transformar una empresa tradicional en empresa de Lead manufacturing.

La definición de valor se debe hacer para cada familia de productos desde el contacto con el proveedor hasta el cliente final. Aquí, el trabajo colaborativo de todos los eslabones de la cadena de suministro es fundamental. La mayoría de los clientes quieren comprar una solución, no un producto o servicio.

Con la información anterior, se establece el mapa de valor para cada una de las familias de productos, eliminando donde sea posible aquellas actividades que no agregan valor. Algunas son inevitables y otras se pueden eliminar inmediatamente.

Debe establecerse un proceso para lograr que los pasos se lleven a cabo en forma secuencial y los productos fluyan en forma sincronizada a través de todo el proceso de producción hasta llegar a su destino final que es el cliente. Es éste quien debe halar el producto a través de las diferentes estaciones de trabajo, exigiendo la respectiva adición de valor según sus requerimientos. Una vez hecho el flujo, el sistema será capaz de producir

por órdenes de los clientes en lugar de producir basado en pronósticos de ventas de largo plazo.

Si el valor agregado es especificado, todos los pasos del proceso son identificados, el desperdicio se minimiza, el flujo y el sistema pull (halar) son fácilmente implementados. El ciclo se repite y se continúa hasta alcanzar el estado de la perfección o excelencia, donde prácticamente no se presenta desperdicio.

### 4. NIVELES PARA LA APLICACIÓN DE LA MANUFACTURA ESBELTA O LEAD MANUFACTURING

Son tres los niveles en los que se agrupan las herramientas de la manufactura esbelta: la demanda del cliente, el flujo continuo y la nivelación. En seguida, se hace la descripción de cada una de ellas con las técnicas que conforman cada uno de estos niveles:

**4.1 Demanda del cliente:** se sabe que las empresas existen y permanecen en el mercado para satisfacer y atender la demanda que tiene un cliente sobre un determinado producto o servicio. El cliente es quien marca el ritmo, decide la forma y la condición en que se le entregarán los productos y servicios que desea. Es quien decide qué agrega o no agrega valor dentro de los procesos, qué es lo que genera desperdicio. Por esto, es clave entender la demanda del cliente, considerando las características de calidad, los tiempos de entrega y por supuesto, el precio que está dispuesto a pagar por el producto.

**4.2 Flujo continuo:** se refiere al mejoramiento progresivo de las actividades a través de toda la cadena de valor, desde los procedimientos de diseño hasta el lanzamiento del producto, desde ordenar la producción hasta entregar los bienes o servicios, desde la obtención de la materia prima hasta las manos del cliente sin interrupciones, desperdicios o rechazos.<sup>6</sup>

Es posible que en este nivel se tengan que redefinir todas las funciones de los trabajadores, de los departamentos o divisiones y de la organización para lograr una positiva contribución a la creación de valor y se tengan en cuenta las necesidades reales de los empleados en los diferentes procesos. Preguntas como ¿qué tipo de nivelación se requiere en el flujo de proceso?, ¿de una sola pieza o de lotes pequeños?, ¿cómo controlar la producción de los procesos que siguen?, ¿cómo se pueden implementar los kanbans?, ¿qué otro método de trabajo ayudará a alcanzar el flujo continuo?, ¿en dónde se puede aplicar el flujo continuo?, entre otras.

<sup>5</sup> Villaseñor, et al., Op. Cit., p 59

<sup>6</sup> Villaseñor, et al., Op. Cit., p 53

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.

¿Qué beneficios se obtienen con el flujo continuo?

Son muchos pero entre los más relevantes están: tiempos de entrega más cortos, mayor rotación de los inventarios, significativa reducción en los inventarios de producto en proceso, desarrollo de habilidades y competencias de los trabajadores para identificar los problemas y proponer alternativas de solución, la programación de la producción convencional o tradicional cae en la obsolescencia.

### 4.3 Nivelación:

Esta parte es quizá uno de los aspectos más importantes y críticos de todo el sistema de manufactura esbelta, porque aquí se busca distribuir el trabajo requerido por la línea de producción durante el turno, el día o la semana para atender y satisfacer la demanda de los clientes. Esto exige a los encargados de la planeación, programación y control de la producción a responder por anticipado preguntas como ¿cuál es el tamaño mínimo de los lotes, ¿para cuántos días alcanza el inventario disponible de materiales y partes?, ¿cómo el sistema puede responder en caso de situaciones fortuitas?, ¿qué tipos de tarjetas de kanbans se pueden emplear?, ¿cómo se deben distribuir y mover estas tarjetas?, ¿en qué parte del proceso se pueden programar los requerimientos de producción?

La respuesta a estas preguntas y otras asociadas dan una idea razonable de cómo distribuir el trabajo, de tal forma que permita manejar distintos volúmenes y diversidad de productos, manteniendo bajos niveles de inventario en proceso y poder entregar órdenes pequeñas a los clientes.

Existen varias herramientas que ayudan a nivelar y controlar la producción. Una de ellas es “*heijunka*” (nivelación de carga). Este es un método sofisticado que puede ser la clave para establecer un verdadero sistema de halar en una empresa, que usa retiros constantes con base en *pitch*<sup>7</sup>, subdividiéndose luego en unidades según el volumen y la diversidad de los productos que serán manufacturados.

## 5. ¿QUÉ SE LOGRA CON LA IMPLEMENTACIÓN DE LEAD MANUFACTURING?

La implementación de lead manufacturing o manufactura esbelta, con el empleo de sus diferentes herramientas genera beneficio a la empresa y a sus empleados. Algunos de estos beneficios son:

- Reducción de por lo menos el 50% en los costos de producción.
- Reducción en los niveles de inventario.
- Disminución del tiempo de entrega o lead time.
- Mejor calidad de los productos (bienes y servicios)
- Menos mano de obra.
- Mayor eficiencia de los equipos.
- Disminución de los desperdicios o muda(en japonés)
  - En Sobreproducción.
  - En Tiempo de espera.
  - En Transporte.
  - En el proceso.
  - En inventarios.
  - En movimientos.
  - En productos defectuosos(mala calidad)

La implementación de lead manufacturing – manufactura esbelta también requiere que el personal aplique un pensamiento esbelto en su forma de trabajar, donde probablemente se efectuaran cambios radicales. En este sistema se le da mucha importancia a la inteligencia y creatividad del trabajador. En los sistemas tradicionales es muy común que cuando un empleado de los niveles inferiores del organigrama se presenta con alguna idea o propuesta se le critique o se le calle o lo que es peor, se le ignore. Algunos directivos con sus obsoletos estilos administrativos no comprenden o no quieren comprender que cada vez que le “apagan” las ideas innovadoras al trabajador están desperdiciando dinero. Por fortuna, el concepto de manufactura esbelta involucra la anulación de los mandos y su sustitución por el liderazgo. Aquí, el término líder es la clave del éxito. (Ver figura 3.)

Para lograr los beneficios citados en el párrafo precedente se necesitan unos instrumentos o herramientas que se describen en seguida como las “5 eses” de la manufactura esbelta y se refieren a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo (ya sea una planta de manufactura o una oficina o una entidad prestadora de servicios) más limpias, más organizadas y más seguras, es decir, se logra ofrecer mayor “calidad de vida” al trabajo. Las “5 eses” provienen de palabras japoneses que regularmente están presentes en la vida cotidiana y no son parte exclusiva de una “cultura japonesa”, es más, de una u otra manera todos los seres humanos, practican o han practicado estas herramientas, a veces sin darse cuenta:

- *Clasificar, organizar o arreglar propiadamente (Seiri)*: consiste en retirar del sitio de trabajo los elementos que no son necesarios para ejecutar las actividades ya sea de producción, de servicios o administrativas. Estos se almacenan temporalmente en un sitio especial mientras se confirma si son o no necesarios.

<sup>7</sup> Cantidad de tiempo basada en la duración requerida para que las operaciones realicen unidades que formen paquetes con cantidades predeterminadas de trabajo en proceso.

Si son innecesarios se subdividen en dos clases, los que se utilizarán en otra operación y los que definitivamente se deben descartar. Esta es una forma práctica de liberar espacios desechando elementos como herramientas rotas, material obsoleto, excesos de materiales, archivos no vigentes, información innecesaria o duplicada.

- *Ordenar (Seiton)*: se refiere a la organización de los elementos necesarios de tal manera que se puedan encontrar fácilmente. Por ejemplo, en mantenimiento, ordenar está asociado con la mejora de la visualización de los elementos de los equipos e instalaciones industriales. Aquí, cabe la expresión “cada cosa en su lugar y un lugar para cada cosa”. Se citan las zonas de trabajo bien delimitadas y marcadas, tablas con siluetas, estantería modular o gabinetes previamente identificados para la ubicación de los elementos.

Se deja al lector para que resuelva la siguiente pregunta: ¿Cuántas veces se han suspendido labores o se han dejado de realizar importantes actividades por dedicarse en forma individual o grupal a buscar un pedido, un documento una parte o una herramienta? Desafortunadamente, en el sistema tradicional estos costos no se contabilizan y muchos menos, se controlan.

- *Limpieza (Seiso)*: Es sinónimo de aseo y por lo tanto consiste en eliminar el polvo y la suciedad de todos los elementos de la organización. En mantenimiento productivo total, se refiere a la inspección de los equipos durante el proceso de limpieza que facilita la identificación de los problemas de escape, fallas o defectos de cualquier tipo.

- *Estandarizar (Seiketsu)*: se logra cuando se trabajan continuamente la clasificación, la organización y limpieza antes descritos. Son los trabajadores quienes se ingenian o adelantan planes y programas y diseñan mecanismos que les permitan beneficiarse a si mismos. Existen varias estrategias para generar y consolidar esta cultura. Una de ellas es la localización de fotografías del área de trabajo en óptimas condiciones para que sean observadas por todos los empleados y es una forma de recordarles que ese es el estado en el que debería permanecer. Otra es la implementación de ciertas normas donde se especifica que debe hacer cada empleado en relación con su sitio de trabajo.

- *Disciplina (Shitsuke)*: no es otra cosa que respetar y cumplir con los procedimientos y normas establecidos por la organización para su normal desempeño. Si se implanta una sana disciplina laboral se podrá mantener un equilibrado clima organizacional, para lograr un ambiente de trabajo de mucha colaboración y respeto entre todos los empleados. Prácticamente, la disciplina es el canal entre las “5 eses” y el mejoramiento continuo. Lleva implícito un control periódico, visitas sorpresa,

autocontrol de los empleados, respeto por si mismo y por los demás y propende por mejorar la calidad de vida laboral.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los empresarios colombianos deben contribuir a fortalecer los nuevos paradigmas de las estrategias de producción, que han ido consolidándose y enriqueciendo en forma progresiva con los recientes aportes teórico – prácticos, producto de la investigación en el amplio escenario de la Administración de Operaciones.

- El sistema de producción esbelta está asociado fuertemente con el sentido común y por eso su implementación exige una adecuada preparación en la cultura organizacional, donde todos, directivos y empleados estén comprometidos a cambiar sus tradicionales formas de pensar y de trabajar.

- Se observa en este artículo que el enfoque del sistema es la eliminación de toda clase de desperdicios (o muda). Para esto es importante el desarrollo de un pensamiento estratégico y esbelto que permita “hacer más con menos” y brindar una manera de hacer el trabajo en un ambiente más agradable y satisfactorio, mediante la retroalimentación oportuna de los esfuerzos por convertir el desperdicio en valor. Definitivamente se debe aprender a trabajar en equipo.

- Para implementar en las empresas colombianas un sistema tan sencillo en el procedimiento pero muy complejo en su filosofía no son suficientes las buenas intenciones y propósitos de los trabajadores. Es determinante el compromiso de la alta dirección o gerencia, que con una buena dosis de sentido común y con suficientes recursos económicos para invertir en tecnología y capacitación se puede respaldar esta clase de proyectos.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Noori, H. y Radford, R.: Administración de Operaciones y Producción; Calidad total y respuesta sensible rápida. Bogotá, Editorial McGraw – Hill, 1997.
- [2] Render, B. y Heizer, J. “Principios de Administración de Operaciones”, México, Editorial McGraw – Hill, 1996.
- [3] Chase, R., Aquilano, N., y Jacobs, F., Administración de Producción y Operaciones: manufactura y servicios. Bogotá, Editorial McGraw – Hill, 2000.
- [4] Womack, J., Jones, D., The machine that changed the world. Harper Perennial, Estados Unidos, 1991.
- [5] Villaseñor, A., y Galindo, E. Conceptos y reglas de Lean Manufacturing. México, Editorial Limusa S.A., 2007.