

Modelo de aplicación de la metodología lean-seis sigma para optimización del sistema productivo de molduras en una empresa del estado de Chihuahua

Jorge Tomás Gutiérrez Villegas, Antonio Lucas Marmol

Universidad Internacional Iberoamericana. Calle 15 #36, entre 10 y 12, Imi, III, 24560 Campeche, Camp.

Resumen

La presente investigación se analiza desde la perspectiva del mejoramiento de procesos, el impacto de la metodología y las técnicas lean seis sigmas, por separado y su integración en una empresa del sector forestal de la región sur del estado de Chihuahua, en el área de fabricación de molduras. Los principales problemas detectados consistieron en un porcentaje elevado de actividades de desperdicio o mudas y variabilidad, en las mediciones de la cadena de valor de la organización como stock de inventarios por encima de los niveles deseados, niveles de eficiencia, eficacia y disponibilidad inferiores a los requeridos por empresas de clase mundial y desabasto de materia prima en las diversas áreas de producción. Se diseñó e implementó un modelo híbrido lean seis sigmas, un proceso de flujo continuo y la técnica pull para solucionar las problemáticas presentadas. Se analizaron 16 indicadores lean seis sigma, logrando alcanzar la meta propuesta en 11. Los principales resultados obtenidos, muestran un impacto en la organización al incrementar las utilidades en el área de molduras 149%, las entregas de materia prima fueron frecuentes con lotes pequeños, reduciendo los inventarios de materia prima un 83% y 77% en inventario total, logrando una reducción del lead time de 18 días. En el sistema productivo se redujo el número de máquinas utilizadas de 13 a 11 y el número de empleados de 42 a 37 lo que representa un 12% en la disminución de la fuerza de trabajo. Se logró disminuir el porcentaje de desperdicio en todas las áreas de aproximadamente 71.92%, el porcentaje de aumento en las actividades que agregan valor se elevó de un 68.13% a 91.05%. El nivel sigma de mejoramiento del sistema de gestión aumentó de 3.68 a 4.07 alcanzando un rendimiento del proceso de 99.4961% y 5039 dpmo.

Abstract

This research is analyzed from the perspective of process improvement, the impact of the methodology and lean six sigma techniques, separately and their integration in a company in the forestry sector of the southern region of the state of Chihuahua, in the manufacturing area of moldings. The main problems detected consisted of a high percentage of waste or mudas activities and variability, in the measurements of the organization's value chain such as inventory stock above the desired levels, levels of efficiency, effectiveness and availability below those required by world-class companies and shortage of raw materials in the various production areas. A six sigma lean hybrid model, a continuous flow process and the pull technique were designed and implemented to solve the problems presented. 16 lean six sigma indicators were analyzed, achieving the goal proposed in 11. The main results obtained show an impact on the organization by increasing profits in the molding area 100%, deliveries were frequent with small batches, reducing inventories 83% of raw material and 77% in total inventory, impacting on a lead time reduction of 18 days. In the production system, the number of machines used was reduced from 13 to 11 and the number of employees from 42 to 37, which represents a 12% reduction in the workforce. It was possible to reduce the percentage of waste in all areas of approximately 71.92%, the percentage of increase in activities that add value rose from 68.13% to 91.05%. The sigma level of improvement of the management system increased from 3.68 to 4.07 reaching a process performance of 99.4961% and 5039 dpmo.

Palabras clave: Lean seis sigma, desperdicios, flujo continuo, sistema de jalón, sistemas de gestión de calidad.

Keywords: Lean Six Sigma, Waste, Continuous Flow, Pull System, Quality Management Systems.

1. ANTECEDENTES

El anuario estadístico de la producción forestal (2020), relata que, en México en el año 2017, los predios autorizados para producir madera, sus derivados o algún producto no maderable superaban los 14,000 proporcionando empleos, ingresos y una producción que superó los 10 mil millones de pesos. La industria forestal en México, históricamente ha estado concentrada en las regiones donde se localizan los bosques de coníferas, la mayor cantidad de extracción forestal se ha presentado principalmente en los estados de Durango, Chihuahua, Michoacán, Oaxaca, Estado de México y Jalisco.

Berrospi y Herrera (2014) indican que actualmente la industria forestal aporta de manera importante al dinamismo económico de las ciudades donde se desarrolla, más sin embargo el uso ineficiente de la materia prima que se da en estos genera problemas sociales, ambientales y económicos, por ello la necesidad de realizar investigaciones que aporten al correcto uso del recurso. Palma Álvarez (2015) relata que la industria de molduras ha presentado un importante crecimiento en la última década, gracias al aumento en las exportaciones de molduras pegadas en procesos de finger joint y sólidas, así como las producidas con productos MDF, que se han posicionado con una buena penetración de mercado en Estados Unidos y Asia principalmente.

Valerius, Vaz, y Frega (2017), indican que las molduras para marcos de madera de coníferas, tienen una baja participación en las exportaciones del sector forestal más, sin embargo, son uno de los principales productos de mayor valor agregado, esta situación se ve reflejada ya que las molduras representan una utilidad del 50% del total alcanzado por las empresas dedicadas a esta actividad.

En la actualidad las empresas no solo buscan vender sus productos; se persigue la producción eficiente y eficaz con expectativas de alcanzar la excelencia. Por ello cada vez son más las organizaciones que están utilizando metodologías, estrategias y técnicas para adquirir capacidad competitiva mediante procesos ágiles, esbeltos y con una calidad no solo en productos sino en procesos que rebasen las expectativas de los clientes.

Existen empresas en la región sur del estado de Chihuahua, que utilizan las herramientas lean y seis sigma de manera individual, sin atreverse a utilizarlas como un híbrido. Manufactura esbelta por ser una estrategia diseñada para identificar, disminuir o eliminar MUDAS definidas como cualquier actividad que no agregue valor al producto (aquellas que no cambian, transforman o modifican las características del producto) en función de los requerimientos del cliente, seis sigma como una filosofía de trabajo que identifica la causa de los problemas que ocurren en un sistema y su respectiva eliminación para llevar a la empresa a un estado ideal, con la utilización de métodos de trabajo justo a tiempo entregando los productos en la cantidad, momento y características de calidad solicitados por el cliente. Las herramientas lean mejoran el flujo del proceso adelgazando las actividades por la eliminación o reducción de las mudas, seis sigma reduce la variabilidad de los procesos y mejora la capacidad de los sistemas.

Las principales empresas en la región sur del estado de Chihuahua, pertenecen a los sectores forestal y minero. En los años más recientes el sector forestal ha tenido un crecimiento importante en sus operaciones y en consecuencia la competencia entre las diferentes organizaciones se ha intensificado, obligándolas a ser más rentables y productivas, para ello se han auxiliado de sistemas diseñados y destinados a la producción de bienes útiles a la sociedad, como manufactura esbelta, seis sigma y lean seis sigma, ya que son propuestas que permiten a las empresas un mejoramiento continuo, significativo y sostenido.

Las técnicas lean seis sigma tienen sus orígenes en Japón y Estados Unidos. La utilización de las metodologías de manera separada proporciona a las empresas diversos beneficios. Manufactura esbelta es una estrategia que incluye el pensamiento esbelto basado en 5 puntos, que mejora los sistemas de producción mediante el empleo de una o varias herramientas que proporcionan las bases para reducir o eliminar desperdicios o actividades que no agregan valor. Seis sigma se apoya en la metodología DMAIC (definir, medir analizar, mejorar, controlar) que pretende disminuir la variabilidad de los procesos mejorando la calidad de los productos.

Medina, Zayas, Cazares, Padilla y Medina (2018), concluyen que es posible la implementación de lean seis sigma en una microempresa, para lograrlo es necesario se cuente con el apoyo incondicional de la alta dirección, ya que existe una gran necesidad de disponibilidad de tiempo, espacio, y recursos humanos y financieros. Medina, Montalvo y Vásquez (2018), realizaron una investigación que tuvo como objetivo mejorar la productividad en el proceso productivo de pallets de madera, mediante un sistema de gestión basado en Lean Seis Sigma que les permitió alcanzar resultados inmediatos en la productividad, sin realizar inversiones en maquinaria, personal y tecnología, además de beneficiar a los trabajadores y de mejorar la utilización de la materia prima conservando el medio ambiente.

Existen muchas empresas en diversos lugares que aplican las dos estrategias de manera separada, pero muy pocas son las organizaciones que se atreven a utilizarlas juntas a pesar que ambas trabajando en sinergia son capaces de lograr productos finales con calidad de excelencia reflejados en la lealtad del cliente, generando ahorros para la empresa. Añaguari Yarasca (2016), desarrollo una metodología práctica con una estructura definida y un orden de ejecución para definir de forma clara los proyectos lean seis sigma en las pymes, así como estructurar la secuencia de aplicación de las herramientas y técnicas de dicho enfoque que le permita a la organización mejorar su rendimiento productivo y alcanzar objetivos de mejora de la calidad, costos, procesos y productos.

Lean seis sigma es una metodología que integra dos estrategias utilizadas para la mejora continua por las organizaciones: la manufactura esbelta y Seis sigma. Guerrero, Leavengood, Gutiérrez, Fuentes y Silva (2017) señalan que esta metodología ayuda a optimizar los procesos enfocándose en reducir desperdicios y defectos para mejorar la calidad. En la actualidad no existen empresas del sector forestal en la región, dedicadas a la implementación de Lean Seis Sigma. La situación mencionada hace necesario el desarrollo de nuevos métodos de control para el mejoramiento del proceso en la fabricación de molduras en madera, para así poder cumplir con las expectativas de los clientes y asegurar la calidad del producto.

La metodología lean y seis sigma no es solo una herramienta sino una filosofía de mejora continua y su implementación para que alcance éxito debe estar acompañada por la alta dirección. La aplicación principal de lean seis sigma es la mejora de procesos en el área operativa, observándose un crecimiento cada vez mayor en todas las áreas de una misma compañía y en empresas de distintos giros industriales y comerciales incluyendo la maderera (propiamente la industria de fabricación de molduras), estando más consolidada en sectores como el automotriz y alimentación-bebidas, sobretodo en multinacionales, pudiéndose implantar en cualquier empresa, independientemente de su sector o tamaño. Esta filosofía está basada en la aplicación sistemática de un conjunto de técnicas y herramientas que son efectivas para la eliminación de actividades que no agregan valor al proceso productivo de las compañías y que es importante para la competitividad de las empresas que buscan optimizar sus recursos.

El punto de partida del modelo de implementación lean seis sigma en la empresa es la definición de las actividades de la cadena de valor de la organización que agregan costo al producto reduciendo la rentabilidad

y poniendo de manifiesto los problemas actuales y potenciales de la empresa, limitando la productividad y mejorando el nivel de los indicadores seleccionados por la empresa. La empresa donde se desarrolló el trabajo es una organización del ramo forestal dedicada a la producción y comercialización de productos derivados de la madera de pino, prepara la madera que viene del bosque a través de varios procesos principales como son: de aserrío, de secado, transformación de la misma en molduras. Parte de estos productos son comercializados a clientes externos de la empresa y la mayor cantidad de la producción se consume de manera interna en el área de molduras, previamente estufada en el área de secado, hasta alcanzar niveles de humedad que se encuentran entre el 6% y 12%.

Los principales problemas detectados de la empresa, se dan en el área de molduras, teniendo la mayor cantidad de mudas y los principales costos de operación, además por ser el área que proporciona un mayor valor agregado a los productos fabricados en la organización, buscando el cumplimiento de la demanda de productos y una mejora en el nivel del rendimiento de su personal para aumentar la productividad en la organización, la cual pretende ser cada vez más competitiva y rentable, situación que le resulta complicada por otras problemáticas que pasa, consistente en gran medida por una estructura de costos elevada que disminuyen los niveles de rentabilidad, un porcentaje elevado de actividades de desperdicio o mudas y variabilidad en mediciones de la cadena de valor de la organización, principalmente stock de inventarios por encima de los niveles deseados, niveles de eficiencia, eficacia y disponibilidad, inferiores a los requeridos por empresas de clase mundial. Así mismo la organización tiene una constante modificación en los planes de producción que generan una gran variabilidad en el proceso, desabasto de materia prima en las diversas áreas de producción. Se requiere desarrollar proyectos que le permitan utilizar de manera eficiente sus recursos y poder aumentar su capacidad productiva.

Metodología

La investigación desarrollada fue aplicada según su finalidad, ya que resolvió un problema real y práctico. El enfoque de la investigación realizada fue cuantitativo, ya que se examinaron los datos de manera numérica, especialmente en el campo de la estadística. De acuerdo a la fuente de datos es documental al realizarse de manera ordenada, con objetivos precisos y de campo (in situ) al desarrollarse en el sitio donde se encuentra el objeto de estudio. El alcance de la investigación es descriptiva ya que recolecta, mide y evalúa los datos de manera independiente del fenómeno a estudiar y explicativa porque detalla y da a conocer los resultados de la investigación.

El diseño fue enfocado únicamente al proceso de moldurado de la empresa no siendo posible asignar, ni controlar los elementos que participaron de forma aleatoria (recurso humano, tipo de máquinas, procesos) en el nivel de sistema tradicional, se manipularon 3 variables independientes (sistema de producción, sistema de abastecimiento, tipo de programa gerencial de calidad) con dos niveles cada variable de los cuales un nivel está operando, es decir ya existe siendo este el sistema tradicional y el otro nivel se controlará en cada una de las variables independientes (sistema de flujo continuo, kanban, seis sigma).

La estrategia principal consistió en diseñar un modelo híbrido de mejoramiento continuo basado en seis sigma y el pensamiento esbelto, sustentado en las ventajas de cada uno de ellos, en casos donde se requieran cambios en la capacidad de sistemas, o bien reducir la variabilidad del proceso seis sigma es una buena propuesta. En situaciones donde el flujo del proceso requiere ser mejorado con el adelgazamiento de las actividades por eliminación de mudas, las herramientas lean son las recomendadas. El modelo híbrido planteó un algoritmo de solución de problemas enfocado en el cliente que determinen las causas raíz, definan el enfoque adecuado y las herramientas necesarias.

Para lograr lo anterior se diseñó una metodología híbrida con base en la técnica de 5 pasos de pensamiento esbelto y DMAIC de seis sigma para reducir la variabilidad del sistema hasta lograr controlarla, analizando los resultados encontrados y contrastarlos con las metas definidas. Finalmente establecer las conclusiones del análisis y discusión de los resultados de manera formal y total de los indicadores de manufactura esbelta.

Objetivos

El objetivo principal del trabajo consistió en: Establecer el impacto de un programa estructurado de solución de problemas de mejoramiento continuo, utilizando un modelo de aplicación de pensamiento esbelto en combinación con seis sigma, en las actividades de desperdicio y variabilidad que se presentan en el proceso de producción de molduras de la empresa.

Los pasos para cumplir con el objetivo principal consistieron en: Diseñar el modelo de aplicación de la metodología lean seis sigma de solución de problemas de mejoramiento continuo, capaz de disminuir y eliminar las actividades de desperdicio y variabilidad en el proceso de producción de molduras. Describir en un mapeo de flujo de valor la situación actual de la empresa en el proceso de producción de molduras. Diseñar un sistema pull en el proceso de producción capaz de elevar los niveles de varios indicadores. Desarrollar un sistema de abastecimiento kanban, que permita reducir nivel de algunos indicadores en el proceso de producción de molduras. Representar el impacto costo beneficio del sistema lean seis sigma en el proceso de producción de molduras en la empresa. Formular en un mapeo de flujo de valor el estado alcanzado de la empresa en el proceso de producción de molduras, una vez implementadas las mejoras.

Se desarrolló una metodología basada en un modelo híbrido de lean seis sigma, que consiste en los siguientes pasos:

1. Definición de variables
2. Recolección de datos
3. Análisis de datos
4. Implementación de mejoras
5. Mejoramiento continuo

El punto de partida inicial para determinar la línea base o situación actual fue la captura y análisis de información en el proceso de producción. Una ayuda excelente fue el mapeo de flujo de valor, ya que permite visualizar, analizar y mejorar el flujo de la producción. El total de las actividades de trabajo, los flujos de material, de las personas y los flujos de información son representados en un diagrama de flujo con símbolos especiales y previamente definidos, para determinar en función o desde la perspectiva del cliente las actividades que agregan valor y las que no agregan valor, la finalidad es identificar las que no agregan valor y buscar la manera de reducirlas o eliminarlas al no aportar valor alguno al producto ante los ojos o expectativas del cliente.

Las actividades que agregan valor también llamada eficiencia o ciclo del proceso se refieren al porcentaje de tiempo que pasan los productos en el proceso, en actividades que agregan valor (cambian, transforman o modifican las características del producto), se aprecia que es un valor muy pequeño (.07%) lo cual indica que la empresa no cumple con el indicador de manufactura de clase mundial (3%), respecto al porcentaje de valor agregado.

El porcentaje de desperdicio en la cadena de valor es el porcentaje respecto al tiempo que pasa el producto en actividades que no agregan valor, principalmente en inventario al permanecer en inventario 23.20 días, este valor representa un 99.93% del tiempo, valor por encima del establecido por manufactura esbelta (97%).

La Figura 1 es una representación del mapeo de flujo de valor de la empresa en el periodo de recolección de datos. En ella se enfoca el flujo de producción basándose en el flujo de puerta a puerta (desde la demanda del cliente hacia atrás, hasta la materia prima).

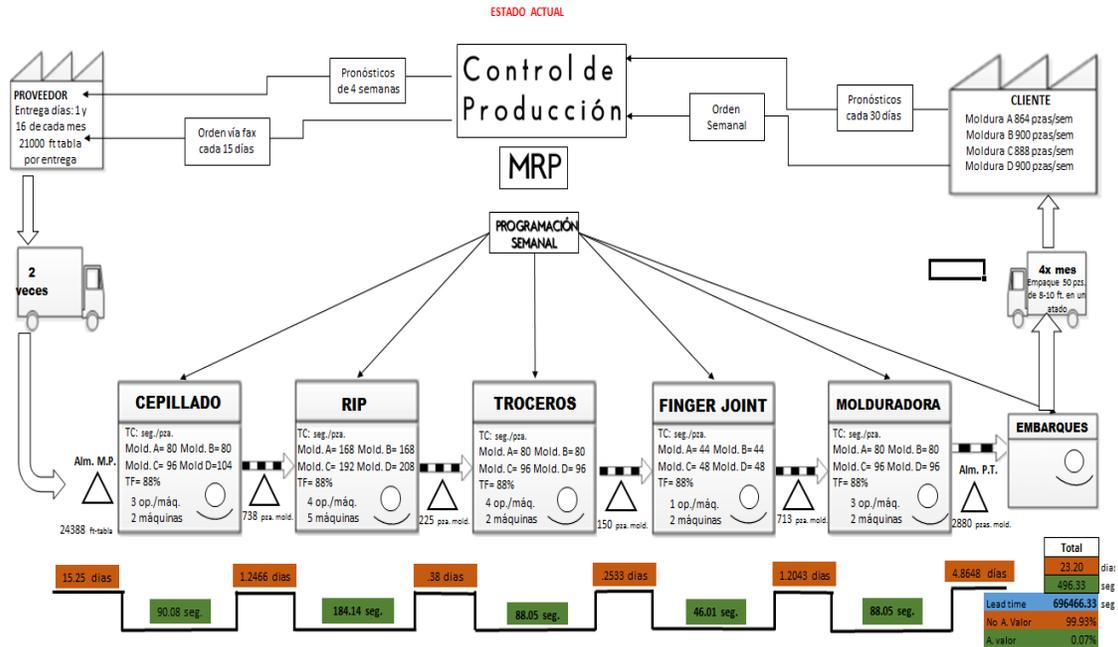


Figura 1. Mapa de estado actual
Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa

2. RESULTADOS

Mejoramiento continuo

Uno de los problemas detectados en la empresa es el incumplimiento de la demanda del cliente y en consecuencia a él la incapacidad para incrementar la oferta de productos por parte de la empresa, aunado a valores inferiores a los indicadores meta. La planta tiene una demanda estable por periodos de tiempo, esto permite establecer el takt time y el número de máquinas y operadores que hace posible manejar flujos continuos por periodos extendidos, dando pauta a la creación de un proceso de flujo continuo.

Si el volumen permanece igual y disminuye el número de máquinas y en consecuencia el número de trabajadores la productividad aumenta sin necesidad de mejorar la capacidad de la planta. De igual manera se puede incrementar el volumen de producción, permaneciendo la misma cantidad de máquinas y trabajadores y aumentar la eficiencia. Una combinación de las estrategias anteriores es la mejor opción (elevar el volumen de producción y disminuir el número de máquinas por centro de trabajo). Se realizó un levantamiento de datos de incremento en la producción que permitiera mejorar eficiencia de las estaciones de trabajo sin caer en sobreproducción y un incremento en el volumen de ventas de los productos bajando el takt time para mejorar los índices de eficiencia.

La Figura 2 representa el impacto que tiene el incremento de demanda y ventas en los productos (de 557 unidades a 640 unidades por día) en la baja del takt time (de 53.86 a 46.88 segundos/unidad) como una estrategia para mejorar la productividad, es importante mencionar que las mejoras se lograran abatiendo otros problemas en la empresa como artículos defectuosos, faltantes de materiales, entre otros.

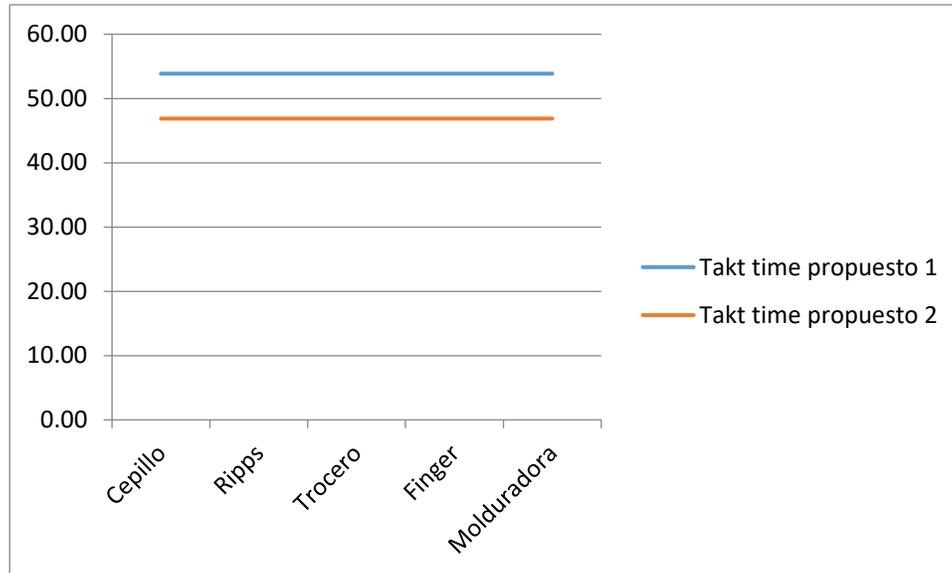


Figura 2. Disminución de takt time.

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la empresa

Con el mejoramiento del takt time del 12.95% se mejoran considerablemente los índices de valor agregado y valor no agregado, debido primordialmente al incremento de producción por mayores ventas, la Tabla 1 señala los valores mencionados, La Figura 3 es una representación gráfica de los valores antes de la implementación, los propuestos y los valores meta del proceso de flujo continuo con la estrategia de establecer una nueva demanda.

Tabla 1. Valor agregado y desperdicio propuesta 2

Tipo de Moldura	Volumen Piezas /día	Tiempos de proceso (segundos por pieza)				
		Cepillo	Ripps	Trocero	Finger	Molduradora
Moldura A	170	80	168	80	44	80
Moldura B	150	80	168	80	44	80
Moldura C	150	96	192	96	48	96
Moldura D	170	104	208	96	48	96
Tiempo disponible por máquina		30,000	30,000	30,000	30,000	30,000
# Máquinas		2	4	2	1	2
Tiempo disponible total diario		60,000	120,000	60,000	30,000	60,000
Producción (piezas por día)		640	640	640	640	640
Takt time		93.75	187.50	93.75	46.88	93.75

Tiempo del elemento	87.31	178.59	84.07	42.02	82.07
Tiempo de transporte	3.00	6.00	4.00	4.00	6.00
Tiempo de ciclo	90.31	184.59	88.07	46.02	88.07
Tiempo muerto	3.44	2.91	5.68	0.86	5.68
% de actividades necesarias	96.33%	98.45%	93.94%	98.17%	93.94%
% de actividades indispensables y necesarias	93.13%	95.25%	89.68%	89.64%	87.54%
% de actividades de desperdicio proceso productivo	6.87%	4.75%	10.32%	10.36%	12.46%

Fuente: Elaboración propia

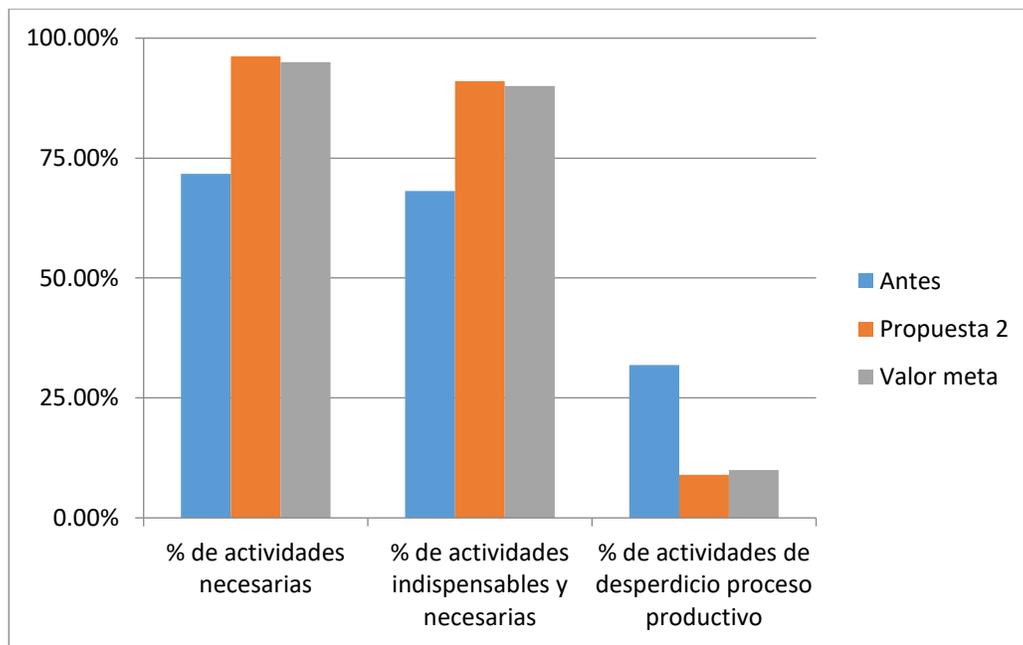


Figura 3. Contraste de % valor agregado y % desperdicio

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la empresa

El porcentaje de desperdicio se midió en las diferentes áreas y máquinas del proceso de producción de molduras (cepillos, ripps, troceros, finger joints, molduradoras), comparando y obteniendo los índices encontrados antes y después de las mejoras se aprecia una disminución del porcentaje de desperdicio en todas las áreas de aproximadamente 71.92%, la Tabla 2 muestra un concentrado de desperdicio en el área de producción. Se refiere principalmente a actividades de transporte y tiempos muertos o de espera por parte de los operarios y/o máquinas. Antes de las mejoras el tiempo muerto promedio por producto en todo el proceso era de 203.12 segundos, mientras que el tiempo de transporte fue de 23 segundos por pieza haciendo un total de 226.12 segundos. El tiempo de desperdicio después de implementar las mejoras fue de 41.57 segundos de los cuales 18.57 correspondieron a tiempo muerto y 23 a tiempo de transporte.

Tabla 2. Comparativo de porcentaje de desperdicio en proceso productivo

	Porcentaje de desperdicio en proceso productivo					
	Cepillo	RIP	Trocero	Finger joint	Molduradora	Promedio
Antes	18.95%	33.68%	21.95%	60.99%	23.81%	31.88%
Después	6.87%	4.75%	10.32%	10.36%	12.46%	8.95%
% de mejoramiento	63.75%	85.90%	52.98%	83.01%	47.67%	71.92%

Fuente: elaboración propia

En el proceso productivo existen operaciones que son necesarias, correspondiendo estas al tiempo de ciclo (tiempo del elemento y transportes), correspondiendo también a la utilización del recurso humano en el área de molduras. Estas actividades se midieron en porcentaje de actividades necesarias, la medición del índice de porcentaje de actividades necesarias en cada una de las estaciones de trabajo mejoró al pasar de un índice de 71.72% en promedio a 96.17%, la meta establecida por la empresa y que corresponde a los valores de clase mundial para actividades necesarias es de 95% en promedio, valor que si se cumple. El principal mejoramiento se da en el área de finger joint debida principalmente a la reducción en número de máquinas empleadas y en consecuencia al número de trabajadores, el beneficio muestra que una máquina de finger joint no era necesaria. La Tabla 3 muestra un análisis por estación de trabajo se aprecia que después de las mejoras se cumple de manera individual el indicador porcentaje de actividades necesarias en 3 de las 5 estaciones de trabajo (cepillo, rip y finger joint), mientras que en las otras 2 (trocero y molduradora) fue ligeramente inferior al fijado como meta.

Tabla 3. Comparativo de porcentaje de actividades necesarias

	Porcentaje de actividades necesarias y/o utilización del recurso humano					
	Cepillo	RIP	Trocero	Finger joint	Molduradora	Promedio
Antes	83.84%	68.54%	81.76%	42.72%	81.76%	71.72%
Después	96.33%	98.45%	93.94%	98.17%	93.94%	96.17%
% de mejoramiento	14.90%	43.64%	14.90%	129.80%	14.90%	

Fuente: elaboración propia

Se analizó el indicador de porcentaje de actividades indispensables y necesarias que son las que corresponden al elemento de trabajo o actividades en donde se agrega valor al producto, la importancia de este indicador radica principalmente en que mide el porcentaje de tiempo que pasa el producto en el proceso agregando valor, el valor meta se fijó en un 90%. Después de las mejoras el indicador se alcanzó en 2 de las 5 estaciones de trabajo, mientras en las otras 3 fue ligeramente inferior a la meta, en promedio se obtuvo un valor de 91.05% superior al valor esperado de 90%. La Tabla 4 establece un comparativo de valores del indicador de valor agregado al producto en el proceso de molduras de manera global y por área de trabajo después de implementar mejoras.

Tabla 4. Comparativo de porcentaje de actividades indispensables y necesarias

	Porcentaje de actividades indispensables y necesarias					
	Cepillo	RIP	Trocero	Finger joint	Molduradora	Promedio
Antes	81.06%	66.32%	78.05%	39.01%	76.19%	68.13%
Después	93.13%	95.25%	89.68%	89.64%	87.54%	91.05%
% de mejoramiento	14.89%	43.62%	14.90%	129.79%	14.90%	

Fuente: elaboración propia

Una vez que se implementó el proceso de flujo continuo y la nueva demanda, se elaboró el programa de abastecimiento de materia prima, consistió en asegurar de manera clara el suministro de los materiales en tiempo y forma bajando los niveles de inventario. La aplicación de un nuevo sistema de abastecimiento para determinar los tiempos de abastecimiento de los materiales, se logró con la utilización de la Ecuación 1, El número de contenedores debe ser un entero. Si se redondea k hacia arriba, se tendrá más inventario del deseado, en tanto que, si k se redondea hacia abajo, se tendrá un inventario menor.

$$k = \frac{d(w + p)(1 + \alpha)}{c} \quad (1)$$

Dónde:

k = número de contenedores para una parte

d = demanda diaria esperada para la parte, en unidades

w = tiempo promedio de espera durante el proceso de producción más el tiempo de manejo de materiales por contenedor, en fracciones de día

p = tiempo promedio de procesamiento por contenedor, en fracciones de día

c = cantidad en un contenedor estándar de las partes

α = una variable de política que agrega inventario de seguridad para cubrirse en circunstancias inesperadas (Toyota usa un valor de no más de 10%).

En la Ecuación 1 se despeja $(w+p)$ que es el tiempo expresado en días que sirve de base para conocer cuándo debe ser la recepción de pedidos. El valor de la variable de política de inventario de seguridad es establecido en el 8%, definida por directivos de la empresa y basados en la recomendación de Toyota de no usar valores mayores de 10%, un camión tipo torton con capacidad de 9,500 pies tabla es el medio de transporte con un lote más pequeño en el que llega la materia prima, se utilizó únicamente un camión, para lograr uno de los objetivos de manufactura esbelta como es el de entregas frecuentes y lotes más pequeños. El cálculo de tiempo de abastecimiento para la recepción de materia prima se muestra en la Ecuación 2, el resultado indica que se debe recibir un camión cada 5.93 días, equivalente a recibir aproximadamente un camión con 9,500 pies tabla por semana, para satisfacer una demanda de 640 piezas, cada pieza utiliza en promedio 2.314 pies tabla.

$$(w + p) = \frac{k * c}{d(1 + \alpha)} = \frac{1 * 9500}{640 * 2.314(1 + .08)} = 5.93 \text{ días} \quad (2)$$

Otra medida de productividad en la fabricación de productos es la eficiencia operacional del equipo. En dicho indicador se ven reflejados todos los esfuerzos de la empresa por mejorar la productividad y la eficiencia de los equipos utilizados. Este indicador permite a la empresa conocer en un valor la productividad real de las máquinas para optimizar los procesos de fabricación.

Se analizaron las seis grandes pérdidas en tiempo real, tomando decisiones al inicio del periodo de mejoramiento y en el momento que sucedían los problemas. La mejora del índice se debió principalmente a la reducción de los tiempos en que las máquinas están paradas, la identificación y corrección de las causas por las que hay una baja en el rendimiento y el aumento en el índice de calidad del producto, minimizando retrabajos y la elaboración de producto defectuoso, los tres índices que midieron las condiciones anteriores fueron disponibilidad, rendimiento y calidad.

La Tabla 5 muestra una relación de los 3 índices, así como el producto de los indicadores, conocido como eficiencia operacional del equipo (OEE) en el periodo antes y después de las mejoras. La Figura 4 es un comparativo de los valores encontrados respecto a los valores meta. Estos valores son el resultado de la medición de los 3 indicadores durante 50 semanas, en ese periodo solo 8 semanas se alcanzó el valor meta del indicador representando el 16% antes de las mejoras. Después de implementar las mejoras los valores se alcanzaron en todas las semanas del periodo de medición representando el 100%.

Tabla 5. Comparativos indicadores OEE antes- después- valor meta

	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE	Valor alcanzado	
					# semanas	Porcentaje
Antes	89.75%	88.16%	94.70%	74.93%	8	16%
Después	99.62%	98.20%	98.68%	96.53%	50	100%
Valor meta	90%	95%	99%	85%		

Fuente: elaboración propia

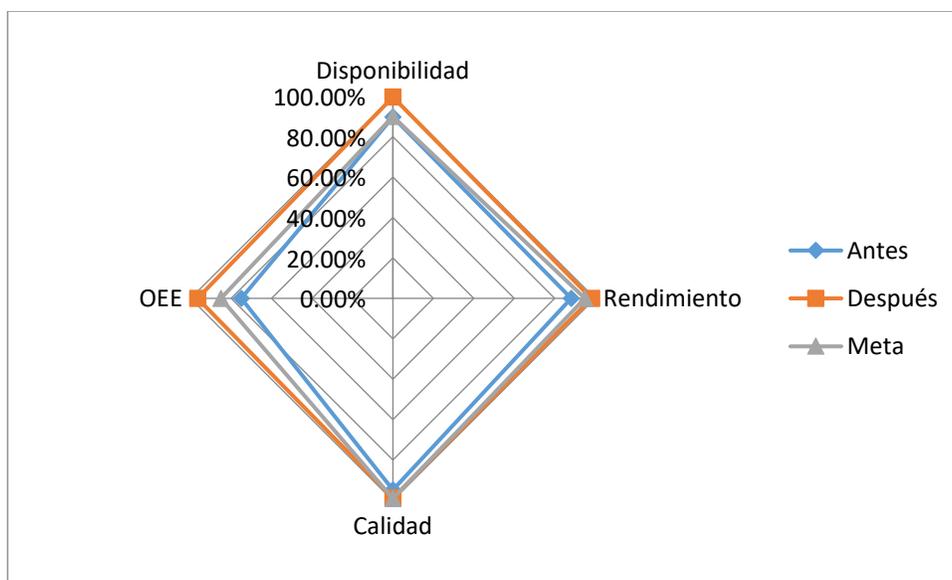


Figura 4. Comparativos valores de OEE

Fuente: elaboración propia

El indicador OEE tuvo un incremento del 28.83%, al pasar de un valor de 74.93% a 96.53%, el aspecto más importante fue el salto del indicador de valor de empresas promedio a empresas de clase mundial al exceder el 85% que además era el objetivo de la organización. De manera particular los puntos de mejora en el indicador OEE se presentaron en la notable disminución del orden de 92% de paros no programados al disminuir de 28,535 minutos a 2,261 minutos debidos principalmente a un abatimiento total de la principal causa de paros programados (falta de materia prima) que generaba 12,147 minutos de pérdidas en tiempo, la corrección de esa causa fue gracias a la implementación del programa de abastecimiento. La disminución de las otras causas se originó gracias a la implementación de un programa de mantenimiento preventivo y mejoramiento de maquinaria y equipo con actividades planificadas y ejecutadas por el área de mantenimiento de la empresa. La Figura 5 muestra el diagrama de Pareto de paradas no programadas, la Figura 6 es el diagrama de Pareto de paradas no programadas después de las mejoras.

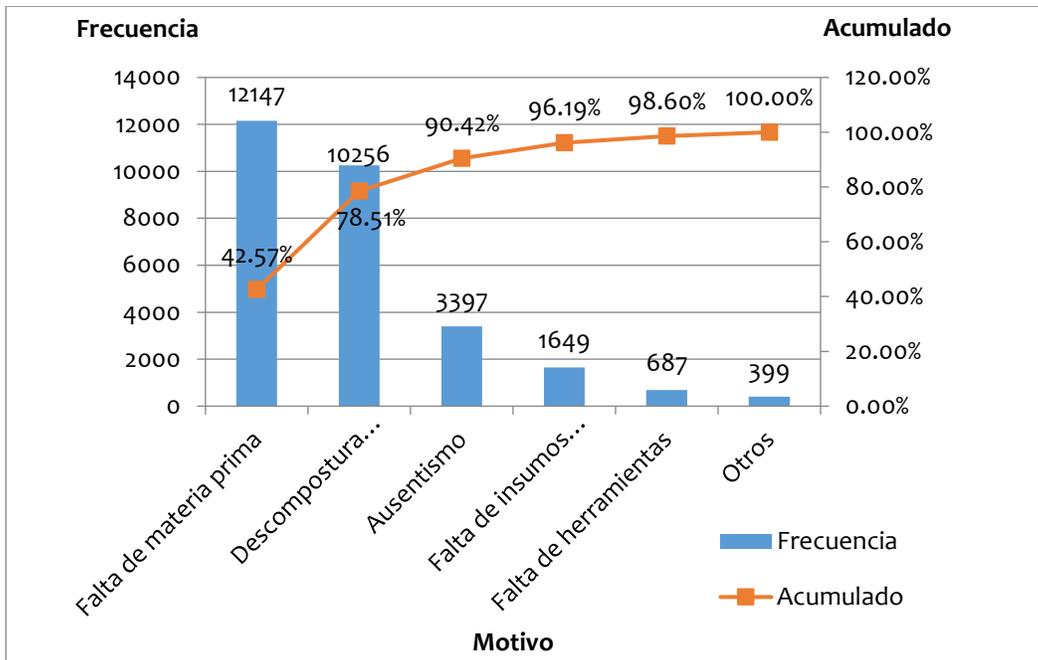


Figura 5. Diagrama de Pareto de paradas no programadas (antes)
Fuente: Elaboración propia

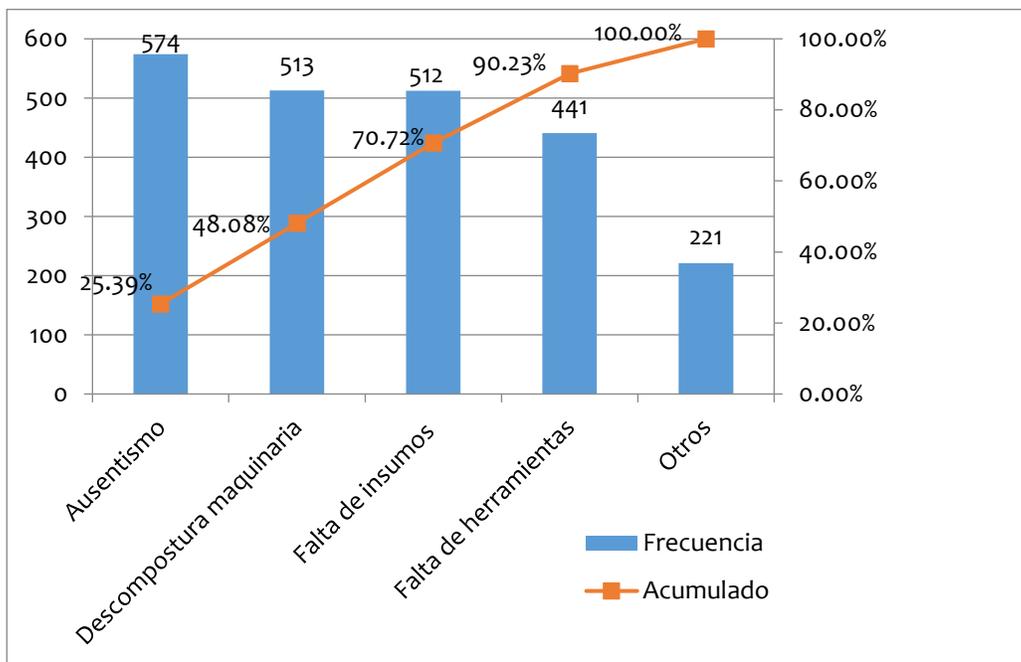


Figura 6. Diagrama de Pareto paradas no programadas (después)
Fuente: Elaboración propia

Es muy importante conocer la eficiencia del proceso productivo y las causas que evitan alcanzar los niveles deseados para lograr su optimización. Gracias a la implementación de la eficiencia operacional del equipo en el área de producción de molduras se cuantificó y conoció el estado actual de los procesos y tomar las decisiones pertinentes para mejorar. Resultado de ello, la empresa se mostró más competitiva al maximizar el rendimiento

de las máquinas utilizadas en el proceso, la reducción de costos de reparación, la calidad de los procesos incrementó generando un ahorro de costos debidos principalmente a retrabajos y productos defectuosos.

El sistema de gestión orientado a la calidad está centrado en la reducción de defectos y en consecuencia la disminución de retrabajos y piezas rechazadas. Las piezas defectuosas disminuyeron un 70.93% al pasar de 8,742 unidades a 2,541. En las piezas retrabajadas y rechazadas también se presentó una notable disminución al cambiar de 7,081 a 1,993 y de 1661 a 548 respectivamente. Los factores que provocaban los defectos se determinaron con entrevistas a personal relacionado con la fabricación de molduras.

El mejoramiento de los defectos más recurrentes que se presentaron en el proceso productivo en el periodo de recolección de datos se analizaron, encontrándose las principales causas de cada uno de los principales defectos, los criterios utilizados para determinar los factores que provocan el defecto se determinaron a partir de entrevistas realizadas a personas conocedoras del tema y que están relacionadas directamente con el sistema productivo, como son: jefe del departamento de producción y calidad del área de molduras, supervisor de producción, operadores de máquinas y jefe de taller de afilado.

El mejoramiento en el sistema de gestión de calidad se midió en indicadores respecto a nivel sigma, defectos por oportunidad, defectos por millón de oportunidades, rendimiento del proceso y rendimiento a la primera vez como medidas de cómo se está comportando el proceso tomando como base el número de defectos. El nivel sigma incremento de 3.68 a 4.07, no alcanzando el valor de 5 que corresponde a empresas de clase mundial.

Los defectos por oportunidad y defectos por millón de oportunidades mejoraron un 65.26%, este mejoramiento fue debido principalmente a los factores de disminución de defectos y aumento en unidades. El impacto de los defectos por oportunidad se ve reflejado en el rendimiento del proceso al aumentar un .96%. Mientras que el rendimiento a la primera vez incremento un 4.20% debido a la disminución de retrabajos y rechazos, aun y cuando se presentaron mejoramientos no se alcanzó la meta establecida por la empresa de 233 dpmo, el nivel al que se llegó fue de 5039 dpmo. La Tabla 6 es un concentrado del mejoramiento de las actividades respecto al sistema de gestión de calidad y sus respectivos porcentajes.

Tabla 6. Mejoramiento en el sistema de gestión de calidad

	Antes	Después	Mejoramiento
DPO	0.014503	0.005039	65.26%
DPMO	14503	5039	65.26%
Rendimiento del proceso	98.5497	99.4961	0.96%
Rendimiento a la primera vez	94.7	98.68	4.20%

Fuente: elaboración propia

Después de las mejoras el cumplimiento de entregas fue de 100% es decir se entregó en tiempo y forma los 4 tipos de molduras durante las 50 semanas analizadas en el periodo, cumpliendo con la meta establecida por la empresa de 100% de pedidos entregados, garantizando un servicio de calidad al cliente final y mejorando la imagen de la empresa ante los ojos del cliente al entregar los artículos en el momento y cantidades requeridas.

La medición de la variabilidad de la demanda respecto a las unidades producidas o el apego al plan de producción a la demanda del cliente, se midió en porcentaje por tipo de moldura o linealidad. Los valores encontrados en el periodo de mejoras superaron la meta establecida previamente de 95% en los 4 tipos de molduras al tener valores de 97.7%, 98.02%, 98.62% y 98.43% para las molduras A, B, C y D respectivamente.

Los resultados de las mejoras implementadas se ven reflejados en términos productivos de la cadena de valor, así como económicos. El mejoramiento que se presentó en la cadena de valor tuvo un mejoramiento en la eficiencia del ciclo del proceso al incrementar el valor de .07% a .32%, se logró una disminución en el porcentaje de desperdicio en la cadena de valor de 99.73% a 99.68%, en ambos casos no se alcanzó los valores meta establecidos de 3% en la eficiencia y 97% de desperdicio total en la cadena de valor. La Figura 7 es el mapeo de estado alcanzado a finales de marzo de 2021.

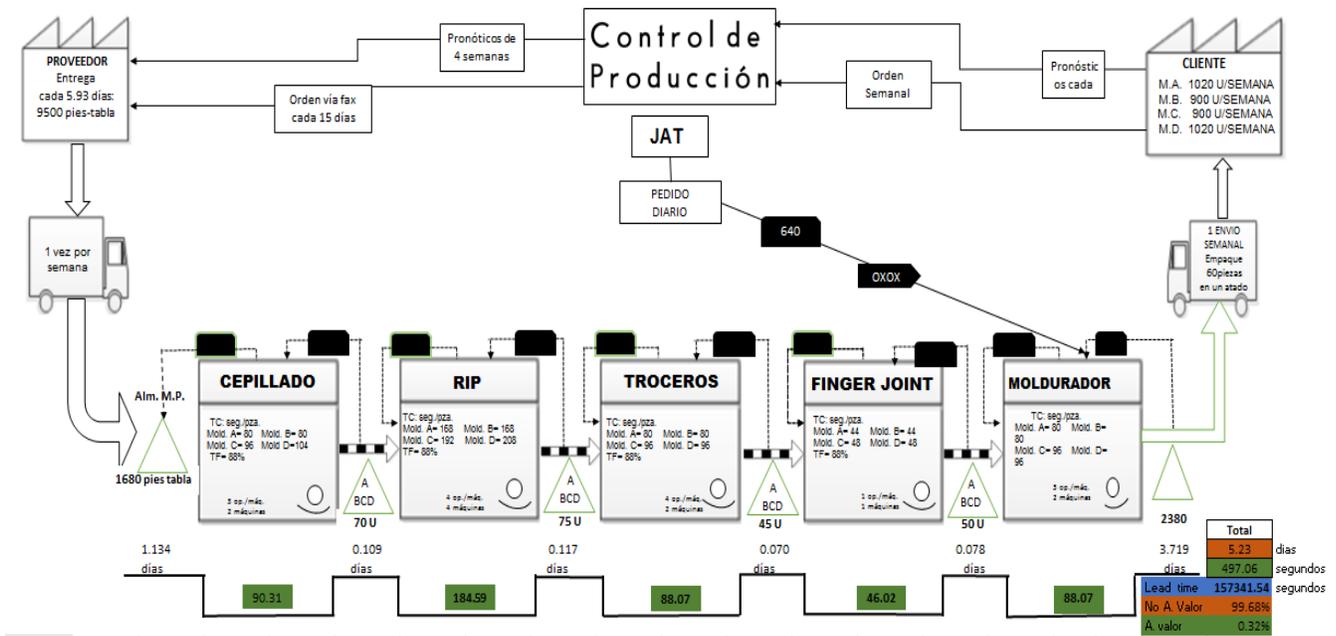


Figura 7. Mapeo de estado alcanzado
Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la empresa

3. CONCLUSIONES

La estrategia principal del trabajo de investigación fue el diseño de un modelo híbrido de mejoramiento continuo basado en la metodología de seis sigma (DMAIC) y manufactura esbelta (5 pasos de pensamiento esbelto), para la solución de problemas, aprovechando las ventajas que por separado proporciona cada uno de ellos. Se implementaron estrategias de mejoramiento como el diseño de un proceso de flujo continuo y la técnica de jalón para desarrollar un sistema de abastecimiento basado en herramienta de manufactura esbelta kanban.

Para el desarrollo de la investigación realizada en la empresa, se diseñó y utilizó un modelo híbrido lean seis sigma adecuada al entorno de la empresa y que puede ser utilizado por otras organizaciones diferentes o ajenas a la empresa para solución de problemas. Las principales mejoras en la empresa con la implementación del modelo híbrido y sus herramientas se vieron reflejadas en una mejor administración del tiempo de entrega al bajar el lead time y los inventarios, lo que resultó en una mayor eficiencia de las operaciones y en consecuencia empleados más productivos. Las pérdidas por artículos defectuosos y retrabajos tanto en el producto final como en el proceso, disminuyeron considerablemente incrementando la calidad en los artículos

terminados. Un punto muy importante fue la reducción de los desperdicios los cuales se vieron reflejados en una mayor utilidad de la empresa principalmente en el área de molduras y la aportación de la muestra.

El impacto costo beneficio de un sistema híbrido lean seis sigma en el proceso de producción de molduras en la empresa y la implementación de las técnicas de abastecimiento y sistema pull en la organización en el área de molduras, en términos monetarios alcanzaron un incremento alto, al pasar de una utilidad en el año 2019 (enero diciembre) de \$2'430,287.40 a \$6'059,439.83 en el periodo de abril 2020 a marzo del 2021, alcanzando un incremento de 149%, este incremento en las utilidades fue debido principalmente a una reducción y/o eliminación de desperdicios en el área de molduras y un mejor aprovechamiento de la materia prima y el recurso humano empleado.

El sistema de abastecimiento de la organización fue analizado y mejorado de una manera efectiva, las implementaciones hechas en el área de producción de molduras, respecto al sistema de abastecimiento generaron cambios en la logística de la empresa, ya que se solicitaban pedidos aproximadamente cada 15 días en cantidades promedio de 19,437 pies tabla. El sistema de abastecimiento implementado en el proyecto cambió en el tiempo de recepción de pedidos y cantidad o tamaño de lote recibidos. Se utilizaron entregas frecuentes y lotes pequeños, las recepciones de materia prima se plantearon cada 5.93 días (aproximadamente 1 por semana) con tamaños de lote de 9,500 pies tabla por pedido, los inventarios promedio en el almacén de materia prima cambiaron de 25.52 días a 4.32 días valores que representaron un mejoramiento de 83% en la disminución del inventario promedio de materia prima logrando superar la meta planteada de disminuir en un 50%. Los valores en el inventario total de la empresa cambiaron de 23.2 días al inicio de recolección de datos a 5.23 al final del periodo de mejoras lográndose un mejoramiento de 77.45% superior a la meta establecida de 50%. Un beneficio que se presenta con entregas frecuentes y lotes pequeños es la flexibilidad o capacidad de la empresa a responder de manera más rápida a cualquier cambio.

El impacto que se dio en la cadena de valor y en el proceso de producción de molduras en la empresa, en el porcentaje de mudas con el nuevo sistema de producción implementado se vio reflejado en el mejoramiento de los diversos indicadores. El impacto en la cadena de valor, se presentó en tres indicadores: el lead time, el porcentaje de desperdicio y la eficiencia del ciclo del proceso. El lead time, que representa el tiempo que pasa el producto en la empresa desde su llegada como materia prima, hasta él envió como producto terminado sufrió una disminución muy considerable debida principalmente a la baja de nivel de inventarios, anteriormente el lead time era de 696,467.05 segundos (23.21 días) y con las mejoras bajó a 157,341.54 segundos (5.24 días), el mejoramiento representó una baja importante de 77.41% en el tiempo, cumpliendo con la meta fijada por la empresa de disminuir el indicador del lead time en un 20%.

El lograr un lead time más corto permitió entregar al cliente final los pedidos de manera rápida, obtener una mayor flexibilidad y capacidad de respuesta, los problemas son identificados rápidamente lo que a su vez se reflejó en una menor cantidad de artículos en inventario. Se mejoró la gestión de los procesos en la cadena de valor optimizando al máximo el rendimiento e inculcando valores de mejoramiento continuo y un aprendizaje significativo.

Sin embargo el impacto en la cadena de valor respecto al porcentaje de desperdicio, tuvo un cambio pequeño pero significativo de 99.73% a 99.68%, ninguno de los valores están en esquemas de clase mundial, siguen perteneciendo a empresas promedio, mientras que la eficiencia del ciclo del proceso elevo su indicador .25 puntos porcentuales al pasar de .07% a .32%, de igual manera que el porcentaje de desperdicio, el indicador de eficiencia no cumple con los parámetros de clase mundial en la cadena de valor. El valor de porcentaje de desperdicio de 99.73% y .32% para la eficiencia de ciclo de proceso no alcanzan los valores respecto a la meta

planteada por la empresa de 97% y 3% respectivamente debido principalmente a un tiempo alto en inventario de 5.23 días respecto al tiempo de proceso de 497.06 segundos.

En el proceso productivo se presentaron beneficios sustanciales con la implementación del sistema de jalón y de abastecimiento. No fue necesario realizar inversiones en tecnologías para alcanzar los valores meta de los indicadores planteados, la principal motivación para lograr ahorros económicos y disminución de mudas surgió desde adentro de la empresa facilitando la colaboración y participación en el descubrimiento de mejoras por parte de los trabajadores en el proceso de cambio.

Los principales indicadores utilizados para medir el grado de mejoramiento en la cadena de producción de molduras fueron en el orden de porcentaje de desperdicio en proceso productivo, porcentaje de actividades necesarias, porcentaje de actividades indispensables y necesarias, utilización del recurso humano en el área de molduras, así como el nivel de la fuerza de trabajo empleada.

El takt time es un indicador de manufactura que proporciona gran valor para las empresas que lo utilizan al representar el ritmo de producción que deben llevar los operadores o las máquinas para cumplir con la demanda del cliente. El incremento de la demanda permitió establecer un nuevo ritmo de producción (takt time) al bajar de 53.86 a 46.88 segundos por unidad (disminución de 6.8 segundos por unidad) representando una baja de 12.62% en el takt time y un incremento de 14.90% en el volumen de producción de molduras, la unión de ambos factores permitió alcanzar el nivel establecido de los indicadores por la organización.

El inicio para alcanzar el éxito en la empresa es el cumplimiento de la demanda y lograr los niveles de productividad deseados, entre otros: número de máquinas requeridas y recurso humano necesario. Un comparativo de los valores encontrados del número de máquinas necesarias y recurso humano requerido en cada parte del proceso, el número de máquinas se redujo un 15.38% al pasar de 13 empleadas a 11 en el proceso de moldurado. Un mejoramiento más se da en el número de trabajadores empleados, antes de las mejoras eran requeridos 42 disminuyendo 5 empleados en el área del proceso de molduras representando un 11.90% de disminución en la fuerza de trabajo empleada.

La reestructuración en el número de trabajadores empleados en el proceso productivo para mejorar los resultados de productividad y disminuir los costos laborales, fue un proceso de reingeniería empresarial basado en una progresiva transformación de la organización mediante una planeación estratégica a nivel proceso de molduras con una reducción en los trabajadores utilizados y aumento de cargas de trabajo

A manera de síntesis se puede afirmar que un sistema pull en el proceso de producción de la empresa disminuyó el porcentaje de mudas o actividades de desperdicio, la disminución de mudas se dio principalmente en los indicadores: porcentaje de desperdicio en la cadena de valor, porcentaje de desperdicio en proceso productivo, nivel de fuerza de trabajo empleada, inventario de materia prima, producto en proceso y artículos terminados. El lead time fue otro de los indicadores que disminuyó, los defectos por oportunidad y defectos por millón de oportunidades. El sistema de abastecimiento kanban en el proceso de producción de la empresa incrementó el nivel de indicadores. Los indicadores que vieron su nivel incrementar fueron: eficiencia del ciclo del proceso, porcentaje de actividades necesarias, porcentaje de actividades indispensables y necesarias, utilización del recurso humano, la eficiencia operacional del equipo, cumplimiento de entregas, linealidad, rendimiento del proceso y rendimiento a la primera vez. Otros indicadores que presentaron un mejoramiento importante correspondieron a los beneficios económicos reflejados en la utilidad que se presentó en la empresa, el área de molduras y la muestra seleccionada.

El sistema de gestión de calidad logro una mayor satisfacción de los clientes, se mejoró la calidad en cada puesto de trabajo con la ayuda de personal capaz de mejorar la calidad de los productos y procesos. La variación y los defectos disminuyeron logrando resultados constantes garantizando una mejora en el proceso, gracias al análisis y corrección de las causas que provocaban los problemas, logrando ahorros en costos.

En consecuencia, a todo lo anterior el modelo híbrido seis sigma y pensamiento esbelto permitió identificar y disminuir las actividades de desperdicio o mudas y la variabilidad para solucionar problemas. Las actividades detectadas y que presentaron disminución fueron sobreproducción, producción de piezas defectuosas, inventarios, sobreprocesos, tiempos de espera. No se analizó el transporte de material y movimientos innecesarios.

Este estudio representa un estudio primario en la implementación de proyectos lean seis sigma en procesos productivos de la industria de elaboración de molduras, permitiendo establecer un punto de partida para la determinación de actividades de desperdicio, su cuantificación y su solución en la industria de madera. Los resultados obtenidos permitieron identificar, dar una solución y mejorar las principales problemáticas en los diversos escenarios de la fabricación de molduras.

REFERENCIAS

- [1] Añaguari Yarasca, M. (2016). *Integración Lean Manufacturing y Seis Sigma. Aplicación pymes* (Tesis maestría). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España).
- [2] Berrospi Salazar, F. y Herrera Montalvo, J. (2014). *Influencia de la variación del corte sobre el rendimiento y los ingresos económicos de la industria de aserrío* (Tesis especialización). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima Perú.
- [3] Guerrero, J.E. Leavengood, V. Gutiérrez-Pulido, H. Fuentes-Talavera, F.J. & Silva-Guzmán, J.A. (2017). Applying Lean Six Sigma in the Wood Furniture Industry: A Case Study in a Small Company, *Quality Management Journal*, 24:3, 6-19 DOI: 10.1080/10686967.2017.11918515
- [4] Medina Hoyos, G. Montalvo Montalvo, G. y Vásquez Coronado, M. (2018). Mejora de la productividad mediante un sistema de gestión basado en lean six sigma en el proceso productivo de pallets en la empresa maderera nuevo Perú S.A.C. *Revista Ingeniería*. Vol. 5 Núm. 1, pp. 1-17. Disponible en: <http://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/863/743>
- [5] Medina Palomera, A., Zayas Orozco, G., Cazares Favela, H., Padilla Velázquez, J. y Medina León, S. (2018) Aplicación de Lean y Six Sigma en una microempresa. *Revista de la Ingeniería Industrial*. Vol. 12, No. 1, pp. 50-58. Disponible en: <https://drive.google.com/drive/folders/4dQoFko6ojoJfVoWtuge9jRbHT8b25Zp>
- [6] Palma Álvarez, Z. (2015). *Estudio de rendimiento y productividad de dos tipos de molduras confeccionadas de Pinus radiata D. Don* (Tesis de Ingeniería Forestal). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- [8] SEMARNAT. 2020. *Anuario estadístico de la producción forestal 2017. Secretaria de medio ambiente y recursos naturales*. México, México.
- [9] Valerius, J. Vaz Lobo Bittencourt, M. Garzel Leodoro da Silva, J. y Frega, J. (2017). Analysis of Brazilian exports of conifer Wood moldings through gravity trade model. *Revista Árvore*. 2017;41(4): e410415. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-90882017000400015>

Correo del autor: jtguvi@hotmail.com