

Manufactura Delgada (*Lean*) y Seis Sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones

Primitivo Reyes Aguilar

Profesor del área de administración en diversas universidades

Resumen

Como parte de las estrategias que están tomando las empresas de manufactura establecidas en México para mejorar su posición competitiva, se encuentran la adopción de algunos métodos de manufactura que se desarrollaron en Japón desde la década de los años sesenta y que ayudó a que las empresas japonesas pudieran competir en el mercado internacional. El conjunto de estos métodos se conoce como métodos de Manufactura delgada (*Lean*).

Por otra parte, algunas empresas medianas y grandes impulsadas por sus corporaciones en el extranjero también han empezado a retomar algunos de los métodos que empresas de alta tecnología, como Motorola y General Electric de Estados Unidos de América, han estado aplicando desde la década de los años 1980 y que han denominado Seis Sigma. La información generada por estas empresas coadyuvó de manera significativa al logro de sus buenos resultados, en aspectos como reducción de costos y mejora de las utilidades. Estos métodos se basan en la aplicación de técnicas estadísticas para la reducción de la variabilidad en los procesos, con lo que se minimizan los defectos y los errores con la visión de reducirlos a cero.

El propósito de este artículo es analizar brevemente en qué consisten las metodologías de manufactura *Lean* y Seis Sigma y compartir las experiencias que he tenido durante el desarrollo de mis actividades de asesoría y capacitación en estos temas en algunas de las empresas de manufactura, así como también plantear algunas de mis reflexiones.

Es importante resaltar que la aplicación de estas metodologías aún no las he observado en las empresas micro y pequeñas a pesar de ser factible su implantación en las mismas.

Introducción

Hoy en día en mayor o menor grado, dependiendo del sector industrial, las empresas de manufactura están siendo presionadas por sus clientes, con requerimientos de rapidez en tiempos de entrega, desarrollo e innovación de nuevos productos, entregas en lotes pequeños más frecuentes y con cláusulas de penalización con mayor variedad de productos, precios con tendencia decreciente, cero defectos en calidad y confiabilidad y en ocasiones fabricación a la medida.

En algunos casos los requerimientos de los clientes están establecidos por contrato, incluyendo cargos monetarios por incumplimiento en tiempo de entrega, cantidades, variedad de productos, calidad y confiabilidad.

Como ejemplo se tienen algunas plantas de automóviles establecidas en México tales como Ford México, General Motors de México, Volkswagen de México y Chrysler de México; asimismo, algunos clientes en el extranjero, el IMSS y otros.

Estos clientes establecen cargos por hora o día de paro por falta de artículos de un proveedor con atraso en entregas o pago de todos los daños y perjuicios en caso de defectos de calidad o de confiabilidad (como en el caso muy sonado de falla de las llantas Firestone en camionetas Ford Explorer). Los clientes ya no tienen tiempo de inspeccionar los artículos comprados, ni quieren hacerlo, ya que consideran que esto es responsabilidad de los proveedores.

Esta situación ha ocasionado que las empresas de manufactura busquen nuevas alternativas para garantizar cumplir los requerimientos del cliente, una de las que han sido fundamentales es el establecimiento de un sistema de calidad basado en las normas internacionales ISO 9000:1994 o QS 9000, mismo que en primera instancia les permite estandarizar sus operaciones y proporcionar productos y servicios en forma consistente. En muchos casos esto no ha contribuido lo suficiente para mejorar en forma apreciable su competitividad. La nueva versión ISO 9000:2000 tiene un enfoque diferente, ya que antepone como prioridad la satisfacción del cliente con mejora continua y su implantación tendrá el objetivo de mejorar la posición competitiva.

Por otra parte, un reducido grupo de empresas han adoptado el esquema del Premio Nacional de Calidad con un enfoque más amplio hacia la administración por calidad en toda la empresa, estimulando hacer mejoras continuas en todas las áreas, con un enfoque al cliente externo e interno incluyendo el desarrollo y reconocimiento de los empleados.

Desafortunadamente, este esquema toma mucho tiempo en ser implantado, al menos cinco años, lo que puede representar un periodo inaceptable por las presiones competitivas actuales.¹ Esto no quiere decir que las empresas deban desechar el esquema, que es muy bueno, sino más bien se debe complementar con otros métodos que proporcionen resultados más rápidos.

Si tomamos como analogía que competir en los mercados actuales es como participar en una carrera de 100 metros planos, algunas empresas se han dado cuenta que tienen pocas posibilidades de ganar por ser “lentas” y poco flexibles en su reacción ante los cambios. Entre las causas principales de lo anterior se encuentran: la burocracia organizacional que causa lentitud en la toma de decisiones que a su vez es centralizada; se mantienen inventarios altos en general; tienen muchas actividades que no agregan valor (inspecciones, transportes, papeleos, procesos de firmas lentos, retrasos, almacenamientos, etc.); agotan a los empleados por largas jornadas, y hay poca comunicación horizontal entre miembros de diferentes departamentos. Por tanto, si quieren ganar, es necesario que “adelgacen”, es decir, que sean más flexibles en todos los aspectos y que minimicen el uso de recursos para la manufactura. Para lograr lo anterior, algunas empresas están iniciando la implantación o ya han implantado lo que se denomina Manufactura Delgada (*Lean*).

Por otra parte, Seis Sigma es una metodología de mejora de la calidad y la productividad complementaria al ISO 9000 o QS 9000, que algunas empresas han adoptado para reducir costos y mejorar su posición competitiva a través de la reducción de la variación en sus procesos en general. Algunas de las empresas en México que han adoptado esta metodología son GE Mabe Quantum, Lear Corporation y Motorola.

1. La metodología de manufactura delgada (*Lean*)

En esta sección se hará una breve descripción de los diversos métodos que conforman la metodología de la manufactura delgada, enfocada al mejoramiento de la productividad y la calidad, al final se muestran algunas experiencias y reflexiones sobre esta metodología.

¿Qué es la Manufactura Delgada (*Lean*)?

El término *Lean* fue acuñado por un grupo de estudio del Massachusetts Institute of Technology para analizar en el nivel mundial los métodos de manufactura de las empresas de la industria automotriz.

El grupo destacó las ventajas de manufactura del mejor fabricante en su clase (la empresa automotriz japonesa Toyota) y denominó como *Lean Manufacturing* al grupo de métodos que había utilizado desde la década de los años sesenta y que posteriormente se afinó en la década de los setenta con la participación de Taiichi Onho y Shigeo Shingo, con objeto de minimizar el uso de recursos a través de la empresa para lograr la satisfacción del cliente, reflejado en entregas oportunas de la variedad de productos solicitada y con tendencia a los cero defectos. El estudio demuestra que la Manufactura Delgada (*Lean*) usa menos de cada cosa en la planta, menos esfuerzo humano, menos inversión en inventarios de materiales y herramientas, menos espacio y menos horas de ingeniería para desarrollar un nuevo producto.²

La metodología de Manufactura Delgada (*Lean*) se ha empezado a utilizar en algunas empresas de manufactura establecidas en México como una alternativa para mejorar la productividad y costos por su simplicidad, ya que utiliza el sentido común y trabajo en equipo, sin complicaciones matemáticas, así lo revela una encuesta industrial realizada en abril de 2001 por la revista *Manufactura*.³

En la Manufactura Delgada (*Lean*) se ha eliminado el compromiso entre productividad, inversión, calidad y mezcla o variedad de productos. Como ejemplos, durante la década de los años ochenta Sony de Japón introdujo más de 200 modelos de walk man y la empresa japonesa Seiko introdujo un reloj por cada día hábil.⁴

Después de comparar y analizar en algunas empresas el sistema tradicional de manufactura con el de Manufactura Delgada, se encontró que este último logró reducciones en:

- 50% o más del espacio utilizado para manufactura.
- La distancia entre los procesos tuvo una disminución considerable.
- 30% en promedio del costo de todos los inventarios.
- Tiempo de entregas desde el pedido hasta la entrega del producto terminado en promedio fue del 50%.
- 50% en promedio del tiempo de ciclo de manufactura.
- 100% del tiempo de preparación de cambio de modelo.
- Costo del producto en promedio 30%.
- Costo de herramientas para un nuevo producto en promedio 30%.
- Defectos 50% en promedio

Por lo anterior, como se demostró en la encuesta de la revista *Manufactura*, mencionada anteriormente, las empresas de diversos países están ahora implantando como estrategia competitiva los métodos de la Manufactura *Lean* en sus plantas de manufactura, incluyendo las plantas en México (subsidiarias y maquiladoras).

¿Cuáles son los métodos de la Manufactura *Lean*?

La Manufactura Delgada (*Lean*) agrupa una serie de métodos principalmente enfocados a minimizar el uso de recursos o reducir los desperdicios en la manufactura a través de

equipos de trabajo. Entre los desperdicios que sí consumen recursos, pero que no agregan valor para el cliente y por los que no se está dispuesto a pagar se tienen:

- Componentes, ensambles y productos defectuosos.
- Inspecciones al producto y conteos en el proceso.
- Papeleos y transacciones computacionales en proceso.
- Producción en exceso e inventarios en proceso en fila de espera.
- Expeditar o dar seguimiento a acciones.
- Almacenamientos de materias primas, inventarios en proceso y productos terminados.
- Transportes y movimiento interno de materiales y documentos.
- Tiempos de espera durante mantenimientos o cambios de modelos.
- Proceso de firmas.

Entre los métodos para la Manufactura Delgada (*Lean*) por ser implantados a través de equipos de trabajo coordinados por un facilitador se tienen: el de análisis del valor agregado; el de las 5S's; el de Kaizen Blitz; el de cambios rápidos (SMED); el de mantenimiento productivo total (TPM); el enfoque de calidad total; el de control de calidad cero; el de celdas de manufactura; el de Kanban; los de *Lean* aplicados a proveedores y transportes. En forma adicional los indicadores tradicionales en las empresas se complementan con indicadores de tiempo y de desempeño tipo *Lean*.

Método de análisis del valor agregado

Para el cliente las actividades que agregan valor al producto son aquellas por las que está dispuesto a pagar; se identifican porque generalmente son las operaciones que lo transforman en su forma física o integran el servicio, por ejemplo, las operaciones necesarias para modificar materias primas y materiales en un juguete. Como ejemplo de actividades que no agregan valor se tienen los reprocesos al producto, los tiempos de espera y las inspecciones, la actividad de repartir documentos y coleccionar firmas que puede tomar varias horas o días, los almacenamientos, los transportes, las demoras, etcetera.⁵

En este método, para identificar las actividades que agregan valor, el equipo hace un listado muy detallado de todas las actividades para cada proceso de manufactura o administrativo y desarrolla un diagrama de flujo de valor, indicando duración de las actividades y distancias recorridas, donde se identifican las actividades que agregan valor y las que no agregan valor, después de un análisis los equipos proponen e implantan soluciones.⁶ Un ejemplo sencillo de diagrama de flujo de valor puede ser el proceso de visita al médico, donde la larga espera, la entrevista con la enfermera, el pago de la consulta y los tiempos de caminar son actividades que no agregan valor, la única actividad que agrega valor al cliente es la consulta del médico, que es por lo que paga un paciente.

Método de la 5S.

Este método se refiere a mantener un orden y limpieza permanente en la planta de manufactura y oficinas para reducir desperdicios en espacios y tiempos de búsqueda. Algunas veces una máquina que no se utiliza ocupa mucho espacio en la planta y puede provocar accidentes, o se da el caso de que no encuentran simples tornillos por no haber orden. Para esto se usa el Método de las 5S's, denominado así por considerar cinco

aspectos cuyo significado en japonés inicia con una S, como sigue: *Seiri* - organización; *Seiton* - orden; *Seiso* - limpieza; *Seiketsu* - estandarización; *Shitsuke* - disciplina.⁷

La metodología de las 5S's inicia con la organización, es decir, retirar todo lo que no se utiliza en las áreas de trabajo, identificando con una tarjeta roja lo que está dudoso y colocándolo en un área específica para revisión posterior; el orden implica tener un lugar bien identificado para cada cosa, para lo cual pueden usarse siluetas, cuadros, colores, etiquetas, etc. La limpieza significa mantener pulcras las áreas de trabajo, por lo que se deben proporcionar los accesorios adecuados para ello.

La estandarización implica desarrollar procedimientos para asegurar el mantenimiento del orden y la limpieza, mientras que la disciplina se refiere a crear su hábito, más que por procedimiento por costumbre.⁸

Método Kaizen Blitz

Este método se utiliza para hallar una solución rápida a problemas que se presentan en las plantas de manufactura a través de un equipo de acción rápida, el término Blitz se refiere a un ataque rápido de problemas, normalmente se trata de problemas sencillos de solucionar, pero que afectan de manera importante a la producción, como primer paso se integran equipos de acción rápida denominados Kaizen Blitz incluyendo a trabajadores, supervisor, mecánicos, inspector, etc. El objetivo es aprovechar la larga experiencia de los operadores para que identifiquen el problema y sus causas, aporten ideas y sugerencias y participen en la implantación de las soluciones.

El ciclo de mejora *Kaizen* se forma de cuatro pasos:

persuadir al personal a participar; motivarlos a hacer propuestas y generar ideas; revisión, evaluación y guía; reconocimiento y recomendaciones.⁹

La solución de problemas con equipos *Kaizen Blitz* debe tomar entre uno y cinco días como máximo, reconociendo al equipo de manera adecuada al final de cada solución implantada. Para problemas crónicos que llevan un largo periodo presentándose, es mejor que sean abordados por la modalidad de equipos de trabajo permanentes denominados Círculos de Control de Calidad que pueden tardar entre tres meses y un año para la solución de problemas, donde la urgencia de solución no es importante, más bien el objetivo es la mejora continua.

Método de cambios rápidos (SMED)

Este método se usa para reducir los tiempos de cambio de modelo en las máquinas o líneas de producción. El método fue desarrollado por Shigeo Shingo y lo denominó “Cambio de dados en menos de diez minutos” o “Single Minute Exchange of Die” (SMED), cuyo objetivo es hacer efectivamente los cambios de herramientas en menos de 10 minutos.¹⁰ Como una analogía pensemos en las actividades que suceden en los pits de autos de carreras de la copa Winston, se dice que las carreras no se ganan en la pista sino en los pits. Se descubrió que las mejores plantillas de mecánicos preparan previamente lo necesario antes de que llegue el coche (preparación externa con el coche en la pista) de tal forma que cuando entra el coche, los cambios de llantas y llenado del tanque de combustible con 83.2 litros toma sólo 15 segundos (preparación interna con el coche en los pits).¹¹ En el caso de las máquinas se trata de preparar y ajustar los herramientas por fuera mientras la máquina continúa trabajando (preparación externa) y hacer parar la máquina para hacer los cambios en el menor tiempo posible (preparación interna).

Para convertir la mayoría de las operaciones internas en externas es necesario que un equipo de trabajo filme y analice las operaciones actuales para su optimización. Este mismo concepto se puede aplicar también a las actividades de mantenimiento preventivo.¹²

Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Este método se usa para maximizar la disponibilidad del equipo y maquinaria productiva de manufactura, evitando las fallas inesperadas y los defectos generados; el mantenimiento se logra al conservar la maquinaria actualizada y en condiciones óptimas de operación a través de la participación de diversos departamentos en un esquema parecido a la Calidad Total, pero enfocado a los equipos de manufactura, este método se denomina Mantenimiento Productivo Total (TPM).¹³

Bajo este método, el mantenimiento productivo total (TPM) es realizado en diferentes etapas: mantenimiento correctivo de fallas sólo en casos muy raros; mantenimiento autónomo realizado por operadores haciendo tareas simples de mantenimiento en sus equipos; mantenimiento preventivo para prevenir desgaste prematuro; mantenimiento predictivo para anticipar fallas mayores en los equipos y programar el reemplazo de partes críticas; y el mantenimiento proactivo enfocado a actualizar y hacer mejoras a los equipos.

Los operadores en producción realizan el mantenimiento autónomo a sus equipos y máquinas tales como limpieza, lubricación y pequeños ajustes, así como el reporte de “ruidos raros”, esto es equivalente al mantenimiento que hacemos en nuestros coches; el departamento de mantenimiento se encarga de realizar las actividades rutinarias de mantenimiento preventivo periódico para evitar desgastes prematuros en las piezas del equipo; para el mantenimiento predictivo, el departamento de mantenimiento puede auxiliarse de contratistas externos quienes a través de análisis de temperatura en tableros eléctricos con rayos infrarrojos, análisis de vibraciones en motores y rodamientos de equipos grandes (compresores, colectores, etc.) y análisis de aceites de lubricación, pueden “predecir” la ocurrencia de fallas, para programar el reemplazo de partes con alto riesgo de falla antes de que ocurran; por último, con ayuda del análisis del historial de las máquinas y con la retroalimentación de los equipos de operación y mejora *Kaizen*, los departamentos de ingeniería coordinan la reconstrucción mayor de las máquinas o el rediseño de las mismas para hacerlas más eficientes y fáciles de mantener, esto es lo que se denomina mantenimiento proactivo. Al final se mejora la calidad, la seguridad y la disponibilidad de los equipos, aspectos clave para cumplir con los requerimientos del cliente.¹⁴

Enfoque de calidad total¹⁵

En forma adicional al sistema ISO 9000, QS 9000 o sistema de gestión de calidad equivalente, es muy importante que haya una cultura de calidad total con enfoque a crear valor para el cliente, el personal debe tener la capacidad de parar los procesos si se detectan defectos e investigar y eliminar las causas raíz, también es importante desarrollar y facultar al personal en todos los aspectos, de igual manera dirigir con el ejemplo, etcétera.

Método de control de calidad cero

Para reducir el número de defectos a niveles de partes por millón (ppm), definitivamente no es posible lograrlo con inspecciones visuales al final del proceso, ya que el inspector como ser humano puede dejar pasar los defectos por diversas razones (distracción, olvido, cansancio, etc.). Estos niveles de defectos en ppm se pueden lograr a través de la

implantación del método de control de calidad cero que incluye el control estadístico del proceso, inspección en la fuente (cada operador inspecciona su propia operación y la de su antecesor proporcionándole retroalimentación en caso de observar defectos), complementada por una metodología desarrollada por Shigeo Shingo aplicando dispositivos “a prueba de error” (Poka Yokes).¹⁶ En la vida diaria podemos identificar varios de estos dispositivos, por ejemplo el despertador, el timbre del horno de microondas cuando concluyó el tiempo programado, las luces del tablero del automóvil cuando no nos hemos colocado el cinturón de seguridad, encendido de una luz roja cuando falla el alternador, entre otros.

En las plantas de manufactura los dispositivos a prueba de error (Poka Yokes) tienen diversas aplicaciones, por ejemplo: para seguridad personal, para protección de equipos mayores, para prevenir que se produzcan defectos o para avisar cuando ya se produjeron. Por seguridad para que funcionen algunas máquinas es necesario presionar dos botones con ambas manos para evitar accidentes en alguna de ellas, otras tienen una cortina de rayos láser que paran la máquina cuando detectan que alguien mete alguna extremidad.

Para evitar sobrecalentamientos en compresores o calderas de gran tamaño y evitar defectos en la producción, los Poka Yokes suenan alarmas y/o emiten luces de colores. Los Poka Yokes trabajan de manera automática, los del tipo A paran el proceso y los del tipo B avisan cuando se presentarán —o presentaron— los defectos.¹⁷

Por otra parte, se trata de hacer una autoinspección por el operador y una inspección al operador anterior para evitar el avance de productos defectuosos.

En algunos casos en las plantas automotrices, cada operador tiene a su alcance un interruptor para parar el proceso completo o para activar una alarma en caso de detectar defectos o no haber terminado su operación antes del ciclo de avance de la línea. El producto se diseña con asimetrías o con formas especiales para evitar que se ensamble en forma equivocada (por ejemplo moldes con pernos colocados en posición asimétrica o contenedores de diferentes colores).¹⁸

Celdas de manufactura

Para reducir los tiempos de proceso y uso de recursos, se trata de realizar las operaciones “Justo a Tiempo” (*Just In Time*), para lo cual es necesario cambiar la disposición tradicional de máquinas similares agrupadas en departamentos de proceso (troquelado, fresado, torneado, etc.) a celdas de manufactura en forma de «U» integrando las máquinas, personal con múltiples habilidades, herramientas, refacciones, materiales, componentes y facilidades necesarias para fabricar una familia de productos por celda a través de la tecnología de grupo.¹⁹

La celda en “U” permite que cada operador pueda comunicarse con los demás en caso de problemas o que puedan ayudarse y cooperar en caso de atrasos, ya no se responsabiliza a cada operador por una única operación, sino más bien se responsabiliza a todo el grupo de operadores por la celda para lo cual deben tener la habilidad de realizar una diversidad de operaciones. Tanto los herramientas como las refacciones deben tenerse a la mano para hacer cambios rápidos de modelo sin necesidad de buscarlas en toda la planta.

De acuerdo con los pedidos de los clientes se debe balancear el trabajo de las celdas de manufactura para que tengan una carga constante o producción lineal (a través del “Tiempo Takt”, periodo con que cuenta cada operación de la celda “U” para realizar su actividad), de todas formas están diseñadas para responder en forma flexible a la demanda.²⁰

Kanban

El término japonés *Kanban* significa “Tarjeta de señal”, permite implantar una forma de administración visual a través de señales diversas tales como cuadros, tarjetas, luces de colores, contenedores de colores, líneas de nivel en paredes, etc., fácilmente observables por los operadores y movedores de materiales en la planta, que al mismo tiempo les indican las acciones por tomar sin consultar a su supervisor, con objeto de eliminar las transacciones, el papeleo y reducir los inventarios en proceso (*Work In Process o WIP*).²¹

El *Kanban* proporciona una señal como información para producir y recoger, transportar productos; evita producir en exceso sólo por ocupar los equipos; sirve como orden de trabajo para los operadores; evita que se avancen productos defectuosos al siguiente nivel de ensamble; revela la existencia de problemas y sirve como control de los inventarios.²²

Se utilizan localidades o cuadros *Kanban* entre operaciones de las celdas de manufactura o entre celdas de manufactura o procesos, para regular la diferencia en velocidad de producción entre ellos y de esta forma tener un flujo de producción constante.

El proceso se inicia con el pedido del cliente, con el cual se preparan los herramientas y materiales, generando una tarjeta *Kanban* al almacén de producto terminado, quién si no tiene producto, genera a su vez otra tarjeta *Kanban* al operador de la última operación, para indicarle que tiene autorización para producir la cantidad indicada y no más. Si el último operador requiere materiales de procesos anteriores, puede utilizar otra tarjeta *Kanban* de movimiento de materiales para “jalarlos”, dejando la tarjeta *Kanban* de producción al proceso anterior, y así sucesivamente hasta los proveedores, quienes sólo surten materiales si cuentan con una tarjeta *Kanban*.²³

Proveedores y transportes Lean

Para reducir papeleo, inventarios de materias primas, inspecciones en recibo y retardos en trámites con los proveedores, se utiliza el sistema tradicional denominada *Material Resource Planning (MRP II)*²⁴ o *Enterprise Resources Planning (ERP)* para proporcionar al proveedor una orden abierta para seis o doce meses de tal manera que tenga una visión de lo que va a suceder en este periodo, sin embargo las autorizaciones de entrega reales están en función de las tarjetas *Kanban* que reciba.²⁵

Los productos entregados por los proveedores deben ser remitidas directamente a las celda de manufactura, sin pasar por almacenes ni inspecciones, en la cantidad requerida y momento preciso de su utilización; aspectos como la calidad, conteos y exactitud en tiempos de entrega son su completa responsabilidad, penalizando el incumplimiento.

Un ejemplo de este tipo de surtimiento se da con proveedores de cajas de empaque y de juegos de accesorios en IBM (sistema IBM *Jetway*)²⁶ o en la industria automotriz con el surtimiento de llantas completas y balanceadas en bandas cada hora.

Es recomendable tener pocos proveedores para reducir la variabilidad y amplitud de control y establecer alianzas de negocio a largo plazo. También se deben buscar métodos para optimar los tiempos de transporte y recolección de materiales de los proveedores hacia la planta.

Indicadores Lean

Por último, los indicadores de desempeño de la planta ahora se complementan con indicadores de tiempo e indicadores del desempeño de la empresa en relación con su conversión a *Lean*.²⁷ Por ejemplo, tiempo de ciclo entre un pedido y la satisfacción del

cliente, porcentaje de nivel de servicio al cliente, tiempo de desarrollo de un nuevo producto, tiempo de preparación para cambio de modelo, tiempo de ciclo de manufactura. Otros indicadores son: defectos por millón de oportunidades, procesos críticos bajo control, grado de estandarización del producto, nivel de innovación en nuevos productos, porcentaje de operaciones incluidas en celdas de manufactura, distancias de viaje de los materiales, días e inventarios en proceso y en producto terminado, etcétera.²⁸

2. Algunas experiencias y reflexiones sobre manufactura *Lean*

Para tener una idea del nivel actual de implantación de los métodos de Manufactura Delgada (*Lean*) en México, se analizaron los resultados del IV Censo Anual de Manufactureros en los países del TLC y Australia desarrollada por la revista norteamericana

Industry Week (publicado en la revista *Manufactura* de abril de 2001), en donde se observó lo siguiente en relación con México:²⁹

- Ya se ha iniciado la adopción de prácticas de manufactura delgada o esbelta, de un total de 108 encuestados se tienen: 17 con manufactura celular; 14 con cambios rápidos y *Kanban*; y 21 con producción de flujo continuo.

Otros resultados derivados de la misma encuesta y publicados en la revista *Manufactura* de junio de 2001, se muestran a continuación:³⁰

- El 40% de los participantes afirmó conocer el concepto de manufactura esbelta o delgada, muchos de ellos ya habían iniciado la implantación de algunos métodos.
- 9.4% de los participantes ya aplican en su totalidad el TPM y otro 18% tiene un avance del 51% en promedio.
- 3.1% ya implantó el método de cambio rápido y otro 22% tiene un 55% en promedio de avance.
- 3.1% ya aplica el control de calidad cero y 25% informa que lo ha implantado en 51%.
- 3.1% opera con *Kanban* y Justo a Tiempo en 100% y en 28% de los casos se ha avanzado 70%.
- 3.1% ya ha implantado *Kaizen* para solución de problemas y 15% reporta un avance del 74%.
- 16% de los participantes ya trabaja con celdas de manufactura y otro 12% tiene un avance del 61% en promedio.

De la encuesta se puede observar que ya se ha iniciado la implantación en México de la metodología de Manufactura Delgada (*Lean*), en algunos de sus métodos, aunque la encuesta es muy limitada al menos proporciona señales de este arranque.

En algunas de las empresas de manufactura con las que he participado en la implantación de los métodos de Manufactura *Lean* he encontrado que el principal problema que enfrentan es el cambio cultural de la alta dirección y sus gerencias, ya que los métodos dependen en gran parte del trabajo en equipo, del desarrollo del personal y de la facultad para tomar las decisiones más adecuadas para el proceso correspondiente, tema muy difícil ya que en la mayoría de los casos el director y los gerentes están muy acostumbrados a no delegar las decisiones y mantener un sistema autocrático. Cuando se capacita al personal y

éste conoce que entre las reducciones o adelgazamientos también se incluirán algunos puestos que serán eliminados o que serán ocupados por personal con más preparación, también crea incertidumbre. En general el manejo del factor humano durante la implantación de los métodos es delicado, por lo que debe realizarse con cuidado.

Por otra parte, he observado que para mantener en operación los diferentes métodos, es necesario reconocer y compartir parte de los beneficios con los empleados, quienes además de participar en las mejoras y equipos, se prepararán para desempeñar diversas posiciones y desarrollarán habilidades múltiples; éste es un cambio al que presentan mucha resistencia los directivos, ya que implica pagar mejor, dar mejores prestaciones y en general cambiar en la mayoría de los casos el estilo de relaciones con los sindicatos y empleados, así como eliminar los miedos a crear antecedentes reclamables a futuro por los empleados.

A pesar de que algunos directivos están convencidos de las bondades de las metodologías *Lean*, les es difícil cambiar a otro, pues tienen muchos años siguiendo un cierto estilo de dirección (más bien autocrático).

En resumen, algunas de las premisas importantes para lograr una implantación exitosa de la Manufactura Delgada (*Lean*) son:

- La organización de la empresa debe ser lo más plana posible, habiéndose organizado para administrar sus principales procesos, con un buen nivel de comunicación horizontal entre los empleados, manteniendo una burocracia adecuada donde se escuchen las sugerencias del personal y se reconozcan los logros, esto fomenta el trabajo en equipo.
- Debe haber buena comunicación con el sindicato, para lograr una negociación de categorías multitarea para empleados con múltiples habilidades o multihabilidades, rompiendo con los esquemas de tarea única, que implicaban un sinnúmero de categorías para los trabajadores.
- Los trabajadores con categorías multihabilidades deben tener sueldos decorosos con beneficios y prestaciones excelentes, tales como ambiente de trabajo agradable, apoyo para mejorar el nivel educativo al menos en preparatoria, apoyos para la familia, desarrollo personal, comida muy buena, gimnasios, etc. Estos empleados proporcionan la flexibilidad requerida en la Manufactura Delgada (*Lean*).
- La organización debe haber implantado un estilo de toma de decisiones participativo. Las decisiones antes centralizadas en la alta administración, director, dueño o gerentes, ahora se delegan a los equipos de trabajo, previa capacitación, además se debe implantar un sistema de reconocimientos efectivo para los equipos en función de sus resultados. Entre los reconocimientos que más aprecian los miembros de los equipos se encuentran, bonos, un porcentaje sobre los beneficios logrados, viajes, comidas, etc. Esto apoya al desarrollo de los equipos de trabajo.
- Los miembros de los equipos deben ser capacitados en los diferentes métodos por utilizar y en las dinámicas de trabajo en equipo.
- El proceso de fabricación masiva para inventarios (y su posterior venta —método de empujar—) está siendo muy costoso, por lo que hay necesidad de cambiar a un método de producir en lotes más pequeños sólo lo que el cliente requiere con un tiempo de respuesta rápido (método de jalar).

- Los proveedores trabajan en esquemas Justo a tiempo (JIT), tal y como se observa en los supermercados, donde el proveedor es responsable de surtir los anaqueles conforme los consumidores toman el producto.

Como se pudo observar, los diversos métodos de Manufactura *Lean*, requieren del liderazgo y compromiso de la alta dirección de las empresas y mucho énfasis en el desarrollo del trabajo en equipo incluyendo el desarrollo personal, soportado por un sistema de salarios, beneficios, compensaciones y reconocimiento adecuado que estimule al personal a que se motive a generar ideas de mejora e implantarlas. Es importante resaltar que esta metodología se puede aplicar a la micro y pequeña empresa, con cambios en la cultura y estilos de dirección.

Por todo lo anterior, se podría sugerir que el principal beneficio al utilizar los métodos de Manufactura *Lean* es el “adelgazamiento” de la empresa haciéndola mucho más flexible y operando con recursos mínimos para la manufactura, logrando ventajas competitivas en rapidez de respuesta costos reducidos, con lo que se satisface al cliente y se puede reducir la tensión a la que están sometidos los gerentes y empleados “apagando fuegos” todos los días.

3. La metodología Seis Sigma

En esta sección se hará una breve descripción de los diferentes métodos que conforman la metodología denominada Seis Sigma, enfocada a la eliminación o minimización de las fuentes de variabilidad que causan defectos o errores, con el propósito de alcanzar la meta de tener máximo 3.4 partes por millón de éstos. Al final serán descritas algunas experiencias y reflexiones sobre la implantación de esta metodología.

¿Qué significa Seis Sigma?

Iniciemos por definir el término *sigma*; es una letra griega que simboliza la desviación estándar, se utiliza en estadística aplicada a la producción como un indicador de la dispersión o variabilidad esperada de los productos o componentes producidos en un proceso. Entre mayor sea su valor, indicará que hay una variación mayor entre productos o componentes producidos en el proceso y viceversa. Como analogía, imaginémos la variabilidad que existe entre las estaturas de los habitantes de una ciudad; su *sigma* será mayor que la *sigma* resultante de tomar sólo a los habitantes masculinos adultos de 30 años. Con referencia a la figura 1, la capacidad en número de sigmas del proceso se determina por el número de veces que el valor numérico de la desviación estándar cabe en la distancia que existe entre la media aritmética del proceso si se distribuye en forma normal y el límite de especificaciones que se encuentre más cerca de ésta (ya sea el inferior LIE o el límite superior LSE).

De tablas de valores de la distribución normal acumulada, un proceso con capacidad de 3 sigma, tiene 3 sigmas de distancia entre los límites de especificación para una cierta característica y la media aritmética del proceso, teniendo una probabilidad de generar 0.27% de defectos en esa característica; un proceso con capacidad de 4.5 sigma, tiene 4.5 sigmas de distancia entre el límite de especificación más cercano a la media aritmética del proceso y la media del proceso misma, teniendo una probabilidad de generar sólo 3.4 defectos por cada millón de defectos en la característica del producto.

En realidad Motorola, Inc. de Estados Unidos de América, empresa que desarrolló e implantó por primera vez esta metodología, sugiere que si la producción a corto plazo (un

día o un turno) tiene una capacidad de 6 sigma (con 6 sigmas de distancia entre la media del proceso y cada uno de los límites de especificación), a largo plazo (un mes o más) la media del proceso se recorrerá máximo 1.5 sigma por diversas razones de variación normal en los procesos y la capacidad a largo plazo quedará en sólo 4.5 sigma, siendo la razón por la cual un proceso con capacidad a corto plazo de 6 sigma (Seis Sigma) en realidad se comporte como un proceso con capacidad de 4.5 sigma a largo plazo.³¹

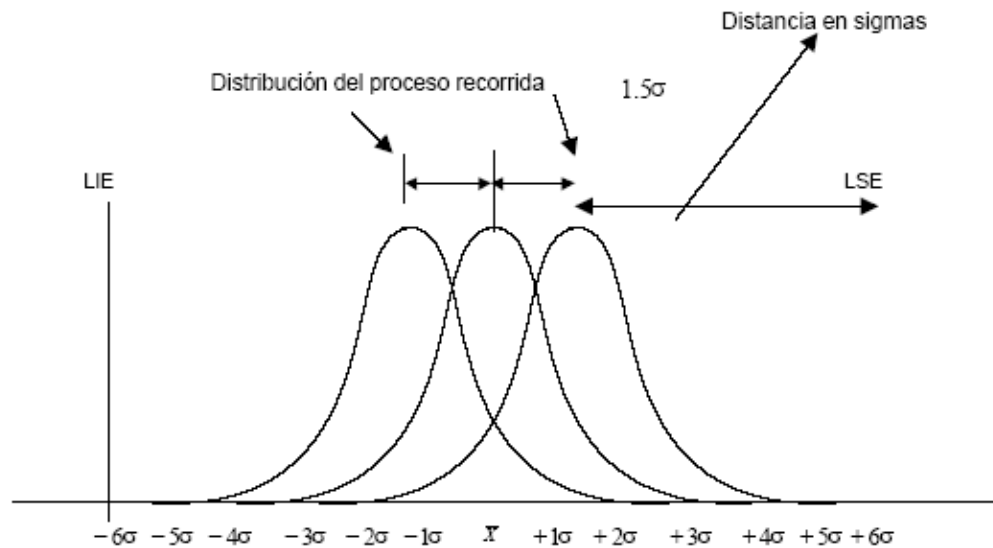


Fig. 1 Distribución del proceso centrada (corto plazo) y recorrida 1.5 sigmas (largo plazo). La capacidad en sigmas se mide por la distancia entre la media del proceso y el límite de especificación (LIE o LSE) más cercano.

Obviamente este corrimiento entre el corto y largo plazo se debe considerar sólo como una referencia, ya que no será igual en todos los casos para las diferentes empresas, por tener procesos diferentes.

Seis Sigma es una metodología que sirve para reducir la variabilidad en los procesos, productos y servicios cuyo objetivo es tener máximo 3.4 defectos o errores en cada millón de oportunidades.

Una oportunidad está representada por la inspección de alguna característica del producto, tal como una dimensión o una cualidad que pudiera ser encontrada fuera de especificaciones y representar un defecto o error. Para dar idea de lo que significa tener un nivel de calidad de Seis Sigma, si se tratara de limpiar una alfombra de 1500 pies cuadrados, equivaldría a no limpiar el área de la cabeza de un alfiler.

La filosofía tradicional de calidad total promueve que se hagan mejoras continuas por todos los miembros de la empresa; es decir, la responsabilidad de mejorar se asigna a todos los departamentos y empleados. Seis Sigma se diferencia en que las mejoras se realizan por equipos especiales con líderes de proyecto contratados exclusivamente para este fin, quienes hacen una selección cuidadosa de los proyectos que presenten las mejores oportunidades de mejora y concentrando en estos proyectos los recursos y esfuerzos que sean necesarios.

En algunas empresas, la permanencia en la empresa de los líderes de proyecto y a veces de los coordinadores a nivel gerencial, dependerá del éxito de los proyectos.

¿Qué es la metodología Seis Sigma y cómo se aplica?

La metodología fue desarrollada por Motorola en la década de los años 1980. El ingeniero Bill Smith estudió y reportó que si un producto fallaba durante la producción y se reparaba, otros defectos quedaban ocultos y se presentaban cuando el cliente usaba el producto, ocasionando quejas y reclamaciones. Por otra parte, si el producto no fallaba durante la producción, tampoco fallaba con el cliente. Éste fue el fundamento básico que motivó el desarrollo de procesos muy capaces que no generaban productos defectuosos, con ayuda de métodos estadísticos desarrollados desde la década de los años 1920 y otros métodos especiales conformados en una metodología denominada *Six Sigma*³² (Seis Sigma), misma que le permitió a Motorola obtener reducciones de costo e incremento en utilidades significativas.³³

Lo anterior, aunado a que Motorola ganó el premio Malcolm Baldrige en 1988, atrajo la atención de otras grandes corporaciones de los Estados Unidos de América como General Electric, Allied Signal, Texas Instruments, Sony y Polaroid, las cuales también iniciaron la implantación de la metodología de calidad Seis Sigma en sus organizaciones, logrando en corto tiempo incrementos significativos en utilidades y de satisfacción de sus clientes.³⁴

Posteriormente, estas empresas han expandido la aplicación de la metodología Seis Sigma hacia sus subsidiarias en otras partes del mundo incluyendo México.

La metodología Seis Sigma estudia un problema real apoyándose en métodos estadísticos, se realizan análisis estadísticos para identificar las fuentes de variabilidad, se identifican estadísticamente las variables que tienen más influencia en la variabilidad de los procesos y los niveles en que el desempeño es óptimo, al final se monitorean las variables críticas y se mantiene el proceso en control estadístico.

Conjuntando la experiencia y metodología de implantación de Seis Sigma publicada por varias empresas,³⁵ se puede resumir en general en las siguientes siete fases básicas: Definición del proyecto de mejora, Medición, Análisis, Mejoramiento, Control, Estandarización y Reconocimiento. A continuación se detallan.

Definición del proyecto de mejora

Como temas de proyectos de mejora pueden incluirse los siguientes indicadores clave del negocio: bajo desempeño en características del producto apreciadas por el cliente (críticas para la calidad – *CTQs*); áreas de operación con costos altos; aspectos deficientes de servicio al cliente como tiempo de respuesta lento; aspectos ambientales y de contaminación.

Esta fase incluye el análisis de impacto económico, análisis de uso de recursos y de impacto con el cliente de una serie de oportunidades de mejora.

Para esta fase las herramientas más utilizadas son la matriz de selección, el diagrama de Pareto y el análisis de factibilidad de proyectos.

Cómo salidas de esta fase se tienen el proyecto seleccionado, un análisis de factibilidad económica del proyecto autorizado, el equipo de trabajo formado con su líder de proyecto y el programa de trabajo en gráfica de Gantt o similar.

Medición

Esta fase se refiere a la recolección de toda la información relevante sobre el proyecto de mejora, para lo cual es muy importante asegurarse de la confiabilidad de los dispositivos de

medición, que pueden ser instrumentos de medición o cuestionarios de evaluación para servicios. Se recolecta información de los indicadores clave del negocio.

Las herramientas más comunes son el análisis de errores en los sistemas de medición (repetibilidad y reproducibilidad), mapeo del proceso, análisis de defectos por unidad (DPU), Comparación competitiva (*Benchmarking*), despliegue de la función de calidad (QFD) o matriz de causa efecto, cartas multivariantes, Análisis del modo y efecto de la falla (AMEF) y capacidad del proceso, pruebas de vida y funcionamiento.

Como salidas de esta fase se tienen: planteamiento claro del problema (qué, dónde, cuándo, cuánto y costos); validación del sistema de medición; diagrama de flujo del proceso, capacidad del proceso e índice de defectos por millón de oportunidades (DPMO's). Se estudia el problema real con apoyo de métodos estadísticos.

Análisis

Esta fase consiste en el análisis de la información de la fase de medición, identificando las fuentes de variabilidad a través de pruebas estadísticas de hipótesis (t de student, ANOVA, Chi - Cuadrada, F de Fisher, y pruebas no paramétricas); análisis estadísticos diversos como la distribución de Weibull para determinar la confiabilidad, análisis de tolerancias lineales, análisis de correlación y regresión, simulación de Monte Carlo, AMEF y análisis de capacidad de procesos.

Como salidas de esta fase se tienen el análisis de la influencia de variables, capacidad del proceso, identificación de fuentes de variabilidad, preparación de la fase de mejora.

Mejora

Esta fase se refiere a la búsqueda de variables que tienen mayor influencia en la variabilidad y la determinación de los niveles en que deben operar para tener el mejor desempeño del proceso; posteriormente, se afinan sus niveles para optimizar el desempeño del proceso. Para identificar las variables de influencia y sus niveles se utilizan diversos métodos de diseño de experimentos, tales como el método clásico de Box Jenkins, la ingeniería de calidad de Genichi Taguchi y los métodos de ingeniería estadística de Dorian Shainin; para optimización de los procesos se utilizan los métodos de análisis evolutivo del proceso (EVOP), superficies de respuesta, búsqueda de variables, etcétera.

Como salidas de esta fase se tienen la identificación de las variables que causan la variabilidad y la magnitud de su contribución, se establecen los niveles en que deben operar para minimizar la variabilidad, se determina la validez e incertidumbre del sistema de medición, se fijan parámetros de control para variables críticas. El apoyo de los métodos estadísticos permiten identificar las soluciones de mejora.

Control

Consiste esta fase en el control de las variables críticas que causan la variabilidad de los procesos, para lo cual existen diversas herramientas tales como el plan de control, los instructivos de operación, las cartas de precontrol, el control estadístico de los procesos de Shewhart (Cartas de Control - R), los dispositivos "A prueba de error" (*Poka Yokes*) y el control de documentos.

Como salida principal de esta fase se tiene la evaluación de los resultados después de un cierto periodo de operación del proceso mejorado, tanto económica como en otros aspectos tales como seguridad, calidad de vida en el trabajo, etc. Se realiza un control estadístico del problema.

Estandarización

Es la fase dedicada a la documentación de la solución encontrada, cambiando los procedimientos e instructivos necesarios de acuerdo con las normas adoptadas ISO 9000 o QS 9000 y expandiendo la solución a otras áreas con problemas similares en la empresa.

Reconocimiento

Esta última fase se refiere a los incentivos y apoyos que se deben dar al equipo de trabajo en función de los resultados logrados, que pueden incluir viajes, bonos, un porcentaje de las reducciones de costo o mejoras en la productividad logradas, etcétera.

4. Algunas experiencias y reflexiones sobre Seis Sigma ¿Qué ha pasado en México con Seis Sigma?

En México la implantación de la metodología Seis Sigma aún no se ha iniciado en la micro y pequeña empresa, sólo se ha iniciado en empresas medianas y grandes, subsidiarias de grandes corporaciones que han impulsado su implantación; para ello han enviado a capacitación externa en Estados Unidos de América o al ITESM Campus Monterrey a coordinadores o *Champions* a cursos conceptuales de dos a cinco días y a líderes de proyecto como *Master Black Belts* y *Black Belts*³⁶ a cursos profundos de una a cuatro semanas, en algunos casos dejando algunas semanas intermedias para practicar el material aprendido en el ambiente de la empresa.

Sin embargo, a pesar de que varias empresas ya han creado departamentos especiales para manejar los proyectos Seis Sigma. En algunas de ellas aún no se ha logrado implantar la metodología en toda su extensión, sólo se han estado aplicando algunas herramientas estadísticas como diagrama de pareto, diagrama de causa efecto, cartas de control e histogramas en pequeños proyectos de mejora aislados con pocos beneficios en utilidades, a pesar de que la metodología Seis Sigma promete incrementos significativas en las utilidades si se aplica en forma adecuada. Entre las causas observadas se pueden citar las siguientes:

- En algunos casos se han creado departamentos de Seis Sigma o se han capacitado líderes de proyecto con el único fin de quedar bien con las corporaciones, tal vez como trámite, sin un mayor compromiso.
- A pesar de que los líderes de proyecto hayan recibido una capacitación de cuatro semanas para conocer todas las herramientas de Seis Sigma, realmente es poco tiempo para profundizar en los fundamentos y limitaciones de los métodos estadísticos (por ejemplo un análisis de ANOVA o de Regresión requieren que se cumplan una serie de condiciones estadísticas para que sean válidos). Los cursos de algunas herramientas en las universidades toman todo un cuatrimestre y aún así en algunos casos es insuficiente, como ejemplo se tiene el despliegue de la función de calidad, diseño de experimentos, análisis de regresión, superficies de respuesta, control estadístico del proceso, estadística inferencial y estadística no paramétrica, confiabilidad, etc. Lo anterior puede llevar a desperdiciar recursos en las pruebas o llegar a conclusiones intermedias y finales equivocadas, que al no comprobarse en la realidad hace que se pierda credibilidad en la metodología.
- Poco apoyo de la alta dirección o gerencia, al estar muy ocupados en cumplir día a día con los requerimientos de clientes, tanto en producción, como en tiempos de

entrega y calidad, tratando de evitar penalizaciones. Cuando la dirección le resta importancia a los proyectos Seis Sigma todos los demás siguen el ejemplo.

- En muchos casos el sistema de costos de la empresa no está preparado para identificar y reflejar el impacto en las utilidades de los beneficios obtenidos en los proyectos Seis Sigma, restando importancia al éxito de los mismos. Como se utiliza el método del “saco único”, todo lo que se gasta se acumula al fin de mes y el costo es prorrateado a todos los productos y procesos, de manera que si hubo un beneficio se diluye fácilmente.
- Poco desarrollo de la metodología de trabajo en equipo, las juntas son demasiado largas, improductivas porque no se llevan datos, las discusiones son en base a puntos de vista de los participantes y sólo se generan más conflictos.
- Insuficiente apoyo por otras áreas de la empresa, cuyos gerentes ven a los líderes de proyecto Seis Sigma como competidores más que como personal de apoyo, principalmente porque algunos de ellos no conocen muy bien cuál es la metodología y les crea incertidumbre. Sólo en muy pocas empresas la permanencia de los gerentes depende de su capacidad para identificar e implantar proyectos Seis Sigma.
- Poco dominio de técnicas estadísticas y métodos de identificación, análisis y solución de problemas por la gran mayoría de los empleados, con lo que no es fácil obtener su participación en los proyectos.
- Personal demasiado ocupado “apagando fuegos” y sin tiempo para planear y realizar mejoras a los procesos. Los productos sólo se mejoran cuando el cliente lo exige o detecta problemas.

Lo anterior ha causado que la metodología Seis Sigma aún no haya tenido el apoyo necesario para alcanzar los resultados significativos que han reportado las corporaciones de las empresas en el extranjero, y, como en un círculo vicioso, como la dirección no ve resultados espectaculares tampoco apoya.

En algunas empresas la metodología Seis Sigma es todavía demasiado complicada para ser entendida y asimilada por el personal de las empresas que están intentando implantarla. Es importante resaltar que en muchas empresas de manufactura el nivel educativo promedio apenas llega a la primaria y sólo en unas pocas a secundaria, principalmente en la micro y pequeña empresa, donde aún no se ha considerado su implantación.

Para ilustrar la complejidad de la implantación de Seis Sigma, me referiré a una experiencia que tuve durante la implantación del control estadístico del proceso por variables en una empresa de manufactura en México, que incluyó diagrama de Pareto, diagrama de causa efecto, histogramas, cartas de control y la distribución normal, lo que representa a cinco de las herramientas de Seis Sigma. En la década de los ochenta, patrocinado por la empresa automotriz Ford y el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, se ofreció un seminario de control estadístico del proceso para capacitar al personal de las empresas para posteriormente actuar como instructores del mismo en sus empresas. Esta capacitación tomó al menos seis meses, posteriormente estos instructores capacitaron a personal en las empresas durante otro año y su implantación tomó cuando menos otros dos años.

Este esquema se repitió en algunas empresas en forma similar.

Como en muchos casos no hubo compromiso gerencial, la implantación del control estadístico del proceso cayó en varios vicios, tales como “cumplir el trámite” con llevar algunas cartas de control en el piso, o la “cartitis”, es decir las empresas llevaban muchas

cartas de control para impresionar a los auditores de la industria automotriz o de sus clientes; sin embargo pocas veces se analizaban, los supervisores tenían sus escritorios llenos de cartas de control sin analizar, o daban la instrucción a los operadores de “no graficar” y no perder tiempo porque lo que tenía prioridad era la producción. En algunos casos el operador graficaba al final del turno y el operador del siguiente turno cambiaba los ajustes del equipo de acuerdo con su costumbre. Al final una implantación del control estadístico del proceso tomaba al menos tres años y realmente dejaba mucho que desear.

Con el advenimiento del sistema ISO 9000:1994 y anteriores, muchas empresas “salvaron” el obstáculo de las cartas de control en el requerimiento de métodos estadísticos, definiendo en sus procedimientos que sólo usaban gráficas de barras o de pastel, eliminando las cartas de control, esto hizo que esta técnica quedara en el olvido para muchas empresas. Sin embargo, ahora con la nueva versión de la norma ISO 9000:2000 cuyo enfoque es la satisfacción del cliente con una mejora continua demostrada, las empresas empiezan a voltear otra vez hacia el control estadístico del proceso, como una herramienta de mejora.

De la historia anterior, se puede observar que si para cinco herramientas de Seis Sigma, en algunas empresas tomó mucho tiempo su implantación y en otras aún no la han terminado. Se podría sugerir que la implantación de Seis Sigma (que abarca un mínimo de veinte herramientas, incluyendo algunos métodos estadísticos especiales complejos), a pesar de contar con un buen paquete computacional, su implantación debería tardar varios años. El tiempo de implantación puede ser reducido si la dirección realmente tiene el compromiso de forzarla y dar seguimiento; en forma adicional el personal debe ser capacitado en forma intensa en la aplicación de los métodos y técnicas, con objeto de lograr resultados impactantes en las utilidades similares a los obtenidos por algunas empresas en el extranjero.

De acuerdo con la información publicada por diversas empresas y a lo que he observado durante mi experiencia en este ramo, algunos de los factores clave que contribuyen a desarrollar proyectos Seis Sigma con resultados significativos son:

- Establecimiento previo de un sistema de gestión de calidad tal como ISO 9000, QS 9000 o modelo del Premio Nacional de Calidad, con todo lo que implica (compromiso de la dirección, desarrollo del personal, gerencia participativa, etc.) que sirva de plataforma a la implantación de los proyectos Seis Sigma.
- Compromiso y seguimiento de avances en los proyectos por la alta dirección, en reuniones periódicas con los coordinadores y líderes de equipos.
- Formación e identificación de coordinadores de proyectos que servirán de enlace entre la dirección y los equipos o entre equipos, capacitación de líderes de proyectos, que normalmente se contratan para este trabajo específico y se capacitan externamente. Capacitación a todos los niveles en las dinámicas y técnicas de trabajo en equipo. Capacitación en todos los niveles sobre las diversas fases y herramientas de la metodología.
- La profundidad dependerá de cada grupo de empleados en particular, por ejemplo los operadores requieren un entrenamiento básico en técnicas de solución de problemas y control estadístico del proceso, los gerentes requieren una capacitación conceptual e introductoria de las principales herramientas utilizadas, los líderes de

proyecto requieren una capacitación muy detallada de la aplicación de las herramientas de Seis Sigma, además, normalmente ellos deberían dar capacitación a los demás empleados y así sucesivamente.

- Sistema de información completo y accesible sobre la situación de calidad y productividad de la empresa, así como de los indicadores clave del negocio y su información fuente.
- Disponibilidad de un paquete computacional amigable para los empleados involucrados participantes en los proyectos Seis Sigma.

1 Información tomada de diversas publicaciones de *Calidad Total* de la Fundación Mexicana para la Calidad Total A.C. (FUNDAMECA), publicadas durante los años 1996 a 1999.

2 Womack, Jones and Roos, *The Machine That Changed The World*, Macmillan, Nueva York, 1990, pp. 1-13.

3 Mora, Enrique y, Alejandro Castillo, “Manufactura esbelta: La experiencia mexicana”, *Manufactura*, Grupo Editorial Expansión, año 1, número 72, junio 2001, México, pp. 90-104.

4 Hayes, Robert H., and Pissano, Gary P., “Beyond world Class: The New Manufacturing Strategy”, *Harvard Business Review*, Enero de 1994, reimpresión no. 94104, Boston, EUA, p. 81.

5 Wish, Mary, Wish, James, *Accelerating Business: Finding Time, Using Time*, Loose Thread Publishing, Hudson, Massachusetts, EUA, 2001, pp. 10-18.

6 *Ibidem*, pp. 19-20.

7 Hurano, Hiroyuki, *5 Pillars of the Visual Workplace: The Source Book for 5S Implementation*, Productivity Press, Portland Oregon, EUA, 1996, pp. 12-13.

8 Osada, Takashi, *The 5S's: Five Keys to a Quality Environment*, Asian Productivity Organization, Tokio, 1991, pp. 25-33.

9 Grazier, Peter B., Japan Human Relations Association, *Kaizen Teian 1*, Productivity Press, EUA, Portland, Oregon, EUA, 1992, pp. 99-123.

10 Shingo, Shigeo, *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*, Productivity Press, Cambridge Massachusetts, EUA, 1985, p. xix.

11 McGraw, Jim, “La mecánica de un alto en los pits”, *Mecánica Popular*, edición México 54-07, editorial Televisa, julio 2001, México, pp. 29.

12 *Ibidem*, Shingo, Shigeo, pp. 33-38.

13 Nakajima, Seiichi, *Introduction to TPM*, Productivity Press, Cambridge, Massachusetts, EUA, 1988, pp. 1- 5.

14 Nachi-Fujikoshi Corporation and Japan Institute of Plant Maintenance, *Training for TPM, A Manufacturing Success Story*, Productivity Press, Portland, Oregon, EUA, 1990, pp. 27-31.

15 Karatsu, Hajime, *La Sabiduría Japonesa: Control Total de la Calidad*, Ediciones Gestión 2000, Barcelona, España, 1991, pp. 2-9.

16 Shingo, Shigeo, *Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka Yoke System*, Productivity Press, Cambridge, Massachusetts, EUA, 1986, pp. 41-46.

17 *Ibidem*, pp. 99-106.

- 18 *Ibidem*, pp. 212-213.
- 19 Hall, Robert W. APICS, *Zero Inventories*, Business One Irwin, Homewood Illinois, EUA, 1983 pp. 121-123.
- 20 *Ibidem*, pp. 128-133.
- 21 Lu, David J., Kanban, *Just In Time at Toyota*, Productivity Press, Portland, Oregon, EUA, 1989, p. 27
- 22 Ohno, Taiichi, *Toyota Production System: Beyond Large Scale Production*, Productivity Press, Portland, Oregon, 1998, pp. 27-32
- 23 Lu, David, *op. cit.*, pp. 81-94.
- 24 Companys Pascual, Ramón, *Nuevas técnicas de gestión de stocks: MRP y JIT*, Marcombo Editores, Barcelona, 1989, pp. 97-106.
- 25 *Ibidem*, pp. 13-131.
- 26 Rico, Tavera Guadalupe, ‘‘Just In Place’’, *Manufactura*, Grupo Medcom, México, abril 1996, pp. 42-48
- 27 Wish, James, *The Manufacturer’s Reengineering Guide; How to Use Time as Your Competitive Weapon*, Loose Thread Publishing, Hudson, Massachusetts, EUA, 1998, pp. 2-10.
- 28 Wish, Mary, Wish, James, *Accelerating Business: Finding Time, Using Time*, Loose Thread Publishing, Hudson, Massachusetts, EUA, 2001 pp. 120-150.
- 29 Perea, Jorge Serrano, ‘‘IV Censo de manufactureros: ¿A tono con sus prácticas de producción?’’, *Manufactura*, Grupo Editorial Expansión, año 7, número 70, abril 2001, México, pp. 76-84. La encuesta fue realizada por la empresas norteamericana PricewaterhouseCoopers para la revista Industry Week.
- 30 Mora, Enrique, Castillo, Alejandro, *Ibid*, pp. 95-97.
- 31 Breyfogle III, Forrest W, *Implementing Six Sigma*, John Wiley & Sons, Inc., Nueva York, 1999, p. 10.
- 32 Six Sigma es un nombre registrado por Motorola Inc. de EUA.
- 33 Harry, Mikel, Schroeder., Richard, *Six Sigma*, Doubleday - Random House, Nueva York, 2000, pp. 9-11.
- 34 *Ibidem*, pp. VII-XII.
- 35 *Ibidem*, pp. 155-187, 214-229.
- 36 *Master Black Belt* y *Black Belt* son nombres registrados por Motorola Inc. de EUA

Bibliografía

- Revistas *Calidad Total* de la Fundación Mexicana para la Calidad Total A.C. (FUNDAMECA), publicadas durante los años 1996 a 1999.
- Breyfogle III, Forrest W, *Implementing Six Sigma*, John Wiley & Sons, Inc., Nueva York, 1999.
- Companys Pascual, Ramón, *Nuevas técnicas de gestión de stocks: MRP y JIT*, Marcombo Editores, Barcelona, 1989.
- Grazier, Peter B., Japan Human Relations Association, *Kaizen Teian I*, Productivity Press, EUA, Portland, Oregon, EUA, 1992.
- Hall, Robert W. APICS, *Zero Inventories*, Business One Irwin, Homewood Illinois, 1983.

Harry, Mikel, Schroeder, Richard, *Six Sigma*, Doubleday-Random House, Nueva York, 2000.

Hayes, Robert H., and Pissano, Gary P., “Beyond world Class: The New Manufacturing Strategy”, *Harvard Business Review*, enero de 1994, Boston, EUA.

Hurano, Hiroyuki, *5 Pillars of the Visual Workplace: The Source Book for 5S Implementation*, Productivity Press, Portland Oregon, EUA, 1996.

Karatsu, Hajime, *La Sabiduría Japonesa: Control Total de la Calidad*, Ediciones Gestión 2000, Barcelona, España, 1991.

Lu, David J., *Kanban, Just In Time at Toyota*, Productivity Press, Portland, Oregon, EUA, 1989.

McGraw, Jim, “La mecánica de un alto en los pits”, *Mecánica Popular*, edición México 54-07, editorial Televisa, julio 2001, México.

Mora, Enrique y Castillo, Alejandro, “Manufactura Esbelta: La experiencia mexicana”, *Manufactura*, Grupo Editorial Expansión, año 1, número 72, junio 2001, México.

Nachi-Fujikoshi Corporation and Japan Institute of Plant Maintenance, *Training for TPM: A Manufacturing Success Story*, Productivity Press, Portland, Oregon, EUA, 1990.

Nakajima, Seiichi, *Introduction to TPM*, Productivity Press, Cambridge, Massachusets, EUA, 1988.

Ohno, Taiichi, *Toyota Production System: Beyond Large Scale Production*, Productivity Press, Portland, Oregon, EUA, 1998.

Osada, Takashi, *The 5S's: Five Keys to a Quality Environment*, Asian Productivity organization, Tokio, 1991.

Perea, Jorge Serrano, “IV Censo de manufactureros: ¿A tono con sus prácticas de producción?”, *Manufactura*, Grupo Editorial Expansión, año 7, número 70, abril 2001, México. La encuesta fue realizada por la empresas norteamericana PricewaterhouseCoopers para la revista *Industry Week*.

Rico, Tavera Guadalupe, “Just In Place”, *Manufactura*, Grupo Medcom, México, abril 1996.

Shingo, Shigeo, *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*, Productivity Press, Cambridge Massachusets, EUA, 1985.

Shingo, Shigeo, *Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka Yoke System*, Productivity Press, Cambridge, Massachusets, EUA, 1986.

Wish, James, *The Manufacturer's Reengineering Guide; How to Use Time as Your Competitive Weapon*, Loose Thread Publishing, Hudson, Massachusets, EUA, 1998.

Wish, Mary, Wish, James, *Accelerating Business: Finding Time, Using Time*, Loose Thread Publishing, Hudson, Massachusets, EUA, 2001.

Womack, James P., Jones, Daniel T., “Beyond Toyota: How to root waste and pursue perfection”, *Harvard Business Review*, Boston, septiembre-octubre de 1996.

Womack. Jones and Roos, *The Machine That Changed The World*, Macmillan, Nueva York, 1990.