

Incremento del indicador Entregas a Tiempo en una Empresa Metal Mecánica

Juan Sillero Pérez

Universidad de Monterrey, Monterrey, Nuevo León, México
Juan.sillero@udem.edu

Lorena Iglesias Bejarano

Universidad de Monterrey, Monterrey, Nuevo León, México
kiglesias@udem.edu.mx

Lorena María Leal Isla Santos

Universidad de Monterrey, Monterrey, Nuevo León, México
llealisl@udem.edu.mx

RESUMEN

El proyecto trata de una empresa que se encuentra inmersa en un mercado global que busca diferenciar su competitividad mejorando significativamente el Indicador de entregas a tiempo. La base de este proyecto es reducir el Lead Time de la familia de productos bajo estudio la cual impactaría en el indicador de Entregas a Tiempo. La metodología empleada en el desarrollo del proyecto es la metodología Lean-Six Sigma. La construcción del Value Stream Map VSM refleja un Lead Time de 22 días en tanto que el Processing time es tan solo de 10 minutos. Se identificaron los CTQ del cliente y la forma cómo se abordan en la situación actual. Los problemas raíz identificados fueron: a) Ineficiente flujo de materiales, b) Inadecuado control de inventarios tanto la materia prima como en el proceso, c) Deficiente programación en la mezcla "make to order" y "make to stock". Un total de 7 alternativas de solución fueron planteadas y priorizadas quedando para su implementación las siguientes tres: a) Organizar la producción por medio de celdas de trabajo, b) Rediseñar el proceso de manufactura considerando el Punto de Desacople, c) Operar la producción en base a Kanban. Como resultado de las implementaciones se logró reducir el Lead time en un 55%, superando el 40% inicialmente establecido como meta, el inventario se redujo en un 50% y el indicador de entregas a tiempo pasó de un 71% a 185%.

Palabras claves: *Seis Sigma, Entrega a Tiempo, Postponement, kanban*

ABSTRACT

The project involves a company that is immersed in a global market that seeks to differentiate its competitiveness significantly improving its Time deliver Service. The basis of this project is to reduce the Lead Time of the family of products under study which could impact on prompt deliveries on time. The methodology used in the development of the project is the Six Sigma methodology. The construction of the VSM Value Stream Map reflects a Lead Time of 22 days while the Processing Time is only 10 minutes. The CTQ's customer were identified based in the current situation. A diagnostic of the current machining and Assembly process was conducted in terms of Capacity, Analysis of the Mode and Fail effect FMEA, efficiency, performance and Waste generation. The root problems identified were: a) inefficient flow of materials, b) inadequate inventory control of both raw material and WIP, and c) deficient programming in mix 'make to order' and "make to stock". A total of 7 alternative solutions were designed and prioritized, implementing the following three: a) organize production

through working cells, b) redesign the manufacturing process, whereas the point of disconnect, c) operate on the basis of Kanban production. As result of deployments are managed to reduce the Lead time by 55%, exceeding 40% initially established as a goal, the inventory was reduced by 50% and prompt deliveries in time went from 71% to 185%.

Keywords: *Six Sigma, On time Delivery, Postponement, kanban*

1. INTRODUCTION

La empresa manufacturera donde se realizó el proyecto se dedica al ensamble de compresores y la elaboración de la mayor parte de sus componentes, la producción se destina al mercado internacional. Al igual que muchas empresas de cobertura global, un requisito de competitividad es la calidad, el precio y la entrega a tiempo de sus productos. Este último incide directamente en el métrico de entregas a tiempo y éste a su vez, en el índice de satisfacción del cliente. Por esta razón la empresa ha establecido como estrategia, focalizar las operaciones de los procesos productivos para alcanzar niveles significativos en el métrico de *on time delivery* OTD. Este proyecto busca reforzar el desarrollo de acciones para mover este indicador KPI de un 71% a un 86%.

2. EL PROYECTO

La necesidad de este proyecto surgió al revisar el su Plan Estratégico de Negocios y encontrar que el Indicador de entregas a tiempo para la familia de compresores AIR se encontraba en un 71%, muy por debajo del resto de las familias. En la siguiente tabla se muestran los porcentajes de OTD para la familia de AIR registrados a finales del 2012 hasta agosto del 2013:

Tabla 1: Históricos del “On Time Delivery”

	Periodo de Octubre 2012-Agosto 2013										
%	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
OTD	76	93	79	70	86	92	68	22	21	53	80

La razón principal por la cual el indicador OTD para la familia AIR es muy variable y generalmente bajo, debido a que su proceso de producción, se ve interrumpido por la introducción de órdenes inmediatas de otra familia a la cual se le da prioridad dentro de la Línea de Ensamble donde se produce, y consecuentemente provoca retrasos en su fabricación. Por otra parte, la relevancia de este proyecto está en que el área de ensamble representa el 47% de los ingresos totales para la empresa. El incremento del indicador de entregas a tiempo (OTD) impacta directamente en un mayor servicio al cliente, y sin duda puede ser un factor de competitividad para el posible incremento de pedidos. Se determinó como objetivo general de proyecto: Aumentar el indicador de entregas a tiempo de un 71% a un 86% para la línea de ensamble RT4 de la familia de reductores AIR. Y como objetivos particulares: 1) Implementar un sistema para el control de la producción de la línea de ensamble RT4 de la familia de productos AIR. 2) Reducir en un 40% el Lead Time en la línea de ensamble para la familia de productos AIR.

El proyecto se desarrolla usando la parte conceptual de la Metodología Six Sigma (Defiir, Medir, Analizar, Incrementar y Controlar) DIMAIC, misma que ha demostrado ser una fuerza impulsora para competir en el mercado internacional (Bhote, 2002). Hoy en día, metodología Six Sigma, desarrollado por Motorola es un enfoque de gran alcance para fortalecer la competitividad de las empresas (Forrest, 2003). La etapa de Definir consiste en la definición de la crítica a los atributos de calidad CTQ’s en términos de las variables claves de entrada KPI’s y las variables clave de salida KPO’s., el punto de partida es la elaboración de un Mapa SIPOC, el cual permite identificar las características relevantes del proceso que está en estudio: entradas, salidas, proveedores y clientes (Evans, 2005). La etapa de Medir sirve para hacer un diagnóstico del desempeño de los procesos y reconocer el estado actual de dónde partir; inicia con el análisis de los sistemas de medición (Michael, 2003), también se hace el mapeo del flujo de valor (Tapping, 2002) y el análisis de Capacidad del proceso. En la etapa de Analizar se determinan las causas raíz del problema (Anderse, Bjorn, and Fagerhaug, Tom, 2000) así

como las variables que mueven el métrico del proyecto y los valores de la brecha que se deben remontar para alcanzar las metas propuestas (Levinson, William A., 1997. La etapa de Incrementar consiste en diseñar las propuestas de acciones concretas que permitan reducir las brechas encontradas (George, 2004), mismas que se llevan a la implementación y permanencia en la etapa de controlar (Alukal, George, and Manos, Anthony, 2006).

3. FASE DE DEFINIR

El punto de partida es la elaboración de un Mapa SIPOC, el cual permite identificar las características relevantes del proceso que está en estudio: entradas, salidas, proveedores y clientes, este mapa permite observar como el proceso a intervenir es el ensamble de los compresores de tipo Center Drive (CD) y los de tipo Industrial Right Angle (AIR). En este caso, los proveedores (supplier) constan de las líneas internas de fabricación de cada uno de los componentes, por lo tanto las entradas (inputs) del proceso de ensamble son cada uno de los componentes. Las salidas u outputs del proceso son de dos clases: los compresores con motor (Gear Motors) y los compresores (Gear reducers). Los clientes (customers) internos son Nashville y Oksland, los cuales son Centros de Distribución, mientras que Valmoral y National Electric representan los principales clientes externos. La línea de Ensamble RT4 cuenta con 117 modelos de ensamble entre los que se encuentran los de las familias de CD e AIR. Los compresores de la familia CD son de tipo Make to Order es decir, los modelos dentro de esta categoría se hacen en base a órdenes específicas del cliente, mientras que los compresores de la familia AIR son de tipo Make to Stock, es decir, son modelos que se producen para abastecer niveles de inventario en el Centro de Distribución. Sin embargo, para este proyecto los modelos relevantes son los de la familia AIR, los cuales constituyen el 63% de los modelos, lo que equivale a una variedad de 74 productos.

Con la finalidad de reducir la cantidad de modelos con la que se trabajará en el proyecto y enfocar el esfuerzo al control de los modelos que tienen mayor demanda, se realizó una estratificación ABC, el cual es un método de categorización que consiste en la división de los artículos en tres categorías, “A”, “B” y “C”. Los artículos que pertenecen a la categoría A son los de más valor, mientras que los de categoría “C” son los de menor valor (Collignon, J. 2008) [4]. Este método tiene como objetivo centrar la atención en pocos artículos vitales, los cuales son los de mayor importancia (artículos “A”) en lugar de prestar gran atención a los muchos artículos triviales (artículos “C”). La estratificación ABC realizada para los 74 modelos de ensamble de la familia de compresores AIR, se obtuvieron únicamente 30 modelos que cumplieran con los criterios de la clasificación.

4. FASE DE MEDIR

Se realizó un acopio de datos de la Línea de Ensamble RT4 una vez realizada la validación del sistema de medición y determinando el tamaño de muestra a través de uso del método para analizar la repetibilidad y reproductibilidad (R&R) del sistema de medición Measurement Systems Analysis también conocido como método de medias y rangos; esta validación es importante para asegurar que los datos sean una representación estadísticamente válida de la población. En base al acopio de datos se realizó un Value Stream Map Actual de la Línea de Ensamble RT4, un Value Stream Map es un mapa que muestra el flujo de materiales a través de la cadena de suministro que abarca desde el suministro de materia prima hasta el embarque del producto terminado, además destaca las actividades que agregan y las que no agregan valor. La finalidad de este mapa consiste en encontrar cuellos de botella entre procesos y conocer el lead time, el cual corresponde al tiempo que toma desde que un cliente ordena un producto hasta que es entregado.

Mediante el análisis del VSM se pudo identificar que la Línea de ensamble no es la responsable de tener un lead time total de 22 días, sino que el tiempo de proceso de algún componente es el que está causante de dicho lead time. Tener un lead time de 22 días no solo impacta en un mal servicio al cliente, ya que al tratarse de modelos de clasificación MTS, es decir que se fabrican para almacenar, es necesario que se manejen altos niveles de inventario en el Centro de Distribución. Actualmente se almacenan 1390 modelos de compresores, lo cual implica un costo elevado por mantener inventario, el cual podrá reducirse al mejorar el Lead Time de los modelos de ensamble, ya que podrán reponerse más rápidamente y por consecuencia se tendrá que mantener menor nivel de inventario.

Además se realizó un Análisis de Capacidad de la Línea de Ensamble RT4, el cual permite conocer principalmente: a) Si los recursos con los que se dispone actualmente son suficientes para cumplir con la demanda, b) Identificar los cuellos de botella en el proceso, c) Identificar las actividades que crean y no crean valor y d) Conocer la distribución y manejo del tiempo en cada proceso. Con el acopio de datos obtenidos anteriormente con las mediciones y el VSM se obtuvo el tiempo disponible, el *run time*, y la capacidad neta de cada proceso. Al realizar el Análisis de Capacidad se logró determinar que la Línea de Producción tiene la capacidad suficiente para cumplir con la demanda, sin embargo al no tener un programa de producción adecuado se puede incurrir en un varios set ups que le quitan flexibilidad a la Línea de Ensamble RT4.

5. FASE DE ANALIZAR

El proceso de fabricación de las flechas RT4, las cuales son el componente principal de ensamble, consta de nueve operaciones, de las cuales el 80% son compartidas para la fabricación de las flechas WS2. Por este motivo fue necesario realizar un análisis semejante al realizado para la Línea de Ensamble RT4 pero ahora para la Línea de Producción RT4. Se realizó una estratificación ABC para seleccionar los modelos de flechas que tienen mayor demanda. Al analizar los resultados se observó que de las 41 flechas de RT4 únicamente se considerarían 14, ya que son las que cumplen los requisitos para estar dentro de la clasificación ABC. Del mismo modo, se realizó un VSM para la Línea de Producción RT4 para determinar la razón principal que lleva a la línea tener un tiempo de ciclo tan largo.

De los datos obtenidos se observa que lo que está contribuyendo a tener un Lead Time tan largo es la cantidad de días de inventario que se tiene entre cada proceso y el tiempo de abastecimiento con el proveedor que es de 9 días. Además se realizó un Análisis de Capacidad para toda la Línea de Producción RT4, del cual se determinó que el proceso de tratamiento térmico es el que provoca los cuellos de botella por tener el Run Time más largo (10.52 hrs). Se desarrolló un gráfico para visualizar la distribución de los tiempos para cada proceso, con él se obtuvo que, al igual que la Línea de Ensamble, la Línea de Producción RT4 tiene la capacidad suficiente para fabricar la demanda diaria, sin embargo pueden incurrir en muchos set ups a lo largo de los dos turnos si no se tiene una programación de la demanda que distribuya los set ups de una manera adecuada, permitiendo además que se tenga un 15% de flexibilidad en la línea para la variación en la demanda. Para determinar el origen del problema se lleva a cabo un análisis de causa raíz mismo que fue validado con la herramienta de los 5Q's, Es así que se llegó a la conclusión de que son cuatro causas raíz las que están provocando las entregas tardías de los compresores AIR, las cuales se muestran a continuación: a) No hay un flujo continuo de materiales, b) No hay un sistema de inventarios con el proveedor, c) No hay un sistema de producción definido para las órdenes MTS y MTO y d) No hay una programación óptima de la producción de flechas WS.

6. FASE DE MEJORAR

Para el primer problema raíz “No hay un flujo continuo de materiales” y el tercer problema raíz “No hay un sistema de producción definido para las órdenes MTS y MTO” se desarrollaron diferentes alternativas de solución, las cuales fueron evaluadas a través de una Matriz de Priorización. De acuerdo a los resultados obtenidos en la matriz de priorización se determinaron las siguientes alternativas de solución para cada problema raíz: a) Propuesta 1. Conversión de un Sistema de Producción Push a un Sistema de Producción en base a Kanban, b) Propuesta 2. Desarrollo de un Sistema de Inventarios con el Proveedor, c) Propuesta 3. Rediseño del Layout en base a celdas de manufactura, d) Propuesta 4. Definición de una Programación de Producción de flechas RT4 y WS2.

En la primera propuesta, el sistema Kanban se implementó de manera manual dentro de la Línea de Producción RT4, es decir, en base a tarjetas kanban y un pizarrón principal. Además se realizó una capacitación a los operarios para darles a conocer los principios en los que se basa el sistema Kanban y el funcionamiento de las tarjetas. Para el diseño a detalle del sistema de producción en base a kanban se realizó en base a las 14 flechas obtenidas de la clasificación ABC realizada en la etapa anterior. El sistema Kanban se diseñó para que cuando el

último operario toma un producto terminado de la tarjeta y lo coloca en un pizarrón, el rectángulo vacío de la tarjeta Kanban “tira o jala” y solicita otro subconjunto al operario que se encuentra a su izquierda (Cimorelli, 2013). Este sistema kanban cuenta con un inventario de producto terminado específico para cada número de parte, definido de acuerdo a los cálculos del número de kanban. El tamaño de dicho inventario representa 5.73 días de inventario, lo cual es menor al inventario en proceso que se manejaba entre los procesos que correspondía a 14 días, el cual no beneficiaba de ninguna manera el flujo de materiales y la producción de la línea. Conforme se va consumiendo el inventario de producto terminado, el sistema kanban emite señales de producción a la línea a través de las tarjetas de producción correspondientes, de manera que se produzca únicamente lo que se consuma en base a su demanda real de componentes por parte de la Línea de Ensamble.

En la segunda propuesta, el Sistema de Inventario con el Proveedor se diseñó un sistema de Inventario Base Stock, el cual funciona con el principio de revisión periódica; la lógica del Base Stock es que el material debe ser vuelto a ordenar cuando el nivel de stock del mismo será utilizado durante el tiempo necesario para conseguir stock adicional (Toomey, 2000). El sistema consiste en que el proveedor mantuviera inventario de los cuatro tipos de corte utilizados como materia prima para la flechas RT4. Con este sistema el proveedor podrá realizar embarques diarios de materia prima, reduciéndose el tiempo de abastecimiento de 9 días a solo 1 día.

En la tercer propuesta, el Rediseño del Layout se hizo en base a celdas de manufactura, se utilizó el método desarrollado por Muther llamado “La planeación sistemática simplificada de producción” (Muther, 1994) la cual utiliza varias herramientas para el desarrollo de diseños para el Layout en base a relaciones de importancia entre los procesos. La alternativa a la que se llegó con el uso de dicha metodología consistió en crear dos mini celdas de manufactura, las cuales favorecen el flujo de materiales y permite tener flexibilidad cuando los volúmenes de la demanda varían (Baudin, 2002)

Finalmente la última propuesta desarrolló una programación para flechas RT4 y WS2, la cual consistió en determinar una serie de reglas y criterios a utilizar para programar las flechas WS2 de manera que no interfieran con el sistema de producción Kanban para RT4. La principal contribución de dicha solución fue que se definió trabajar en lotes máximos de 32 piezas, de manera que no acumulen grandes cantidades de inventario entre los procesos.

7. FASE DE CONTROLAR

En esta última etapa del proyecto se busca es disciplinar el uso de los sistemas de mejora, para garantizar que se tenga el desempeño correcto y mantener los resultados obtenidos a lo largo del tiempo. Los sistemas de mejora que serán controlados serán el sistema kanban de producción para RT4 y el sistema de Inventarios con el proveedor; la razón por la cual los demás sistemas no serán controlados es debido a que no tienen un impacto directo sobre los métricos y objetivos que busca el proyecto, sino que sirven como complemento y facilitan el uso de los sistemas principales. Se procedió entonces a estandarizar los procedimientos del sistema kanban, para después llevarse un monitoreo y control tanto del desempeño operacional como de los métricos definidos para que en conjunto se pueda evaluar y dar seguimiento al desempeño real del sistema y así tomar medidas correctivas específicas dependiendo del tipo de problema que se presente. La estandarización del Sistema Kanban, concluyó con la elaboración de instructivos y procedimientos del funcionamiento del sistema. Posteriormente se realizó el monitoreo del sistema en base a una auditoría al desempeño operacional y otra auditoría referente a la actualización de los cálculos de kanban. Para la realización de ambas auditorías y su seguimiento se creó el puesto “Coordinador de Sistemas Kanban” el cual será responsable de todo lo referente al desempeño, control y monitoreo del Sistema Kanban. Po lo que respecta a controlar y medir el comportamiento del proveedor al utilizar el sistema de inventarios de revisión periódica se definió un formato que permitiera medir su desempeño en base a los criterios más importantes para la empresa, además se definieron actividades correctivas en caso de que no se esté teniendo el desempeño deseado por parte del proveedor. Los criterios clave que se definieron para su evaluación fueron la entrega a tiempo, la calidad de la materia prima y la cantidad correcta de cada tipo de corte.

8. RESULTADOS

Como producto de la implementación de las cuatro propuestas arriba mencionadas, los resultados obtenidos en la Línea de Producción RT4. Fueron que el Lead Time que inicialmente era de 19.89 días se redujo a solo 9.14 días. Además se eliminó casi en su totalidad el inventario en proceso que representaba 14 días de inventario. Debido a que el proceso de fabricación era el proceso restrictivo con el lead time más largo de todos los componentes utilizados en ensamble, estos cambios tuvieron un gran impacto en la Línea de Ensamble, el lead time que anteriormente era de 22.16, logró reducirse a 11.3 días, lo cual corresponde a una reducción del 49%. Estos cambios permitieron no solo cumplir con los objetivos particulares que se definieron al inicio del proyecto, sino que también se lograron beneficios económicos importantes para la compañía, ya que se hubo una reducción importante en el nivel de inventario del Centro de Distribución. Tomando como referencia el nivel máximo de inventario, de tener 1390 modelos almacenados se disminuyó a 688 modelos; lo cual se refleja en la reducción del costo de mantener inventario en un 48%.

En lo referente al Indicador de Entregas a Tiempo OTD para modelos de ensamble AIR de estar en un 71% mejoró a un 92% para el mes de noviembre 2012 (dos meses después de la implementación), esto ayudó a que el nivel de servicio al cliente de estar en un 80% se incrementará a un 95%. Logrando de esta manera cumplir con el objetivo general del proyecto. En la siguiente tabla se muestra un resumen de los resultados obtenidos en comparación con los objetivos planteados.

Tabla 2: Revisión de resultados con los objetivos del proyecto

Objetivo	Resultado
Aumentar el indicador de entregas a tiempo de un 71% a un 86% para la línea de ensamble RT4 de la familia de productos AIR.	Se aumentó el indicador de entregas a tiempo a un 92% para la línea de ensamble RT4 de la familia de productos AIR.
Implementar un sistema para el control de la producción de la línea de ensamble RT4 de la familia de productos AIR.	Se implementaron los siguientes sistemas: -Un sistema de producción en base a kanban. -Un sistema de inventario con el proveedor de la materia prima para las flechas RT4.
Reducir en un 40% el lead time en la línea de ensamble RT4 para la familia de productos AIR.	Se redujo en un 49% el lead time en la línea de ensamble RT4 para la familia de productos AIR; de 22.16 a 11.301 días.

De esta forma, se puede decir que se cumplió el objetivo general y los objetivos particulares del proyecto satisfactoriamente; generando cambios de beneficio para el cliente.

9. CONCLUSIONES

La metodología DEMIC encierra una manera lógica y operativa que se reflejó en el desarrollo del proyecto el cual nació de una necesidad real en una empresa de manufacturera, la cual estaba teniendo problemas para entregar a tiempo los compresores que ensambla a su Centro de Distribución. El desarrollo del proyecto permitió mejorar sus tiempos de entrega al reducir el lead time total del proceso, desde el abastecimiento de materia prima hasta el embarque de los productos. Un factor clave fue cambiar el sistema de producción actual mediante el apoyo de técnicas de Manufactura Esbelta generando una manera más organizada para atender la demanda del cliente. De esta forma se demostró cómo una empresa puede contar con los recursos suficientes para ser eficientes, pero mientras no cuente con sistemas de producción adecuados a su tipo de demanda y el compromiso por parte de todos los empleados para trabajar en conjunto y llegar a los mismos objetivos, los resultados obtenidos no serán satisfactorios ni competitivos.

10. REFERENCIAS

- Alukal, George, and Manos, Anthony. (2006). "Lean Kaizen: A simplified Approach to Process improvements", ASQ, Milwaukee.
- Anderse, Bjorn, and Fagerhaug, Tom. (2000). "Root Cause Analysis: Simplified tools and techniques", ASQ, Milwaukee.
- Baudin, M. (2002). "Lean Assembly", Productivity Press, New York.
- Bhote, R., Keki, (2002). "The Ultimate Six Sigma: Beyond Excellence to total Business Excellence", Amacom, NY.
- Cimorelli, S. (2013). "Kanban for the Supply Chain", CRC Press, Boca Raton, FL.
- Evans, J, Lindsay, W. (2005). "An Introduction to Six Sigma & Process Improvement", Western Cengage Learning. USA.
- Forrest, W., Breyfogle III. (2003). "Implementing Six Sigma", 2th. Edition, Wiley, New Jersey.
- George, M. (2004). "The Lean Six SIGMA Pocket Toolkit", Mc Graw Hill. USA.
- Levinson, William A. (1997). "PC Essentials and Productivity improvement: A manufacturing Approach", Harris Publisher, Milwaukee.
- Michael, L., George. (2003). "Lean Six Sigma for Service", McGraw-Hill, NY.
- Richard Muther & John D. Wheeler. (1994). "Simplified Systematic Layout Planning", Management and Industrial Research Publications. Michigan
- Tapping, Don, Luyster, Tom. and Shuker, Tom. (2002). "Value Stream Management: Eight Steps to Planning, Mapping, and Sustaining Lean Improvements", Productivity Press, NY.
- Toomey, J. (2000). "Inventory Management: Principles, concepts and Techniques". Kluwer Academic Publishers, USA.

Authorization and Disclaimer

Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.