
Aplicación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el área de producción de la empresa Inversiones Generales del Mar.**Application of Lean Manufacturing to improve productivity in the production area of the company Inversiones Generales del Mar.****Aplicando Lean Manufacturing para melhorar a produtividade na área de produção da empresa Inversiones Generales del Mar.****Paolo Contreras Vásquez¹, Percy Ruíz Gómez², Elías Pesantes Gutiérrez³.**

Resumen

Se aplicó el modelo Lean Manufacturing para eliminar la serie de "desperdicios" que ocasionaban la baja productividad de la empresa. La investigación tuvo un diseño de tipo pre experimental, se estableció como muestra los datos de productividad del segundo semestre del año 2016. Se determinaron los problemas existentes mediante observación directa y el análisis documental; de igual manera, los instrumentos necesarios para la recolección y análisis de datos fueron el diagrama de Ishikawa, el software Value Stream Mapping, además de diferentes hojas de registro de control de la producción. El proceso de aplicación consistió en la realización de un diagnóstico del tiempo de ciclo del proceso a través del Value Stream Mapping (VSM), para posteriormente hallar el Takt Time, luego se halló la eficiencia global de la maquinaria (OEE). Finalmente, a través de la herramienta 5s y un programa de mantenimiento para las maquinarias, se logró aumentar la productividad en el área de producción de la empresa. Se determinó, que el tiempo Takt Time varió en 6.45%, logrando un tiempo menor en la fabricación de la demanda del semestre 2017. Con respecto a la eficiencia global de maquinaria, ésta incrementó en 11.19 % el desempeño de la máquina. Finalmente, la productividad final de la mano de obra, se incrementó en 7.84%. Para las máquinas, la productividad mejoró en 8.12% y, por último, la comparación de la productividad global del segundo semestre del 2016 con el semestre de 2017, mostró una mejora de 11.08%.

Palabras clave: Eficiencia global de los equipos, takt time, tiempo de ciclo del proceso, productividad.

Abstract

The Lean Manufacturing model was applied to eliminate the series of "waste" that caused the low productivity of the company. The research had a pre-experimental design in which the productivity data for the second semester of 2016 was established as a sample. The existing problems were determined by direct observation and documentary analysis; In the same way, the necessary instruments for data collection and analysis were the Ishikawa diagram, the Value Stream Mapping software as well as different production control record sheets. The application process consisted in making a diagnosis of the cycle time of the process through the Value Stream Mapping (VSM), to later find the Takt time, then the overall efficiency of the machinery (OEE) was found. Finally, through the 5s tool and a maintenance program for the machinery, it was possible to increase productivity in the production area of the company. It was determined that the Takt time varied by 6.45%, achieving a shorter time in the manufacture of the demand of the semester 2017. With respect to the overall efficiency of machinery, this increased in 11.19% the performance of the machine. Finally, the final productivity of the workforce increased by 7.84%. For the machines, productivity improved by 8.12% and, finally, the comparison of the global productivity of the second semester of 2016 with the semester of 2017, showed an improvement of 11.08%.

Keywords: Overall equipment effectiveness, takt time, process cycle time, productivity.

Resumo

O modelo Lean Manufacturing foi aplicado para eliminar a série de "resíduos" que causaram a baixa produtividade da empresa. A pesquisa teve um projeto pré-experimental em que os dados de produtividade para o segundo

¹Escuela de Ingeniería Industrial. Bachiller. Universidad César Vallejo. Chicbote. Perú. paolocontrerasv@hotmail.com.

²Escuela de Ingeniería Industrial. Bachiller. Universidad César Vallejo. Chicbote. Perú. prg300@gmail.com. <http://orcid.org/0000-0003-4332-8113>

³Dirección de Investigación. Magíster. Universidad César Vallejo. Chicbote. Perú. lesquivel@ucv.edu.pe. <http://orcid.org/0000-0001-5541-2940>

Recibido: 29/08/2017

Aceptado: 20/09/2017

semestre de 2016 foram estabelecidos como amostra. Os problemas existentes foram determinados por observação direta e análise documental; Da mesma forma, os instrumentos necessários para a coleta e análise de dados foram o diagrama de Ishikawa, o software Value Stream Mapping, bem como diferentes folhas de registro de controle de produção. O processo de aplicação consistiu em fazer um diagnóstico do tempo de ciclo do processo através do Mapeamento de fluxo de valor (VSM), para encontrar mais tarde o tempo de Takt, e a eficiência geral da maquinaria (OEE) foi encontrada. Finalmente, através da ferramenta 5s e um programa de manutenção para a maquinaria, foi possível aumentar a produtividade na área de produção da empresa. Determinou-se que o tempo de Takt variou em 6,45%, atingindo um menor tempo no fabrico da demanda do semestre de 2017. Com relação à eficiência geral das máquinas, isso aumentou em 11,19% o desempenho da máquina. Finalmente, a produtividade final da força de trabalho aumentou 7,84%. Para as máquinas, a produtividade melhorou em 8,12% e, finalmente, a comparação da produtividade global do segundo semestre de 2016 com o semestre de 2017 mostrou uma melhora de 11,08%.

Palavras-chave: *Eficiência geral da máquina, tempo de aderência, tempo de ciclo do processo, produtividade.*

Introducción

Existen empresas, alrededor del mundo, que quiebran debido a problemas de organización, por su resistencia a los cambios en pro de lograr ser más competitivos y otras por la ineficiencia de sus procesos; pues estos problemas se reflejan en una baja productividad y, por consiguiente, una rentabilidad muy debajo de las expectativas.

El Lean Manufacturing es un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación de actividades que no agregan valor en un proceso, pero si implican costo y esfuerzo. La principal filosofía en la que se sustenta el Lean Manufacturing radica en la premisa de que "todo puede hacerse mejor"; de tal manera que, en una organización debe existir una búsqueda continua de oportunidades de mejora.

Entre las técnicas usadas por el Lean Manufacturing para la mejora continua se tiene a la metodología de las 5S: Esta metodología tiene el objetivo de mejorar la calidad de vida del trabajo y se basa en cinco principios, que, mediante su implementación sistemática, tienen como propósito lograr una mejor calidad, mejor entorno laboral y aumentar la productividad (Carreira, 2004).

El mapeo del flujo de valor es una técnica que ayuda a desarrollar cadenas de valor más competitivas en las empresas manufactureras. El mapeo del flujo del valor realiza un seguimiento del flujo de materiales e información y lo plasma a través de herramientas gráficas normalizadas. Como todas las herramientas de Lean Manufacturing, el objetivo del VSM es proponer mejoras en los procesos y eliminar aquello que no le añade valor. Vigo y Astocaza (2009) citan a Womack quien menciona que para realizar un correcto proceso de mapeado se deben seguir los siguientes pasos: Identificar el producto, familia de productos o servicio; determinación del VSM actual; determinación del VSM futuro y establecer los pasos necesarios para lograr la situación futura.

El TPM (Total Productive Maintenance) busca la mejora de la efectividad de las máquinas y los procesos productivos a través de la implementación del mantenimiento autónomo y preventivo. La aplicación de esta metodología tiene un ámbito de acción que va desde la alta gerencia hasta los operarios. El TPM trabaja de la mano con la filosofía JIT, además de herramientas como las 5S, que ayudan en la aplicabilidad de la metodología. La Efectividad Global de los Equipos (OEE) es indicador que ayuda a medir el estado del mantenimiento dentro de las líneas de producción. El análisis de este indicador, junto con el uso de diagramas causa – efecto son fundamentales para proponer mejoras.

Palomino (2012), en su investigación que tuvo la finalidad de mejorar la eficiencia de las líneas de envasado de una planta de fabricación de lubricantes, desarrolló el análisis, el diagnóstico y las propuestas de mejora para lograr mejores indicadores de eficiencia. En el análisis de las líneas de envasado, se detectó como principal problema el rendimiento de éstas. Ante un buen indicador de calidad y de disponibilidad, el indicador de rendimiento afectaba de forma negativa el resultado de la OEE (Overall Equipment Effectiveness o Eficiencia general de los equipos). Un análisis más detallado del rendimiento determinó como principal factor al tiempo excesivo de paradas, dentro de las cuales las más resaltantes son las paradas por Set-Up, y por movimiento de materiales de empaque hacia las líneas de envasado. Para disminuir el impacto de estas paradas se utilizaron las herramientas SMED, 5S y JIT. Cada una de estas herramientas logró una reducción del 73%, 27% y 80%, en cada uno de los tiempos a los cuales se direcciona. Esto se reflejó en una mejora del 20% en el indicador OEE y un ahorro de

horas hombres, una mayor capacidad productiva, mejor tiempo de respuesta y cumplimiento de entregas, mayores ventas, y mejor rentabilidad.

En la investigación de Cardona (2013) se presentó un modelo para la implementación del enfoque de gestión Lean Manufacturing y algunas de sus principales técnicas. En un primer momento, identificó posibles causas que generaban desperdicios que afectaban la productividad, una vez obtenidos los resultados finales frente al diagnóstico del sistema productivo de la empresa, aplicó los conceptos extractados por las diferentes técnicas, donde obtuvo los resultados, fruto de la implementación de las técnicas Lean Manufacturing, que se consideraron como necesarias para la empresa piloto, buscando fomentar la filosofía de mejora continua convirtiéndose en un aporte valioso de la investigación.

Celis (2009) realizó una investigación con el objetivo diseñar e implementar un plan de mejoramiento del sistema productivo mediante las herramientas Lean en la empresa Calzado Marroqueria Valery Collection Ltda. que permitió racionalizar el uso de los recursos y garantizar un aumento en la productividad, para ello tuvo que desarrollar técnicas como la filosofía 5'S, análisis de desperdicios, implementación de Kaizen. Después de la implementación de las 5'S, logró un incremento de cumplimiento del 23.54% para Seiri, 30.83% para Seiton, 45.55% para Seiso, 37.43% para Seiketsu, 42.73% para Shitsuke. Asimismo, gracias a la implementación de la técnica de despilfarro, se eliminaron desplazamientos innecesarios en busca de herramientas de trabajo, y hubo una reducción de despilfarros equivalente a un 36.62%.

Mejía (2013) utilizó como medida de la optimización de la eficiencia de las líneas al OEE (por las siglas en inglés de Overall Equipment Effectiveness) que involucra aspectos de calidad, rendimiento y disponibilidad de las líneas de confecciones. Con el análisis realizado identificó que los principales problemas detectados en el mapa de flujo de valor actual eran desorden en el área, alto tiempo de búsqueda de herramientas y tiempos de parada de máquina altos y frecuentes. Propuso implementar herramientas de manufactura esbelta como solución a estos problemas tales como: la implementación de la metodología 5S's acompañada del mantenimiento autónomo y el SMED (por las siglas en inglés de Single Minute Exchange of Die). La correcta implementación de las herramientas de manufactura esbelta logró un aumento en los tres indicadores que involucran el OEE. El primer indicador es el incremento de la disponibilidad de las máquinas en 25% provocado por la reducción del tiempo de set-up y del tiempo de reparación de las máquinas. Otro indicador que impacta en el beneficio, es el rendimiento de las líneas de confecciones, aumentando en 2% debido al alza del tiempo bruto de producción. Por último, la tasa de calidad obtiene un crecimiento de 4.3% como consecuencia de la reducción de productos defectuosos. Estos tres indicadores lograron un incremento del OEE de 34.92%. Otros beneficios son el incremento de la capacidad productiva, ahorro de horas hombres, incremento del área de trabajo y motivación del personal. A lo mencionado antes, se concluye que la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta le proporciona a la empresa una ventaja competitiva en calidad, flexibilidad y cumplimiento, que, a largo plazo, se verá reflejado en el aumento de ventas y mayor utilidad por parte de la empresa.

Para lograr que la aplicación de Lean Manufacturing mejore la productividad en el área de producción, de la empresa en estudio, se desarrollaron como objetivos específicos la realización del diagnóstico inicial de las características de los procesos de producción; la medición de la productividad inicial; la identificación de las causas de la baja productividad; aplicación de las herramientas del Lean Manufacturing a las necesidades de mejora en el área de producción, y finalmente la evaluación de la productividad después de la aplicación de Lean Manufacturing.

Materiales y métodos

Esta investigación tuvo una orientación aplicada, en la medida que identificó los hechos o fenómenos relevantes dar la solución al problema de la baja productividad en la empresa. El diseño de investigación fue de tipo pre experimental. El estudio se realizó en el área de producción de la empresa. La población estuvo conformada por los datos de productividad de la línea de elaboración de conservas de pescado del segundo semestre del año 2016.

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos utilizados se resumen en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1

Técnicas e instrumentos de recolección de datos 2016

Variable	Técnicas	Instrumento	Resultado
Lean Manufacturing	Observación	Diagrama de Ishikawa	Causas de la baja productividad
		Value Stream Mapping	
Productividad	Entrevista	Guía de entrevista	Datos acerca de la productividad inicial.
	Observación, análisis documental	Hoja de registro de control de producción	Registro y evaluación de la productividad durante la implementación.
		Gráfico de comparación de productividad entre periodos	Avaluación del incremento de la productividad.

Nota. El gráfico de comparación de productividad entre periodos ha sido adaptado de “Herramientas de la calidad” de Valderrey, P. (2012), España: Starbook Editorial, S.A.

Metodología

Se describió conceptualmente cada proceso de la elaboración de la conserva de pescado, utilizando el diagrama de operaciones proporcionado por el área de producción de la empresa; se determinó el estado de la productividad con los datos de los reportes de producción de la empresa (segundo semestre 2016). Después de la obtención de estos datos se dio inicio al proceso de aplicación del Lean Manufacturing y para determinar el diagnóstico situacional en el área de producción de la empresa pesquera se realizó el análisis con el diagrama de Ishikawa. A continuación, se seleccionaron las herramientas de Lean Manufacturing a aplicar seguido del mapeo de flujo de valor con el que se determinó el tiempo de ciclo de producir una caja de 48 unidades de latas de ½ libra de conserva de pescado. Se prosiguió con el Tack Time. Para el cálculo del OEE previamente se evaluó la información referente a los tiempos promedio de parada por mantenimiento preventivo y correctivo con los cuales se determinaron los índices de TPM, tasa de paros, disponibilidad, rendimiento e índice de calidad. Luego, se aplicó la metodología de las 5S para obtener los resultados esperados en la productividad. Finalmente, se evaluó los datos de productividad del primer semestre del año 2017.

Resultados

La Figura 1, presenta el diagrama DOP del proceso de producción de la empresa, el cual reportó 16 operaciones.

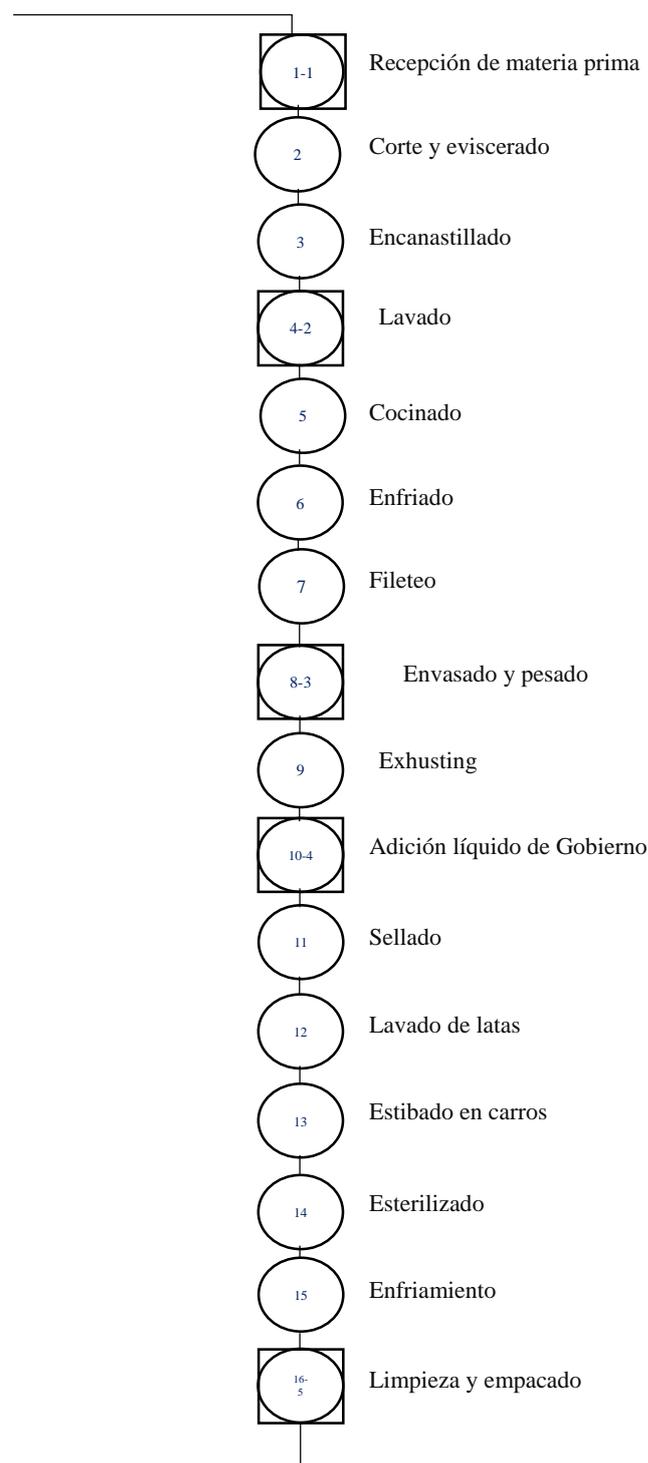


Figura 1. Diagrama de operaciones del proceso de producción de la conserva de pescado

Nota. Tomado del área de producción de la empresa IGM

La evaluación de la productividad del segundo semestre del 2016 arrojó los siguientes resultados:

La empresa Inversiones Generales del Mar logró alcanzar un índice de producción de 176,238 cajas de 48 unidades de 1/2 libra de conservas de pescado, obteniendo ingresos por ventas de S/. 18 041 295, utilizando 172 800 horas-hombre a un costo de S/. 4.15 por hora y 20 160 horas-máquinas a un costo de S/. 11 por hora-máquina.

Productividad de la mano de obra:

$$p(MO) = \frac{176,238}{172,800} = 1.02 \frac{\text{caja}}{\text{hora-hombre}} \quad \text{Se obtuvo 1.02 cajas por hora trabajada.}$$

Productividad de máquinas:

$$p(Máq.) = \frac{176,238}{20,160} = 8.74 \frac{\text{caja}}{\text{hora-máquina}} \quad \text{Se obtuvo 8.74 cajas de conservas de ½ libra.}$$

Productividad global del semestre 2016:

$$p(2^{\circ} \text{ sem } 2016) = \frac{18\,041,295}{(172,800 \times 4.15) + (20,160 \times 11)} = 19.21 \text{ S/./ingresos por ventas}$$

Finalmente, la productividad global fue de S/. 19.21 de ventas por cada sol que se invierte en trabajo de M.O y equipos de capital.

Respecto a los resultados del análisis de Ishikawa (Figura 2) se llegaron a definir las prioridades a tener en cuenta para la mejora: entorno de trabajo, eficiencia de la máquina y mejora del tiempo de entrega del producto.

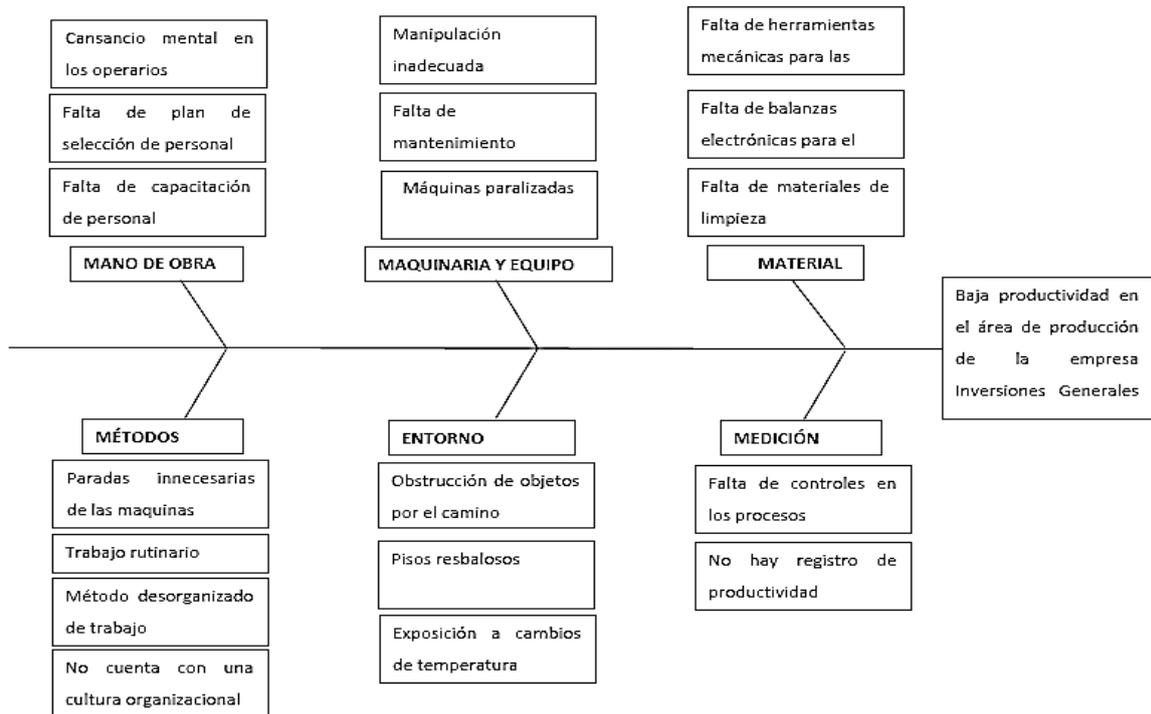


Figura 2. Diagrama de Ishikawa para la identificación de las causas de la baja productividad del proceso productivo en la empresa Inversiones Generales del Mar.

Nota. Elaboración propia.

Las herramientas seleccionadas, para aplicar en el trabajo, tuvieron relación directa con las prioridades definidas por el análisis de Ishikawa. Éstas fueron VSM, 5S y TPM, las razones son explicadas en el Apéndice A.

La ejecución del VSM o Mapeo de Flujo de Valor, determinó que el tiempo de ciclo para producir una caja de 48 unidades de latas de ½ libra de conserva de pescado era de 233 segundos/caja.

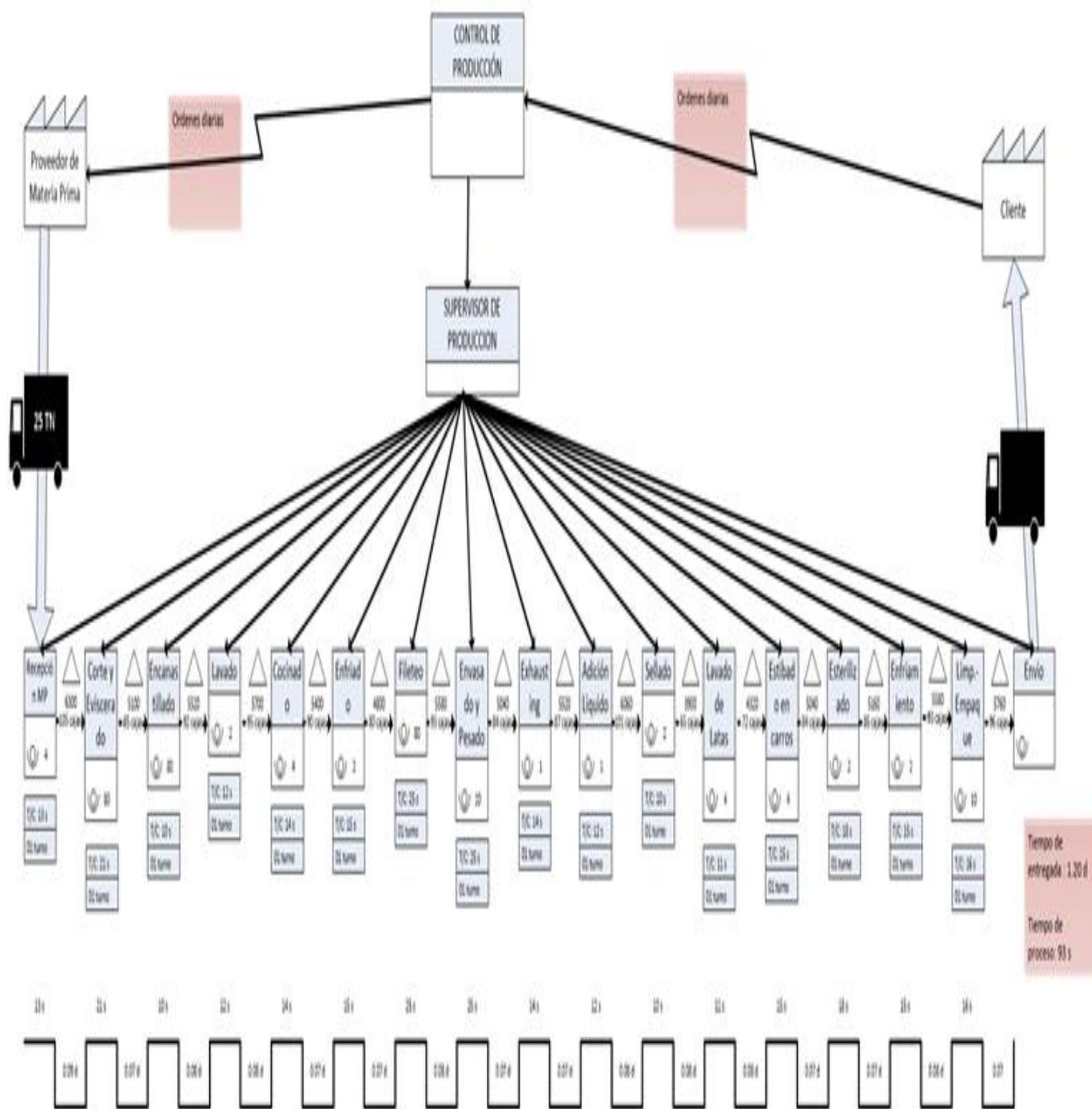


Figura 3. Tiempo de ciclo de producción para una caja x 48 unidades de conserva de pescado en lata de ½ libra.

Nota. Información obtenida del software Value Stream Mapping

Los resultados de la aplicación del Lean Manufacturing, se observan a continuación con la determinación del Takt Time (Tabla 2)

Tabla 2

Determinación del Takt Time – Segundo semestre 2016

Mes - 2016	Producción neta por 3 líneas (caja de 48 unidades ½ libra)	Demanda caja de 48 unidades ½ libra	Tiempo disponible de producción horas en 3 líneas y 6 días por semana	Takt time= tiempo disponible (minutos) / demanda
JUL	26653	25100	720	1.72
AGO	30416	30020	720	1.44
SEP	32619	30050	720	1.44
OCT	26556	25400	720	1.70
NOV	28982	26780	720	1.61
DIC	31012	30500	720	1.42
TOTAL	176238	167850	4320	1.55

Nota. Elaboración propia

La Tabla 2 muestra que la velocidad con la cual el producto debía ser fabricado para satisfacer la demanda del cliente era de 1.55 min/demanda.

El tiempo disponible de producción que equivale a 720 horas al mes se calculó de la siguiente manera: $10 \times 6 \times 4 \times 3$, en donde 10 son las horas de un día de turno de 10 horas efectivas de trabajo descontando refrigerio, a la semana trabajan 6 días, 4 son las 4 semanas de un mes y 3 equivale a las 3 líneas de producción que se dispone.

El valor TAKT TIME se determinó dividiendo el tiempo disponible sobre la demanda en cajas de 48 unidades de ½ libra. El tiempo disponible en minutos para cubrir la demanda del semestre 2016 fue de 1.55 minutos que equivale a $1.55 \text{ minutos} \times 60 \text{ seg/minuto}$ resulta 93 segundos el tiempo requerido para producir una caja de 48 unidades de ½ libra y para cubrir la demanda del semestre de 2016.

Luego, con respecto a la eficiencia global de los equipos (OEE) se evaluó el equipo: Máquina selladora “Angelux” de 4 cabezales:

Tabla 3

Tiempo promedio de paradas por mantenimiento preventivo y correctivo del segundo semestre del año 2016.

Mes	TA (horas)	Nº paradas TA	TOC (horas)	Nº paradas TOC
JULIO	37	21	6	4
AGOSTO	23	16	5	3
SETIEMBRE	35	20	8	4
OCTUBRE	30	8	3	2
NOVIEMBRE	40	15	4	3
DICIEMBRE	51	32	4	3
TOTAL	216	112	30	19

Nota. Elaboración propia. Tiempo de avería (TA), tiempo de organizacional o de cambio programado (TOC)

De la Tabla 3 podemos deducir lo siguiente:

El tiempo de producción programado,

TPP = (182 días /semestre * 10 horas /día) - 30 horas mantenimiento = 1801 horas al semestre 2016 de tiempo de producción programado.

La tasa de paros de mantenimiento preventivo por razones organizativas preventivas o de cambios (POC).

POC = TOC / TPP = 19 / 1801 = 0.010549 o 1.05%, es la tasa de paros por mantenimiento programado en el semestre 2016 (promedio de una máquina selladora).

La tasa de paros por averías (PA) es igual a PA = TA / TPP

PA = 216 / 1801 = 0.119933 o 11.9% es la tasa de paros por averías o mantenimiento correctivo en el semestre 2016 (promedio de la máquina selladora).

La tasa de paro total = POC + PA

Tasa de paros = 0.010549 + 0.119933 = 0.130482 o 13.05% en el semestre 2016

Disponibilidad:

$$D = 1 - POC - PA$$

D = 1 - POC (2106) - PA (2016) = 1 - 0.010549 - 0.119933 = 0.869518 o 86.95% de disponibilidad de la maquinaria.

Rendimiento:

Las cajas teóricas producidas en la máquina selladora se calculó teniendo en cuenta el tiempo estándar de la máquina y el tiempo de producción programado en el año.

Rendimiento = Producción ejecutada (2016) / Producción Teórica

Rendimiento = (176,238 cajas / 225,500 cajas) x 100 = 78.1%

Índice de calidad:

En el segundo semestre 2016 se obtuvo un total de 356 cajas mal procesadas. Por tanto el Índice de calidad es igual a:

$$\text{Índice de Calidad} = \frac{176,238 - 1205}{176,238} \times 100 = 99.3\%$$

Por lo tanto el indicador OEE medido fue:

OEE = Disponibilidad x Rendimiento x Índice de calidad

OEE = 86.9% x 78.1% x 99.3%

OEE = 67.43%

La aplicación de la 5S llevó a obtener los siguientes resultados mostrados en la Tabla 4.

Tabla 4

Consolidado de la aplicación de 5S

Área	# S	%	Observaciones
Producción	1S	80%	Las herramientas se encuentran ordenadas
	2S	60%	EL área de producción está más organizada
	3S	60%	Hay limpieza en área de Producción
	4S	80%	Hay estandarizado
	5S	60%	Se observa disciplina

Nota. Elaboración propia.

Finalmente, para la evaluación de los indicadores de Lean Manufacturing, se evaluaron los siguientes datos correspondientes al primer semestre del año 2017 (Tabla 5):

El Takt Time fue de 1.45 minutos equivalente a 87 segundos para producir una caja de 48 unidades de 1/2libra y para cubrir la demanda del primer semestre 2017.

Para la medición del OEE del primer semestre del 2017, se obtuvieron los datos del tiempo de paradas por mantenimiento preventivo y correctivo del semestre 2017 (Tabla 6).

Y después del cálculo de los indicadores de disponibilidad, rendimiento e índice de calidad (Tabla 7) se obtuvo el OEE que resultó ser:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Índice de calidad}$$

$$\text{OEE} = 88.32\% \times 84.5\% \times 99.9\%$$

$$\text{OEE} = 74.56\%$$

Tabla 5

Determinación del Takt Time – Primer semestre del 2017

Mes - 2017	Producción neta por 3 líneas (caja de 48 unidades ½ libra)	Demanda caja de 48 unidades ½ libra	Tiempo disponible de producción horas en 3 líneas y 6 días por semana	Takt time= tiempo disponible (minutos) / demanda
ENE	32673	29050	720	1.49
FEB	31239	28000	720	1.54
MAR	30982	30200	720	1.43
ABR	31161	30150	720	1.43
MAY	34175	31439	720	1.37
JUN	30344	29740	720	1.45
TOTAL	190574	178579	4320	1.45

Nota. Elaboración propia.

Tabla 6

Tiempo promedio de paradas por mantenimiento preventivo y correctivo del primer semestre del año 2017.

Mes	TA (horas)	Nro. paradas TA	TOC (horas)	Nro. paradas TOC
ENERO	25	18	5	3
FEBRERO	19	13	4	3
MARZO	30	17	7	4
ABRIL	26	10	3	2
MAYO	35	12	4	3
JUNIO	45	25	4	2
TOTAL	180	95	27	17

Nota. Elaboración propia.

Tabla 7

Indicadores de disponibilidad, rendimiento e índice de calidad del primer semestre del año 2017.

Métrica	Valor	Unidades
TPMP	10.00	Horas
TPP	1773.00	Horas/año
TASA DE PAROS POR MANTENIMIENTO PROGRAMADO (POC)	1.52	%
TASA DE PAROS POR AVERÍAS (PA)	10.15	%
TASA DE PARO TOTAL	11.67	%
DISPONIBILIDAD	88.33	%
RENDIMIENTO	84.50	%
ÍNDICE DE CALIDAD	99.90	%

Nota. Elaboración propia.

Para el cálculo del rendimiento y disponibilidad se tomaron los datos de producción observados en el primer semestre del 2017, que reportó que el número de cajas mal procesadas disminuyeron en 50% (178 cajas) con una producción total de 190 ,574 cajas en la máquina selladora.

Comparación del Tiempo disponible o Takt Time de los semestres 2016 y 2017:

Tabla 8
Comparación de la medida de Takt Time 2016 y 2017

Mes 2016	Mes 2017	Takt Time 2016	Takt Time 2017
JUL	ENE	1.72	1.49
AGO	FEB	1.44	1.54
SEP	MAR	1.44	1.43
OCT	ABR	1.70	1.43
NOV	MAY	1.61	1.37
DIC	JUN	1.42	1.45
SEMESTRE		1.55	1.45

Nota. Elaboración propia.

En la Tabla 8, se observa que el valor del Takt Time 2017 disminuyó en 6.45% en comparación el Tack Time del 2016. Asimismo, la Tabla 9 muestra el incremento del OEE.

Tabla 9
Comparación del OEE 2017 con respecto al 2016

Año	OEE
2016	67.43%
2017	74.56%
VARIACIÓN	10.57%

Nota. Elaboración propia.

Evaluación de la mejora de la productividad

La productividad de la mano de obra:

$$p(MO) = \frac{190574}{172800} = 1.10 \frac{\text{caja}}{\text{hora-hombre}} ; \text{ se producen 1.62 cajas por hora trabajada.}$$

Productividad de máquinas:

$$p(\text{máq.}) = \frac{190574}{20160} = 9.45 \frac{\text{cajas}}{\text{hora-máquina}} ; \text{ por cada máquina utilizada se obtienen 1.82 cajas de conservas de } \frac{1}{2} \text{ libra.}$$

Productividad global del semestre 2017

$$p(\text{global } 2017) = \frac{20\,036,595}{(172,800 \times 4.15) + (20,160 \times 11)} = 21.34 \text{ soles}$$

Por cada sol que se invierte se obtiene s/. 12.06 de ingresos por ventas.

La comparación de la productividad de la mano de obra y las máquinas entre el 2016 y 2017 se muestra en la Tabla 10:

Tabla 10

Análisis de la productividad 2016 y 2017

Productividad	Mano de Obra	Maquinaria	Global
Productividad inicial	1.02	8.74	19.21
Productividad final	1.10	9.45	21.34
% de mejora	7.84	8.12	11.08

Nota. Elaboración propia.

Discusión

La aplicación de las 5S, en el semestre 2017, como herramienta base de Lean Manufacturing para mejorar los procesos de la empresa, refleja indicadores, promedio, de la primera ‘S’ (clasificar) de 80%, mientras que para la segunda ‘S’ (ordenar) se encontró en 60%, para la tercera ‘S’ (limpiar) el promedio fue de 60%, para la cuarta ‘S’ (estandarizar) alcanzó el 80% y la quinta ‘S’ (disciplina) llegó al 60%. El promedio general de las 5 ‘S’ fue de 68% lo cual significa que le falta 27% para llegar al 95% de confiabilidad. Coincidimos con Celis (2009), que para el mejoramiento del proceso productivo a través de herramientas Lean, desarrolla técnicas como la filosofía 5’S, análisis de desperdicios e implementación de Kaizen, logrando un incremento de cumplimiento de las 5’S; teniendo así, 23.54% para Seiri, 30.83% para Seiton, 45.55% para Seiso, 37.43% para Seiketsu, 42.73% para Shitsuke. De acuerdo a Celis (2009), la herramienta de las 5s nos permite mejorar la productividad en las áreas de trabajo, así en la presente investigación se obtuvieron resultados positivos.

De manera conjunta, en la presente investigación con las herramientas de Lean Manufacturing en el área de producción de la empresa Inversiones Generales del Mar, en el semestre 2017; como son la 5S y un plan de mantenimiento de las máquinas, se aumenta la productividad del área. La aplicación de 5s minimiza las paradas de la máquina selladora, al igual que la cantidad de cajas defectuosas incrementando la eficiencia Global de los Equipos (OEE) a un 74.5% para el semestre 2017.

En el año 2016, para producir una caja de 48 unidades requería un Takt Time de 1.55min (93 segundos) y la mejora para el primer semestre del año 2017 alcanza 1.45 min. Por lo tanto, se determina la eficiencia general de equipos (OEE) para el semestre 2016, el cual se calculó teniendo en cuenta la disponibilidad, el rendimiento y el índice de calidad de la máquina selladora, en 67.43%.

En este sentido, Palomino (2012), detecta, en su estudio, durante el análisis de las líneas de envasado, que el indicador de rendimiento afecta de forma negativa el resultado de la OEE. Un análisis más detallado del rendimiento determina como principal factor al tiempo excesivo de paradas, dentro de las cuales las más resaltantes son las paradas por Set-Up y por movimiento de materiales de empaque hacia las líneas de envasado. Para disminuir el impacto de estas paradas se utilizaron las herramientas SMED, 5S y JIT. Cada una de estas herramientas logra una reducción del 73%, 27% y 80% en cada uno de los tiempos a los cuales es direccionada. Esto se refleja en una mejora del 20% en el indicador OEE y un ahorro de horas hombres, una mayor capacidad productiva, mejor tiempo de respuesta y cumplimiento de entregas, mayores ventas, y mejor rentabilidad. De acuerdo con Palomino (2012) y Mejía (2013), el control del indicador TPM es muy importante ya que permite mejorar el indicador OEE, dando así un mejor desempeño productivo, como en el caso de la presente investigación que logra una mejora de 10.57% con respecto al OEE.

Mejía (2013) optimiza la eficiencia de las líneas a través de la medida y control del OEE y propuso implementar herramientas de manufactura esbelta como solución a los problemas; también aplica la metodología 5S’s acompañada del mantenimiento autónomo y el SMED (por las siglas en inglés de

Single Minute Exchange of Die). Logra como resultados el incremento de la disponibilidad de las máquinas en 25% provocado por la reducción del tiempo de Set-Up y del tiempo de reparación de las máquinas. También el rendimiento de las líneas de confecciones, aumentando en 2% debido al alza del tiempo bruto de producción. Por último, la tasa de calidad obtiene un crecimiento de 4.3% como consecuencia de la reducción de productos defectuosos. Estos tres indicadores logran un incremento del OEE de 34.92%. Otros beneficios, son el incremento de la capacidad productiva, ahorro de horas hombres, incremento del área de trabajo y motivación del personal.

Conclusiones

La aplicación del VSM y 5S muestra que los indicadores de Lean Manufacturing como el Takt Time y el OEE logran mejorarse, en 6.45% y 10.57% respectivamente; esto trajo como consecuencia que los indicadores de productividad de la mano de obra (1.02 cajas/hh), de las máquinas (8.74 cajas/h-máq.) y la productividad global (19.21 soles) medidos para el segundo semestre del 2016 y la mejora de su desempeño en el primer semestre del 2017: 1.10 cajas / hh; 9.45 cajas / h-máq. y 21.34 soles de productividad global. Por lo tanto, la mejora de la productividad, del proceso productivo, alcanzó 7.84% para la mano de obra; 8.12% para las máquinas y 11.08% para la productividad global, por tanto, se concluye que la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing si mejoran la productividad de los procesos.

Referencias bibliográficas

- Borris, S. (2006). *Total productive maintenance*. Estados Unidos : McGraw-Hill Education , 2006.
- Carreras, M. R. y Sánchez, J. L. (2010). *La evidencia de una necesidad*. Madrid: Diaz de Santos.
- Cardona J. J. (2013). Modelo para la implementación de técnicas Lean Manufacturing en empresas editoriales (Tesis de maestría). Recuperada de <http://www.bdigital.unal.edu.co/12191/1/8912001.2013.pdf>
- Casanova, F. (2002). *Formación profesional, productividad y trabajo decente*. Montevideo : s.n.
- Celis, Y. L. (2009). Mejoramiento del proceso productivo a través de herramientas Lean en la empresa de calzado y marroquería Valey Collection (Tesis de grado). Recuperada de <http://studylib.es/doc/8122537/mejoramiento-del-sistema-productivo-de-la-empresa-calzado-y>
- Lefcovich, M. (2009). *TPM – Mantenimiento productivo total: Un paso más hacia la excelencia empresarial*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/248223237/ManTenimiento-Productivo-Total>
- Mejía, S. A. (2013). Análisis y propuesta de mejora del proceso productivo de una línea de confecciones de ropa interior en una empresa textil mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta (Tesis de grado). Recuperada de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/4922>
- Palomino, M. A. (2012). Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing en las líneas de envasado de una planta envasadora de lubricantes (Tesis de pregrado). Recuperada de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/1707>
- Valderrey, P. (2012). *Herramientas de la calidad*. España: Starbook Editorial, S.A.
- Carreira, B. (2004). *Lean Manufacturing that works: Powerful tools for dramatically reducing*. Nueva York: Amacom Books.
- Vigo, F M. y Astocaza, R.M. (2009). Análisis y mejora de una línea procesadora de bizcochos empleando manufactura esbelta (Tesis de grado). Recuperado de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/5227/VIGO_FIORELLA_MEJORA_PROCESOS_LINEA_PROCESADORA_BIZCOCHOS_MANUFACTURA_ESBELTA.pdf?sequence=1

Apéndice

Herramientas	¿Qué es?	¿Para qué se utiliza?	Área de Aplicación	Posibles Resultados
VSM	<p>1. Representación visual de la cadena de valor.</p> <p>2. Es una herramienta que permite identificar los desperdicios.</p> <p>3. Esta herramienta es la base para establecer un plan de acciones de mejora.</p>	<p>1. Permite tener una visión clara de toda la cadena de valor, observando el flujo general.</p> <p>2. Suministra las herramientas necesarias para reducir el lead time.</p> <p>3. Ayuda a documentar el rendimiento de los procesos.</p>	Todo el proceso productivo de la línea interior.	Reducción del tiempo de entrega
5S	Es un programa que consiste en desarrollar actividades de limpieza, orden y detección de anomalías del puesto de trabajo, permitiendo mejorar el ambiente laboral, la seguridad del personal y de todas las áreas, con el objetivo de mejorar el aspecto de la organización, el desorden, optimizar los espacios en los almacenes y movimientos innecesarios del personal.	Conseguir lugares de trabajo mejor organizados, más ordenados y más limpios de forma permanente para alcanzar una mayor productividad y un mejor ambiente laboral.	Todas las áreas involucradas en la producción de la línea interior.	<ul style="list-style-type: none"> • Mayores niveles de seguridad • Mayor calidad • Tiempos de respuesta más cortos • Aumenta la vida útil de los equipos • Genera cultura organizacional • Reducción en las pérdidas y defectos
TPM	Filosofía de mantenimiento cuyo objetivo es eliminar las pérdidas, en producción, debidas al estado de los equipos o en otras palabras, mantener los equipos en disposición para producir a su capacidad máxima de productos con la calidad esperada, sin paradas no programadas. Esto supone: Cero averías.	Identificar y eliminar las pérdidas de los procesos, maximiza la utilización de los activos y garantiza la creación de productos y servicios de alta calidad y a costos competitivos.	Máquinas que intervienen en el proceso productivo.	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de paros por averías. • Reducción de horas por averías • Mejor eficiencia de la maquina • Incremento de la calidad