

Desarrollo y casos de aplicación de *Lean Manufacturing*

Lean manufacturing: development and cases

COLCIENCIAS TIPO 5. REPORTE DE CASO

RECIBIDO: JULIO 14, 2015; ACEPTADO: AGOSTO 22, 2015

Juan Carlos Cerón Espinosa
Juan.ceron00@gmail.com

Juan Camilo Madrid García
camilomadrid@live.com

Argemiro Gamboa Gómez
gamboa689@gmail.com

Universidad Santiago de Cali, Colombia

Resumen

El documento tiene como objetivo mostrar la relevancia de la filosofía *Lean Manufacturing* y presentar los conceptos y herramientas que la componen. Parte de una perspectiva histórica, que permite ubicar el concepto en la realidad mundial que fortalece su aplicación, continúa presentando sus objetivos fundamentales (disminuir o eliminar el desperdicio, racionalizar el uso de los recursos humanos, materiales y financieros utilizados en los procesos productivos, y eliminar operaciones que no le agregan valor al producto), describiendo sus principios y, apoyado en casos reales, muestra su aplicación, bondades y limitaciones.

Palabras Clave

Lean Manufacturing; 5S; six sigma; mapas de flujo de valor; productividad.

Abstract

The document aims to show the relevance of Lean Manufacturing philosophy and to present its concepts and tools. The paper begins with a historical perspective, which allows placing this concept in the global reality that strengthens its application. Then, it continues presenting and explaining its fundamental objectives (reduce or eliminate waste, streamline the use of human, material and financial resources used in production processes, and eliminate operations that do not add value to the product), describing its principles and, supported by real cases, its advantages and limitations.

Keywords

Lean manufacturing, 5S; six sigma; Value stream maps; productivity.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día la competencia global está obligando a todas las empresas a ser mucho más eficientes para poder mantenerse en el mercado y, para ello, a generar productos con mayor valor agregado, lo cual, resulta de vital importancia en el mundo de los negocios. Es así como la reducción de costos y desperdicios se vuelve un elemento crítico para las organizaciones que buscan permanecer y seguir a la vanguardia.

Aunque existen varias “filosofías” que permiten disminuir los costos, una de las más exitosas es *Lean Manufacturing*, una filosofía de mejoramiento de procesos enfocada en la disminución de desperdicios, que utiliza enfoques de métodos y sistemas para generar una mejora en el ambiente de trabajo, los procesos y el desempeño del negocio, para así “crear” clientes satisfechos. Su principal énfasis es la identificación y la eliminación de actividades que no agregan valor en el diseño, la producción, la cadena de suministro y la relación con los clientes.

Las empresas colombianas enfrentan diferentes cuellos de botella que dificultan la optimización de la logística. Según un reciente reporte de diagnóstico y avances de logística Colombia, en materia de logística e infraestructura, se ubica en el puesto 117 (de 148); incluso en el contexto latinoamericano aparece mal “rankeado”, ocupa el puesto 15, lo que implica un gran rezago frente a la meta de convertirse, para 2032, en el tercer país más competitivo de la región (Consejo Privado de Competitividad, 2013).

Las mejoras que se han presentado en esta materia obedecen, en parte, a las empresas que han organizado sus procesos y ambientes laborales, con la ayuda de la filosofía de *Lean Manufacturing*, pues han logrado mejorar su productividad.

Según Hernández y Vizán (2013), el primer problema que se encuentra a la hora de definir el significado de *Lean Manufacturing* es el elevado número de términos en castellano con los que las empresas se refieren a este conjunto de técnicas. Dependiendo de la industria o del autor se encontrarán traducciones como producción o fabricación: delgada, ajustada, ágil, esbelta o, incluso, sin grasa. Sin embargo, el término *Lean Manufacturing* es el más aceptado entre los profesionales, quienes lo definen como una filosofía de trabajo basada en las personas, que precisa la forma de mejora y optimización de un sistema de producción, focalizándose en identificar y eliminar todo

tipo de desperdicios, definiendo éstos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios. En esta definición se identifica varios tipos de desperdicios en la producción, tales como: sobreproducción, tiempos de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos. Como indican Hernández et al., (2013), *Lean* mira lo que no deberíamos estar haciendo porque no agrega valor al cliente, y tiende a eliminarlo.

Se entiende por *Lean Manufacturing* (en castellano “producción ajustada”) la persecución de una mejora del sistema de fabricación mediante la eliminación de desperdicios, entendiendo como desperdicio todas aquellas acciones que no aportan valor al producto y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar. La producción ajustada (también llamada *Toyota Production System*) puede considerarse como un conjunto de herramientas que se desarrollaron en Japón inspiradas, en parte, en los principios de William Edwards Deming (Rajadell & Sánchez, 2010)

Según Padilla (2010), *Lean Manufacturing* es un conjunto de técnicas desarrolladas por Toyota que sirven para mejorar y optimizar los procesos operativos de cualquier compañía industrial, independientemente de su tamaño. Su objetivo es minimizar el desperdicio. Este conjunto de técnicas incluye el *Justo a Tiempo*, que corresponde al concepto de minimizar inventarios; pero este no es el gran objetivo, sino la reducción de desperdicios donde ello sea posible, ya sea inventarios, tiempos, productos defectuosos, transporte, almacenajes, maquinaria, incluso, personas.

Otras herramientas que utiliza el *Lean Manufacturing* son el *Kaizen* –mejoramiento continuo– y el *PokaYoke* –a prueba de fallos–. Estas técnicas se están utilizando para la optimización de todas las operaciones, no solo de los inventarios, para obtener tiempos de reacción más cortos, mejor atención, mejor servicio al cliente, mejor calidad y costos más bajos. Es claro que al disminuir los desperdicios, se incrementa la productividad (Padilla, 2010).

La manufactura esbelta puede considerarse como una estrategia de producción compuesta por varias herramientas administrativas cuyo principal objetivo es ayudar a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, sea este un bien tangible o un servicio, y a los procesos, reduciendo o eliminando toda clase de

desperdicios y mejorando las operaciones, en un ambiente de respeto al trabajador (Ballesteros, 2008).

Según Gisbert (2015) *Lean Manufacturing* es una filosofía que se apoya en una serie de técnicas cuya finalidad es la mejora de la productividad de la empresa, soportada por un conjunto de herramientas que:

- ayudará a eliminar todas las operaciones que no agreguen valor al producto o servicio, y a sus procesos;
- aumentará el valor de cada actividad realizada, eliminando lo que no se requiere;
- reducirá desperdicios y mejorará las operaciones, basándose siempre en el respeto al trabajador; y
- obtendrá así mejoras tangibles, medibles y significativas en la competitividad.

Así pues, la filosofía *Lean* conseguirá en la empresa:

- la eliminación planeada de todo tipo de desperdicio;
- el respeto por el trabajador; y
- la mejora consistente de la productividad y la calidad (Gisbert, 2015).

II. HISTORIA DE LA *LEAN MANUFACTURING*

Como se indicó, *Lean Manufacturing* es una filosofía –un modelo de gestión de la organización– que tuvo sus orígenes en la empresa automovilística Toyota, al punto que algunos autores considera al término un sinónimo de *Toyota Production System* [TPS], término que, como muchos otros, surgió en el sector de la manufactura y con el correr del tiempo su aplicación se fue extendiendo a otros sectores de la economía. En la actualidad, por sus beneficios, está siendo aplicado en empresas de ramos diferentes al de manufactura.

Para hablar de los orígenes del *Lean Manufacturing* vale la pena dar un breve repaso a la historia de la manufactura, dado que este modelo surgió en este campo. La historia de la manufactura tiene dos hitos, antecesores de la consolidación del *Lean Manufacturing* las revoluciones industriales.

Según Madariaga (2013), la primera revolución industrial supuso el paso de la producción artesanal a la producción industrial. Esta revolución surgió en Inglaterra a mediados del siglo XVI, en la industria textil, mediante la introducción de innovaciones que mecanizaron los telares manuales. En esta primera revolución, se destaca el aporte

de James Watt, Eli Whitney y Henry Bessemer. En la segunda revolución industrial se destacan las contribuciones de: Frederick W Taylor, padre de la gestión científica de trabajo; Henry Ford, quien fundó en 1903 la *Ford Company* y desarrolló el modelo T –con el que comenzó la segunda revolución industrial, en 1913, a través de la producción en masa de autos en la planta de Highland Park (MI)–; y Alfred P. Sloan –*General Motors*– quien aportó innovaciones en los campos del marketing y de la gestión.

Según Padilla (2010) después de la Primera Guerra Mundial Henry Ford y Alfred Sloan cambiaron la manufactura artesanal, utilizada por siglos y dirigida por las empresas europeas, por la manufactura en masa, un cambio estratégico que es en gran parte responsable del posterior dominio de la economía mundial por parte de los Estados Unidos de América.

Para Rajadell y Sánchez (2010) el punto de partida de la producción ajustada es la producción en masa, modelo de producción que durante la primera mitad del siglo XX “contagió” a todos los sectores.

El modelo de producción en masa encontró en el *fordismo* y el *taylorismo* su máxima expresión, pero dejó de ser viable porque no solo significa la producción de objetos en grandes cantidades, sino que implica todo un sistema de tecnologías, mercados, economías de escala y reglas rígidas que colisionan con la idea de flexibilidad que se imponen en la actualidad (Rajadell & Sánchez, 2010).

El desarrollo de la industria automotriz occidental se va dando paralelo al desarrollo de la industria japonesa; el *Lean Manufacturing*, como se indicó, surge en Oriente, pero por sus grandes resultados se extiende por todo el mundo. Como Gómez (2010) describe, desde la crisis económica de los años setenta, las empresas avanzadas han buscado maneras de sobrevivir a los constantes cambios del mercado.

Aunque los orígenes del *Lean Manufacturing* se remontan a 1950, sólo hasta 1990 aparecen las primeras publicaciones sobre sus técnicas y conceptos. En Toyota se implantó la primera metodología basada en los valores *Lean*, concebida por los grandes expertos, en el sistema de producción de Toyota. A partir de ese momento, esta filosofía empezó a difundirse por el resto del mundo (Gómez, 2010).

Fue Sakichi Toyoda –visionario e inventor, fundador junto 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 (Ballesteros, 2008). 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. Tiempo después, funcionarios de Toyota realizaron *benchmarking* en las plantas de Ford en los Estados Unidos e implementaron el sistema *halar* [*pull*] en su empresa. Ésta es la base del *justo a tiempo* y se complementa con el concepto de *hacerlo con calidad* [*jidoka*].

Años más tarde, Toyota aplicó las enseñanzas de W. Edwards Deming, pionero americano de la calidad, quien estimuló a los japoneses a adoptar el sistema para resolución de problemas conocido como el Ciclo Deming o el Ciclo: Planear-Hacer-Revisar-Actuar (Deming, 1989), como soporte para el mejoramiento continuo (*Kaizen*), el cual se ha convertido en una filosofía integral que procura la perfección y el mantenimiento del sistema de producción en Toyota, el que a su vez contribuye significativamente a alcanzar la meta *lean*: eliminar todos los desperdicios en el proceso.

Ballesteros (2008) indica que en la década de los sesenta el sistema de producción Toyota emergió como una filosofía poderosa que todo negocio debía aprender; cuando ocurrió la crisis petrolera de 1973, Toyota se destacó por encima de las demás compañías, por lo que el gobierno japonés intentó copiar el modelo y “pasarlo” a las demás empresas. El término *Lean Manufacturing*, sin embargo, solo surgió a inicios de los noventa, gracias a “La máquina que cambió el mundo, obra de Roos, Womack, y Jones (1991).

III. LEAN MANUFACTURING

Según Rajadell y Sánchez (2010) *Lean Manufacturing* tiene por objetivo eliminar los despilfarros mediante el uso de una colección de herramientas desarrolladas principalmente en Japón (TPM, 5S, SMED, *Kambas*, *Kaizen*, *Heijunka*, y *Jidoka*, entre otras).

Los pilares de *Lean Manufacturing* son: la filosofía de la mejora continua, el control total de la calidad, la eliminación del despilfarro, el aprovechamiento de todo el potencial a lo largo de la cadena de valores, y la participación de los operarios (Rajadell & Sánchez, 2010).

El valor es el principio fundamental (primer principio) de la filosofía *lean* y significa que el producto o servicio

debe ajustarse a las necesidades del cliente, por ello, el primer paso en el pensamiento *lean* es el cuidadoso análisis y el diálogo con los clientes correctos para comprender sus necesidades particulares y lo que ellos están dispuestos a pagar por suplirlas. Una vez que se han identificado las necesidades del cliente, es más fácil definir el valor en términos de producto específico. En el flujo del valor de la producción *lean* el eje central de la empresa es el producto, al igual que en los sistemas de calidad total es el cliente. Para llegar al producto se debe hacer una transformación de los materiales en producto acabado. Esta transformación se produce por fases, según un flujo.

En este contexto, el segundo pilar en *lean* es identificar el flujo del valor para cada producto o servicio, lo que consiste en analizar todas las actividades desarrolladas para producir el producto o brindar el servicio. El objetivo es planificar el proceso productivo de tal forma que solo incorpore las actividades que añaden valor al producto.

El flujo de valor tiene que ser considerado en su totalidad. Durante el análisis, aparecerán tres tipos de actividades: aquellas que crean valor; aquellas que no crean valor pero que son inevitables por la tecnología actual y los activos de producción de los que se disponen; y aquellas que no crean valor y que pueden evitarse (Ruiz, 2007).

El pensamiento *lean* no solo establece cómo proporcionar al cliente los bienes o servicios que realmente quiere, sino también dárselos cuando realmente lo requiere. Con este paso, se cambia el sistemas de “producir lotes caridos de productos” para limitarse a la demanda del consumidor. Son los consumidores lo que halan (*pull*) los productos, en vez de que los productos presionen (*push*) a los consumidores. Este pensamiento o filosofía se debe respetar en todo el proceso de producción y negocios, y no solo en el producto final.

Según Vilana (2010), en *Lean Manufacturing*:

- Lo único que importa producir es lo que el cliente realmente percibe como valor, por lo que un aspecto esencial es entender quién es el cliente (interno o externo) y qué quiere, es decir comprender sus necesidades, expectativas y requerimientos e incorporarlos a los procesos de trabajo.
- Cada tarea, función o actividad debe añadir valor, hay que identificar el camino de valor con el fin de eliminar el desperdicio [*Muda*], desde que se introduce la materia prima y se transforma, hasta

que se entrega el producto terminado al cliente. El objetivo es identificar todas aquellas actividades que no agreguen valor al proceso (las que generan *muda*), con el fin de minimizarlas, modificarlas o eliminarlas del proceso de trabajo.

- Hay que conseguir que el producto fluya continuamente agregando valor y eliminar, en la medida de lo posible, la producción por lotes (sobre todo de los lotes grandes). Para llegar a un movimiento continuo del proceso hay que eliminar los obstáculos representados en máquinas que constituyen cuellos de botella y eliminar los transportes innecesarios debido a malos diseños.
- Se debe introducir el *Pull System* en el proceso, una vez se ha fijado el esquema del flujo continuo en el proceso de trabajo. Es decir, se debe producir baja demanda del cliente, tratando de dar, en todo momento, una respuesta rápida a sus peticiones, con lo que se evita –o al menos se minimiza– la sobreproducción y la acumulación de inventarios.
- Es necesario tender hacia la perfección y gestionarla; la perfección en el pensamiento *lean* no sólo significa librar de defectos y errores los procesos y productos, también implica la entrega a tiempo de productos que cumplan con los requerimientos del cliente, a un precio justo y con la calidad especificada.

En otras palabras, la gestión de la perfección es una batalla continua para eliminar el *muda*, que nunca tiene fin, ya que reducir tiempos, costes, espacio, errores y esfuerzos inútiles es una acción permanente que toda organización debe llevar a cabo (Vilana, 2011).

Hernández y Vizán (2013) hacen hincapié en la casa Toyota, diciendo que los expertos recurren a explicar el sistema identificando los principios sobre los que se fundamenta el *Lean Manufacturing*. Los principios más frecuentes asociados al sistema, desde el punto de vista del “factor humano” y de la manera de trabajar y pensar, son:

- trabajar en la planta y comprobar las cosas *in situ*;
- formar líderes de equipos que asuman el sistema y lo enseñen a otros;
- interiorizar la cultura de *parar la línea*;
- crear una organización que aprenda mediante la reflexión constante y la mejora continua;
- desarrollar personas involucradas que sigan la filosofía de la empresa;

- respetar a la red de suministradores ayudándoles y proponiéndoles retos;
- identificar y eliminar funciones y procesos que no son necesarios;
- promover equipos y personas multidisciplinares;
- descentralizar la toma de decisiones;
- integrar funciones y sistemas de información; y
- obtener el compromiso total de la dirección con el modelo *lean*.

A estos principios hay que añadir los relacionados con las medidas operacionales y técnicas a usar:

- crear un flujo de procesos continuo que visualice los problemas a la superficie;
- utilizar sistemas *pull* para evitar la sobreproducción;
- nivelar la carga de trabajo para equilibrar las líneas de producción;
- estandarizar las tareas para poder implementar la mejora continua;
- utilizar el control visual para la detección de problemas;
- eliminar inventarios a través de las diferentes técnicas;
- reducir los ciclos de fabricación y diseño; y
- conseguir la eliminación de defectos (Hernández & Vizán, 2013).

A. Mapas de flujo de valor

Según la Asociación Española para a Calidad (2007) ésta herramienta, conocida como VSM [*Value Stream Mapping*], es una técnica visual utilizada para diagnosticar la situación actual de la empresa y dibujar el mapa de flujo de valor futuro.

Es preciso recordar que el flujo de valor (o *value stream*) es el conjunto de actividades específicas necesarias para transformar la materia prima o componentes, en producto (o familia de productos) acabado, visto desde la óptica del cliente. El punto de partida es el mapa de la situación actual, donde se representan gráficamente las actividades que intervienen en la producción de una familia de productos. Se dibuja mediante la observación directa desde el puesto de trabajo, identifica flujos de material y de información, y contiene toda la información relevante del proceso –clientes, bloques de procesos, inventarios, proveedores– y los datos del proceso –especialmente tiempo de ciclo, tiempo de maquinaria, tiempo de

preparación, volúmenes de fabricación, número de personas, eficiencia, etc.– (AEC, 2007).

B. Herramientas de *Lean Manufacturing*

Las herramientas de *Lean Manufacturing*, descritas a continuación, son modelos de gestión que están enfocados en la creación de flujos para poder entregar el máximo valor a los clientes, utilizando para ello los mínimos recursos necesarios.

5S

Según Rajadell y Sánchez (2010) la implantación de las 5S sigue un proceso establecido en cinco pasos, cuyo desarrollo implica la asignación de recursos, la adaptación a la cultura de la empresa y la consideración de aspectos humanos. Los principios básicos de las 5S se conforman de cinco pasos o fases, que en japonés, cuya fonética en japonés empieza por “S”: *Seiri* (eliminar lo innecesario), *Seiton* (ordenar, colocar cada cosa en su lugar), *Seiso* (limpiar e inspeccionar), *Seiketsu* (estandarizar, fijar la norma de trabajo para respetarla) y *Shitsuke* (disciplina, construir autodisciplina y formar el hábito de comprometerse).

El método, desde el desarrollo del concepto original, alrededor de 1980, ha sido aplicado ampliamente en empresas industriales, más que en servicios, a pesar de que quizás son las áreas de servicios las que mayores posibilidades de mejora y beneficios pueden alcanzar con su práctica. Las 5S comprometen, tanto a la dirección, como a los niveles operativos, en la búsqueda de mejores niveles de rendimiento (Rajadell & Sánchez, 2010).

La herramienta 5S corresponde a la aplicación sistemática de los principios de orden y limpieza en el puesto de trabajo que, de una manera menos formal y metodológica, ya existían dentro de los conceptos clásicos de organización de los medios de producción.

El concepto 5S no debería resultar nada nuevo para ninguna empresa pero, desafortunadamente, si lo es. Es una técnica que se aplica en todo el mundo con excelentes resultados por su sencillez y efectividad, por lo que es la primera herramienta a implantar en toda empresa que aborde el *Lean Manufacturing*.

Su aplicación produce resultados tangibles y cuantificables para todos, con un gran componente visual y alto impacto en un corto plazo. Es una forma indirecta de que el personal perciba la importancia de las cosas

pequeñas, de que su entorno depende de él mismo, que la calidad empieza por cosas muy inmediatas, de manera que facilita lograr una actitud positiva ante el puesto de trabajo (Hernández & Vizán, 2013).

Heijunka

Aunque el concepto está destinado para ser utilizado en un entorno dado, donde diferentes productos son manufacturados, el análisis comienza con un caso muy simplificado, donde uno de los productos es de uno de sus clientes. En un principio, la línea de montaje se trata de forma aislada, que sirve un mercado con demanda independiente. *Heijunka* sirve como modelo básico para el siguiente paso, donde el cliente utiliza un sistema de *kanban* con el fin de controlar su suministro de piezas (Furmans, 2005).

Just-in-time / Kanban

Los sistemas *Just-In-Time/Kanban* (JIT/K) están asociados con el desarrollo de los nuevos modelos de organización industrial que se experimentaron en el contexto de la reconstrucción de la economía japonesa en los años que median el pasado siglo. Los aspectos más desarrollados de las innovaciones japonesas en este campo suponen una revisión exhaustiva y el perfeccionamientos de los modelos organizacionales occidentales, en general, y estadounidenses, en particular (Juárez, 2002).

Lean Six-Sigma

Las organizaciones pueden utilizar *Lean Six Sigma* para la mejora continua de sus procesos de negocio. *Lean* es una filosofía que reduce o elimina tiempos, materiales y esfuerzos innecesarios. Seis *Sigma* es un concepto diseñado para mejorar la eficacia general mediante la definición, la medición, el análisis, la mejoría y el control de los procesos. *Lean Six Sigma* le permite a las organizaciones reducir los gastos y mejorar su productividad. Un número creciente de organizaciones lo está utilizando para mejorar sus procesos de negocio.

Poka-yoke

Se refiere a cualquier mecanismo que previene la ocurrencia de un error o defecto de fabricación y se concentra en remover las causas de los defectos que son importantes (Shingo, 1986; 1987).

Es una manera de ayudar a la gente a hacer las cosas de la manera correcta, desde la primera vez. En lugar de permitir que los procesos continúen, una vez un error ha sido detectado *Poka yoke* permite al usuario detener el

proceso (Shahin, 2010). El concepto se puede utilizar para sustentar una política de cero defectos de fabricación (Fisher, 1999).

IV. MÉTODO

El método para la adquisición del conocimiento en esta investigación fue inicialmente el deductivo, el cual parte del tema general, la teoría de *Lean Manufacturing*, y su aplicación en un caso particular, el sector manufacturero. También se aplicó el método de análisis o analítico, el cual parte de un tema general que se descompone en sus partes para facilitar su estudio.

V. RESULTADOS

A continuación se muestran algunos casos de empresas donde se implementaron las herramientas de *Lean Manufacturing* en sus procesos industriales para la mejora y optimización de sus indicadores y productos.

A. *Lean manufacturing en la industria vinícola*

Para comparar los datos actuales con los que se estima obtener con las mejoras propuestas, podemos analizar qué tan efectivo es aplicar las técnicas de esta metodología en un proceso tan peculiar como el de la elaboración del vino. En el mapa del estado actual el dato que más llama la atención es el tiempo de maduración o *lead time*, que es de 440 días, cuando realmente el tiempo en valor agregado es de 31 días. Esto ocurre debido al gran volumen de inventario existente en la planta de productos en proceso. En consecuencia, la materia debe durar largos períodos de tiempo en la bodega antes de ser despachado.

Se propone lograr un flujo continuo mediante la implementación de sistemas *Kanban* y supermercados, para alcanzar bajos volúmenes de inventario; se estima un *lead time* de 162 días. Además, con el sistema de compras de materia prima, se ahorra dinero y el espacio empleado en almacenar esos materiales. Otro problema importante es la sobreproducción, ya que la bodega produce unas 168,000 botellas de vino joven al año, cuando la demanda es de 145,600 botellas. Ajustando la producción a la demanda de los clientes, mediante el sistema *Kanban* del inicio del proceso y el supermercado del área de despacho o *shipping*, se reduciría o eliminaría este desperdicio, lo que además implica un ahorro en materiales, principalmente en uvas.

Respecto del sistema de información, se eliminaría la

necesidad de que el bodeguero planifique cada proceso, ya que todo el sistema estaría movido por el flujo continuo. Solo se debe planificar el proceso regulador, que resultó ser el área de embotellado, sin dejar de mencionar que las pruebas de calidad seguirán desempeñando un papel determinante para el flujo del proceso.

Los resultados previstos para el sector, tras la investigación en el mismo y el análisis de los resultados de la aplicación de las técnicas y principios *lean* en procesos para la elaboración del vino de Rioja, desprenden como resultados:

- reducción del tiempo total de espera de producción en un 60 %;
- reducción en un 13% de la compra en materia prima, con un ahorro de 49,000 € /año, para una bodega media;
- eliminación de las pérdidas y el deterioro del material en proceso;
- reducción de la cantidad de información entre procesos;
- mejor utilización del espacio físico y de la maquinaria en la bodega; y
- mejor distribución de trabajo en los operadores; y

Varias técnicas *lean* pueden ser adoptadas en esta situación. En la Tabla 1 se muestran aquéllas en las que se ha comprobado su aplicabilidad (y el grado en que lo son).

Tabla 1. Aplicabilidad de herramientas *lean* en el sector vinícola

Herramienta	Nivel de aplicabilidad
5S	Universal
Ayudas visuales	Universal
Kaizen	Universal
VSM	Aplicable
Mantenimiento preventivo total	Aplicable
Kanban	Parcialmente aplicable
JIT	Probablemente no aplicable
SMED	Probablemente no aplicable
Manufactura celular	Probablemente no aplicable

En general, las empresas que han puesto en práctica *Lean Manufacturing* como su filosofía de trabajo han experimentado reducciones significativas en los tiempos de entrega, el costo, el re-proceso, los inventarios, el tiempo de preparación, el nivel de materiales en proceso y el número de defectos. Al mismo tiempo han aumentado su productividad, son más flexibles, han mejorado la calidad, hacen una mejor utilización del personal y logran un mejor uso del espacio y de la maquinaria. Las siguientes mejoras

han sido atribuidas al uso de los conceptos *lean* y sus herramientas:

- aumento de más de 30% anual en productividad;
- reducción de inventario en más de un 75%;
- reducción de un 20% de defectos por año;
- reducción del tiempo de maduración superior al 70%;
- mejora de más de un 10% en la utilización de mano de obra directa, y de un 50% en indirecta;
- mejora de un 30% del espacio y la maquinaria;
- reducción de costos en general; y
- reducción de la energía utilizada.

Otro objetivo importante que busca *Lean Manufacturing* es el bienestar del personal y, al mismo tiempo, la creación de empleados polivalentes, capaces de realizar tareas diferentes con agilidad, gracias a los programas de desarrollo de los empleados.

Otras ventajas no cuantificables son el buen espíritu de trabajo en equipo, la cultura de innovación, la proactividad de los empleados, las mejores condiciones laborales, y la prolongación de la vida útil de la maquinaria. Sin embargo, existen algunas críticas con respecto a este tema, ya que algunos autores consideran que el sistema de flujo continuo puede causar estrés en los empleados.

Los resultados demuestran que *lean* no debe enfocarse en un área funcional de la empresa, sino que el programa de mejora debe estar enfocado en toda la cadena de valor, desde el diseño del producto, hasta la integración de las cadenas de suministros y distribución. Si se corrigen errores en el diseño se ahorra tiempo y recursos a la hora fabricar el producto o prestar el servicio (Tejada, 2011).

B. *Lean six sigma en pequeñas y medianas empresas*

Jiménez (2013) realizó la aplicación de *Lean Six Sigma* [LSS], para su validación, en una pequeña empresa dedicada a la fabricación de muebles de madera. Teniendo en cuenta que la empresa hasta el momento de la validación no contaba con un direccionamiento estratégico, se procedió a identificar sus metas a mediano y largo plazo. Algunas de ellas son:

- posicionar sus productos entre los de mayores ventas;
- mejorar los estándares de calidad de sus productos, de tal manera que ello se refleje en la disminución

de los servicios generados a causa de devoluciones por parte del cliente final;

- mejorar la productividad de sus procesos de producción, de tal manera que ello impacte en los costos de: producción, mala calidad y re-proceso, y los tiempos de ciclo y la capacidad de producción.

Fase de preparación

Esta fase se desarrolló con la participación de la empresa en un programa de fortalecimiento de PYMES por medio de LSS, financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo [BID]. Con el apoyo financiero y técnico de este programa se logró capacitar al gerente y a varios empleados de la organización, y con ello fue posible abordar dos aspectos clave, como son el compromiso de la dirección y la formación para LSS. Por otro lado se desarrollaron algunas acciones para abordar los cuatro aspectos restantes, alguna de estas acciones fueron:

- Alineación estratégica de LSS. Dado que la empresa no contaba con un plan estratégico, se decidió construir un mapa estratégico para definir acciones que se pudieran abordar a partir de la implementación de LSS.
- Enfoque al cliente. Para identificar las necesidades y expectativas de los clientes, se utilizó la herramienta SIPOC [Supplier, Input, Process, Output, Customer] (Kerri, 2001), complementada con la identificación de seis aspectos críticos de satisfacción del cliente: estética del producto, resistencia, durabilidad de la pintura, variedad del diseño, tiempo de entrega y costo del producto.
- Estandarización de procesos. Se realizó un diagnóstico basado de las técnicas del estudio del trabajo y se diseñó un plan de mejora basado en la filosofía de las 5S.
- Cultura de medición. En vista de la necesidad de implementar procesos de medición en cada una de las etapas del proceso de producción, se diseñó un instrumento para recolectar datos de las devoluciones internas en las diferentes etapas del proceso de fabricación, y con base en él se construyeron indicadores de calidad, sobre los cuales se hizo monitoreo y control.

Fase de identificación

La identificación de los focos de mejora en la empresa se hizo desde dos perspectivas: defectos y productos. La

primera, con la identificación de las no conformidades sobre las cuales los clientes tenían mayores quejas; la segunda, sobre los productos en los cuales se presentaba la mayor cantidad de devoluciones o reclamos de garantía. Para esto se tomaron los registros de las devoluciones y se realizó un análisis de Pareto para cada perspectiva.

Los resultados de análisis mostraron que el 80% de los defectos estaba concentrado en cuatro tipos de defecto: problemas en pintura, problemas debido al secado de la madera, problemas en el armado y problemas por el embalaje del producto.

Con base en lo anterior, se decidió concentrar los esfuerzos en estos pocos factores y así obtener un impacto considerable en la reducción de las devoluciones y, por ende, en la calidad del producto.

Fase de ejecución

De los siete proyectos identificados se priorizaron y ejecutaron dos. A continuación se presenta el desarrollo de cada una de las fases del proceso *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* [DMAIC] (IKOR, 2014), para el proyecto: Disminución de las devoluciones de gavetas defectuosas.

Tabla 2. Identificación de focos de mejora y proyectos

Foco de mejora	Proyecto identificado
Defectos en pintura	1. Disminución de las devoluciones de productos por problemas con el acabado de la pintura. 2. Disminución de las devoluciones de productos por presencia de manchas en la pintura.
Problemas en el secado de la madera	3. Disminución de las devoluciones de productos por madera rajada.
Problemas en el armado	4. Disminución de los reprocesos por mala colocación de los herrajes. 5. Disminución de las devoluciones de alcobas por pegas abiertas en los largueros, piceros y cabeceras de las camas. 6. Disminución de las devoluciones de gavetas defectuosas.
Problemas en el embalaje del producto	7. Disminución de las devoluciones de productos por presencia de rayones en la superficie.

Define / Definir

Los procesos de corte y armado son los encargados de garantizar que las gavetas posean las especificaciones requeridas, para un correcto acople en los nocheros, tocadores y piceros de algunas camas. Al inicio del proyecto la empresa había identificado que las devoluciones por defectos en las gavetas estaban en 15,59%, lo que se considera bastante crítico, por los costos que ello representa en cuanto a tiempo y material

desperdiciado. Los costos de mala calidad por cada gaveta defectuosa son de \$14.000, lo que representa un costo promedio mensual de \$4.914.000. En esta primera fase del proyecto se realizó un análisis del proceso de corte de madera y armado de las gavetas, con el fin de definir las variables claves que sirvan como base para identificar la causa raíz del problema.

Measure / Medir

Teniendo en cuenta que la identificación de las gavetas defectuosas se hace con una inspección visual, se procedió a realizar un estudio de concordancia de atributos, cuyos resultados arrojaron una tasa de error general del 13,3%, con lo que se consideró que la consistencia en el proceso y los criterios de inspección eran aceptables. Después de esto se verificó que el proceso estuviera bajo control estadístico y se realizó un estudio de capacidad de proceso binomial (variable pasa/no pasa). Los resultados arrojaron un nivel de defectos por millón de oportunidades [DPMO] de 155.861 y un nivel sigma de 2,52.

Analyze / Analizar

Para la identificación de la causa “raíz” de las gavetas defectuosas se hizo un análisis de las variables involucradas en los procesos de corte y armado. En el proceso de corte se identificaron las causas por las cuales la madera cortada no cumplía con las tolerancias establecidas, problema dificulta el acople de las gavetas con los nocheros y tocadores de las alcobas; por otro lado, en el proceso de armado, se identificaron las causas por las cuales las gavetas quedaban mal ensambladas.

Se utilizó el diagrama de Isikawa como herramienta para identificar cada una de las causas, las cuales se clasificaron en seis categorías: mano de obra, materiales, métodos, máquinas, mediciones y ambiente de trabajo.

Las causas asociadas a factores humanos se validaron según exploración de varianza y los factores procedimentales por el análisis de modo y efecto de fallo [AMEF]. Los resultados mostraron que la causa raíz estaba asociada mayormente a errores en el proceso de corte y que, en cambio, la experiencia y el conocimiento del operario no eran relevantes. Se pudo establecer que los procesos de corte no estaban debidamente estandarizados, que no se utilizaban guías o instrumentos de apoyo para realizar un corte de alta precisión, y que los procesos de inspección en el área de corte no permitían garantizar una calidad aceptable para el proceso de ensamble.

Improve/ Mejorar

Teniendo en cuenta los resultados de la fase de análisis se elaboró un plan que incluye las siguientes acciones de mejora:

- diseñar y estandarizar el proceso de corte;
- diseñar e implementar guías y dispositivos de apoyo al proceso de corte y armado;
- capacitar y entrenar a los operarios en el nuevo proceso de corte y el uso de guías y dispositivos; y
- diseñar un proceso eficiente de verificación de dimensiones de las piezas cortadas.

Con la implementación de estas acciones se logró una reducción en los defectos de 15,59% a 13,52%, una disminución de 155.861 a 102.000 DPMO, el aumento del nivel sigma, de 2,52 a 2,74.

Control/ Controlar

Habiendo alcanzado mejoras importantes en el proceso de corte y armado de gavetas, y con el fin de mantenerlas, se implementaron las siguientes acciones:

- utilizar una gráfica de control P para monitorear el porcentaje de devolución de gavetas defectuosas;
- realizar auditorías mensuales para monitorear el problema de gavetas defectuosas, las posibles causas y las mejoras alcanzadas; e
- implementar la gerencia visual en el área de armado para que el jefe de producción y los operarios del área puedan hacer seguimiento constante sobre las métricas relevantes del área.

Fase de evaluación

Se evaluaron los resultados de los proyectos, con ello fue posible identificar los siguientes impactos:

- mejoras en el nivel de calidad de las alcobas, con la reducción de los problemas por pegas abiertas y gavetas defectuosas;
- aumento en la capacidad del proceso de corte, específicamente en la exactitud de las dimensiones de las piezas cortadas;
- aumento en la capacidad del proceso de armado de gavetas, por disminución del porcentaje de no conformidad en esta área;
- aumento en la capacidad del proceso de armado de camas, ya que se disminuyó el porcentaje de no conformidad por presencia de pegas abiertas; y

- menores quejas por parte del cliente externo, respecto de la presencia de pegas abiertas y gavetas defectuosas.

En la Tabla 3 se presenta un resumen de los resultados en dos de los proyectos ejecutados.

Tabla 2. Resultado de los proyectos

	Proyecto 1	Proyecto 2
Título	Reducir devoluciones por pegas abiertas	Reducir devoluciones por gavetas defectuosas.
Objetivo	Reducirlas 1%	Reducirlas al 1%
Métrica	De 20,44% a 11,71%	De 15,59% a 10,20%
Nivel sigma	De 2,3 a 2,7	De 2,51 a 2,75
DPMO	De 204.338 a 117.100	De 151.861 a 102.000
Ahorro	\$18M	\$20M

De las lecciones aprendidas identificadas en el proceso de evaluación se destaca el trabajo a profundidad que se debe hacer sobre el factor humano antes de implementar cualquier cambio en sus métodos de trabajo, lo que incluye: sensibilización, capacitación, motivación, participación e incentivos. Esto se menciona porque el factor humano limitó en gran medida la consecución de los objetivos planteados en los proyectos (Felizzola & Luna, 2014).

C. Las pymes agroalimentarias en Venezuela y el desarrollo sustentable: enfoque basado en los principios de manufactura esbelta

Según Cardozo, Rodriguez, & Guaita (2011), las pymes estudiadas:

- contienen rasgos de explotación familiar
- su capacidad empleadora es de 139 trabajadores directos y 452 indirectos;
- su producción diaria es 6.246 Kg. del producto;
- poseen, internamente, un alto sentido de pertenencia; y
- mantienen una relación de permanencia con sus proveedores de leche.

No se observaron factores vinculados con los principios de producción esbelta, son básicamente productoras artesanales, quienes, en algunos casos, cuentan con controles de calidad referidos a acidez de la mezcla, temperatura, textura y densidad de la masa. No se encontraron aspectos como: mantenimiento y organización de áreas de trabajo, capacitación, difusión de la cultura de producción esbelta y procesos de autorregulación.

En términos medioambientales, se consideró inicialmente el sistema de recolección de la materia prima. Los productores, en su mayoría, utilizan recipientes de plástico, los cuales pueden constituirse elementos nocivos para la salud si no se les aplica un adecuado sistema de limpieza. Dado que el queso telita se produce a partir de leche cruda, se infiere que este es un aspecto que presenta una oportunidad de mejora. En cuanto a la utilización del agua, el 52% no cuenta con un sistema de aducción de agua potable ni de aguas servidas.

El manejo de los residuos, incluyendo el suero lácteo, genera pasivos ambientales debido a que los mismos van al ambiente sin ningún tipo de control, lo que no solo puede afectar los afluentes de agua de la zona, sino que además genera contaminación de insectos y distintos tipos de plagas (moscas, mosquitos, entre otros).

Para la verificación de las buenas prácticas de producción alimentaria, este aspecto fue asociado con la existencia de los permisos de funcionamiento y un sistema de protección del trabajador. Solo 16% contaba con el primero, y solo 23% protegía a los trabajadores. Es decir, solo una minoría cumplía con las buenas prácticas de producción alimentaria (que supone la obtención del permiso). Adicionalmente, sólo el 8% aplica controles asociados con la calidad: acidez de la mezcla, temperatura, textura y densidad de la masa.

Como se indicó, el 77% no cuenta con sistemas de protección al trabajador, como uniformes, botas, gorros, guantes. El trabajador realiza las tareas prácticamente desprotegido, por lo que se encuentra expuesto a las condiciones del ambiente en el cual ejecuta su trabajo, y está sometido a riesgos de enfermedades propias de la labor. Se destaca, asimismo, que los operarios no poseen los certificados de salud requeridos para este tipo de las empresas.

Lo anterior refleja la necesidad de actualizar estas pequeñas empresas en el uso de herramientas de Lean que les permitan volverse competitivas. Estas pymes evidencian un proceso productivo tipo artesanal, con un ordenamiento horizontal, propio de las explotaciones familiares; los factores vinculados con los principios de producción esbelta no fueron evidenciados, ausencia que representa oportunidades de mejora.

Es necesario que estas pymes implementen controles de calidad en todas las áreas, no solo para lo evidente, garantizar la calidad del producto, sino también para

ofrecer seguridad al consumidor. Asimismo, es necesario que atiendan las políticas y estrategias de protección del ambiente.

En estas condiciones las empresas estudiadas no están en capacidad insertarse y ser competitivas en los mercados internacionales; inclusive su permanencia en el mercado nacional está en riesgo.

Una forma de hacerlas más competitivas es incorporarlas progresivamente en el contexto de los sistemas de manufactura esbelta. La propuesta que se haga, además de integrar los aspectos característicos de este tipo de explotación, deberán incluir: el diseño organizacional, la filosofía de gestión, el diseño de cargos, las prácticas operativas, las estrategias de control de calidad.

Asimismo, se pueden implementar herramientas propias de los sistemas de manufactura esbelta. Por sus características, se podrían aplicar: 5S, *kanban*, *jidoka*, *poka yoke* y justo a tiempo (Cardozo et al., 2011).

VI. CONCLUSIONES

Es importante mencionar que la implementación de *Lean Manufacturing* para poder implementar *Lean Manufacturing* en una empresa es necesario analizar y modificar el proceso de producción y la manera de operar de todos los involucrados en la empresa.

Lean Manufacturing es más que una simple regla de implementación para realizar mejoras en un proceso, es una filosofía, una estructura de pensamiento direccionada hacia el cambio y mejora continua. La implementación adecuada de cada estrategia en su momento del tiempo trae mejoras en los procesos, se insiste en que no es una regla, sino una manera de pensar que compete a todas las áreas de la empresa.

La mayoría de las estrategias *lean* están bien definidas, representan bajos costos en su implementación y representan mejoras contundentes en el proceso. Realmente no hay un orden estricto de aplicación de cada estrategia (aunque si varias recomendaciones de orden de aplicación de técnicas), pero en función de su objetivo, cada técnica tiene la manera de adecuarse a otra ya implementada.

La eficiencia de su utilización depende del grado de compromiso de cada miembro del equipo de trabajo. Es una técnica incluyente, que siempre tiene en cuenta al trabajador, por ello genera cultura organizacional.

Es necesario tener en cuenta que no todos los ambientes de producción son aptos para la implementación de *Lean Manufacturing*, debido a las restricciones que tiene la herramienta. Sin embargo, las compañías que no son aptas para su implementación plena, pueden adoptar fragmentos de su estructura y obtener buenos resultados, aunque de esta manera dicha compañía no se considere una organización *lean*.

VII. REFERENCIAS

- Asociación Española para la Calidad [AEC]. (2007). *Lean Manufacturing*. Madrid, España: AEC.
- Ballesteros, P. (2008). Algunas reflexiones para aplicar la manufactura esbelta en empresas colombianas. *Scientia et Technica*, 14(38), 223-228.
- Cardozo, E., Rodríguez, C., & Guaita, W. (2011). *Las pequeñas y medianas empresas agroalimentarias en Venezuela y el Desarrollo Sostenible*. *Información tecnológica*, 22(5), 39-48.
- Consejo Privado de Competitividad. (2013). *Informe Nacional de Competitividad 2013-2014*. Recuperado de: <http://www.compite.com.co/site/informe-nacional-de-competitividad-2013-2014/>
- Deming, E. (1989). *Calidad, productividad y competitividad: la salida de la crisis*. Madrid, España: Díaz de Santos.
- Felizzola, H., & Luna, C. (2014). Lean six sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 22(2), 263-277.
- Fisher, M. (1999). Process improvement by poka-yoke. *Work Study*, 48(7), 264-266.
- Furmans, K. (2005). Models of heijunka-levelled kanban-systems. In: *5th International Conference on Analysis of Manufacturing Systems-Production and Management*, (pp. 243-248). Recuperado de: <http://www.smmso.org/SMMSO2005/Papers/Furmans.pdf>
- Gisbert, V. (2015). Lean manufacturing. Qué es y qué no es, errores en su interpretación y aplicación más usuales. *3C Tecnología*, 13(4), 42-52.
- Gómez, P. (2010). Lean manufacturing: flexibilidad, agilidad y productividad. *Gestión & Sociedad*, 3(2), 75-88.
- Hernández, J., & Vizán, A. (2013). *Lean manufacturing: conceptos, técnicas e implantación*. Madrid, España: Fundación EOI.
- IKOR. (2014, junio 11). El ciclo DMAIC como método para la mejora de los procesos de producción. Recuperado de: <http://blog.ikor.es/es/el-ciclo-dmaic-como-metodo-para-la-mejora-de-los-procesos-de-produccion/>
- Juárez, H. (2002). Los sistemas just-in-time/Kanban. *Política y Cultura*, 18, 40-60.
- Kerri, S. (2001). *SIPOC Diagram* [iSixSigma.com]. Recuperado de: <https://www.isixsigma.com/tools-templates/sipoc-copis/sipoc-diagram/>
- Madariaga, F. (2013). *Lean manufacturing: exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familia de productos mediante procesos discretos*. Madrid, España: Bubok.

- Padilla, L. (2010). Lean manufacturing: manufactura esbelta/ágil. *Revista Ingeniería Primero*, 15, 64-69.
- Rajadell, M. & Sánchez, J. (2010). *Lean manufacturing: la evidencia de una necesidad*. Madrid, España: Díaz de Santos.
- Roos, D., Womack, J., & Jones, D. (1991). *The machine that changed the World: The story of lean production*, New York, NY: Harper Perennial.
- Ruiz, P. (2007). *La gestión de costes en lean manufacturing*. La Coruña, España: Netbiblo.
- Shahin, A. (2010). Service Poka Yoke. *International Journal of Marketing Studies*, 2(2), 190-201.
- Shingo, S. (1986). *Zero quality control: Source inspection and the Poka-Yoke system*. Portland, OR: Productivity Press.
- Shingo, S. (1987). *The sayings of Shigeo Shingo: Key strategies for plant improvement*. Portland, OR: Productivity Press.
- Tejada, A. (2011). Mejoras de lean manufacturing en los sistemas productivos. *Ciencia y Sociedad*, 36(2), 276-310.
- Vilana J.(2011). *Fundamentos del lean manufacturing*. Madrid, España: OEI. Recuperado de: http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:75259/componente75258.pdf

CURRÍCULOS

- Juan Carlos Cerón Espinoza*. Administrador de Empresas; Especialista en Espíritu Empresarial, Desarrollo Humano y Organizacional; y Magíster en Educación Ambiental y Desarrollo Sostenible. Docente e investigador en las áreas de administración y responsabilidad social en la Universidad Santiago de Cali [USC], la Universidad Católica y la Universidad Minuto de Dios. Es miembro del grupo de investigaciones GICONFEC de la USC.
- Juan Camilo Madrid García*. Ingeniero Industrial egresado de la Universidad Santiago de Cali.
- Argemiro Gamboa Gómez*. Ingeniero Industrial egresado de la Universidad Santiago de Cali.