



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“Aplicación de Lean Manufacturing en la mejora de la productividad de
la Línea Roma de la Empresa EUROLUZ, Lima 2018”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Industrial

AUTOR:

Camogliano Villar, Fernando Angel Benito (ORCID: 0000-0002-9399-5304)

ASESORA:

Mgtr. López Padilla, Rosario del Pilar (ORCID: 0000-0003-2651-7190)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

LIMA – PERÚ

2018

DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico primero a Dios por permitirme tener la dicha del acceso a estudios superiores; luego, a mis padres, por su apoyo incondicional a lo largo de mi etapa universitaria.

AGRADECIMIENTO

Agradezco al Señor Aldo Strobbe Turk, gerente de Euroluz, quien confió en mí y me permitió realizar la investigación en su empresa de la mejor forma y con total libertad; a mis asesoras, por dedicarme atención y por su enorme ayuda a lo largo de esta investigación; finalmente, agradezco a Ricardo Amaya, jefe de planta de la empresa Euroluz quien me permitió también el poder realizar la investigación con todas las facilidades y con su apoyo constante.

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “APLICACIÓN DE LEAN MANUFACTURING EN LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA LÍNEA ROMA DE LA EMPRESA EUROLUZ, LIMA 2018”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Industrial.

El autor

ÍNDICE

Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Presentación	iv
Índice	v
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	viii
Resumen	x
Abstract	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
1. Realidad Problemática	1
2. Trabajos Previos	9
3. Teorías Relacionadas	18
3.1 Teorías relacionadas a la Productividad	18
3.1.1 Teorías relacionadas a Lean Manufacturing.....	21
4. Formulación del problema	25
4.1 Problema General	25
4.2 Problemas Específicos	25
4.3 Justificación del estudio.....	25
4.4 Hipótesis	26
4.4.1 Hipótesis General	26
4.4.2 Hipótesis Específicos.....	26
4.5 Objetivos de la Investigación	27
4.5.1 Objetivo General.....	27
4.5.2 Objetivos Específicos	27
II. MÉTODO.....	29
1. Diseño de Investigación.....	29
1.1 Tipo de Investigación	29
1.2 Nivel de Investigación	29
1.3 Diseño de Investigación.....	30
2. Variables y operacionalización.....	30
3. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN	33

4.	Población, muestra y muestreo	34
5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	35
6.	Métodos de análisis de datos	36
7.	Aspectos éticos	37
8.	Desarrollo de la propuesta	37
8.1	Situación actual.....	38
8.2	DATOS DEL PRE TEST	42
8.3	Propuesta de mejora.....	54
8.3.1	Implementación de la propuesta.....	57
8.3.1.1	Implementación de SMED	57
8.3.1.2	Implementación de Value Stream Mapping.....	62
8.4	Resultados de la implementación	66
8.5	Análisis económico – financiero.....	77
III.	RESULTADOS.....	80
1.	Análisis Descriptivo	80
2.	Análisis inferencial.....	93
IV.	DISCUSIÓN.....	100
V.	CONCLUSIONES	101
1.	Conclusión general	101
2.	Conclusiones específicas	101
VI.	RECOMENDACIONES.....	102
	REFERENCIAS.....	103
	ANEXOS.....	107

Índice de Tablas

Tabla 1: Problemas de la empresa.....	3
Tabla 2: Matriz de correlación de causas de la baja productividad.....	5
Tabla 3: Problemas de la empresa EUROLUZ y frecuencias.....	6
Tabla 4: Estratificación de Problemas de la línea Roma de la empresa EUROLUZ.....	7
Tabla 5: Alternativas de solución.....	8
Tabla 6: Matriz de Correspondencia.....	28
Tabla 7: Tabla para cálculo de número de observaciones.....	43
Tabla 8: Ficha de tiempo de cambio de molde de la línea Roma de la empresa EUROLUZ.....	44
Tabla 9: Tiempos suplementarios en el cambio de molde de la línea Roma en la empresa Euroluz.....	45
Tabla 10: Ficha de desperdicios por máquina.....	50
Tabla 11: Ficha de producción por máquina del tomacorriente doble	51
Tabla 12: Ficha de producción por máquina del tomacorriente doble de la línea Roma de la empresa EUROLUZ.....	52
Tabla 13: Actividades de cambio de molde.....	58
Tabla 14: Actividades Internas de la operación de cambio de molde.....	59
Tabla 15: Actividades Externas de la operación de cambio de molde.....	59
Tabla 16: Nuevas actividades internas de la operación de cambio de molde.....	60
Tabla 17: Nuevas actividades externas de la operación de cambio de molde.....	60
Tabla 18: Tiempos suplementarios en el cambio de molde de la línea Roma.....	68
Tabla 19: Ficha de tiempo de cambio de molde después de la mejora de la línea Roma de la empresa EUROLUZ.....	69
Tabla 20: Ficha de desperdicios por máquina después de implementar VSM.....	73
Tabla 21: Ficha de producción por máquina del tomacorriente doble.....	74
Tabla 22: Ficha de producción por máquina del tomacorriente doble.....	76
Tabla 23: Análisis económico del desarrollo del proyecto de investigación.....	77
Tabla 24: Gastos de implementación de Lean manufacturing y otros gastos administrativos...	78
Tabla 25: Proyección de las ventas por doce meses, costo de producción, incremento de margen de contribución, inversión y flujo económico.....	79
Tabla 26: Resumen de los casos de SMED.....	80
Tabla 27: Análisis descriptivo del SMED.....	81
Tabla 28: Resumen de los casos de VSM.....	83

Tabla 29: Análisis descriptivos del VSM.....	83
Tabla 30: Resumen de los casos para la productividad.....	85
Tabla 31: Análisis descriptivo de la productividad.....	86
Tabla 32: Resumen de los casos para la eficiencia.....	88
Tabla 33: Análisis descriptivo de la eficiencia.....	88
Tabla 34: Resumen de los casos para la eficacia.....	90
Tabla 35: Análisis descriptivo de la eficacia.....	91
Tabla 36: Prueba de normalidad de la productividad con Shapiro-Wilk.....	93
Tabla 37: Comparación de medias de productividad antes y después con Wilcoxon.....	94
Tabla 38: Estadística de prueba de Wilcoxon para la productividad.....	95
Tabla 39: Prueba de normalidad de la eficiencia con Shapiro-Wilk.....	96
Tabla 40: Comparación de medias de eficiencia antes y después con T-studen.....	96
Tabla 41: Estadística de prueba T-student para la eficiencia.....	97
Tabla 42: Prueba de normalidad de la eficacia con Shapiro-Wilk.....	98
Tabla 43: Comparación de medias de eficacia antes y después con T-student.....	98
Tabla 44: Estadística de prueba T-student para la eficacia.....	99

Índice de Figuras

Figura 1: Productividad por empleados en dólares americanos.....	1
Figura 2: Evolución del índice de producción de la industria manufacturera.....	2
Figura 3: Diagrama de Ishikawa de la línea Roma de la empresa EUROLUZ.....	4
Figura 4: Diagrama de Pareto de causas de baja productividad de la línea Roma de la empresa EUROLUZ.....	6
Figura 5: Logo e imagen de productos de la empresa EUROLUZ.....	38
Figura 6: Diagrama SIPOC del proceso de tomacorrientes dobles de la línea Roma de la empresa EUROLUZ.....	41
Figura 7: Diagrama de operaciones del subproceso de cambio de molde.....	46
Figura 8: Diagrama de Actividades del proceso del cambio de molde.....	47
Figura 9: Mapa de Flujo de Valor del tomacorriente doble de la línea Roma de la empresa EUROLUZ.....	48
Figura 10: Plan de propuesta de mejora de SMED.....	55
Figura 11: Plan de propuesta de mejora de Value Stream Mapping.....	56

Figura 12: Instantáneas del cambio de molde.....	62
Figura 13: Lista de asistencia de estandarización de ensamblaje.....	64
Figura 14: Máquina moladora de plástico.....	64
Figura 15: Diagrama de Gant de la investigación e implementación de variables.....	65
Figura 16: Diagrama de operaciones del cambio de molde después de implementar SMED.....	67
Figura 17: Diagrama de actividades del proceso de cambio de molde después de implementar SMED.....	68
Figura 18: Mapa de Flujo de Valor del tomacorriente doble de la línea Roma de la empresa EUROLUZ después de la implementación.....	71
Figura 19: Curva normal de tiempo de cambio de molde antes.....	82
Figura 20: Curva normal de tiempo de cambio de molde después.....	82
Figura 21: Curva normal de despilfarro antes.....	84
Figura 22: Curva normal de despilfarro después.....	85
Figura 23: Curva normal de la productividad antes.....	87
Figura 24: Curva normal de la productividad después.....	87
Figura 25: Curva normal de la eficiencia antes.....	89
Figura 26: Curva normal de la eficiencia después.....	90
Figura 27: Curva normal de la eficacia antes.....	92
Figura 28: Curva normal de la eficacia después.....	92

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló con el objetivo general de determinar cómo la aplicación de Lean Manufacturing mejora la productividad de la línea Roma de la empresa EUROLUZ S.A.C., se eligió Lean Manufacturing luego de identificar con el diagrama de Pareto las causas que originan la baja productividad de la línea Roma, estas causas fueron estratificadas por áreas para finalmente determinar el uso de Lean Manufacturing en la matriz de priorización.

En la introducción de la investigación se presenta la problemática internacional, nacional y local, que corresponde al problema de la empresa sobre la baja productividad. Se presentan los antecedentes internacionales y nacionales que son investigaciones relacionadas al uso de Lean Manufacturing y la productividad. Además, se presentan las teorías relacionadas al tema. Se incluyen las justificaciones que llevaron a realizar la investigación; finalmente se presentan el problema general, las hipótesis y objetivos.

En el método se presenta el diseño de investigación que es cuasi experimental, la matriz de operacionalización de variables, la población y muestra que son las cantidades producidas durante 30 días. Se presenta la situación inicial de la empresa especificando el rubro, los clientes, su, las operaciones del proceso, la situación inicial reflejada en el pre test, la propuesta de mejora, la implementación de la mejora mediante el Smed y el Value Stream Map, los resultados mediante el post test y finalmente el análisis económico financiero.

Finalmente con la aplicación de Lean Manufacturing se logró incrementar de 0.571 a 1.0703 la productividad de la línea Roma, lo que representa un 87.44%. Estadísticamente se obtuvo un valor de prueba de 0,000, lo cual asegura que la herramienta Lean Manufacturing si mejora la productividad de la línea Roma de la empresa Euroluz S.A.C.

Palabras clave: Lean Manufacturing, Smed, Value Stream Map

ABSTRACT

The present investigation was developed with the general objective of determining how the application of Lean Manufacturing improves the productivity of the Roma line of the company EUROLUZ SAC, Lean Manufacturing was chosen after identifying with the Pareto diagram the causes that cause the low productivity of the Rome line, these causes were stratified by areas to finally determine the use of Lean Manufacturing in the prioritization matrix.

In the introduction of the research, the international, national and local problems are presented, which correspond to the company's problem regarding low productivity. The international and national antecedents that are researches related to the use of Lean Manufacturing and productivity are presented. In addition, theories related to the subject are presented. The justifications that led to the investigation are included; finally the general problem, the hypotheses and objectives are presented.

In the method, the research design is presented that is quasi-experimental, the matrix of operationalization of variables, the population and shows that they are the quantities produced during 30 days. The initial situation of the company is presented, specifying the item, the customers, their, the operations of the process, the initial situation reflected in the pre-test, the improvement proposal, the implementation of the improvement through the Smed and the Value Stream Map, the results through the post test and finally the financial economic analysis.

Finally, with the application of Lean Manufacturing, the productivity of the Roma line was increased from 0.571 to 1.0703, which represents 87.44%. Statistically, a test value of 0.000 was obtained, which ensures that the Lean Manufacturing tool improves the productivity of the Roma line of the company Euroluz S.A.C.

Keywords: Lean Manufacturing, Smed, Value Stream Map

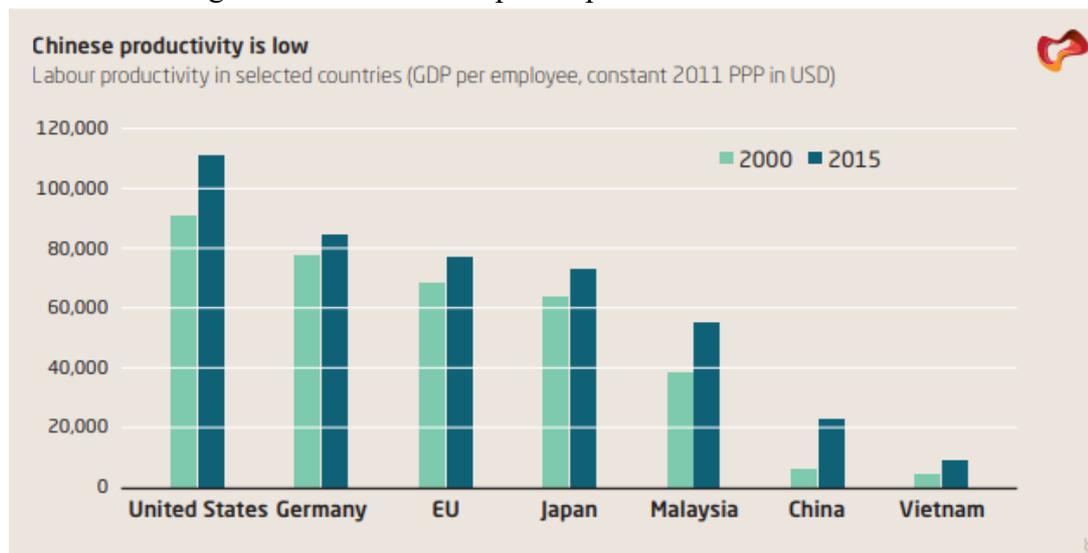
I. INTRODUCCIÓN

1. Realidad Problemática

A nivel internacional

Actualmente en el mundo la mayoría de empresas se preocupa por la productividad y sobre todo la de sus empleados ya que son éstos, los que originan y son los responsables de la productividad de la empresa. En problema de tener una productividad muy baja puede ocasionar problemas muy graves ya que hace que estas empresas se vuelvan menos competitivas en el mercado y puede causar pérdidas muy grandes de dinero y hasta la extinción de la empresa. Por ejemplo, a continuación, podemos ver un cuadro que muestra los resultados de un estudio del banco mundial que nos muestra la baja productividad de los empleados en China, cosa que para la mayoría de nosotros nos parece sorprendente ya que referenciábamos a China como una de las principales potencias en temas como estos ya que sus empresas alrededor del mundo logran competir y ocupar una gran parte del mercado.

Figura 1: Productividad por empleados en dólares americanos



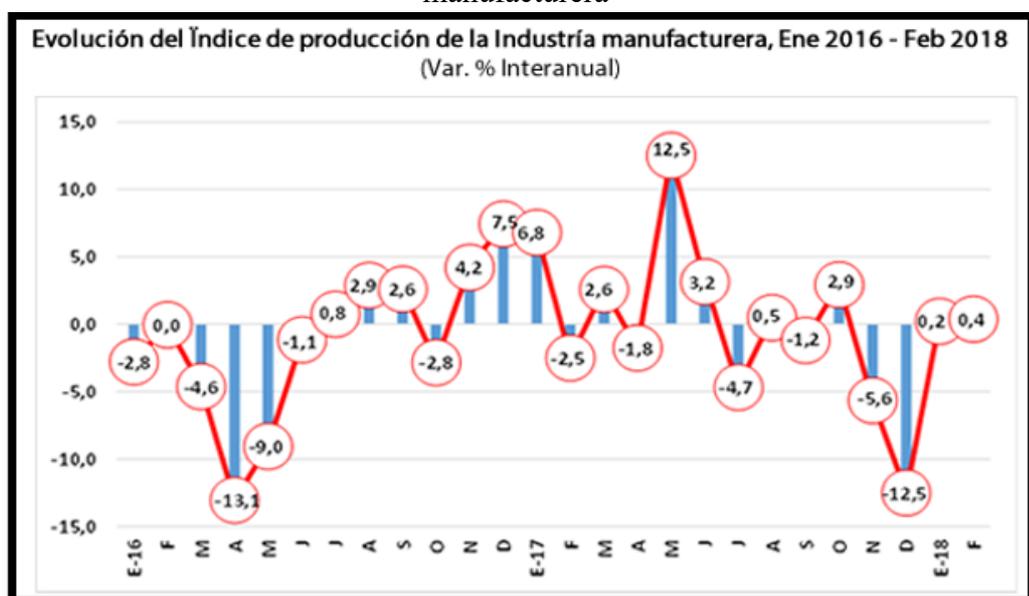
Fuente: Banco Mundial

A nivel nacional

En nuestro país el sector manufactura es uno de los sectores más importantes para la generación de PBI (Producto Bruto Interno) ya que su aporte

se viene incrementando en los últimos años, la productividad de este sector al inicio de este año se incrementó y viene recuperándose de una gran baja que tuvo finalizando el año pasado, muchas fueron las razones de la gran baja como la caída de las exportaciones del sector, la falta de importación de materiales para la fabricación de productos y la paralización por la incertidumbre que se vivía en el país. A continuación, les mostramos el comportamiento del sector manufactura por meses desde el 2016 hasta febrero del presente año.

Figura 2: Evolución del índice de producción de la industria manufacturera



Fuente: Ministerio de Producción del Perú

A nivel local

La empresa EUROLUZ E.I.R.L., se dedica a la fabricación de productos eléctricos como cables, cajas de luz, termas, tubos corrugados, termomagnéticos, tomacorrientes e interruptores; siendo estos dos últimos, los productos bandera de la empresa ya que son los que le producen mayores ganancias. De estos dos productos los más vendidos son los tomacorrientes e interruptores de la línea Roma la cual presenta diferentes tipos de problemas que conllevan a tener una productividad muy baja. Después de realizar una observación dentro de la empresa y de recibir información del jefe de planta se pudo conocer que tienen problemas en las áreas de procesos, gestión, calidad y logística. Dentro de los principales problemas que tiene la empresa EUROLUZ podemos encontrar que los moldes

que usa en la inyección del plástico ABS están dañados y obsoletos, estos ya cumplieron su ciclo de vida y necesitan ser cambiados ya que producen muchas piezas defectuosas; además podemos ver que pierden demasiado tiempo al momento de cambiar los moldes en las máquinas por un mal método y este tiempo cambia mucho según el operario que lo realice. También sufren de falta de materiales lo cual hace que tengan paradas en la producción esperando que se consiga el plástico ABS o el material faltante para poder continuar con la línea de producción. Como estos problemas podemos encontrar también que tienen una mala coordinación entre las áreas lo cual dificulta los cumplimientos de los planes de producción; para entender mejor a continuación le presentaremos una lista con los principales problemas de la empresa:

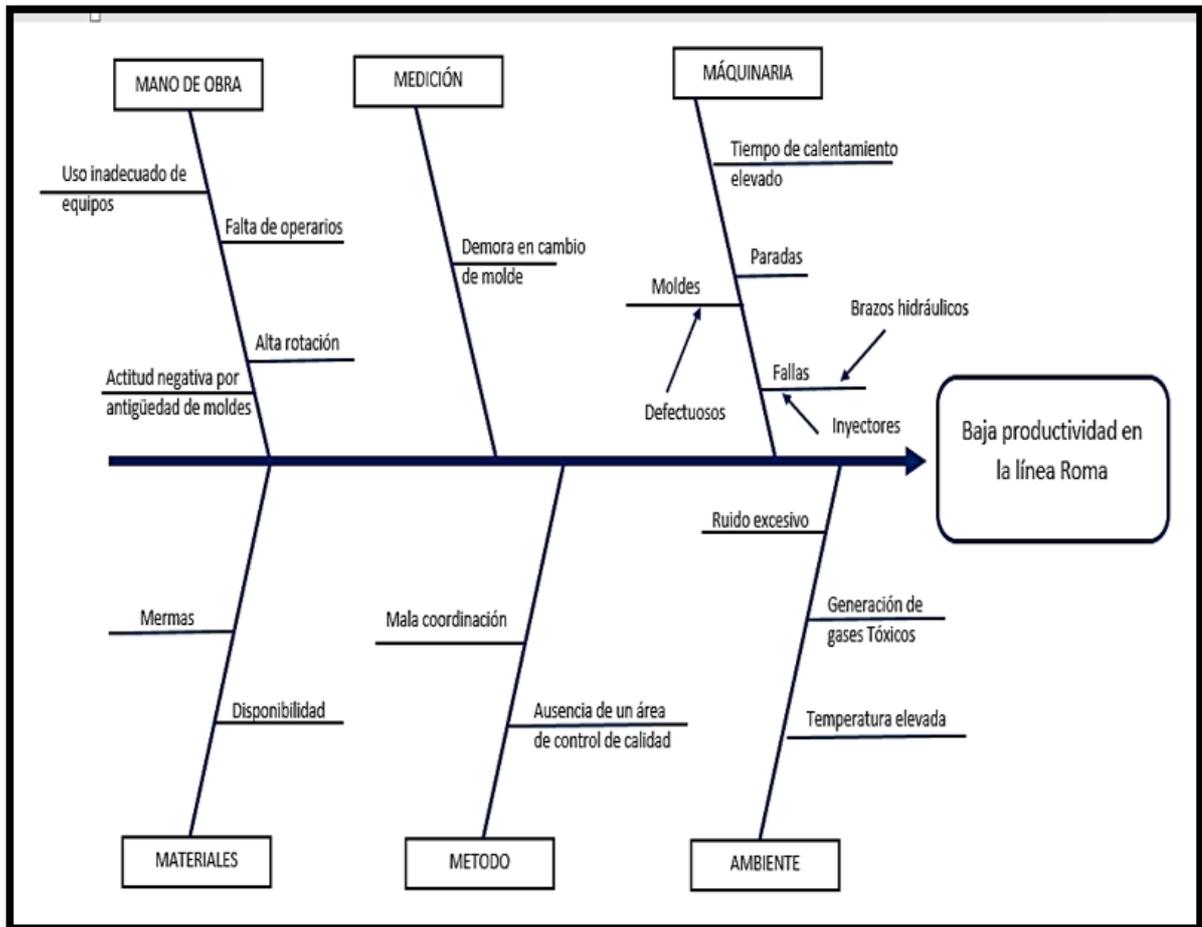
Tabla 1: Problemas de la empresa

Nro.	Problema
C1	Productos defectuosos
C2	Falta de materiales
C3	Maquinaria obsoleta
C4	Paradas de máquina
C5	Moldes deteriorados
C6	Falta de mano de obra
C7	Alta rotación de operarios
C8	Mala de coordinación
C9	Demora en cambio de molde
C10	Falta de supervisión
C11	Falta de área de control de calidad
C12	Falta de capacitación
C13	Falta de disponibilidad de transporte
C14	Falta de comunicación entre áreas
C15	Desgano de los operarios
C16	Falta de ventilación en la planta

Fuente: Elaboración Propia

Por lo cual, después de realizar la observación y de los datos recolectados con el jefe de planta se puede concluir que son 16 los principales problemas de esta empresa de los cuales tendremos que ubicar cuales son los más representativos para la baja de la productividad. Además, se escogió el Ishikawa como herramienta de diagnóstico de problema la cual mostraremos a continuación para que se entienda mejor.

Figura 3: Diagrama de Ishikawa de la línea Roma de la empresa EUROLUZ



Fuente: Elaboración Propia

En el diagrama de Ishikawa presentado anteriormente se pueden observar las causas de los problemas principales por los cuales la línea Roma de la empresa Euroluz tiene una baja productividad. Podemos darnos cuenta que los problemas están divididos según un criterio; además, podemos darnos cuenta que existen ramificaciones con las causas de estos problemas que nos ayudan a evidenciar en qué está fallando la empresa, su organización y el método que emplea para sus labores.

Se realizó una matriz de correlación con los problemas que más se involucran con la productividad de la línea Roma de la empresa en estudio, estos problemas se obtuvieron después de la observación que se realizó y de la información obtenida por el jefe de planta y los operarios de producción. En esta matriz de correlación se compara la importancia de un problema contra otro; es decir, se enfrenta un problema versus otro para poder identificar cuáles son los

más representativos para la baja productividad de la línea. A continuación, se muestra la siguiente tabla con la matriz de correlación de las causas de la baja productividad de la línea Roma de la empresa Euro luz.

Tabla 2: Matriz de correlación de causas de la baja productividad

Matriz de correlación de problemas																		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	Puntaje	% Ponderado
C1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	12.40%
C2	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	10	8.26%
C3	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	9	7.44%
C4	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	7	5.79%
C5	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	12	9.92%
C6	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	5	4.13%
C7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.83%
C8	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	10	8.26%
C9	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14	11.57%
C10	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	9	7.44%
C11	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	10	8.26%
C12	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	1.65%
C13	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	4	3.31%
C14	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	9	7.44%
C15	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	4	3.31%
C16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
																	121	100.00%

Fuente: Elaboración Propia

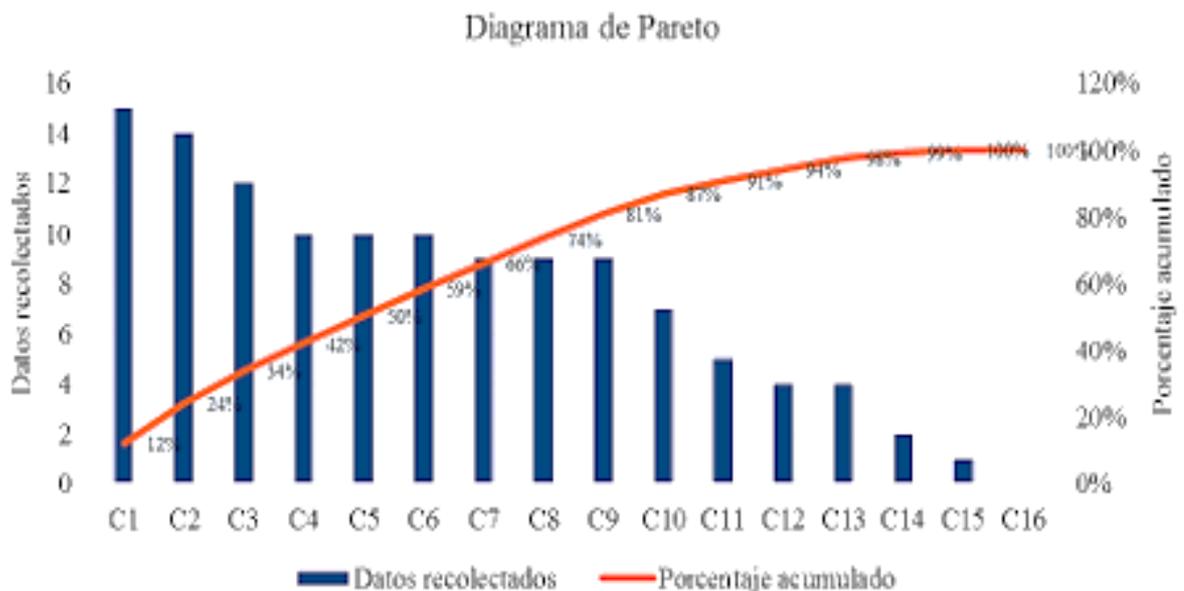
Al enfrentar las causas en esta tabla de correlación de problemas podemos identificar los problemas más importantes y que son más significativos para esta baja productividad que tenía la empresa EUROLUZ, y podemos ver que entre los más importantes se encuentran la gran cantidad de productos defectuosos (estos se producen por la falta de inspección a las máquinas o la mala operación de la misma), la demora en el cambio de moldes y los moldes deteriorados. Luego con estos datos se procedió a realizar un diagrama de Pareto donde se ordenaron los problemas más significativos que se encuentran en la parte superior y los subsiguientes se encuentra debajo de forma descendiente indicando la frecuencia acumulada y el porcentaje que representa en relación a los otros problemas, dicho diagrama se muestra a continuación:

Tabla 3: Problemas de la empresa EUROLUZ y frecuencias

ID en gráfico	Problema	Fr	Frecuencia acumulada	Porcentaje	Porcentaje acumulado
P1	Productos defectuosos	15	15	12%	12%
P2	Demora en cambio de molde	14	29	12%	24%
P3	Moldes deteriorados	12	41	10%	34%
P4	Falta de materiales	10	51	8%	42%
P5	Mala de coordinación	10	61	8%	50%
P6	Falta de área de control de calidad	10	71	8%	59%
P7	Maquinaria obsoleta	9	80	7%	66%
P8	Falta de supervisión	9	89	7%	74%
P9	Falta de comunicación entre áreas	9	98	7%	81%
P10	Paradas de máquina	7	105	6%	87%
P11	Falta de mano de obra	5	110	4%	91%
P12	Falta de disponibilidad de transporte	4	114	3%	94%
P13	Desgano de los operarios	4	118	3%	98%
P14	Falta de capacitación	2	120	2%	99%
P15	Alta rotación de operarios	1	121	1%	100%
P16	Falta de ventilación en la planta	0	121	0%	100%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4: Diagrama de Pareto de causas de baja productividad de la línea Roma de la empresa Euroluz.



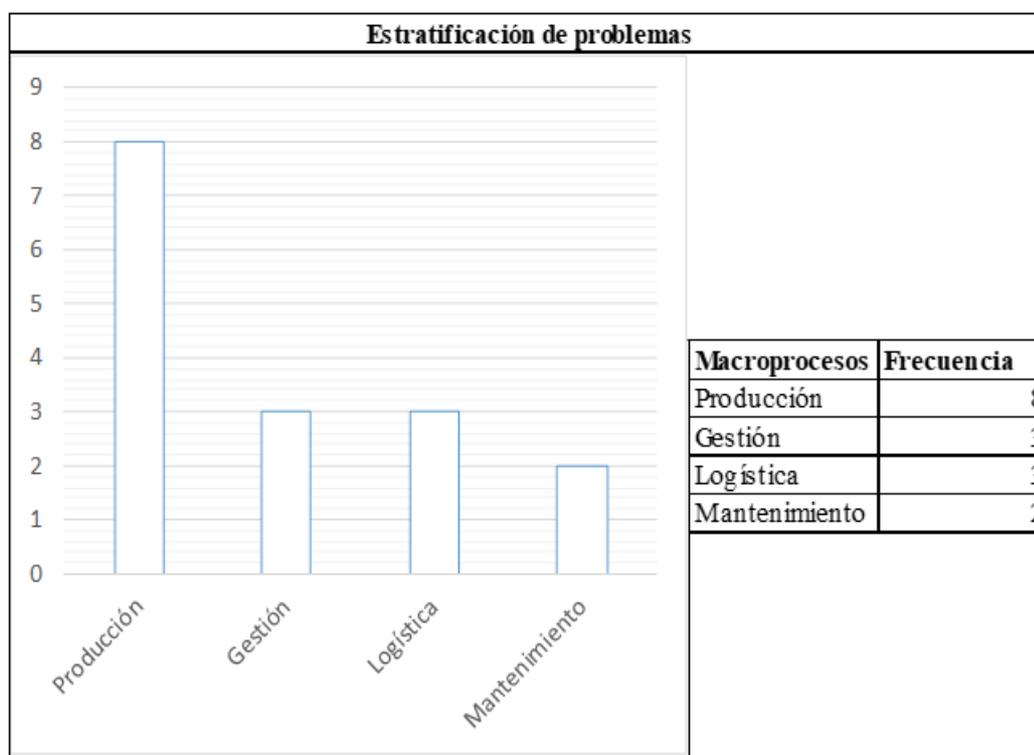
Fuente: Elaboración propia

Después de revisar la información que aparece en el gráfico 4 podemos darnos cuenta que la causa más relevante que ocasiona una baja productividad en

la línea en estudio es la cantidad de productos defectuosos que se originan en la línea de producción. Pero, además, se puede observar que la demora en tiempo de cambios de molde es un problema significativo en la empresa ya que en relación a las otras causas es realmente importante y por lo expuesto por el jefe de planta y los mismos operarios además de la observación que se realizó se puede validar dicha afirmación.

Estos problemas son los principales culpables de una baja productividad de la línea Roma de la empresa EUROLUZ. Pero, además, es necesario indicar cuál es el área o el proceso en el cual se infiere más en estos problemas y los que contribuyen con la baja productividad, por ello, para poder conocer el área que posee mayores problemas se realizó una tabla de estratificación con las cuatro áreas más influyentes según las causas y problemas observados. Dicha tabla se muestra a continuación:

Tabla 4: Estratificación de Problemas de la línea Roma de la empresa EUROLUZ



Fuente: Elaboración propia

En la tabla con el gráfico presentados anteriormente se coloca en comparativa cuatro áreas o departamentos en los que se incurren la mayor cantidad

de problemas, dichas áreas o departamentos son: Producción, gestión, logística y mantenimiento. Partiendo de ahí se pudo determinar que el área que alberga la mayor cantidad de problemas es el área de producción, seguida por gestión, logística y mantenimiento, ordenadas descendientemente.

Para poder corregir éstos problemas en su totalidad y poder aumentar la productividad de la línea Roma se realizó una tabla con alternativas de solución para poder escoger la que más se ajusta a la problemática que presenta la empresa y así determinar cuál es la herramienta o las herramientas que se usarán en conveniencia para lograr el objetivo principal de este documento.

Tabla 5: Alternativas de solución

Alternativas de solución				
Alternativa	Valoración	%	Escala de valoración	
Six Sigma	3	27.27%	1	Relación débil
Lean Manufacturing	5	45.45%	3	Relación fuerte
Estudio del trabajo	3	27.27%	5	Relación muy fuerte

Fuente: Elaboración Propia

Se determinó entonces, después de un previo análisis, con el gerente general de la empresa y los jefes de planta y almacén, que la solución más adecuada para la problemática de la línea Roma de la empresa en estudio es el Lean Manufacturing, ya que fue evaluado con la calificación más alta por las cinco personas participantes de dicha elección. Se opta por esta solución, debido a que este método tiene herramientas que pueden solucionar dos problemas que son los que más representación tienen en la baja productividad de la línea Roma y estos son: la cantidad de desperdicios que tiene la empresa por productos defectuosos y el tiempo que demora el cambio de molde. Además, se eligen como herramientas de solución al Hoishin con su técnica VSM (Value Stream Mapping) y al SMED para poder mejorar los problemas que había en la línea Roma de la empresa Euro luz.

2. Trabajos Previos

En el ámbito internacional

DEL BOSQUE Treviño, César Alejandro. Implementación de Lean Manufacturing y su impacto en los equipos operativos de una mediana empresa de manufactura. Trabajo de Maestría (Maestría en la dirección para la manufactura). México: Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, Escuela de Maestría en la dirección para la manufactura, 2014, 192 pp.

La presente tesis es una investigación aplicada de enfoque mixto tiene un alcance descriptivo explicativo y de diseño experimental, y ésta realiza una investigación en una mediana empresa manufacturera de telas de alambre en la cual realiza una investigación en los puntos críticos para poder aplicar luego la metodología de Lean Manufacturing y así incrementar la productividad de dicha organización. El objetivo principal de la tesis es implementar el Lean Manufacturing al piso operativo y se busca que tengan las características necesarias para que esta implementación sea exitosa. Luego que el autor realizó la investigación inicial para encontrar los problemas críticos de la empresa identificarlos e implementar las diferentes teorías del Lean Manufacturing, el autor llegó a las siguientes conclusiones:

- Al implementar el Lean Manufacturing en la empresa el autor logró un impacto en el desempeño, rentabilidad, calidad y tiempo de respuesta.
- El total de movimientos eliminados significaron un 84% en reducción de desperdicios lo cual cumple con las bases del Lean Manufacturing.
- Las mejoras en reducción de tiempo fueron evidentes disminuyendo en un 30% la demora en respuesta.

AGUIRRE Alvarez, Yenny Alejandra. Análisis de las herramientas Lean Manufacturing para la eliminación de desperdicios en las Pymes. Trabajo de Maestría (Maestría en Ingeniería Industrial). Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2014, 128 pp.

En la tesis el autor realiza un estudio usando las herramientas de Lean Manufacturing en las pequeñas y medianas empresas para así poder mejorar su productividad, además, se logró probar cómo la cultura Lean Manufacturing está presente dentro de la mayoría de las estrategias de las organizaciones como sistemática para la solución de problemas, en relación a la exclusión de desperdicios especialmente en el área de producción de la cadena de suministro. Esta tesis es de metodología deductiva, inductiva, científica, entre otros y tiene como objetivo general gestionar las herramientas Lean Manufacturing para la exclusión de desperdicios en las pequeñas y medianas empresas para poder mejorar su productividad, en el área de producción. Después de dicha investigación el autor logró las siguientes conclusiones:

- El autor concluye que el sector industrial con el 47% de participación sobre los 410 artículos estudiados, simboliza un contexto ventajoso para el estudio y análisis de las herramientas Lean Manufacturing.
- El autor consigue exponer fortalezas que demuestran que las Pymes contribuyeron con el 35% de la producción industrial, tan solo un 10% las empresas pequeñas y 25 % las empresas medianas, por otro lado el 50% de las organizaciones están legitimadas, la mayor parte de ellas en ISO 9001, y además de que, en Latino América, al igual que en los países ubicados en el continente asiático, la sección de las Pymes representa un 96.4% del mercado empresarial nacional y son reconocidas sobre todo por ser los principales motores de la economía nacional.
- Pude concluir que el autor se basa más que nada en la disminución de desperdicios (19%) y también en optimizar la cadena de suministro (15%). El autor indica que para que pueda tener dichos resultados, se basó en la teoría Lean Manufacturing con el 54% de participación.

SILVA Franco, Jorge Alexander. Propuesta para la implementación de técnicas de mejoramiento basadas en la filosofía de Lean Manufacturing, para incrementar la productividad del proceso de fabricación de suelas para zapato en la empresa INVERSIONES CNH S.A.S. Trabajo de titulación (Ingeniería Industrial). Colombia: Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería, 2013, 105 pp.

Esta investigación es aplicada y de nivel descriptiva, además tiene como objetivo general dar a conocer la mejor oferta para la implementar las técnicas de mejoramiento continuo establecido principalmente como herramienta de la filosofía Lean Manufacturing, ya que esta, permita conseguir un perfeccionamiento notable en el sumario de fabricación de suelas. Al terminar su investigación el autor concluye lo siguiente:

- El autor concluye que el desperdicio más significativo para la empresa está compuesto por el nivel de inventarios con los que trabaja y el tipo de administración, ya que corresponde al 51.6% del tiempo total del ciclo, luego se encuentra que las distancias que recorren los operarios para transportar los insumos a lo largo del proceso, la cual equivale en promedio a 275.3 metros.
- Luego de obtener el flujo de capital del proyecto, se logró un valor presente neto de US \$ 28.891.753 y una tasa interna de retorno del 152%, concluyó el autor que se trata de una excelente oportunidad, por lo que para Inversiones es más que suficiente. Chance CNH, porque la TIR tiene prioridad sobre la oportunidad de la organización, mientras que el VPN es positivo.
- El autor concluye que luego de implementar las sugerencias de mejora en el proceso, el autor logró reducir el 19.8% de las actividades, estas actividades no incrementaron el proceso de fabricación de suelas de zapatos ordinarias, acortado de 1224 minutos a 981.4 minutos, lo que es suficiente para reflejar la reducción significativa. El tiempo total del ciclo es 1785,3 minutos.

QUINCHIHUANGO Nogales, Javier Mauricio. Diseño y desarrollo de procesos de reajustes por fallas en una línea de inyección de poliuretano. Trabajo de titulación (Ingeniería Industrial). Ecuador: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemáticas, 2017, 136 pp.

En esta tesis el autor realiza un rediseño de la línea de producción para poder incrementar la productividad y poder reducir las fallas en una empresa de autopartes de poliuretano. Esta investigación es de diseño cuasi experimental, además el nivel de la investigación es descriptivo explicativo y el tipo de la investigación es aplicada. Al final de la tesis el autor concluye lo siguiente:

- El autor evidencia un cuello de botella en la estación de corte de rebaba produciendo un retraso del 34 % del total de unidades producidas.
- El autor evidencia una mejora en la reducción de paras inesperadas con el entrenamiento estandarizado, aplicado al personal de la línea de producción junto con la creación de un instructivo de mantenimiento básico, logrando aumentar disponibilidad del equipo del 93% al 98 %.
- Con la evaluación al personal sobre procedimientos tanto escrita como práctica el autor fija al personal más capacitado para cada estación de trabajo, teniendo como resultado de esto una disminución del 66 % de unidades con defectos, logrando un aumento del índice de calidad del 81 % al 95 %.
- Con la reducción de las unidades defectuosas se elimina la estación de reproceso, utilizando así el recurso humano en la estación de corte de rebaba reduciendo el cuello de botella de esta estación al 8% de unidades producidas.

En el ámbito nacional

BALUIS Flores, Carlos André. Optimización de procesos en la fabricación de termas eléctricas utilizando herramientas de Lean Manufacturing. Trabajo de titulación (Ingeniería Industrial). Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2013, 96 pp.

En esta tesis el autor presenta las principales dificultades que padece la compañía en estudio que es del sector metal mecánico, y además muestra las propuestas de progreso utilizando las herramientas del Lean Manufacturing. Primero el autor expone la problemática y da una concepción de las principales herramientas del Lean Manufacturing, luego se demarcó el caso de estudio a la elaboración de tanques de termas eléctricas y se identificaron las mudas a lo extenso del asunto productor de la manufactura de una terma eléctrica. Luego se aplicaron las teorías estudiadas y se muestran los efectos en las consumaciones del trabajo de averiguación. El objetivo principal de esta investigación fue mejorar de la mejor manera los procesos productivos para que sean más rentables para la empresa, como medio se utilizaron las herramientas Lean Manufacturing. Después de realizar dicha indagación el autor llegó a las siguientes conclusiones:

- Después de efectuar la valoración económica, el autor finiquita que la inversión para la aplicación del Lean Manufacturing y las mejoras son viables ya que tienen VAN positivo y una TIR por encima del 20%.
- Después de realizar la recolección de datos que luego el que autor representó con el diagrama del VSM, ya que gracias a estos datos se pudo realizar la identificación de los problemás así como el diagnóstico de la misma y la propuesta de mejora.
- El autor concluye que los principales desperdicios que se encontraron en la fase del análisis serán eliminados o disminuidos después de la ejecución del arqueo de línea, el sistema Kanban y el sistema SMED propuesto. Además, es necesario terminar la implementación para proponer el uso de las 5 S's para lograr la mejora continua.

ARANIBAR Gamarra, Marco Antonio. Aplicación del Lean Manufacturing, para la mejora de la productividad de una empresa manufacturera. Trabajo de titulación (Ingeniería Industrial). Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial, 2016, 63 pp.

En la tesis el autor se centra en la empresa llamada ABRASIVOS S.A. en la cual primero se hace un estudio de la problemática que aquejaba a la empresa en el año 2016 y se realizó la aplicación de las herramientas del Lean Manufacturing para mejorar la productividad de dicha empresa. El objetivo principal de la investigación fue determinar si el Lean Manufacturing ayuda a mejorar la productividad de la organización ABRASIVOS S.A. Después de realizar dicha investigación el autor concluye lo siguiente:

- Las herramientas del Lean Manufacturing realizan cambios considerables en las empresasu organizaciones.
- El Lean Manufacturing es responsable de la mejora de la productividad en la organización y la asciende en un 100%, duplicando la producción en comparación a la inicial.
- Se concluye que el kanban ayuda en la reducción de costos de la empresa lo cual por consecuencia aumenta la productividad.
- La teoría estudiada ayuda a reducir los tiempos de servicio al mínimo esgrimiendo sólo los recursos imprescindibles sin dejar de tener una excelente calidad.

PORTADA Hernani, Luis Enrique. Propuesta de mejora continua de procesos Lean Manufacturing para una empresa carrocera. Trabajo de titulación (Ingeniería Industrial). Perú: Universidad Privada de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería, 2017, 217 pp.

Esta investigación es aplicada de diseño experimental y con alcance descriptivo explicativo. Dentro de esta tesis podemos ver la identificación de la problemática desde las raíces y se basa en las herramientas Lean Manufacturing para proponer mejoras e implementarlas en una empresa carrocera en el 2015. El objetivo principal de la investigación es determinar si el sistema de Gestión de Lean Manufacturing puede ser aplicado en la empresa en estudio para la búsqueda la mejora continua. Luego de dicha investigación el autor llegó a las siguientes conclusiones:

- Mediante la recopilación de datos, el autor determina los problemas de la empresa en estudio: elevado número de unidades defectuosas y productividad deficiente.
- El autor utilizó el análisis de productividad para determinar el avance necesario de manufactura por unidad de tiempo. Se determinó para la manufactura del furgón de carga seca una productividad necesaria de 0.03 y para el isotérmico una productividad de 0.02.
- El autor trazó un plan de Gestión basado en el Sistema Lean Manufacturing para poder lograr los objetivos planteados. De esta forma se desarrolló el detalle de actividades utilizando el nuevo sistema, en hojas de procesos. Así también, se planteó la metodología de trabajo basada en las 5's para erradicar las diligencias que no colaboran con aumentar valor al producto terminado, encontradas en el análisis de los 7 desperdicios.

MALDONADO Montoya, José Ricardo. Aplicación de Lean Manufacturing para optimizar la productividad en el proceso de serigrafiado de tanques en la empresa NIC GRAF S.R.L. Trabajo de titulación (Ingeniería Industrial). Perú: Universidad Privada Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, 189 pp.

Esta investigación es por su finalidad aplicada, con enfoque cuantitativo, es de diseño cuasi-experimental y de nivel descriptivo

explicativo. En esta tesis el autor busca establecer en qué sentido el uso de la teoría de Lean Manufacturing optimizará la productividad del proceso de serigrafiado de tanques de la empresa NIC GRAF. Al final de la investigación el autor concluye que:

- El autor concluye que después del uso de la teoría de Lean Manufacturing la productividad del proceso de serigrafiado aumentó en un 17.93% en relación a la primera.
- Después de que el autor implementó el Lean Manufacturing la eficiencia del proceso de serigrafiado de tanques aumentó en un 10.7% con respecto a la inicial.
- El autor concluyó que debido a la implementación de la manufactura esbelta, la eficiencia del proceso de serigrafía del tanque ha aumentado en un 9.01% en comparación con el original.

LOAYZA Agurto, Michelle Elizabeth. Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de la productividad en el área de producción en la empresa Industria Militar del Perú S.A.C. Trabajo de titulación (Ingeniería Industrial). Perú: Universidad Privada Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, 203 pp.

Esta tesis es de nivel descriptivo explicativo, con un enfoque cuantitativo, con finalidad aplicada y de diseño experimental. Dicho estudio se efectuó con el fin de optimizar la productividad del área de producción de la mencionada empresa, que pertenece al rubro textil y para lograr esta mejora se utilizan los instrumentales que brinda el Lean Manufacturing. A lo que el autor concluye:

- La ejecución de Lean Manufacturing optimizó la productividad de la compañía Industria Militar del Perú ya que pasó de un 51.15% a un 77.75% donde el autor resalta que las charlas con los empleados fue la base de esta mejora.

- El autor concluye que la eficiencia se incrementó en 10.65% después de realizar un buen control en el proceso tanto para los recursos que se utilizaron como para la calidad de los productos.
- La eficacia mejora en gran medida de un 66.67% a un 80.34% con lo cual el autor puede afirmar que influye de forma positiva la variable independiente en las dimensiones de la variable dependiente.

MELÉNDEZ Rodríguez, Diego Miguel. Aplicación de Lean Manufacturing en el proceso de conversión de hojas de planta lijadas en la empresa QROMA S.A. Trabajo de titulación (Ingeniería Industrial). Perú: Universidad de Lima, Facultad de Ingeniería Industrial, 90 pp.

En esta tesis el autor realiza un análisis de la realidad problemática mediante un mapeo de la cadena de valor (VSM), con esto identifica las principales mudas que existen en el área de producción como los problemas en la administración. Luego el autor propone soluciones y elige la herramienta que se acomoda más a la situación de la empresa y esta es Lean Manufacturing y al final presenta la propuesta de aplicación. Esta tesis tiene como objetivo principal formular ascensos en la producción de lijadas de hojas de la planta Lijadas utilizando instrumentales Lean Manufacturing. Al final de la investigación el autor concluye lo siguiente:

- Después de que el autor aplicó el mapeo de la cadena de valor el autor encontró que del tiempo total de manufactura una pequeña parte es la que agrega valor y representa tan solo el 6.55% y teniendo un Lead Time de 15,05 días; donde se encontró que el más grande proceso con Lead Time (7.63 días) es el área de conversión lo cual demuestra un gran desperdicio.
- El autor concluye que por causa de estos Lead Times se generan pérdidas de ventas en 1.05% al mes causada por la inadecuada administración del proceso de producción.
- El autor propone optimizar el procedimiento de proyección de manufactura mediante un MRP nivel 1 o implementar un programa de

producción según los lineamientos de Lean Manufacturing, siendo esta última la escogida después de una valoración de factores.

3. Teorías Relacionadas

En este estudio se seleccionó la productividad como variable dependiente y sus indicadores fueron eficiencia y efectividad. Además, como variable independiente, la manufactura esbelta, las definiciones y los conceptos se presentarán a continuación para comprender mejor el tema.

3.1 Teorías relacionadas a la Productividad

Según Cruelles (2013, p. 10), podemos entender como productividad al resultado de la producción sobre el módulo de mano de obra o de capital. Al calcular este indicador se depende mucho de la calidad y de las particularidades de los bienes como el grado de eficiencia con el que son producidos.

Podemos entender entonces que la productividad es la analogía entre lo manufacturado y lo que necesitamos o utilizamos para producir ese bien o servicio.

Para definir la productividad Nemur (2016, p. 17), que se puede definir como "arte que puede crear, generar o mejorar bienes y servicios". También nos dice que esta es una medida promedio de eficiencia de producción. La productividad puede expresarse como la relación entre el insumo procesado en la fabricación y su producto o salida. El desempeño de una empresa depende en gran medida de su productividad, y esto también se puede ver en un país donde la productividad es fundamental para el desempeño económico de un país. Tener una buena productividad ayuda a generar mayores ganancias, que es el objetivo más grande de cualquier organización.

Según Ortiz y Alcántara (2014, p. 12) nos dicen que la productividad es una medida que involucra a todos los factores de la producción, o sea, es igual a la relación entre outputs (salidas) sobre inputs (entradas).

Podemos inferir sobre los autores citados anteriormente la siguiente relación para medir la productividad:

$$Productividad = \frac{Producción\ total}{Recursos\ utilizados}$$

Productividad Parcial

Para Gonzáles (2013, p.20), nos dice que la productividad parcial es la razón o relación entre los resultados o productos obtenidos sobre un solo tipo de insumo.

Entonces podemos entender que la productividad parcial se puede determinar de la mano de obra, de una máquina, de capital, de los materiales, etc.

Productividad Total

Gonzáles (2013, p.20), nos expone que para poder calcular la productividad total tenemos que realizar la relación entre la producción total de la empresa sobre la suma de todos los factores que participaron en la producción, es decir, la medida de la productividad total muestra la evidencia del conjunto de todos los insumos al producir los productos.

i) Eficiencia:

Según Asuaga (2013, p. 320), se determina por la razón que existe entre los bienes y servicios consumidos, y los bienes o servicios producidos, o lo que es lo mismo, por el vínculo entre resultados obtenidos y los factores empleados.

Entonces entendemos que un proceso o tarea es eficiente cuando al finalizarlo se obtienen los resultados que se habían previsto y es ineficiente en el caso que no sean los mismos previstos o se alejen de ellos.

Para Ortiz y Alcántara (2014, p. 171) nos dicen que la eficiencia productiva es la capacidad o habilidad para producir un bien o servicio con el costo mínimo en todo su proceso, y para lograr esto debe utilizar todos los recursos necesarios de la forma más eficiente, es decir aprovechando al máximo cada uno de ellos.

$$EF = \frac{\textit{Producción perfecta}}{\textit{Producción total}} \times 100$$

ii) Eficacia:

Según Asuaga (2013, p. 320), “se vincula al cumplimiento de los objetivos previstos. Se comparan los resultados realmente obtenidos con los presupuestados independientemente de los recursos utilizados”.

Por lo cual podemos entender que para ser eficaces tenemos que lograr los objetivos previstos, ya que, de no lograrlos, la organización o el área de la misma no sería eficaz.

$$E = \frac{\textit{Producción obtenida}}{\textit{Producción planificada}} \times 100$$

3.1.1 Teorías relacionadas a Lean Manufacturing

Para Rajadell y Sanchez (2016), nos dicen que la manufactura esbelta propone eliminar el desperdicio como su principal objetivo, para lograr este objetivo principal, el concepto utiliza una serie de herramientas (TPM, 5S, SMED, Kanban, mejora, heijunka jidoka, etc.). Es el seguimiento de la mejora de los métodos de producción mediante la eliminación de desperdicios e interpretando todas las acciones o actividades que no agregan un valor significativo al producto final que los clientes están dispuestos a pagar como desperdicio o desperdicio. (pp. 1-2).

Según Villaseñor y Galindo (2011, p. 19) dicen que el Lean manufacturing o manufactura esbelta tiene como principio obtener el doble de resultado con la mitad del esfuerzo, lo que puede reducir el tiempo, el espacio, la mano de obra, la maquinaria y el equipo, y los materiales, siempre que brinde a los clientes lo que quieren. Además, nos dijeron que Toyota ha estado utilizando esta tecnología en sus fábricas para eliminar desperdicios en el proceso de producción..

El Lean Manufacturing es una filosofía que se encarga de eliminar sistemáticamente todo tipo de despilfarro, se basa en tres técnicas básicas que son: la automatización, el sistema de suministro justo a tiempo y la mejora continua (Santos, Wisk y Torres, 2015, p.25).

Reséndiz nos indica que el Lean Manufacturing es:

“Una manera de lograr mayor competitividad, cuando se entiende, planifica y controla adecuadamente, ya que a través de los años ha probado su alta eficiencia en procesos de producción como una herramienta que garantiza disminución de “desperdicios” dentro de una entidad y con alta eficiencia operativa” (2009, p. 5).

Algunas herramientas de Lean Manufacturing

- **SMED:** Es una herramienta que reduce el tiempo de cambio de máquinas convirtiendo algunas tareas internas en externas. Esta herramienta tiene cuatro etapas y estas son: el estudio de cambio actual, separar tareas internas y externas, convertir tareas internas en externas, mejorar todas las tareas (Santos, Wisk y Torres, 2015, p. 95).

Podemos deducir entonces que esta herramienta nos ayuda a reducir significativamente el tiempo de cambio de máquinas o en el caso de la empresa en la que realizamos la investigación ayudará a reducir el tiempo de cambio de moldes y así aumentar la capacidad de la planta y aumentar la productividad reduciendo costos y horas hombre lo que es un beneficio para la organización.

Para la ejecución del SMED (Santos, Wisk y Torres, 2015, p. 122) nos comentaron que esto requiere una etapa inicial, que conducirá a la creación de un equipo multidisciplinar de mejora, donde deben intervenir en la medida de lo posible todos los departamentos involucrados en la producción (o prestación de servicios): fabricación, mantenimiento, calidad, etc., y una vez conformado lo anterior El equipo inició la implementación de SMED, que se divide en cuatro etapas:

1. Estudio de la operación de cambio

En esta etapa, prepare una lista de verificación para determinar todas las actividades involucradas en la operación a realizar y las herramientas necesarias para realizar la operación.

2. Separar las actividades internas y externas

Se entiende como las actividades internas que se deben realizar cuando la máquina está parada y las actividades externas que se pueden realizar cuando la máquina está en funcionamiento.

3. Convertir las actividades internas en externas

Este es el punto más complicado del proceso y requiere un análisis más profundo por parte del equipo de desarrollo, ya que su principal objetivo es reducir el tiempo y número de paradas de la máquina para su preparación o montaje.

4. Perfeccionar el proceso de tareas

Esta fase tiene como objetivo acortar el tiempo de las actividades de preparación y montaje.

- **VSM:**

Término japonés que significa “brújula” y se puede conceptualizar como el conjunto de tareas que tienen como función principal la eliminación del despilfarro de forma sistemática y también de todo aquello que no aporte valor añadido (Rajadell y Sánchez, 2016, p. 20).

El Value Stream Mapping (mapa de la cadena de valor) es una herramienta de gran utilidad para la filosofía Lean ya que nos ayuda a ver la situación real de nuestra empresa en cuestiones de productividad y también de calidad, incluso, nos ayuda a recopilar información de nuestros proveedores y clientes (Cuatrecasas, 2010, p.341) .

Esta técnica ejecuta un análisis del proceso del producto o servicio que se realiza para poder hallar las el número de operaciones que añaden valor y aquellas que no lo hacen para reducir estas últimas en un futuro y mejorar el proceso productivo (Rajadell y Sánchez, 2016, p. 21).

Para Baena [et al.] (2008) El Value Stream Mapping es una herramienta que nos simplifica el entendimiento del flujo de los materiales y la información mientras el producto recorre la cadena de valor. Se puede definir a esta herramienta como la representación gráfica del funcionamiento de una empresa donde se pueden identificar aquellas actividades que no aportan valor al producto y por las que el cliente no está dispuesto a pagar (p. 27).

- **Kaizen:** El modelo Kaizen es una visión de mejoramiento continuo donde involucra toda la organización y sus personas, minimizando los costos y aumentando la productividad creando ideas nuevas y siempre teniendo la filosofía de ofrecer mayor calidad y aumentar la productividad de la empresa (Rincón y Villarreal, 2013, p. 271).

- **JIT:** Conocido como “Justo a tiempo”, según Nahmias (2014) “esta es la filosofía operativa de la empresa, que incluye el establecimiento de relaciones laborales con los proveedores, la supervisión cuidadosa de la calidad y los procesos de trabajo y la garantía de que los productos se fabriquen solo cuando sea necesario” (p. 19).

- **5S:** Para Rajadell y Sánchez indican que "esta es una teoría que sigue un proceso de 5 pasos, lo que significa la asignación de recursos, la adaptación a la cultura de la empresa y la consideración de los factores humanos. Los cinco pasos son: seiri, seiton, seiso, seiketsu y shitsuke; respectivamente: eliminar lo innecesario, ordenar, limpiar e inspeccionar, estandarizar y disciplinar” (2016, p. 50).

- **TPM:** Es una filosofía para gestionar el mantenimiento que fue impulsada por la fábrica Toyota. Esta herramienta mezcla las teorías del mantenimiento preventivo con el control de calidad total y tiene como finalidad maximizar la eficiencia global de los equipos, implantar el mantenimiento autónomo, la prevención del mantenimiento, el adiestramiento para mejoras en mantenimiento y la gestión inicial de los equipos (Santos, Wisk y Torres, 2015, p.131).

Este método de administración del mantenimiento elimina las paradas de las máquinas por averías o al menos las disminuye considerablemente y ayuda a eliminar los defectos y accidentes mejorando la productividad tiempos muertos y tiempo de ciclo.

- **Poka-Yoke:** Esta herramienta se aplica para inspeccionar características lógicas del producto. Son herramientas visuales que ayudan a eliminar los defectos y mejoran de forma considerable el indicador de calidad y así mejorar la eficiencia global del equipo (Santos, Wisk y Torres, 2015, p. 123).

Esta herramienta nos ayuda a detectar errores y poder prevenirlos en la producción para lograr cero defectos. Permite detectar y prevenir errores en el proceso de producción para lograr el objetivo de cero defectos, porque es más costoso para la organización o empresa encontrar defectos durante la inspección de calidad y luego corregirlos.

4. Formulación del problema

4.1 Problema General

- ¿De qué manera la aplicación de Lean Manufacturing mejorará la productividad en la línea Roma de la empresa Euro luz?

4.2 Problemas Específicos

- ¿De qué manera la aplicación de Lean Manufacturing incrementará la eficiencia en la línea Roma de la empresa Euro luz?
- ¿De qué manera la aplicación de Lean Manufacturing incrementará la eficacia en la línea Roma de la empresa Euro luz?

4.3 Justificación del estudio

(i) **Conveniencia:** La aplicación del Lean Manufacturing permitiría mejorar la productividad de la línea Roma en la empresa Euro luz, como nos lo explican Rajadell y Sánchez (2016, p. 2), “Entendemos por lean manufacturing (en castellano “producción ajustada”), la búsqueda de mejorar el sistema de producción eliminando el desperdicio o todas las acciones que no aumentan el valor del producto y el cliente no está dispuesto a pagar”.

(ii) **Justificación económica:** La aplicación del Lean Manufacturing genera mejoras ventajas económicas para la empresa y los directivos de la misma se verán beneficiados. Este modelo de gestión ocasiona reducciones en los costos de la fabricación ya que se basa en, por ejemplo: la búsqueda de cero defectos y la detección de problemas para solucionarlos desde su origen, reducción de despilfarros (actividades que no agregan valor al producto final), mejora continua reduciendo costos y mejorando la calidad para aumentar la productividad, la flexibilidad de producción y en formar relaciones a largo plazo con proveedores buscando beneficios para ambas partes (Villaseñor y Galindo, 2011, p. 21).

(iii) Justificación social: Como expone Cuatrecasas (2010, p. 32) al aplicar el Lean Manufacturing mejorará el método de trabajo y se estandarizarán los procesos ya que el Value Stream Map se encargará de mejorarlo con lo cual se reducirán los desperdicios. Además, se mejorará la calidad del producto con lo cual esto no afectará directamente solo a la empresa sino también a los consumidores que podrán obtener un producto de mejores características técnicas y sin errores.

(iv) Aporte teórico: Gracias a esta investigación quedará un registro de la aplicación del Lean Manufacturing en un caso real que en esta oportunidad es la empresa Euroluz, con lo cual puede servir de guía para futuras investigaciones y para conocer más sobre esta metodología. Además podrá revisarse las teorías y conceptos realizados por especialistas como Rajadell, Cuatrecasas, Martínez, Sánchez, etc.

(v) Aporte práctico: Al implementar el Lean Manufacturing no solo se mejora la productividad de la empresa Euroluz, sino que, además la empresa conocerá los problemas más críticos que tiene actualmente y podrá predecir los futuros riesgos que podrían aparecer, mejorará su método de producción al ser más flexible, eliminará los despilfarros, conocerá conceptos y beneficios de la mejora continua, reducirá los costos y así se convertirá en una empresa más competitiva en el mercado como nos afirman Santos, Wisk y Torres (2015, p. 42).

4.4 Hipótesis

4.4.1 Hipótesis General

- La aplicación de Lean Manufacturing incrementa la productividad en la línea Roma de la empresa Euroluz.

4.4.2 Hipótesis Específicos

- La aplicación de Lean Manufacturing incrementa la eficiencia de la línea Roma en la empresa Euroluz.

- La aplicación de Lean Manufacturing incrementa la eficacia de la línea Roma en la empresa Euroluz.

4.5 Objetivos de la Investigación

4.5.1 Objetivo General

- Determinar como el Lean Manufacturing va a mejorar la productividad en la línea Roma de la empresa Euroluz.

4.5.2 Objetivos Específicos

- Determinar como el Lean Manufacturing mejorará la eficiencia de la línea Roma de la empresa Euroluz.
- Determinar como el Lean Manufacturing mejorará la eficacia de la línea Roma de la empresa Euroluz.

Tabla 6: Matriz de Correspondencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL
¿De qué manera la aplicación de Lean Manufacturing incrementa la productividad en la línea Roma de la empresa Euroluz?	Determinar cómo el Lean Manufacturing mejorará la productividad en la línea Roma de la empresa Euroluz.	La aplicación de Lean Manufacturing aumenta significativamente la productividad en la línea Roma de la empresa Euroluz.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS
¿De qué manera la aplicación de Lean Manufacturing incrementa la eficiencia en la línea Roma de la empresa Euroluz?	Determinar cómo el Lean Manufacturing mejorará la eficiencia de la línea Roma de la empresa Euroluz.	La aplicación de Lean Manufacturing aumenta la eficiencia de la línea Roma en la empresa Euroluz.
¿De qué manera la aplicación de Lean Manufacturing incrementa la eficacia en la línea Roma de la empresa Euroluz?	Determinar cómo el Lean Manufacturing mejorará la eficacia de la línea Roma de la empresa Euroluz.	La aplicación de Lean Manufacturing aumenta la eficacia de la línea Roma en la empresa Euroluz.

Fuente: Elaboración propia

II. MÉTODO

1. Diseño de Investigación

1.1 Tipo de Investigación

Este proyecto de investigación tiene la particularidad de ser una investigación aplicada ya que tiene por finalidad aplicar un método de ingeniería ya existente en el proceso productivo de una determinada empresa.

La investigación aplicada tiene como fin resolver los problemas prácticos, generalizando muy poco los mismos. Se preocupa por hacer aportes al conocimiento científico, pero también de forma limitada (Martínez, 2012, p. 16).

1.2 Nivel de Investigación

Además, podemos decir que el nivel de la investigación es descriptivo explicativo ya que mediante un estudio se llegará al conocimiento de los causantes del problema, se escogerán la dimensiones para la mejora de los métodos y así comprobar las hipótesis planteadas.

Yuni y Urbano nos dicen que: se puede indicar que una investigación es descriptiva cuando para su realización sigue los siguientes pasos: inspeccionar las peculiaridades del tema del cual se realizará la investigación, conceptualizarlo para poder enunciar hipótesis, escoger la técnica para recolectar los datos y las fuentes que se utilizaran y consultarán (2006, p. 18).

“La investigación explicativa establece la interpretación del investigador de diferentes eventos, uno de los cuales se considera el origen de otro. En otras palabras, están vinculados causalmente a variables, donde una variable se considera un factor de riesgo y la otra variable se considera un efecto o resultado. Estas teorías ayudan a establecer predicciones del comportamiento de los fenómenos.” (Borda, 2013, p. 21).

1.3 Diseño de Investigación

Podemos decir que este proyecto de investigación se considera cuasi experimental, ya que como nos dice Hernandez (2014, p. 126), se analizará una misma muestra en distintos episodios, donde se realizará un previo análisis o sea antes de realizar la implementación y después un análisis final después de haber implementado la metodología escogida para este caso con el fin de poder medir los resultados y así tener un conocimiento concreto y objetivo de los cambios. También se tratará la variable independiente para así medir el efecto que causó en la variable dependiente.

Este diseño comprende una pre prueba y una post prueba donde se elegirán los grupos de estudio por lo cual, se procurará que estos grupos tengan la mayor semejanza posible.

2. Variables y operacionalización

2.1 Variable Independiente: Lean Manufacturing

Definición de la Variable

Para Rajadell y Sanchez (2016), nos dicen que el Lean Manufacturing presenta como objetivo principal la eliminación del despilfarro, para lograr este objetivo principal esta filosofía utiliza una colección de herramientas (TPM, 5S, SMED, kanban, kaizen, heijunka jidoka, etc.). Es el seguimiento de la mejora de los métodos de producción mediante la eliminación de desperdicios e interpretando todas las acciones o actividades que no agregan un valor significativo al producto final que los clientes están dispuestos a pagar como desperdicio o desperdicio. (pp. 1-2).

Definición de sus Dimensiones

DIMENSIÓN 1: SMED

Es una herramienta que reduce el tiempo de cambio de máquinas convirtiendo algunas tareas internas en externas. Esta herramienta tiene cuatro etapas y estas son: el estudio de cambio actual, separar tareas internas y externas, convertir tareas internas en externas, mejorar todas las tareas (Santos, Wisk y Torres, 2015, p. 95).

Podemos deducir entonces que esta herramienta nos ayuda a reducir significativamente el tiempo de cambio de máquinas o en el caso de la empresa en la que realizamos la investigación ayudará a reducir el tiempo de cambio de moldes y así aumentar la capacidad de la planta y aumentar la productividad reduciendo costos y horas hombre lo que es un beneficio para la organización.

DIMENSIÓN 2: VALUE STREAM MAPPING (VSM)

El Value Stream Mapping (mapa de la cadena de valor) es una herramienta de gran utilidad para la filosofía Lean ya que nos ayuda a ver la situación real de nuestra empresa en cuestiones de productividad y también de calidad, incluso, nos ayuda a recopilar información de nuestros proveedores y clientes (Cuatrecasas, 2010, p. 341).

Esta técnica ejecuta un análisis del proceso del producto o servicio que se realiza para poder hallar las el número de operaciones que añaden valor y aquellas que no lo hacen para reducir estas últimas en un futuro y mejorar el proceso productivo (Rajadell y Sánchez, 2016, p. 21).

2.2 Variable Dependiente: Productividad

Definición de la Variable

Velázquez (2015, p. 39), define la productividad de la siguiente manera: “la productividad es la relación entre la producción obtenida y los recursos utilizados para obtenerlos”.

Podemos entender entonces que la productividad es la relación entre lo producido y lo que necesitamos o utilizamos para producir ese bien o servicio.

Definición de sus Dimensiones

DIMENSIÓN 1: EFICIENCIA

Según Asuaga (2013, p. 320), se determina por la razón que existe entre los bienes y servicios consumidos, y los bienes o servicios producidos, o lo que es lo mismo, por el vínculo entre resultados obtenidos y los factores empleados.

Entonces entendemos que un proceso o tarea es eficiente cuando al finalizarlo se obtienen los resultados que se habían previsto y es eficiente en el caso que no sean los mismos previstos o se alejen de ellos.

DIMENSIÓN 2: EFICACIA

Según Asuaga (2013, p. 320), “se vincula al cumplimiento de los objetivos previstos. Se comparan los resultados realmente obtenidos con los presupuestados independientemente de los recursos utilizados”.

Por lo cual podemos entender que para ser eficaces tenemos que lograr los objetivos previstos, ya que, de no lograrlos, la organización o el área de la misma no sería eficaz.

3. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN

V.TIPO	VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
INDEPENDIENTE	LEAN MANUFACTURING	El Lean Manufacturing es una filosofía que se encarga de eliminar sistemáticamente todo tipo de despilfarro, se basa en tres técnicas básicas que son: la automatización, el sistema de suministro justo a tiempo y la mejora continua (Santos, Wisk y Torres, 2015, p.25).	Para Rajadell y Sánchez (2016, p. 1), tiene como objetivo la eliminación del despilfarro, mediante el uso de herramientas como SMED y VSM.	SMED	$\Delta t = T. Ca - T. Ci$ <p>Δt: Variación de tiempo de cambio T. Ca: Tiempo de cambio de molde actual T. Ci: Tiempo de cambio de molde implementado</p>	Razón
				VALUE STREAM MAP	$\Delta d = Da - Di$ <p>Δd: Variación de cantidad de mermas Da: Mermas en Kg antes de implementar Di: Mermas en Kg después de implementar</p>	Razón
DEPENDIENTE	PRODUCTIVIDAD	Según Ortiz y Alcántara (2014, p. 12), nos dicen que la productividad es una medida que involucra a todos los factores de la producción, o sea, es igual a la relación entre outputs (salidas) sobre inputs (entradas).	Para Nemur (2016, p.17), en términos económicos simples, es una medida promedio de la eficiencia de la producción. Se puede medir mediante la eficiencia y eficacia.	EFICIENCIA	$EF = \frac{\text{Producción perfecta}}{\text{Producción total}}$	Razón
				EFICACIA	$E = \frac{\text{Producción obtenida}}{\text{Producción planificada}}$	Razón

4. Población, muestra y muestreo

4.1 Población

Según Hernández (2014) nos dice que la población es el grupo de personas, objetos, productos, servicios o todos los casos que comparten las características que son materia de estudio y, además, pueden ser finitos o infinitos, por lo cual, son finitos si el número de elementos que lo conforman son medibles o infinitos cuando no es posible el conteo de estos elementos (p. 174).

Entonces podemos deducir de la idea del autor citado anteriormente que la población que se estudiará en este proyecto es finita y está conformada por las órdenes de producción que hay en la empresa EUROLUZ de tomacorrientes dobles de la línea Roma en un mes. Además utilizando el criterio de inclusión y exclusión se incluye en la investigación solo los tomacorrientes dobles de la línea Roma y se excluyen los productos complementarios que representan dicha línea de producción.

4.2 Muestra

Según Caballero (214, p. 230) nos dice que la muestra se puede definir como parte de la población, o sea, es una parte representativa y de calidad de la población o en algunos casos es igual al número de elementos de la población para realizar una medición más certera, esta muestra muchas veces se obtiene mediante una fórmula y mientras mayor calidad tenga la misma será más precisa.

Para esta investigación al tener un número finito de nuestra población y que puede ser estudiado en su totalidad usaremos una muestra intencionada que será la cantidad de órdenes de un mes, de tomacorrientes dobles de la línea Roma de la empresa EUROLUZ. Esta muestra fue elegida de forma intencionada, a conveniencia del autor y para lograr un resultado más claro en el análisis.

4.3 Muestreo

En esta presente investigación podemos decir que el tipo de muestreo es no probabilístico ya que al determinar la muestra hubo una clara influencia y esta selección fue intencionada.

Según Hernández (2014, p. 176) nos dice que el tipo de muestra es no probabilístico porque esta elección no obedece a una deliberación basada en la probabilidad sino que se relaciona a las características de la investigación en la cual hay un designio del investigador.

5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

5.1 Técnica

La técnica que se utilizó para este proyecto de investigación es la observación ya que se realizó una recolección de datos mediante un registro en las visitas realizadas a la empresa durante el tiempo de investigación.

Caballero (2014, p. 232) nos dice que la técnica de la observación de campo es una técnica que se basa en la plena observación de informantes o en su mayoría de casos de los investigadores mismos obteniendo datos del objeto de estudio y puede ser estructurada, no estructurada, participante y no participante.

5.2 Instrumento

Para esta investigación se usaron fichas de observación como instrumento de recolección de datos para medir los indicadores que son materia de estudio. Se realizó una ficha de observación para cada indicador para así determinar la influencia de una variable sobre la otra. Estas fichas de observación se pueden observar detalladamente en los anexos de este documento.

5.3 Validez

Para determinar la validez de esta investigación se sometió a un juicio de expertos que dieron su aceptación de los instrumentos e indicadores utilizados como la información que es determinante para la recolección de datos y para realizar este proyecto.

Según Hernández la validez de una investigación hace referencia al nivel en el que un instrumento ciertamente mide las variables que tiene como objetivo medir (2014, p. 200).

5.4 Confiabilidad

El autor Hernández (2014, p. 200) nos indica que la confiabilidad se refiere al nivel en que un instrumento de medición repite los resultados obtenidos siendo iguales o similares al aplicarlo en un mismo objeto o individuo.

Para poder establecer la confiabilidad de los instrumentos utilizados (fichas de observación) se obtuvieron los datos proporcionados por el jefe de planta de la empresa EUROLUZ y los datos recolectados en la investigación.

6. Métodos de análisis de datos

El método de esta investigación como se mencionó anteriormente es cuantitativo con lo cual una vez que se recolectaron los datos que serán materia de estudio se procederá a realizar un análisis estadístico mediante los programas de Excel y SPSS. Con estos programas se realiza el procesamiento para mostrar luego los resultados obtenidos y para evaluar la confiabilidad se realizará el test de Shapiro-Wilk.

Estadística descriptiva

La estadística descriptiva para Hernández (2014, p. 282) como su propio nombre lo indica primero lo que realiza es describir los datos o valores obtenidos para cada variable y tiene como función ordenar y recopilar de una forma objetiva para evidenciar ciertas características; además, logra establecer pautas para que este análisis de datos se realice una forma más eficiente y se pueda entender de una forma más fácil.

Al utilizar la estadística descriptiva ayuda a poder analizar de una mejor manera los datos obtenidos con lo cual así será menos complicado el entender los resultados y las comparaciones que se planteen.

Estadística inferencial

Según Hernández (2014, p. 299) indica que la estadística inferencial obtiene este nombre ya que como su propio nombre lo dice infiere los parámetros que se usan en la investigación mediante técnicas apropiadas de la estadística. Así se concluyen los comportamientos de la población y muestra utilizada.

En relación con el autor entonces podemos inferir que la estadística inferencial se aplicará para interpretar los resultados que se obtienen en el análisis de la investigación y con ellos se podrán obtener conclusiones.

7. Aspectos éticos

El presente proyecto de investigación se realizó con información fehaciente proporcionada por la empresa EUROLUZ bajo su consentimiento y con la formalidad adecuada para el caso. Además, se hace reconocimiento de la vital importancia de los conceptos y definiciones que se implementaron de los autores citados que sirvieron para la realización de esta investigación.

Se deja constancia del compromiso que tuvo el autor para realizar este proyecto sin fines de lucro, que tiene como finalidad aportar una mejora para la empresa EUROLUZ y el único beneficio personal que se busca es el aprendizaje y enriquecimiento profesional a través de la colaboración de todos los intervinientes mencionados en esta investigación.

8. Desarrollo de la propuesta

Para la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing en la empresa EUROLUZ se recolectaron los datos mediante fichas de observación las cuales sirvieron para analizar dichos datos y así poder mejorar la productividad de la empresa en estudio.

8.1 Situación actual

8.1.1 Aspectos generales de la empresa

La empresa que forma parte de esta investigación es una empresa manufacturera que se encarga de la fabricación de productos eléctricos que se usan en las casas u organizaciones como interruptores, tomacorrientes, cables, llaves termomagnéticas, tubos corrugados, etc. Esta empresa inició sus operaciones en el año 1993 y nace como una empresa familiar, actualmente es una de las empresas mejor posicionadas en el mercado ferretero peruano y además exporta algunos de sus productos a Bolivia, Ecuador y Paraguay.

Figura 5: Logo e imagen de productos de la empresa EUROLUZ



Fuente: EUROLUZ E.I.R.L

Razón social: Industrias Euroluz E.I.R.L.

RUC: 20139082142

Dirección: Av. Guillermo Dansey Nro. 1915 – Lima

Gerente General: Bruno Aldo Strobbe Turk

Teléfono: 336-5302

Página Web: www.euroluzperu.net

8.1.2 Aspectos estratégicos

EUROLUZ es el resultado de un concepto de trabajo en el que entrelazamos nuestros muchos años de experiencia en la industria del plástico con diseños innovadores que se utilizan actualmente a escala global, con el fin de intentar crear productos de alta calidad y excelente estética. La razón de esto es que contamos con tecnología e infraestructura modernas que nos permiten cumplir con estándares internacionales de calidad a un precio muy competitivo.

MISIÓN: Producir bienes de alta calidad y excelente estética, manteniendo siempre precios razonables.

VISIÓN: Con tecnología de punta y productos que cumplen con los estándares internacionales de calidad, ampliamos nuestra capacidad de producción para consolidar nuestra posición de liderazgo en el mercado nacional y competir por la excelencia en el mercado internacional.

VALORES:

- Honestidad
- Responsabilidad
- Transparencia
- Sacrificio
- Pasión
- Lealtad
- Excelencia
- Escucha

8.1.3 Productos que ofrece la empresa

- Interruptor simple
- Interruptor doble
- Interruptor tripe
- Interruptor mixtos
- Tubos corrugados de
- Cable flexible NLT
- Cable TWF-80
- Tomacorriente simple
- Tomacorriente doble
- Tomacorriente triple
- Tomacorriente mixto
- Cable THW-90 (7 hilos)
- Cable mellizo TFM-70
- Alambre TW-90

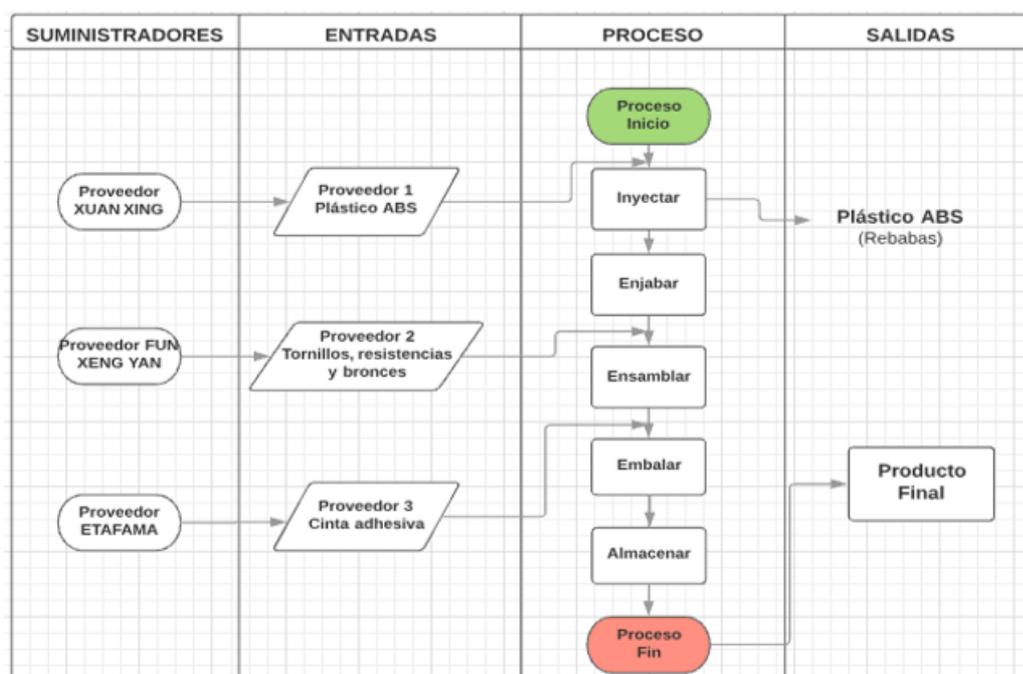
Para la investigación se eligieron los productos que representan la mayor cantidad de ventas para la empresa que son los interruptores simples y los tomacorrientes dobles; esto por un propósito de causar mayor impacto en los números e indicadores que tiene la empresa en estudio.

8.1.4 Clientes principales de la empresa

- Ferretel
- Ferreteria Arcosa
- EFC Proveedores Industriales
- Profelec
- Ferreteria Las Malvinas
- Ferropolis
- Ferrepat
- Incoresa S.A.
- Tomacorriente mixto
- Pecasa, entre otros.

8.1.5 Diagrama SIPOC del proceso

Figura 6: Diagrama SIPOC del proceso de tomacorrientes dobles de la línea Roma de la empresa EUROLUZ



Fuente: Elaboración Propia

Como se indicó anteriormente en la realidad problemática la línea Roma de la empresa Euroluz tiene como problema principal la baja productividad ocasionada por la demora en el tiempo de cambio de molde y la cantidad de productos defectuosos y mermas que tiene en la producción de los bienes que oferta. Para justificar esta situación y poder conocer más a fondo la situación real de la empresa se realizó un pre-test en el cual podemos conocer en términos cuantitativos las dimensiones que se encuentran en estudio en esta investigación las cuales presentamos a continuación.

8.2 DATOS DEL PRE TEST

VARIABLE INDEPENDIENTE: DIMENSIÓN N° 1

La primera dimensión de la variable independiente es SMED la cual se calcula en esta situación actual de la empresa mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta t = T.Ca - T.Ci$$

Δt : Variación de tiempo de cambio

T. Ca: Tiempo de cambio de molde actual

T. Ci: Tiempo de cambio de molde implementado

Primero se calcula el número de observaciones necesarias para que el cálculo del tiempo estándar sea confiable con un nivel de confianza de 95% para lo cual se hizo una primera observación con los siguientes resultados:

1ª Observación:

53.1	48.4	57.2	49.3	51.2	50.8
------	------	------	------	------	------

$$R \text{ (Rango)} = X_{\max} - X_{\min}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\frac{R}{\bar{X}}$$

$$R = \frac{8.8}{51.7} = 0.17$$

Entonces después de ubicar el resultado de la división en la tabla que se presenta a continuación se puede determinar que son 10 observaciones como mínimo para garantizar la confiabilidad del estudio.

Tabla 7: Tabla para cálculo de número de observaciones

TABLA PARA CALCULO DEL NUMERO DE OBSERVACIONES					
R/X	5	10	R/X	5	10
0	0	0	0.48	68	39
0.01	1	1	0.50	74	42
0.02	1	1	0.52	80	46
0.03	1	1	0.54	86	49
0.04	1	1	0.56	93	53
0.05	1	1	0.58	100	57
0.06	1	1	0.60	107	61
0.07	1	1	0.62	114	65
0.08	1	1	0.64	121	69
0.09	1	1	0.66	129	74
0.10	3	2	0.68	137	78
0.12	4	2	0.70	145	83
0.14	6	3	0.72	153	88
0.16	8	4	0.74	162	93
0.18	10	6	0.76	171	98
0.20	12	7	0.78	180	103
0.22	14	8	0.80	190	108
0.24	13	10	0.82	199	113
0.26	20	11	0.84	209	119
0.28	23	13	0.86	218	126
0.30	27	15	0.88	229	131
0.32	30	17	0.90	239	138
0.34	34	20	0.92	250	143
0.36	38	22	0.94	261	149
0.38	43	24	0.96	273	156
0.40	47	27	0.98	284	162
0.42	52	30	1.00	296	169
0.44	57	33	1.02	303	173
0.46	63	36	1.04	313	179

Fuente: Estudio de tiempos de José Cruelles Ruiz

Resultado

Luego, luego de saber que el número mínimo de observaciones requeridas es 10, se tomaron medidas para poder medir el estado inicial de la línea de producción Roma de EUROLUZ, y luego aplicar las medidas de mejora del SMED, que nos ayudarán a reducir el tiempo de cambio de molde. Después de realizar las observaciones correspondientes, a continuación, se muestran los datos exactos de la prueba previa.

Tabla 8: Ficha de tiempo de cambio de molde de la línea Roma de la empresa EUROLUZ

Operaciones		Ficha: Tiempo de cambio de molde														
		Tiempo 1 (min)	Tiempo 2 (min)	Tiempo 3 (min)	Tiempo 4 (min)	Tiempo 5 (min)	Tiempo 6 (min)	Tiempo 7 (min)	Tiempo 8 (min)	Tiempo 9 (min)	Tiempo 10 (min)	Tiempo PROM (min)	Valoración	Tiempo Normal (min)	Suplementos (13%)	Tiempo Tipo (min)
1	Se programa el enfriado rápido y se apaga la máquina.	3.2	3.4	3.2	3.6	3.5	3.5	3.6	3.5	3.5	3.8	3.5	1.0	3.5	0.45	3.9
2	Se quita el molde nuevo de la estantería con un cargador vertical.	1.4	1.4	1.2	1.3	1.4	1.3	1.3	1.4	1.3	1.2	1.3	1.0	1.3	0.16	1.4
3	Se transporta el molde nuevo a la máquina y se pone aproximadamente a 25 cm.	2.3	2.1	2.1	2.3	2.1	2.5	2.3	2.1	2.5	2.6	2.3	1.1	2.5	0.33	2.8
4	Desempear molde que estaba en uso con llave combinada de 21 mm.	15.3	18.4	16.6	18.2	18.0	17.8	18.2	18.1	17.8	17.5	17.6	1.2	21.1	2.74	23.9
5	Retirar el molde que estuvo en uso y colocarlo en el cargador vertical.	1.9	1.6	1.8	1.8	2.1	1.9	1.8	2.1	1.9	1.7	1.9	1.0	1.9	0.24	2.1
6	Enganchar y asegurar el molde nuevo en uso a la polea de 2 toneladas.	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	1.0	0.4	0.05	0.4
7	Colocar el molde nuevo en la posición de trabajo.	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	1.0	0.4	0.05	0.4
8	Empernar el molde nuevo con la llave combinada de 21 mm.	11.3	11.1	10.8	12.4	12.6	13.4	12.4	12.6	13.4	12.2	12.2	1.1	13.4	1.75	15.2
9	Transportar el molde que estuvo en uso a la estantería y colocarlo en su posición.	3.1	2.9	2.5	3.6	3.5	3.8	3.2	3.5	3.1	3.3	3.3	1.0	3.1	0.40	3.5
10	Prender y calentar la máquina con soplete de gas propano.	6.8	7.2	6.4	6.4	6.9	6.5	6.4	6.9	6.5	6.4	6.6	1.0	6.6	0.86	7.5
11	Programar según propiedades necesarias del nuevo molde e iniciar operación.	2.1	1.9	2.1	2.0	2.2	2.1	2.3	2.2	2.1	2.2	2.1	1.0	2.1	0.28	2.4
												TIEMPO ESTÁNDAR = 63.6				

Fuente: Elaboración propia

Se realizaron las operaciones matemáticas necesarias con los datos observados en la línea Roma de la empresa Euroluz. Es necesario indicar que los datos y porcentajes de los tiempos suplementarios fueron indicados por la empresa según su política interna y a continuación se muestra una tabla con los criterios que se aplicaron.

Tabla 9: Tiempos suplementarios en el cambio de molde de la línea Roma en la empresa Euroluz

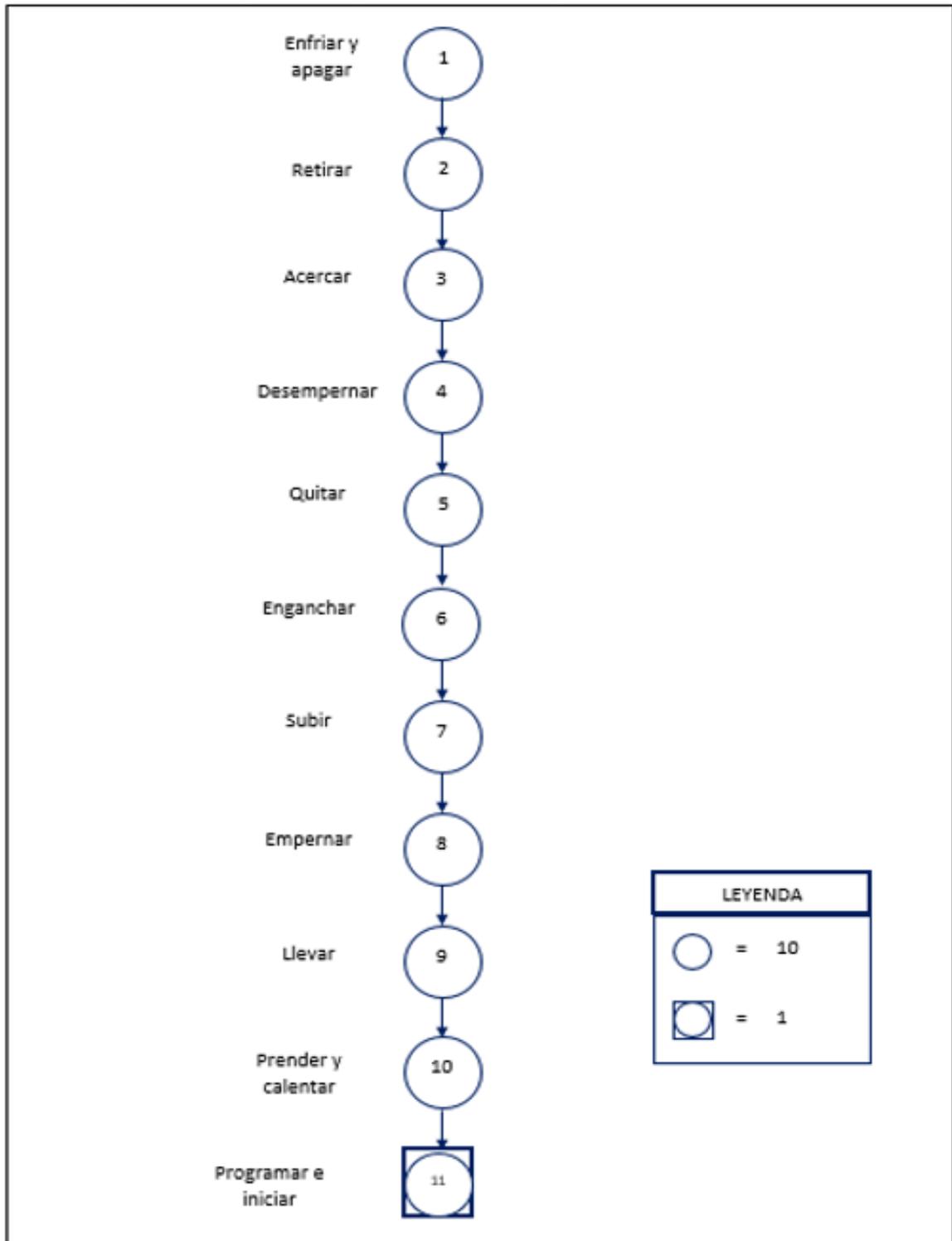
TIEMPOS SUPLEMENTARIOS		
Ítem	Descripción	% Demandado
1	Necesidades Personales	3%
2	Fatiga acumulada	6%
3	Suplementos especiales	4%
TIEMPO SUPLEMENTARIO TOTAL		13%

Fuente: Empresa Euroluz E.I.R.L.

Entonces podemos indicar que el tiempo de cambio de molde antes de implementar la mejora es de **63.6** minutos.

Para entender mejor el proceso de cambio de molde se adjunta el diagrama de operaciones y el diagrama de actividades del proceso para que se pueda tener un mejor entendimiento.

Figura 7: Diagrama de operaciones del subproceso de cambio de molde



Fuente:Elaboración Propia

Figura 8: Diagrama de Actividades del proceso del cambio de molde

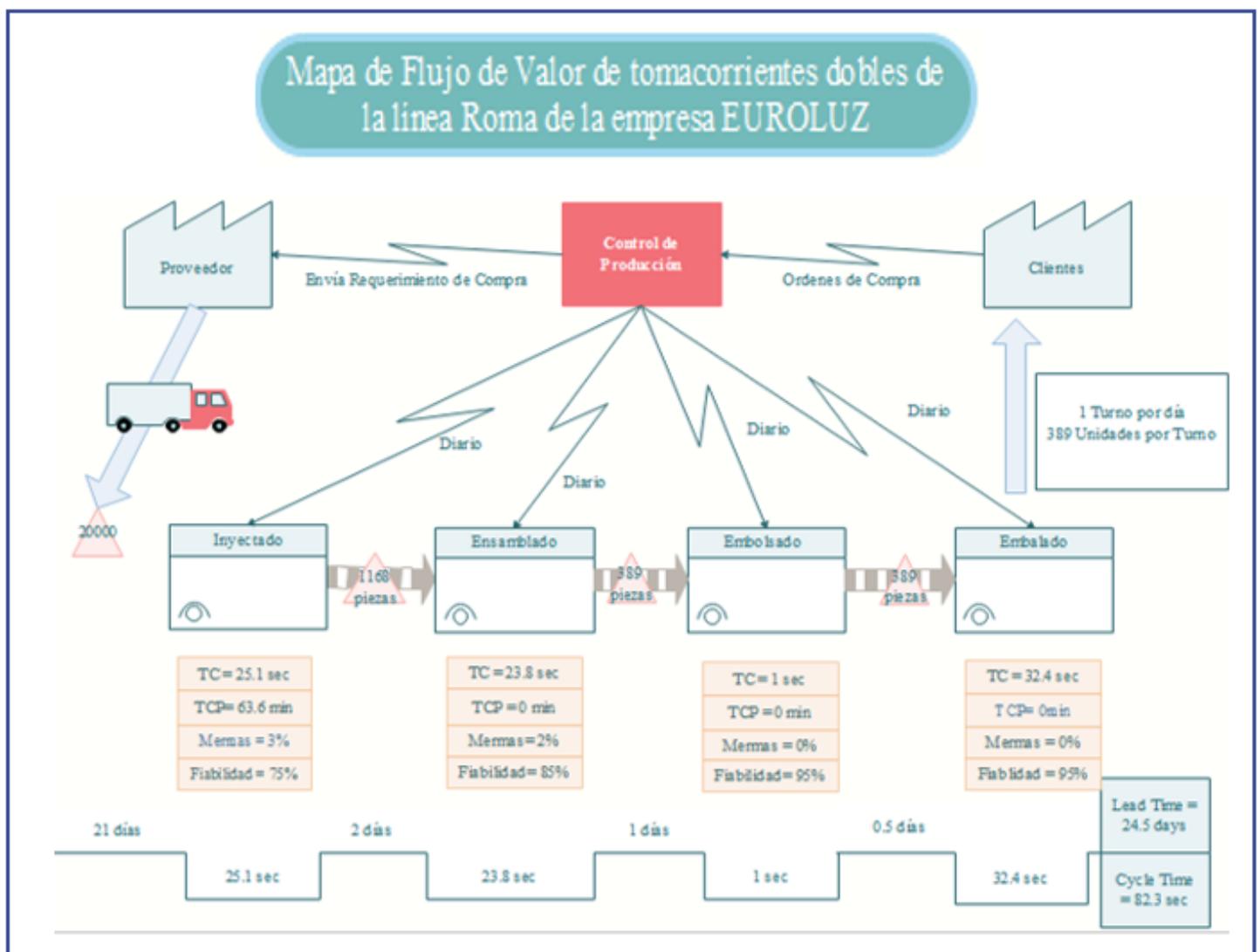
Diagrama de actividades							
Área de trabajo:	Código de área:	Elaborado por:	Revisado por:				
Producción	03	Fernando Camogliano Villar	Ricardo Amaya				
Nombre del procedimiento:	Cambio de molde						
Código del procedimiento:		Fecha Aprob:		Página	1 de 1		
Simbología a ser utilizados:							
Conectores a ser utilizados:			Responsable por actividad				
No. Act.	Descripción de las actividades	Tiempo (min)					Observaciones
1	Se programa el enfriado rápido y se apaga la máquina.	3.9	●				
2	Se quita el molde nuevo de la estantería con un cargador vertical.	1.4	●				
3	Se transporta el molde nuevo a la máquina y se pone aproximadamente a 25 cm.	2.8			→		
4	Desempernar molde que estaba en uso con llave combinada de 21 mm.	23.9	●				
5	Retirar el molde que estuvo en uso y colocarlo en el cargador vertical.	2.1	●				
6	Enganchar y asegurar el molde nuevo en uso a la polea de 2 toneladas.	0.4	●				
7	Subir el molde nuevo con la polea de 2 toneladas y colocarlo en la posición de trabajo.	0.4	●				
8	Empernar el molde nuevo con la llave combinada de 21 mm.	15.2	●				
9	Transportar el molde que estuvo en uso a la estantería y colocarlo en su posición.	3.5			→		
10	Prender y calentar la máquina con soplete de gas propano.	7.5	●				
11	Programar según propiedades necesarias del nuevo molde e iniciar operación.	2.4	●				
TOTAL		63.6	8	1	2	0	

Fuente: Elaboración propia

VARIABLE INDEPENDIENTE: DIMENSIÓN N° 2

Primero para entender mejor la situación de la empresa antes de implementar las herramientas de Lean Manufacturing se realizó el mapa de flujo de valor de la producción de tomacorrientes dobles de la línea Roma que se presenta a continuación:

Figura 9: Mapa de Flujo de Valor del tomacorriente doble de la línea Roma de la empresa EUROLUZ



Fuente: Elaboración Propia

La segunda dimensión de la variable independiente es el VSM y para este proyecto utilizamos el siguiente indicador para medir el efecto que causa esta dimensión.

$$\Delta d = D_a - D_i$$

Δd : Variación de cantidad de mermas

D_a : Mermas actuales

D_i : Mermas después de implementar

De la fórmula que se presentó anteriormente se puede determinar solo la cantidad de desperdicios actuales y trabajamos con la cantidad de merma que arrojan los moldes y máquinas al momento de realizar el proceso de inyectado y las partes ya inyectadas que no pasaron el control de calidad. Al realizar las mediciones se pudo determinar que actualmente por cada saco de 50 kilos de plástico ABS se está mermando en promedio 1.360 kilogramos de este plástico que debería ser reutilizado en el proceso de inyectado.

$$D_a = 1.367 \text{ Kg}$$

Para poder realizar este cálculo se utilizaron las fichas de observación y se realizó esta observación a los productos que inyectaban cada máquina. Recogiendo como datos las mermas que se tenía por cada saco de 50 kilogramos en el proceso de inyectado de la línea Roma.

A continuación, para la comprobación de los datos se muestra la ficha de observación donde se trabajó con las mermas que se generaban en el inyectado por cada saco de 50 kilogramos.

Tabla 10: Ficha de desperdicios por máquina

		Ficha: Desperdicios por máquina									
		Por cada saco de 50 kg	Cantidad 1	Cantidad 2	Cantidad 3	Cantidad 4	Cantidad 5	Cantidad 6	Cantidad 7	Cantidad 8	Cantidad 9
Máquina 1	Molde 1	1.46	1.46	1.42	1.41	1.40	1.44	1.39	1.46	1.48	1.42
	Molde 2	1.18	1.21	1.2	1.13	1.18	1.76	1.09	1.14	1.18	1.21
Máquina 2	Molde 1	1.28	1.32	1.24	1.23	1.22	1.26	1.21	1.28	1.30	1.24
	Molde 2	0.88	0.91	0.9	0.83	0.88	1.46	0.79	0.84	0.88	0.91
Máquina 3	Molde 1	1.78	1.82	1.74	1.73	1.72	1.76	1.71	1.78	1.80	1.74
	Molde 2	1.38	1.41	1.4	1.33	1.38	1.96	1.29	1.34	1.38	1.41
Máquina 4	Molde 1	1.50	1.54	1.46	1.45	1.44	1.48	1.43	1.50	1.52	1.46
	Molde 2	1.21	1.24	1.23	1.16	1.21	1.79	1.12	1.17	1.21	1.24
Máquina 5	Molde 1	1.71	1.75	1.67	1.66	1.65	1.69	1.64	1.71	1.73	1.67
	Molde 2	1.29	1.42	1.33	1.24	1.29	1.87	1.2	1.25	1.29	1.32
Máquina 6	Molde 1	1.37	1.41	1.33	1.32	1.31	1.35	1.30	1.37	1.39	1.33
	Molde 2	1.22	1.35	1.26	1.17	1.22	1.8	1.13	1.18	1.22	1.25
Máquina 7	Molde 1	1.58	1.62	1.54	1.53	1.52	1.56	1.51	1.58	1.60	1.54
	Molde 2	1.19	1.31	1.22	1.19	1.21	1.66	1.4	1.43	1.24	1.37
Máquina 8	Molde 1	1.50	1.54	1.46	1.45	1.44	1.48	1.43	1.50	1.52	1.46
	Molde 2	1.34	1.46	1.37	1.34	1.36	1.81	1.55	1.58	1.39	1.52

Fuente: Elaboración propia

VARIABLE DEPENDIENTE: DIMENSIÓN N° 1

La primera dimensión de nuestra variable dependiente es la EFICIENCIA la cual medidos bajo la siguiente fórmula:

$$EF = \frac{\text{Producción perfecta}}{\text{Producción total}}$$

Al utilizar la fórmula que se muestra en la parte superior con los datos obtenidos después de la observación y el histórico de producción que tiene la empresa se pudo determinar que la eficiencia actual de la empresa está en 70.33%.

Tabla 11: Ficha de producción por máquina del tomacorriente doble

Producción por turno		Cantidad 1	Cantidad 2	Cantidad 3	Cantidad 4	Cantidad 5	Cantidad 6	Cantidad 7	Cantidad 8
Máquina 1	PT	1184	1064	1140	1196	1180	1120	1140	1156
	PP	833	748	802	841	830	788	802	813
	PD	351	316	338	355	350	332	338	343
Máquina 2	PT	1172	1052	1128	1184	1168	1108	1128	1144
	PP	824	740	793	833	821	779	793	805
	PD	348	312	335	351	347	329	335	339
Máquina 3	PT	1196	1076	1152	1208	1192	1132	1152	1168
	PP	841	757	810	850	838	796	810	821
	PD	355	319	342	358	354	336	342	347
Máquina 4	PT	1160	1040	1116	1172	1156	1096	1116	1132
	PP	816	731	785	824	813	771	785	796
	PD	344	309	331	348	343	325	331	336
Máquina 5	PT	1180	1060	1136	1192	1176	1116	1136	1152
	PP	830	745	799	838	827	785	799	810
	PD	350	315	337	354	349	331	337	342
Máquina 6	PT	1168	1048	1124	1180	1164	1104	1124	1140
	PP	821	737	791	830	819	776	791	802
	PD	347	311	333	350	345	328	333	338
Máquina 7	PT	1156	1036	1112	1168	1152	1092	1112	1128
	PP	813	729	782	821	810	768	782	793
	PD	343	307	330	347	342	324	330	335
Máquina 8	PT	1176	1056	1132	1188	1172	1112	1132	1148
	PP	827	743	796	836	824	782	796	807
	PD	349	313	336	352	348	330	336	341

Fuente: Elaboración propia

VARIABLE DEPENDIENTE: DIMENSIÓN N° 2

La segunda dimensión que es materia de estudio en esta investigación es la EFICACIA de la línea Roma la cual se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$E = \frac{\textit{Producción obtenida}}{\textit{Producción planificada}}$$

Al realizar las mediciones correspondientes e ingresar los datos a la formula presentada se pudo determinar que la eficacia de la empresa se sitúa actualmente en 0.812. Para realizar esta medición se utilizó la información que proporcionó el jefe de planta de la producción requerida y la **Tabla 11**, que fue anteriormente presentada y se cruzó información con los pedidos y la planificación de la empresa EUROLUZ.

Dicha operación se realizó de la siguiente forma:

$$E = \frac{\textit{Producción obtenida}}{\textit{Producción planificada}}$$

Producción perfecta obtenida en el mes de Junio: **81000** Tomacorrientes dobles.

Producción planificada para el mes de Junio: **99780** Tomacorrientes dobles.

Por lo tanto, el resultado de dicha división es de 0.812.

Tabla 12: Ficha de producción por máquina del tomacorriente doble de la línea Roma de la empresa EUROLUZ

		Ficha: Producción por máquina							
Producción por turno		Cantidad 1	Cantidad 2	Cantidad 3	Cantidad 4	Cantidad 5	Cantidad 6	Cantidad 7	Cantidad 8
Máquina 1	PT	1184	1064	1140	1196	1180	1120	1140	1156
	PP	833	748	802	841	830	788	802	813
	PD	351	316	338	355	350	332	338	343
Máquina 2	PT	1172	1052	1128	1184	1168	1108	1128	1144
	PP	824	740	793	833	821	779	793	805
	PD	348	312	335	351	347	329	335	339
Máquina 3	PT	1196	1076	1152	1208	1192	1132	1152	1168
	PP	841	757	810	850	838	796	810	821
	PD	355	319	342	358	354	336	342	347
Máquina 4	PT	1160	1040	1116	1172	1156	1096	1116	1132
	PP	816	731	785	824	813	771	785	796
	PD	344	309	331	348	343	325	331	336
Máquina 5	PT	1180	1060	1136	1192	1176	1116	1136	1152
	PP	830	745	799	838	827	785	799	810
	PD	350	315	337	354	349	331	337	342
Máquina 6	PT	1168	1048	1124	1180	1164	1104	1124	1140
	PP	821	737	791	830	819	776	791	802
	PD	347	311	333	350	345	328	333	338
Máquina 7	PT	1156	1036	1112	1168	1152	1092	1112	1128
	PP	813	729	782	821	810	768	782	793
	PD	343	307	330	347	342	324	330	335
Máquina 8	PT	1176	1056	1132	1188	1172	1112	1132	1148
	PP	827	743	796	836	824	782	796	807
	PD	349	313	336	352	348	330	336	341

Fuente: Elaboración Propia

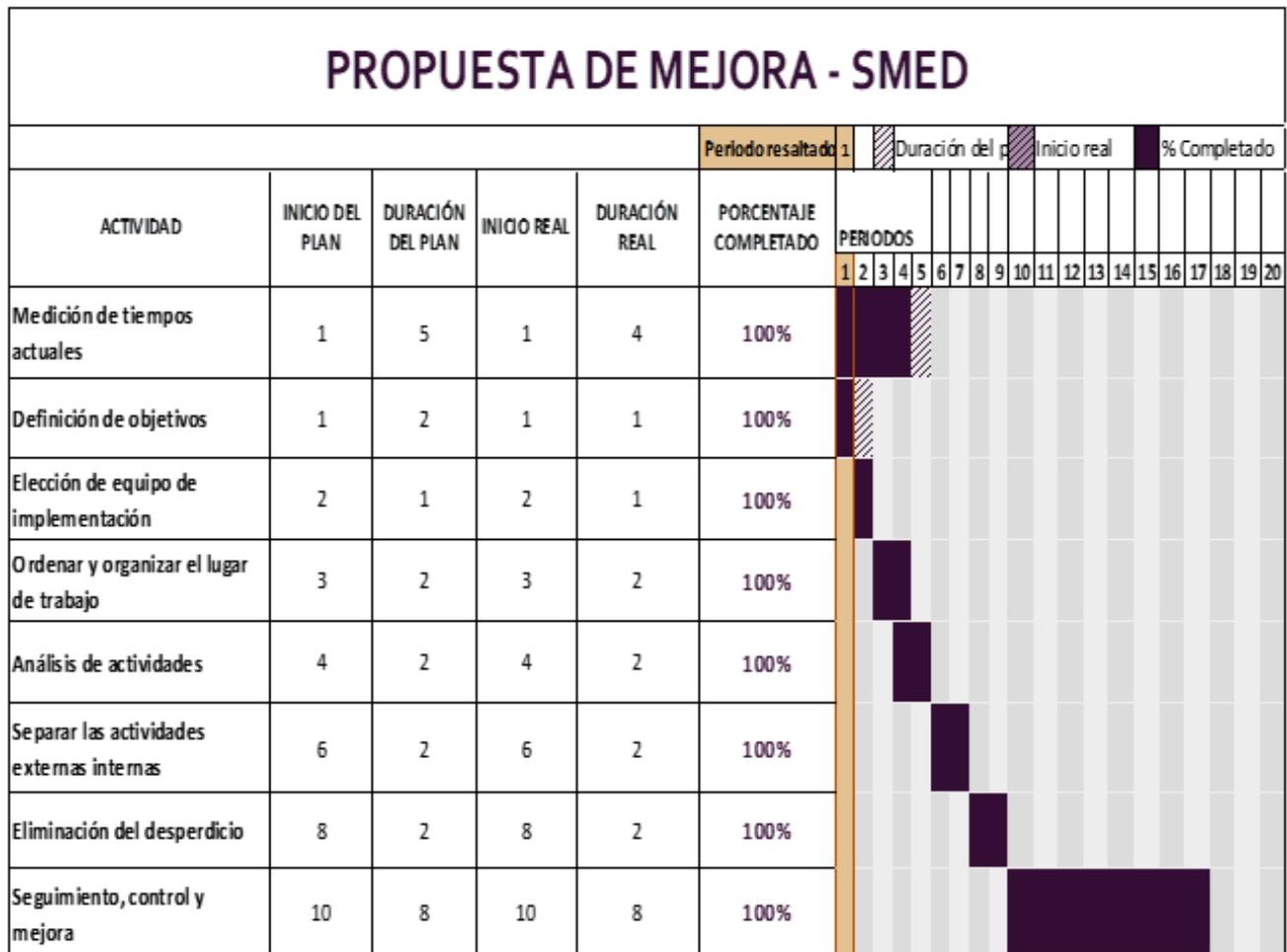
8.3 Propuesta de mejora

Después de conocer la situación actual de la empresa y confirmando sobre todo, las falencias de la línea productiva podemos justificar que se necesita aplicar un método de ingeniería para poder mejorar esta situación en la empresa en estudio para poder solucionar los problemas y así lograr los objetivos planteados en el capítulo anterior. Puntualmente se tiene que generar un cambio significativo en la productividad de la línea Roma para lo cual como se explicó antes se propone usar el Lean Manufacturing ya que es el método que más se ajusta a las necesidades de la empresa.

Se prefirió usar Lean Manufacturing después de hacer una tabla de alternativas de solución, que se puede revisar en la realidad problemática ubicada en el primer capítulo, después de realizar una valoración con el gerente general de la empresa y los jefes de planta se concluyó que el Six Sigma y la gestión logística solo atacarían un problema a comparación del Lean Manufacturing que nos ayudó con sus herramientas a poder tratar de forma efectiva los indicadores que tenía la empresa. Como se explicó anteriormente en las teorías relacionadas al tema el Lean Manufacturing usa un conjunto de herramientas para solucionar temas específicos y generales como los que aplicamos en esta investigación que son el SMED y el Value Stream Mapping. Para implementar estas herramientas se realizaron los siguientes cronogramas de aplicación o implementación de los mismos.

Primero iniciaremos con el cronograma de SMED que se muestra a continuación:

Figura 10: Plan de propuesta de mejora de SMED



Fuente: Elaborado en base al libro “Manual de Lean Manufacturing” de Villaseñor y Galindo

Y como podemos observar en el cuadro se realizaron actividades principales para la mejora del tiempo de cambio de molde con la utilización del SMED ya que como pudimos ver anteriormente, en la situación actual de la empresa, este tiempo es muy elevado. Se maneja la hipótesis que al aplicar estas actividades del SMED se realizará una reducción en el tiempo de cambio, pero ello quedará demostrado más adelante en la implementación y en los resultados obtenidos después del post test.

En paralelo se propone la aplicación del Value Stream Mapping, basándonos en Rajadell y Sánchez donde primero se busca estandarizar las operaciones, realizar una producción a prueba de errores, entre otras actividades necesarias para poder implantar esta herramienta del Lean

8.3.1 Implementación de la propuesta

Después de conocer la situación de la empresa al realizar el pre test, se realizó una propuesta de mejora para la cual se consultaron a especialistas en las herramientas utilizadas como Villaseñor y Galindo con su libro “Manual de Lean Manufacturing” para el SMED y para la propuesta e implementación del VSM (Value Stream Mapping) se utilizó el modelo de propuesta de Rajadell y Sánchez que plantean en su libro “Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad”. Estas herramientas se implementaron en la línea Roma de la empresa Euro luz y se presenta a continuación las actividades que se realizaron de forma detallada:

8.3.1.1 Implementación de SMED

Se planteó el SMED como solución del tiempo de cambio de molde elevado que tenía la línea Roma de la empresa Euro luz, y, para esta implementación se siguieron los lineamientos de Rajadell y Sánchez que proponen en su libro “Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad”. Ellos proponen la siguiente metodología:

Primer Paso: Identificar las actividades en que se divide el cambio de molde

Aquí se detallaron todas las tareas y se cronometraron tomando el tiempo de cada tarea para poder hallar el tiempo total o tiempo de operación que en este caso es el cambio de molde. Después de estudiar estas tareas o actividades se determinó que son las siguientes:

Tabla 13: Actividades de cambio de molde

Ítem	ACTIVIDADES DE LA OPERACIÓN DE CAMBIO DE MOLDE
1	Se programa el enfriado rápido y se apaga la máquina.
2	Se retira el molde nuevo de la estantería con un cargador vertical.
3	Se trasporta el molde nuevo a la máquina y se pone aproximadamente a 25 cm.
4	Desempernar molde en uso con llave combinada de 21mm.
5	Retirar el molde que estuvo en uso y colocarlo en cargador vertical.
6	Enganchar y acomodar el molde nuevo a la polea de 2 toneladas.
7	Colocar el molde nuevo en la posición de trabajo.
8	Empernar el molde nuevo con llave combinada de 21mm.
9	Transportar el molde que estuvo en uso a la estantería y ponerlo en su posición.
10	Prender y calentar la máquina con soplete de gas propano.
11	Programar según propiedades necesarias del nuevo molde e iniciar operación.

Fuente: Elaboración propia

Segundo Paso: Diferenciar las actividades internas de las externas

En este segundo paso se tienen que identificar las actividades internas y las externas. Para un mejor entendimiento se puede conceptualizar las actividades internas como las actividades o tareas que se realizan con la máquina apagada; en cambio, las externas son aquellas actividades que se realizan con la máquina prendida. Después de un análisis simple se pudo determinar que en el cambio de molde eran demasiadas las actividades internas y solo dos las actividades externas. Estas actividades se muestran a continuación:

Tabla 14: Actividades Internas de la operación de cambio de molde

Ítem	ACTIVIDADES INTERNAS ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN
1	Se retira el molde nuevo de la estantería con un cargador vertical.
2	Se transporta el molde nuevo a la máquina y se pone aproximadamente a 25 cm.
3	Desempernar molde en uso con llave combinada de 21mm.
4	Retirar el molde que estuvo en uso y colocarlo en cargador vertical.
5	Enganchar y acomodar el molde nuevo a la polea de 2 toneladas.
6	Colocar el molde nuevo en la posición de trabajo.
7	Empernar el molde nuevo con llave combinada de 21mm.
8	Transportar el molde que estuvo en uso a la estantería y ponerlo en su posición.
9	Prender y calentar la máquina con soplete de gas propano.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15: Actividades Externas de la operación de cambio de molde

Ítem	ACTIVIDADES EXTERNAS ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN
1	Se programa el enfriado rápido y se apaga la máquina.
2	Programar según propiedades necesarias del nuevo molde e iniciar operación.

Fuente: Elaboración propia

Tercer Paso: Transformar las actividades internas en externas

Una vez que se identificaron las actividades internas y externas lo que se busca es convertir o transformar dichas operaciones internas en externas, o sea, realizarlas en su mayor número con la máquina prendida y así permitir que se reduzca el tiempo improductivo y las actividades que no agregan valor a la operación de cambio de matriz o molde. Después de realizar un análisis con los jefes de planta y basándonos en los autores anteriormente mencionados se realiza la transformación de la mayoría de las actividades internas con lo cual se tienen nuevas actividades internas y externas.

Las actividades internas que se propusieron después del previo análisis que se realizan con la máquina apagada son las siguientes:

Tabla 16: Nuevas actividades internas de la operación de cambio de molde

Ítem	NUEVAS ACTIVIDADES INTERNAS
1	Se programa el enfriado rápido y se apaga la máquina.
2	Desempear molde en uso con un taladro atornillador de 24 Nm.
3	Retirar el molde que estuvo en uso y colocarlo en cargador vertical.
4	Colocar el molde nuevo en la posición de trabajo.
5	Empernar el molde nuevo con el taladro atornillador de 24 Nm.
6	Prender, calentar la máquina con soplete de gas propano y programarla.

Fuente: Elaboración propia

Con lo cual podemos ver que se redujeron en solo 06 las actividades internas y por lo cual aumentarán las actividades externas que se realizan con la máquina prendida y estas son las siguientes:

Tabla 17: Nuevas actividades externas de la operación de cambio de molde

Ítem	NUEVAS ACTIVIDADES EXTERNAS
1	Se retira el molde nuevo de la estantería con un cargador vertical.
2	Se trasporta el molde nuevo a la máquina y se pone aproximadamente a 25 cm.
3	Enganchar y asegurar el molde nuevo a la polea de 2 Tn.
4	Transportar el molde que estuvo en uso a la estantería y ponerlo en su posición.
5	Programar según propiedades necesarias del nuevo molde e iniciar operación.

Fuente: Elaboración propia

Cuarto Paso: Reducir las operaciones internas

Una vez que tengamos menos operaciones internas en nuestra operación de cambio de matriz, se procede a reducir las operaciones internas o los tiempos que demandan realizarlas usando las siguientes herramientas:

- Usar cambios rápidos para los soportes y componentes.
- Tratar de eliminar las herramientas utilizadas como destornilladores u otras usando una metodología más rápida de mayor facilidad y menor complejidad para que se pueda asegurar la matriz sin demanda de tanto tiempo.
- Facilitar la gestión visual utilizando colores o marcadores para poder realizar las tareas con mayor facilidad.
- Lograr establecer posiciones ya fijadas como topes o guías.

Quinto Paso: Reducir las operaciones externas

Después de haber reducido las actividades internas o los tiempos que demandan se hace algo similar con las actividades externas, con ello se podrá reducir aún más el tiempo total de cambio de molde. Para reducir estas actividades se siguen la misma metodología que es la siguiente:

- Usar cambios rápidos para los soportes y componentes.
- Tratar de eliminar las herramientas utilizadas como destornilladores u otras usando una metodología más rápida de mayor facilidad y menor complejidad para que se pueda asegurar la matriz sin demanda de tanto tiempo.
- Facilitar la gestión visual utilizando colores o marcadores para poder realizar las tareas con mayor facilidad.
- Lograr establecer posiciones ya fijadas como topes o guías.

Figura 12: Instantáneas del cambio de molde



Fuente: Euroluz

En las imágenes que se pueden visualizar en el recuadro corresponden al cambio de molde de la línea Roma de la empresa Euroluz.

8.3.1.2 Implementación de Value Stream Mapping

Para poder mejorar las mermas que tenía la línea Roma en la fabricación de tomacorrientes dobles se usó el Value Stream Mapping (mapa

del flujo de valor). Para dicha implementación se siguieron los lineamientos que proponen Rajadell y Sánchez que plantean en su libro “Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad”. Con lo cual a continuación se expondrá los pasos que se siguieron para esta implementación:

- Primero se buscó una automatización con toque humano, para que sean los operarios quienes asistan de forma inmediata a las máquinas cuando detecten un error o falla en su sistema.
- Se buscó estandarizar las operaciones para que los operarios con mayor experiencia puedan alinear a los que normalmente incurren en los errores de producción.
- Se generó una capacitación, para los operarios, en las señales de alarma que da la máquina.
- Se realizó la propuesta y compra de una máquina moladora para reutilizar el plástico ABS que era desechado como merma.
- Se usaron tarjetas visuales para disminuir el error y además se colocó un manual básico de cada máquina para poder resolver problemas frecuentes.
- Se programó un plan mantenimiento preventivo ya que la empresa no contaba con ningún plan de mantenimiento y solo realizaba el mantenimiento correctivo.
- Se realizó el aseguramiento de calidad en cada actividad realizando una inspección básica al momento de realizar cada actividad.
- Se implementaron los estándares en todo el proceso de fabricación de tomacorrientes dobles desde la selección de proveedores hasta el transporte final.
- Se propuso el establecimiento de control visual mediante técnicas como el Kanban.

Figura 13: Lista de asistencia de estandarización de ensamblaje

		Página 1 Registro de capacitación y entrenamiento		Fecha:
Área / Empresa / Organización que Recibió la Capacitación: PRODUCCIÓN		Lugar, Fecha y Hora de Ejecución de la Capacitación:		
Material Entregado:		Intensidad de la Capacitación y/o Entrenamiento:		
Persona que Dirigió la Capacitación: Ricardo Amaya Zapata		Tema de la Capacitación y/o Entrenamiento: ESTANDARIZACIÓN DE ENSEMBLAJE DE TOMOCOSANTES DOBLE		
N.	Nombre del participante	No. de DNI	Cargo	Firma del participante
1	Natali Flores Villanueva	46858813		<i>[Firma]</i>
2	EVELYN AREVALO ATAC	42467676		<i>[Firma]</i>
3	LAYS INORI LANJANGO SARMIENTO	47535725		<i>[Firma]</i>
4	Sandra Liliana Muñoz Ormeño	76832425		<i>[Firma]</i>
5	BETSI PACAYA HUAMANACHI	77026337		<i>[Firma]</i>
6	ELVA VICLASSIS PEREZ	16619480		<i>[Firma]</i>
7	Yessenia Héndi CasQuez Mendoza	42434140		<i>[Firma]</i>
8	Héctor Esteban Vargas Fidalgo	09976347		<i>[Firma]</i>
9	SANDRA JOHAN CHAVEZ RAYOS	46026099		<i>[Firma]</i>
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				

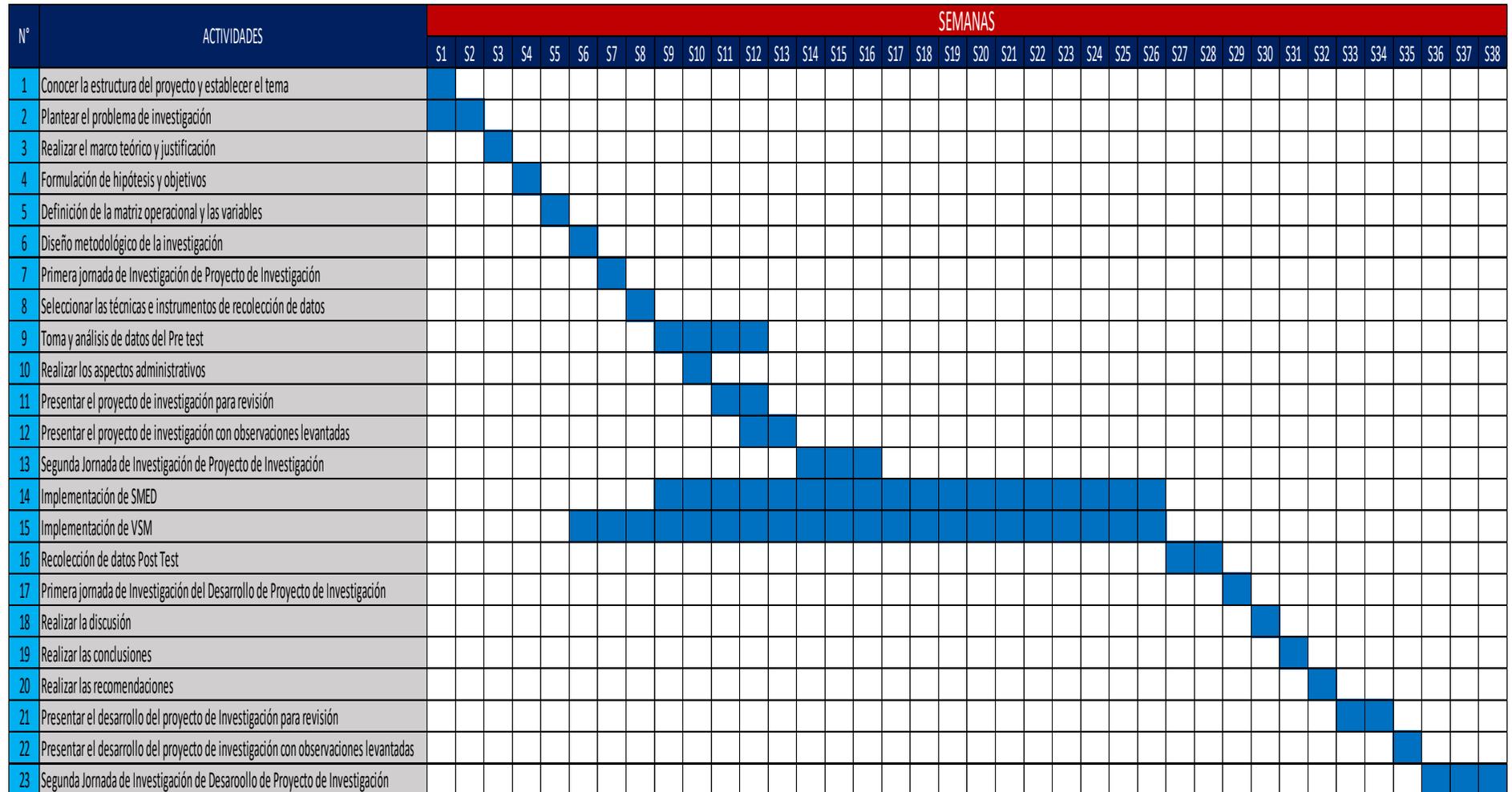
Fuente: Euroluz

Figura 14: Máquina moledora de plástico



Fuente: Euroluz

Figura 15: Diagrama de Gant de la investigación e implementación de variables



Fuente: Elaboración propia

8.4 Resultados de la implementación

VARIABLE INDEPENDIENTE: DIMENSIÓN N° 1

Como ya se había visto anteriormente la primera dimensión de la variable independiente es SMED la cual se calcula en esta situación actual de la empresa mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta t = TCa - TCi$$

Δt : Variación de tiempo de cambio

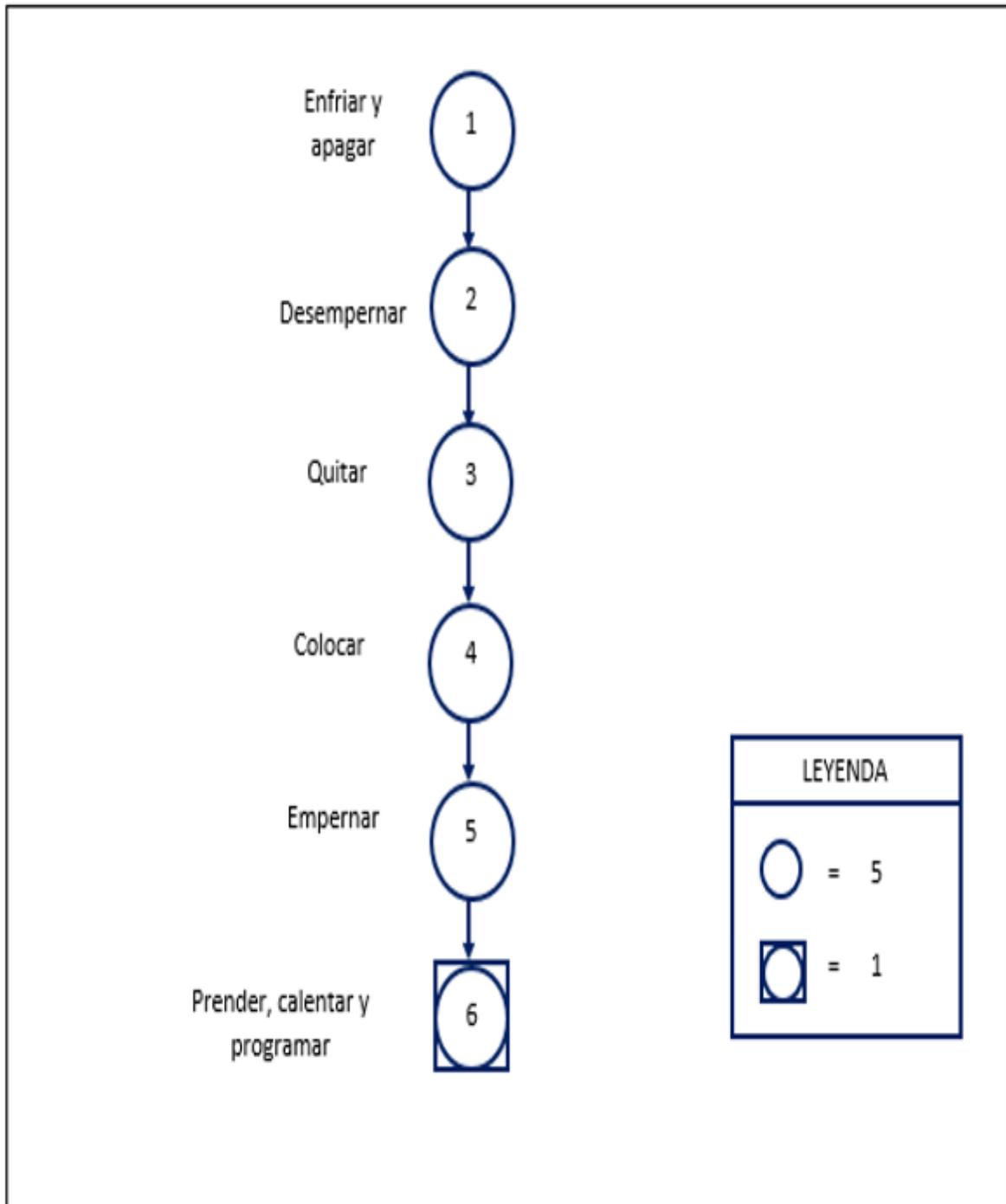
TCa: Tiempo de cambio de molde actual

TCi: Tiempo de cambio de molde implementado

Después de haber realizado en el pre test las operaciones matemáticas necesarias para determinar el número de observaciones mínimas para tener un 95% de fiabilidad se trabajan con los mismos datos y se realizan las observaciones después de la implementación de las mejoras del SMED.

Se realiza un nuevo diagrama de operaciones ya que al implementar el SMED se redujeron algunas actividades por ellos se muestran los siguientes diagramas para un mejor entendimiento.

Figura 16: Diagrama de operaciones del cambio de molde después de implementar SMED



Fuente: Elaboración Propia

Figura 17: Diagrama de actividades del proceso de cambio de molde después de implementar SMED

No. Act.		Descripción de las actividades	Tiempo (min)	○	◻	→	◐	Observaciones
1	Se programa el enfriado rápido y se apaga la máquina.		3.7	●				
2	Desempemar molde que estaba en uso con el taladro atomillador de 24 Nm.		8.2	●				
3	Retirar el molde que estuvo en uso y colocarlo en el cargador vertical.		1.5	●				
4	Colocar el molde nuevo en la posición de trabajo.		0.4	●				
5	Empemar el molde nuevo con el taladro atomillador de 24 Nm.		5.4	●				
6	Prender, calentar la máquina con soplete de gas butano y programarla.		7.2	●				
TOTAL			26.4	5	1	0	0	

Fuente: Elaboración Propia

Es necesario indicar que los datos y porcentajes de los tiempos suplementarios fueron indicados por la empresa como en el pre test y se trabajan con los mismos datos.

Tabla 18: Tiempos suplementarios en el cambio de molde de la línea Roma

TIEMPOS SUPLEMENTARIOS		
Ítem	Descripción	% Demandado
1	Necesidades Personales	3%
2	Fatiga acumulada	6%
3	Suplementos especiales	4%
TIEMPO SUPLEMENTARIO TOTAL		13%

Fuente: Empresa Euroluz E.I.R.L.

Tabla 19: Ficha de tiempo de cambio de molde después de la mejora de la línea Roma de la empresa EUROLUZ

Operaciones		Ficha: Tiempo de cambio de molde después de la implementación de SMED														
		Tiempo 1 (min)	Tiempo 2 (min)	Tiempo 3 (min)	Tiempo 4 (min)	Tiempo 5 (min)	Tiempo 6 (min)	Tiempo 7 (min)	Tiempo 8 (min)	Tiempo 9 (min)	Tiempo 10 (min)	Tiempo PROM (min)	Valoración	Tiempo Normal (min)	Suplementos (13%)	Tiempo Tipo (min)
1	Se programa el enfriado rápido y se apaga la máquina.	3.1	3.2	3.2	3.4	3.2	3.3	3.2	3.3	3.3	3.6	3.3	1.0	3.3	0.43	3.7
2	Se quita el molde nuevo de la estantería con un cargador vertical.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.00	0.0
3	Se transporta el molde nuevo a la máquina y se pone aproximadamente a 25 cm.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.00	0.0
4	Desempernar molde que estaba en uso con el taladro atornillador de 24 Nm.	6.3	6.0	6.1	6.2	6.2	6.1	5.9	5.9	6.2	5.9	6.1	1.2	7.3	0.95	8.2
5	Retirar el molde que estuvo en uso y colocarlo en el cargador vertical.	1.2	1.2	1.3	1.2	1.0	1.2	1.8	1.2	1.5	1.3	1.3	1.0	1.3	0.17	1.5
6	Enganchar y asegurar el molde nuevo en uso a la polea de 2 toneladas.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.00	0.0
7	Colocar el molde nuevo en la posición de trabajo.	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	1.0	0.4	0.05	0.4
8	Empernar el molde nuevo con el taladro atornillador de 24 Nm.	4.6	4.2	4.3	4.5	4.6	4.2	4.4	4.5	4.3	4.2	4.4	1.1	4.8	0.63	5.4
9	Transportar el molde que estuvo en uso a la estantería y colocarlo en su posición.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.00	0.0
10	Prender y calentar la máquina con soplete de gas propano.	6.5	6.8	6.4	6.3	6.2	6.3	6.4	6.2	6.2	6.1	6.3	1.0	6.3	0.82	7.2
11	Programar según propiedades necesarias del nuevo molde e iniciar operación.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.00	0.0
												TIEMPO ESTÁNDAR =		26.4		

Fuente: Elaboración propia

Entonces podemos darnos cuenta que al implementar mejoras reduciendo las actividades internas y usando otras herramientas para realizar el cambio de moldes este tiempo estándar ha disminuido a **30.4 minutos**. Entonces regresando a la fórmula de variación de cambio de molde podemos hallar lo siguiente:

$$\Delta t = T.Ca - T.Ci$$

Δt : Variación de tiempo de cambio

T. Ca: Tiempo de cambio de molde antes de implementar SMED

T. Ci: Tiempo de cambio de molde después de implementar SMED

$$\Delta t = 63.6 \text{ minutos} - 30.4 \text{ minutos}$$

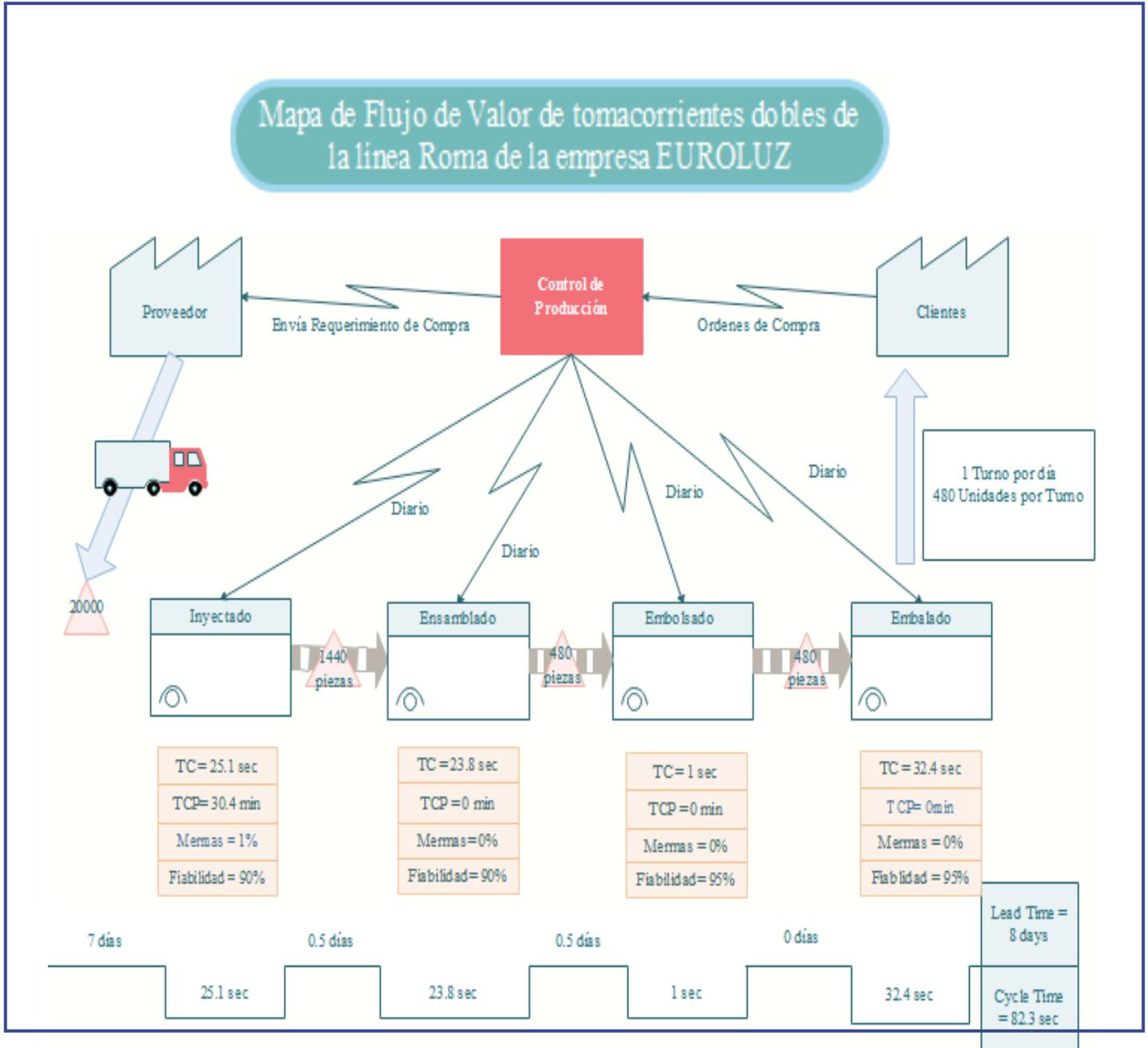
$$\Delta t = \mathbf{33.2 \text{ minutos}}$$

VARIABLE INDEPENDIENTE: DIMENSIÓN N° 2

Después de implementar las herramientas de lean manufacturing en la línea Roma de la empresa Euroluz se realizó el nuevo mapa de flujo de valor de la producción de tomacorrientes dobles de la línea Roma que se presenta a continuación:

Figura 18: Mapa de Flujo de Valor del tomacorriente doble de la línea

Roma de la empresa EUROLUZ después de la implementación



Fuente: Elaboración propia

La segunda dimensión de la variable independiente es el VSM y para este proyecto utilizamos el siguiente indicador para medir el efecto que causa esta dimensión.

$$\Delta d = D_a - D_i$$

Δd : Variación de cantidad de mermas

D_a : Merms actuales

D_i : Merms después de implementar

Después de implementar el VSM y las técnicas que usa esta herramienta para reducir despilfarros y por ende merms obtuvimos lo siguiente:

$$D_i = 0.211 \text{ Kg}$$

Para poder realizar este cálculo se utilizaron las fichas de observación y se realizó esta observación a los productos que inyectaban cada máquina. Recogiendo como datos las merms que se tenía por cada saco de 50 kilogramos en el proceso de inyectado de la línea Roma. Por lo tanto, se puede realizar la fórmula de la variación de cantidades de merma.

$$\Delta d = D_a - D_i$$

Δd : Variación de cantidad de merms

D_a : Merms actuales

D_i : Merms después de implementar

$$\Delta d = 1.367 \text{ Kg} - 0.211 \text{ Kg}$$

$$\Delta d = 1.156 \text{ Kg}$$

A continuación, para la comprobación de los datos se muestra la ficha de observación donde se trabajó con las merms que se generaban en el inyectado por cada saco de 50 kilogramos.

Tabla 20: Ficha de desperdicios por máquina después de implementar VSM

Por cada saco de 50 kg		Cantidad 1	Cantidad 2	Cantidad 3	Cantidad 4	Cantidad 5	Cantidad 6	Cantidad 7	Cantidad 8
Máquina 1	Molde 1	0.30	0.28	0.17	0.41	0.24	0.14	0.13	0.14
	Molde 2	0.20	0.17	0.11	0.13	0.1	0.11	0.11	0.1
Máquina 2	Molde 1	0.12	0.23	0.42	0.28	0.19	0.13	0.16	0.14
	Molde 2	0.19	0.19	0.17	0.21	0.14	0.16	0.13	0.11
Máquina 3	Molde 1	0.41	0.34	0.28	0.29	0.19	0.18	0.19	0.14
	Molde 2	0.21	0.22	0.19	0.17	0.18	0.14	0.11	0.12
Máquina 4	Molde 1	0.36	0.32	0.29	0.22	0.19	0.21	0.14	0.13
	Molde 2	0.23	0.19	0.19	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13
Máquina 5	Molde 1	0.28	0.26	0.15	0.39	0.22	0.12	0.11	0.12
	Molde 2	0.23	0.24	0.19	0.19	0.16	0.14	0.13	0.14
Máquina 6	Molde 1	0.32	0.25	0.19	0.20	0.21	0.19	0.14	0.12
	Molde 2	0.16	0.21	0.19	0.14	0.13	0.09	0.11	0.11
Máquina 7	Molde 1	0.31	0.27	0.24	0.17	0.14	0.16	0.13	0.10
	Molde 2	0.25	0.22	0.22	0.19	0.16	0.14	0.11	0.12
Máquina 8	Molde 1	0.23	0.19	0.16	0.21	0.18	0.22	0.14	0.14
	Molde 2	0.22	0.18	0.19	0.14	0.11	0.12	0.11	0.13

Fuente: Elaboración propia

VARIABLE DEPENDIENTE: DIMENSIÓN N° 1

La primera dimensión de nuestra variable dependiente es la EFICIENCIA la cual medidos bajo la siguiente fórmula:

$$EF = \frac{\text{Producción perfecta}}{\text{Producción total}}$$

Al utilizar la fórmula que se muestra en la parte superior con los datos obtenidos después de la observación después de implementar el Lean Manufacturing en la empresa se pudo determinar que la eficiencia actual de la empresa está en **97.30%**.

Tabla 21: Ficha de producción por máquina del tomacorriente doble

Producción por turno		Ficha: Producción por máquina							
		Cantidad 1	Cantidad 2	Cantidad 3	Cantidad 4	Cantidad 5	Cantidad 6	Cantidad 7	Cantidad 8
Máquina 1	PT	1425	1398	1410	1407	1422	1417	1454	1403
	PP	1411	1232	1378	1391	1398	1382	1418	1385
	PD	14	166	32	16	24	35	36	18
Máquina 2	PT	1397	1418	1415	1380	1423	1408	1421	1391
	PP	1362	1401	1368	1351	1386	1379	1386	1357
	PD	35	17	47	29	37	29	35	34
Máquina 3	PT	1421	1442	1439	1404	1447	1432	1445	1415
	PP	1397	1406	1409	1389	1415	1328	1409	1396
	PD	24	36	30	15	32	104	36	19
Máquina 4	PT	1434	1406	1403	1407	1411	1396	1409	1379
	PP	1402	1345	1369	1382	1389	1373	1409	1376
	PD	32	61	34	25	22	23	0	3
Máquina 5	PT	1454	1426	1423	1427	1431	1416	1429	1399
	PP	1354	1393	1360	1343	1378	1371	1378	1349
	PD	100	33	63	84	53	45	51	50
Máquina 6	PT	1442	1414	1411	1415	1419	1404	1417	1387
	PP	1411	1354	1378	1391	1398	1382	1398	1385
	PD	31	60	33	24	21	22	19	2
Máquina 7	PT	1430	1402	1399	1403	1407	1392	1405	1375
	PP	1393	1336	1360	1373	1380	1364	1400	1367
	PD	37	66	39	30	27	28	5	8
Máquina 8	PT	1450	1422	1419	1423	1427	1412	1425	1395
	PP	1391	1334	1358	1371	1378	1362	1398	1365
	PD	59	88	61	52	49	50	27	30

Fuente: Elaboración propia

VARIABLE DEPENDIENTE: DIMENSIÓN N° 2

La segunda dimensión que es materia de estudio en esta investigación es la EFICACIA de la línea Roma la cual se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$E = \frac{\textit{Producción obtenida}}{\textit{Producción planificada}}$$

Al realizar las mediciones correspondientes e ingresar los datos a la formula presentada se pudo determinar que la eficacia de la empresa después de implementar el Lean Manufactuirng es de 1.10. Para realizar esta medición se utilizó la información que proporcionó el jefe de planta de la producción requerida y la **Tabla 20**, que fue anteriormente presentada y se cruzó información con los pedidos y la planificación de la empresa EUROLUZ.

Dicha operación se realizó de la siguiente forma:

$$E = \frac{\textit{Producción obtenida}}{\textit{Producción planificada}}$$

Producción perfecta obtenida en el mes de Junio: **110000** Tomacorrientes dobles.

Producción planificada para el mes de Junio: **99800** Tomacorrientes dobles.

Por lo tanto, el resultado de dicha división es de **1.10**.

Tabla 22: Ficha de producción por máquina del tomacorriente doble

Producción por turno		Ficha: Producción por máquina							
		Cantidad 1	Cantidad 2	Cantidad 3	Cantidad 4	Cantidad 5	Cantidad 6	Cantidad 7	Cantidad 8
Máquina 1	PT	1425	1398	1410	1407	1422	1417	1454	1403
	PP	1411	1232	1378	1391	1398	1382	1418	1385
	PD	14	166	32	16	24	35	36	18
Máquina 2	PT	1397	1418	1415	1380	1423	1408	1421	1391
	PP	1362	1401	1368	1351	1386	1379	1386	1357
	PD	35	17	47	29	37	29	35	34
Máquina 3	PT	1421	1442	1439	1404	1447	1432	1445	1415
	PP	1397	1406	1409	1389	1415	1328	1409	1396
	PD	24	36	30	15	32	104	36	19
Máquina 4	PT	1434	1406	1403	1407	1411	1396	1409	1379
	PP	1402	1345	1369	1382	1389	1373	1409	1376
	PD	32	61	34	25	22	23	0	3
Máquina 5	PT	1454	1426	1423	1427	1431	1416	1429	1399
	PP	1354	1393	1360	1343	1378	1371	1378	1349
	PD	100	33	63	84	53	45	51	50
Máquina 6	PT	1442	1414	1411	1415	1419	1404	1417	1387
	PP	1411	1354	1378	1391	1398	1382	1398	1385
	PD	31	60	33	24	21	22	19	2
Máquina 7	PT	1430	1402	1399	1403	1407	1392	1405	1375
	PP	1393	1336	1360	1373	1380	1364	1400	1367
	PD	37	66	39	30	27	28	5	8
Máquina 8	PT	1450	1422	1419	1423	1427	1412	1425	1395
	PP	1391	1334	1358	1371	1378	1362	1398	1365
	PD	59	88	61	52	49	50	27	30

Fuente: Elaboración propia

8.5 Análisis económico – financiero

Después de realizar la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing se realizó un análisis económico financiero para poder justificar la investigación e implementación con fines económicos para la empresa y mostrar los resultados a la gerencia. A continuación, se presentarán los cuadros que ayudarán a entender de una mejor forma los gastos y el beneficio que tiene el proyecto.

Tabla 23: Análisis económico del desarrollo del proyecto de investigación

Precio de venta	8.9	Nuevo soles/ unidad
Costo de fabricación	6.79	Nuevo soles/ unidad
Costo de implementación	31700	Nuevo soles
Día laborable	12	Horas/día
Mes laborable	26	Días/mes
Año laborable	12	Meses/año

Análisis Económico Antes y Despues		
Producción antes	81000	Unidades/ Mes
Producción después	110000	Unidades/ Mes
Producción diferencia	29000	Unidades/ Mes
Por año	348000	Unidades/Año
Venta Anual	S/ 3,097,200.00	Nuevos soles / Año
Costo de fabricación	S/ 2,362,920.00	Nuevos soles / Año
Margen de contribución	S/ 734,280.00	Nuevos soles / Año

Fuente: Elaboración Propia

Además, se adjunta un detalle de los gastos que se realizan para la implementación del lean manufacturing, tanto para el SMED como para el VSM, para poder saber si esta investigación se justifica económicamente. Para ello se muestra la siguiente tabla:

Tabla 24: Gastos de implementación de Lean manufacturing y otros gastos administrativos

Recurso	Cantidad	UM	Costo Uni.	Costo Total
IMPLEMENTACION DE LEAN MANUFACTURING				
Carretilla elevadora a gas	1	und	S/ 10,000.00	S/ 10,000.00
Molino triturador de plástico	1	und	S/ 8,500.00	S/ 8,500.00
Atomillador eléctrico	2	und	S/ 380.00	S/ 760.00
Subtotal de implementacion de lena manufacturing				S/ 19,260.00
OTROS GASTOS				
Sueldo de Ingeniero	9	und	S/ 950.00	S/ 8,550.00
Materiales impresos	35	und	S/ 1.00	S/ 35.00
Trapos industriales	10	kg	S/ 2.30	S/ 23.00
Papel Bond	3	caja	S/ 98.50	S/ 295.50
USB 32 GB	3	und	S/ 32.00	S/ 96.00
Lapiceros	36	und	S/ 0.50	S/ 18.00
Subtotal de implementacion de la teoria de restricciones				S/ 9,017.50
Total de inversion				S/ 28,277.50

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, con las tablas mostradas (**Tabla 21** y **Tabla 22**) se calculan los indicadores de VAN, TIR y C/B que se muestran a continuación:

VAN	S/ 183,863.96
TIR	6.04%
C/B	1.31

Al tener un VAN de s/ 185175.33 podemos inferir entonces que es rentable la aplicación que se realizó en esta investigación ya que es mayor a 0 y podemos afirmar también, que es rentable ya que la TIR es de 6.01% mensual lo cual nos indica que es mayor a la tasa de descuento del sector de productos eléctricos según el diario Gestión que muestra en su versión web que la tasa de descuento de dicho rubro es de 2.50% y se puede visitar en el siguiente link: <https://gestion.pe/blog/deregresoalobasico/2012/02/determinando-la-tasa-de-descue-2.html>.

Tabla 25: Proyección de las ventas por doce meses, costo de producción, incremento de margen de contribución, inversión y flujo económico

Meses	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ventas	S/ 720,900.00												
Costo de producción	S/ 549,990.00												
Incremento de margen de contribución	S/ 170,910.00												
Inversión	S/ 28,277.50	S/ 1,050.00											
Flujo económico	-S/ 28,277.50	S/ 169,860.00											

Fuente: Elaboración propia.

III. RESULTADOS

1. Análisis Descriptivo

En esta sección de la investigación se presentarán los datos procesados en el programa SPSS para poder justificar su validez y además certificar la seriedad de los mismos. Mediante tablas y gráficos estadísticos se presentarán los datos procesados por este software antes mencionado mostrando el cambio que se realizó en los indicadores del lean manufacturing, la productividad y las dimensiones de los mismos para constatar la afectación positiva de uno sobre otro.

1.1 Análisis descriptivo de la dimensión SMED

A continuación, se muestra el análisis descriptivo de la dimensión SMED que pertenece a la variable independiente Lean Manufacturing.

Tabla 26: Resumen de los casos de SMED

	Resumen de procesamiento de casos					
	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
SMED_ANTES	10	100,0%	0	0,0%	10	100,0%
SMED_DESPUES	10	100,0%	0	0,0%	10	100,0%

Fuente: SPSS

De la tabla se puede observar que se analizaron los 10 datos para el antes y después del tiempo de cambio de molde, teniendo el 100% de datos procesados.

A continuación, se muestra el análisis descriptivo del SMED que este caso se mide mediante el tiempo de cambio de molde.

Tabla 27: Análisis descriptivo del SMED

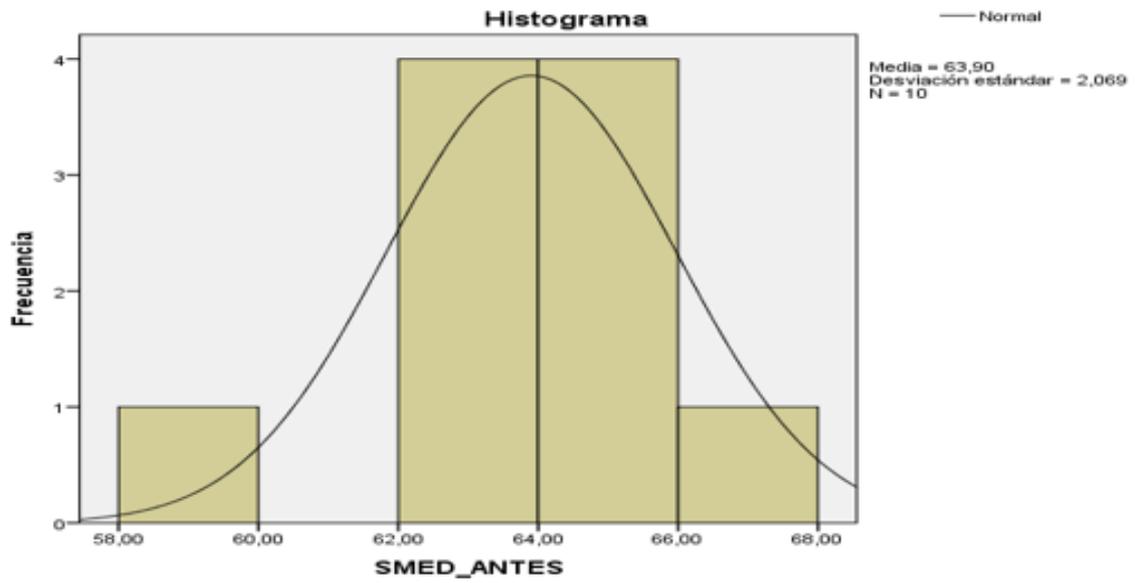
Descriptivos		Estadístico	Error estándar
SMED_ANTES	Media	63,9010	,65417
	Mediana	64,0700	
	Desviación estándar	2,06868	
	Asimetría	-1,364	,687
	Curtosis	2,641	1,334
SMED_DESPUES	Media	26,3750	,07771
	Mediana	26,3850	
	Desviación estándar	,24573	
	Asimetría	-,788	,687
	Curtosis	,576	1,334

Fuente: SPSS

En la tabla presentada anteriormente se muestra que la media del tiempo de cambio de molde era de 63.9 minutos antes de aplicar el SMED y después de implementarlo bajó a 26.37 minutos, entonces, siendo el SMED una herramienta que ayuda a la reducción del tiempo de cambio, se puede establecer entonces que ha mejorado en un 142.32%; además la desviación estándar ha disminuido en 1.823, es decir, en la base de datos después los datos son más cercanos a la media. Por otro lado, podemos identificar que en el antes la asimetría era de -1.364 y la curtosis de 2.641, lo cual indica que la mayoría de los datos se encuentran hacia la izquierda y por encima de la media y forman una curva con un pico no muy prolongado; en los datos después, podemos encontrar que la asimetría es de -0.788 y la curtosis de 0.576 lo que indica que los datos se encuentran ligeramente en su mayoría hacia la izquierda y la curva se puede encontrar una ligera desviación hacia arriba formando un pequeño pico casi imperceptible.

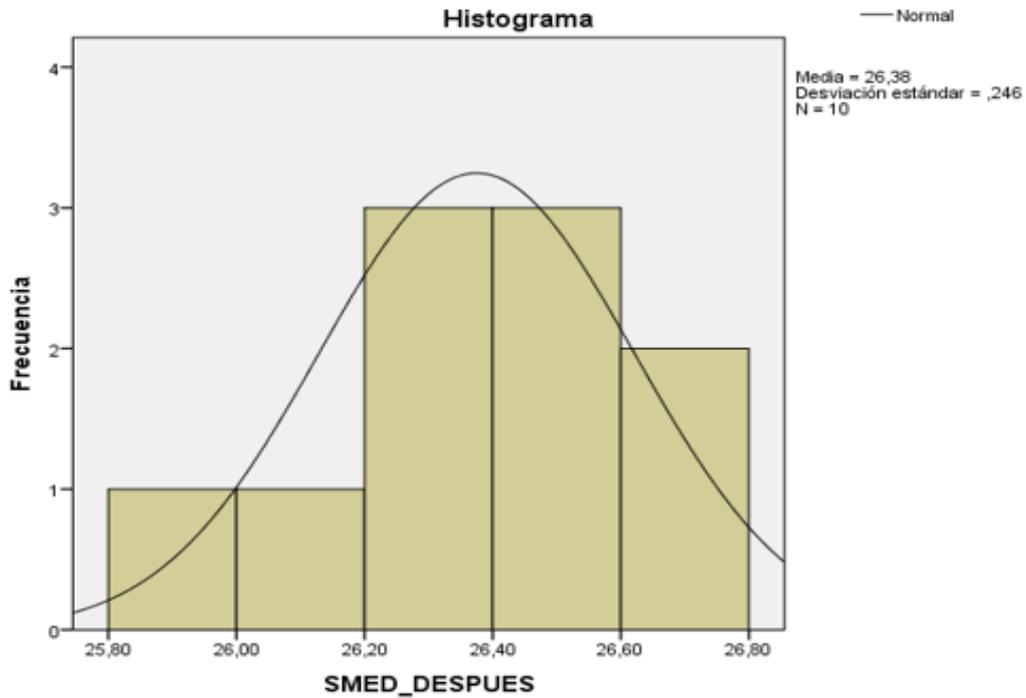
A continuación, se muestran los gráficos con los histogramas con curva normal del tiempo de cambio de molde.

Figura 19: Curva normal de tiempo de cambio de molde antes



Fuente: SPSS

Figura 20: Curva normal de tiempo de cambio de molde después



Fuente: SPSS

1.2 Análisis descriptivo de la dimensión VSM

A continuación, se muestra el análisis descriptivo de la dimensión VSM que pertenece a la variable independiente Lean Manufacturing.

Tabla 28: Resumen de los casos de VSM

Resumen de procesamiento de casos						
	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
DESPILFARRO_ANTES	64	100,0%	0	0,0%	64	100,0%
DESPILFARRO DESPUES	64	100,0%	0	0,0%	64	100,0%

Fuente: SPSS

De la tabla anterior se muestra que son 64 los datos ingresados y procesados, logrando un porcentaje de 100% de datos procesados por el software.

A continuación, se muestra el análisis descriptivo del despilfarro antes y después.

Tabla 29: Análisis descriptivos del VSM

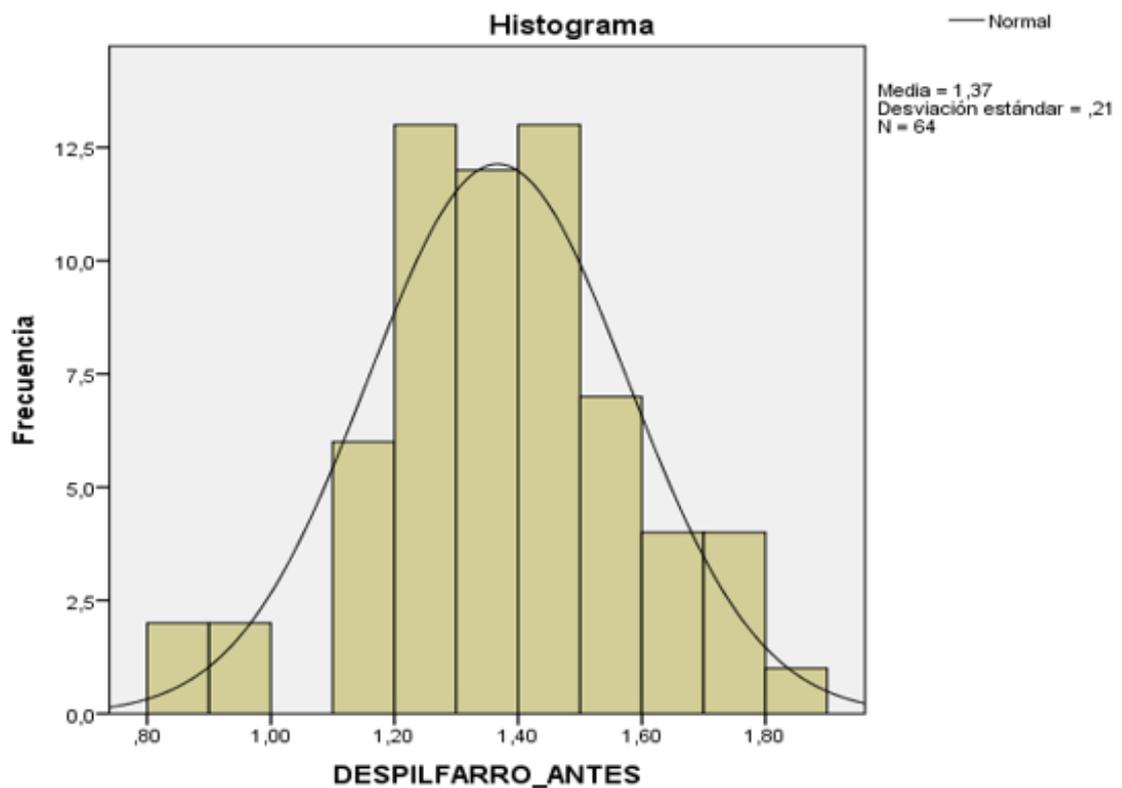
Descriptivos			Estadístico	Error estándar
DESPILFARRO_ANTES	Media		1,3669	,02630
	Mediana		1,3600	
	Desviación estándar		,21042	
	Asimetría		-,190	,299
	Curtosis		,432	,590
DESPILFARRO_DESPUES	Media		,2111	,00939
	Mediana		,1950	
	Desviación estándar		,07509	
	Asimetría		,812	,299
	Curtosis		1,707	,590

Fuente: SPSS

De la tabla anterior se muestra que la media antes era de 1,3669 y luego pasó a ser de 0.2111, entonces siendo el Value Stream Map una herramienta del Lean Manufacturing que permite la reducción del despilfarro, se puede establecer que este despilfarro se redujo en 547,51%. De manera similar, la desviación estándar se reduce en 0.135, lo que significa que en la base de datos a partir de entonces, los datos están más cerca del promedio. Por otro lado, la asimetría anterior fue de -0,190 y la curtosis fue de 0,432, lo que indica que la mayoría de los datos están a la izquierda y tienen una media ligeramente superior, y forman una curva menos pronunciada. Después de eso, la asimetría es 0.812 y la curtosis es 1.707, lo que indica que la mayoría de los datos se ubican a la derecha y por encima de la media, y forman una curva ligeramente cerrada.

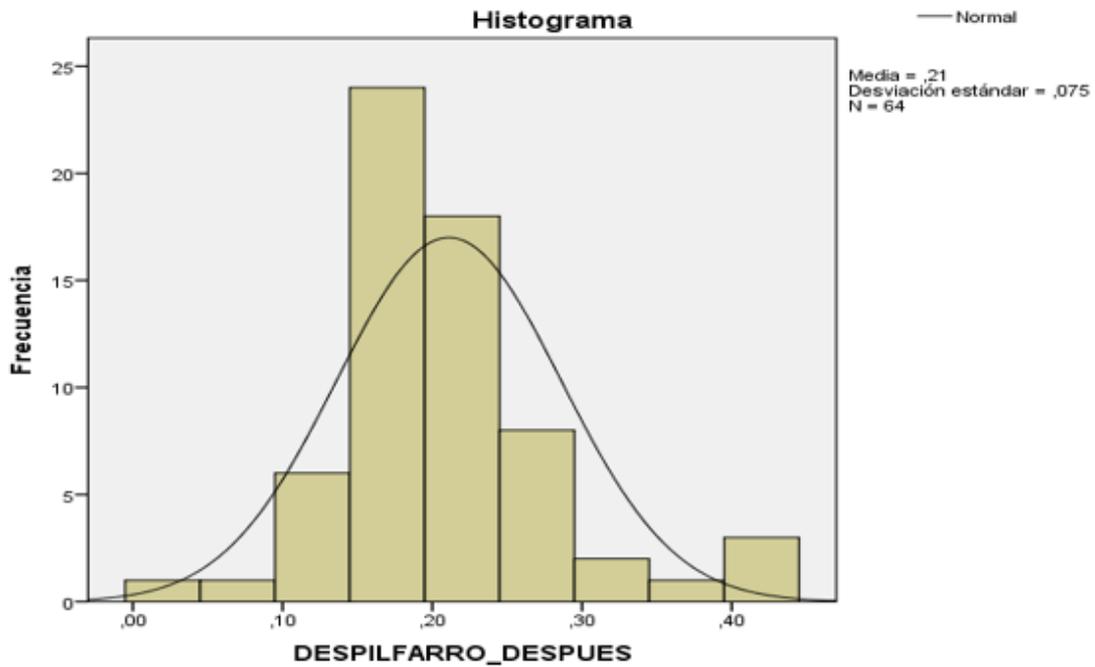
A continuación, se muestran los gráficos con los histogramas con curva normal del despilfarro.

Figura 21: Curva normal de despilfarro antes



Fuente: Elaboración Propia

Figura 22: Curva normal de despilfarro después



Fuente: SPSS

1.3 Análisis descriptivo de la variable dependiente Productividad

A continuación, se muestra el análisis descriptivo de la variable dependiente Productividad.

Tabla 30: Resumen de los casos para la productividad

	Resumen de procesamiento de casos					
	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje (Ctrl)
PRODUCTIVIDAD_ANTES	8	100,0%	0	0,0%	8	100,0%
PRODUCTIVIDAD_DESPUES	8	100,0%	0	0,0%	8	100,0%

Fuente: SPSS

De la tabla se puede observar que se analizaron los 08 datos para el antes y después, teniendo el 100% de datos procesados.

A continuación, se muestra el análisis descriptivo de la productividad.

Tabla 31: Análisis descriptivo de la productividad

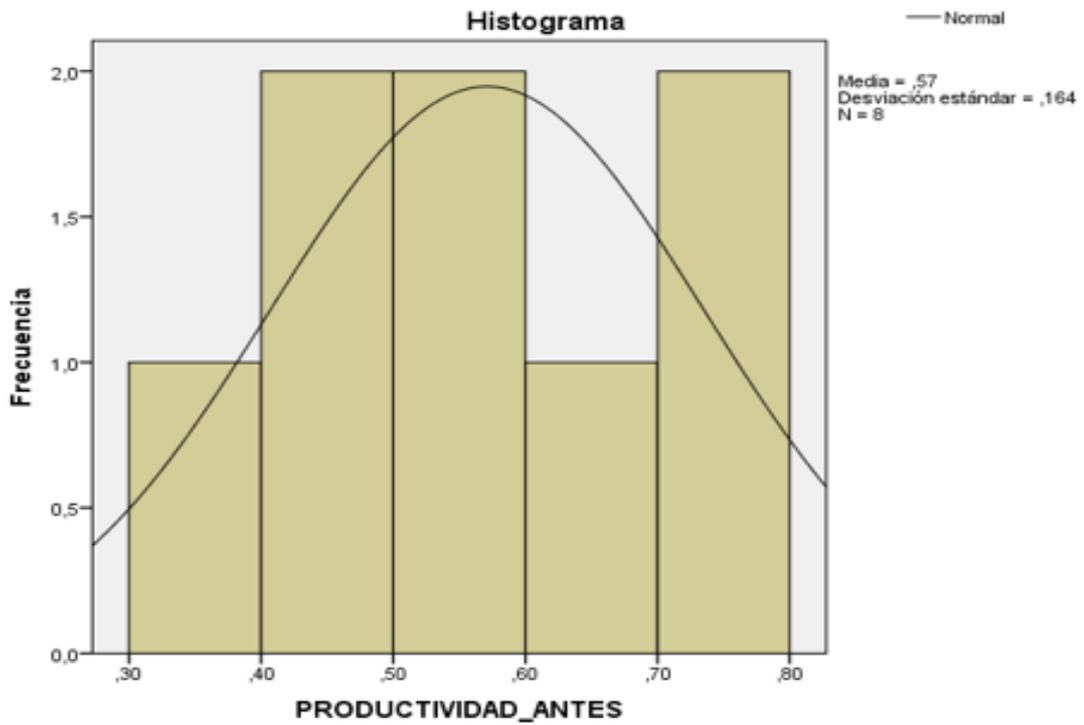
		Descriptivos	
		Estadístico	Error estándar
PRODUCTIVIDAD_ANTES	Media	,5710	,05794
	Mediana	,5475	
	Desviación estándar	,16387	
	Asimetría	,115	,752
	Curtosis	-1,216	1,481
PRODUCTIVIDAD_DESPUES	Media	1,0703	,02638
	Mediana	1,0200	
	Desviación estándar	,07461	
	Asimetría	,654	,752
	Curtosis	-2,154	1,481

Fuente: SPSS

Como se puede ver en la tabla anterior, el promedio anteriormente era de 0.571 y luego se cambió a 1.0703; luego, como la filosofía de la manufactura esbelta puede ayudar a aumentar la productividad, se puede determinar que la productividad ha aumentado en un 87.44%. De manera similar, la desviación estándar también se reduce en 0.0893, lo que significa que en la base de datos a partir de entonces, los datos están más cerca del promedio. Por otro lado, la asimetría anterior fue de 0.115 y la curtosis fue de -1.216, lo que indica que la mayoría de los datos se ubica a la derecha y debajo de la media y forma una curva plana. Posteriormente, la asimetría es de 0.654 y la curtosis es de -2.154, lo que indica que la mayoría de los datos se ubican en el lado inferior derecho y en el lado inferior del promedio y forman una curva plana.

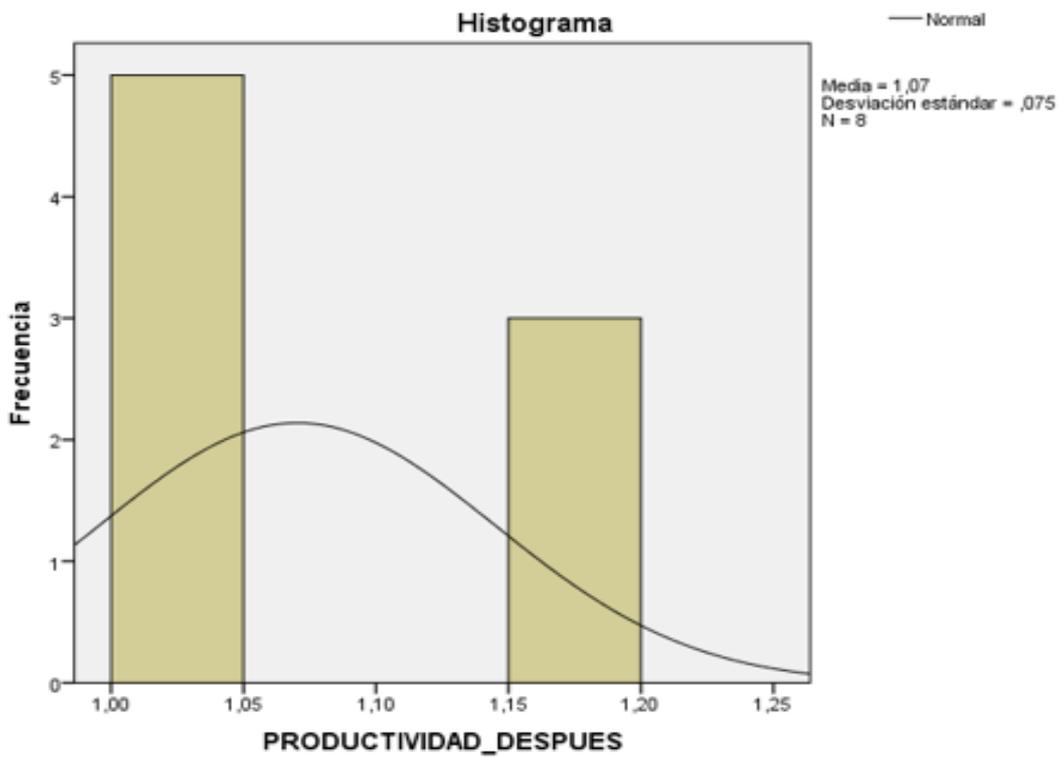
A continuación, se muestran los gráficos con los histogramas con curva normal del despilfarro.

Figura 23: Curva normal de la productividad antes



Fuente: SPSS

Figura 24: Curva normal de la productividad después



Fuente: SPSS

1.4 Análisis descriptivo de la variable dependiente Eficiencia

A continuación, se muestra el análisis descriptivo de la dimensión Eficiencia de la variable dependiente Productividad.

Tabla 32: Resumen de los casos para la eficiencia

Resumen de procesamiento de casos						
	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
EFICIENCIA_ANTES	8	100,0%	0	0,0%	8	100,0%
EFICIENCIA_DESPUES	8	100,0%	0	0,0%	8	100,0%

Fuente: SPSS

De la tabla se puede observar que se analizaron los 08 datos para el antes y después del tiempo de cambio de molde, teniendo el 100% de datos procesados.

A continuación, se muestra el análisis descriptivo de la eficiencia que este caso se mide mediante la división de la producción perfecta sobre la producción total.

Tabla 33: Análisis descriptivo de la eficiencia

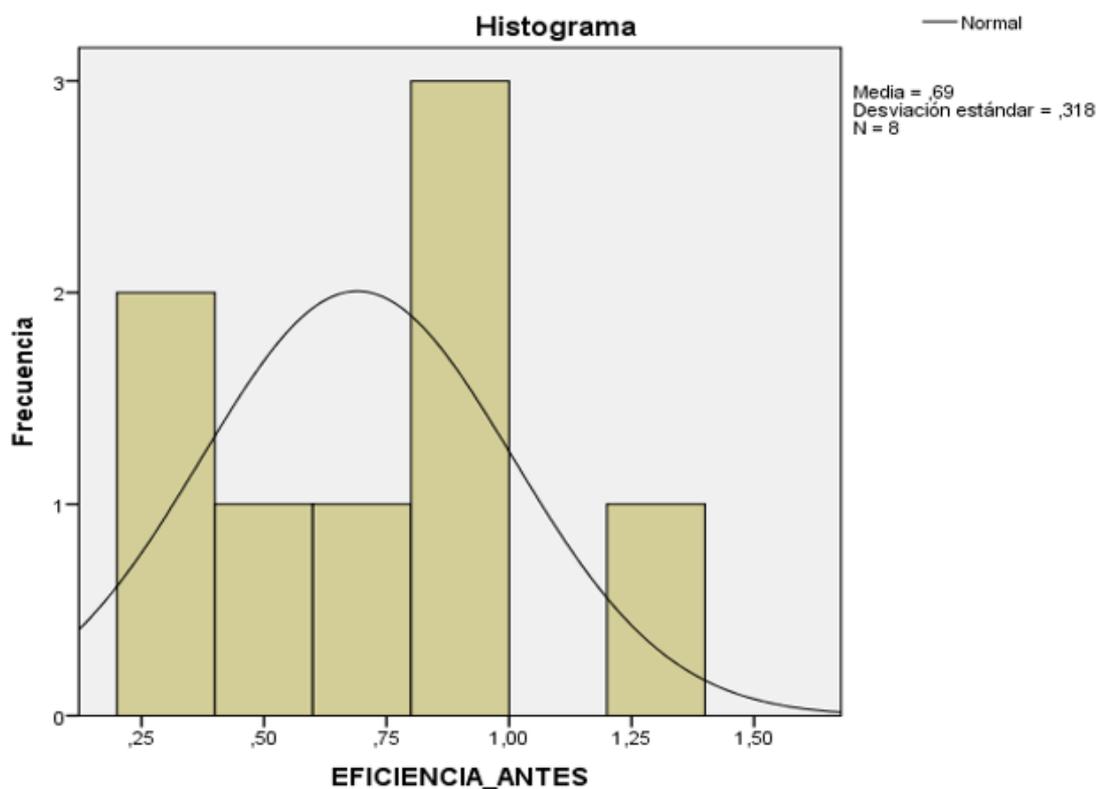
Descriptivos		Estadístico	Error estándar
EFICIENCIA_ANTES	Media	,6905	,11246
	Mediana	,7675	
	Desviación estándar	,31808	
	Asimetría	,151	,752
	Curtosis	-,784	1,481
EFICIENCIA_DESPUES	Media	,9730	,05705
	Mediana	,9780	
	Desviación estándar	,16136	
	Asimetría	,883	,752
	Curtosis	2,710	1,481

Fuente: SPSS

La tabla anterior muestra que el valor promedio antes era de 0.6905 y luego cambió a 0.9730; por lo tanto, dado que la manufactura esbelta es un concepto que ayuda a incrementar la productividad, se puede determinar que la eficiencia se ha incrementado en un 38.35%. Además, la desviación estándar se reduce en 0,157; es decir, luego, los datos se acercan más a la media en la base de datos. Por otro lado, la asimetría anterior es 0.151 y la curtosis es -0.784, lo que indica que la mayoría de los datos se ubican levemente a la derecha y por debajo del promedio y forman una curva plana; luego de la asimetría es 0.883, la curtosis es 2.710; Esto muestra que la mayoría de los datos se encuentran ligeramente a la derecha y por encima del promedio y forman una curva pronunciada.

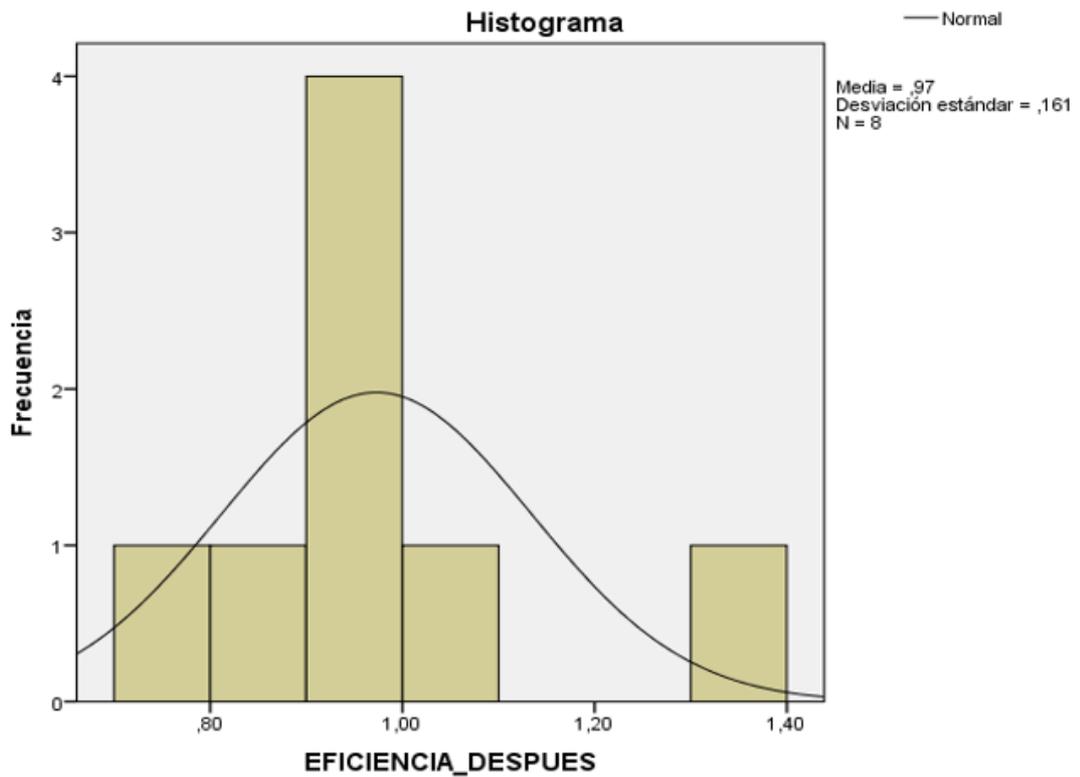
A continuación, se muestran los gráficos con los histogramas con curva normal del despilfarro.

Figura 25: Curva normal de la eficiencia antes



Fuente: SPSS

Figura 26: Curva normal de la eficiencia después



Fuente: SPSS

1.5 Análisis descriptivo de la variable dependiente Eficacia

A continuación, se muestra el análisis descriptivo de la dimensión Eficacia de la variable dependiente Productividad.

Tabla 34: Resumen de los casos para la eficacia

	Resumen de procesamiento de casos					
	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
EFICACIA_ANTES	8	100,0%	0	0,0%	8	100,0%
EFICACIA_DESPUES	8	100,0%	0	0,0%	8	100,0%

Fuente: SPSS

De la tabla se puede observar que se analizaron los 08 datos para el antes y después del tiempo de cambio de molde, teniendo el 100% de datos procesados.

A continuación, se muestra el análisis descriptivo de la eficacia que este caso se mide mediante la división de la producción obtenida sobre la producción planificada.

Tabla 35: Análisis descriptivo de la eficacia

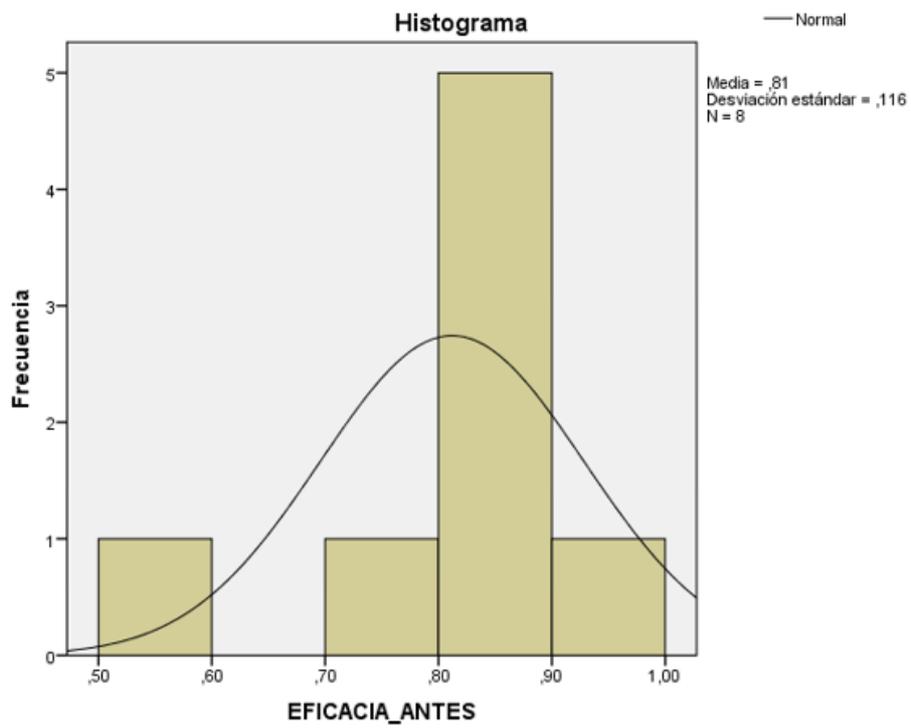
Descriptivos		Estadístico	Error estándar
EFICACIA_ANTES	Media	,8120	,04112
	Mediana	,8180	
	Desviación estándar	,11631	
	Asimetría	-1,424	,752
	Curtosis	3,853	1,481
EFICACIA_DESPUES	Media	1,1000	,01880
	Mediana	1,0950	
	Desviación estándar	,05318	
	Asimetría	1,026	,752
	Curtosis	3,150	1,481

Fuente: SPSS

Como se puede ver en la tabla anterior, el promedio anteriormente era de 0.8120 y luego se cambió a 1.1; luego, dado que la manufactura esbelta es un concepto que ayuda a aumentar la productividad, se puede determinar que la eficiencia ha aumentado en un 35.46%. De manera similar, la desviación estándar se reduce en 0.063; es decir, los datos están más cerca de la media en la base de datos más adelante. Por otro lado, la asimetría anterior fue -1.424 y la curtosis fue 3.853, lo que indica que la mayoría de los datos se ubican a la izquierda y debajo de la media y forman una curva cerrada. La asimetría posterior es 1.026 y la curtosis es 3.150, lo que indica que la mayoría de los datos están ubicados a la derecha y por encima del promedio y forman una curva cerrada.

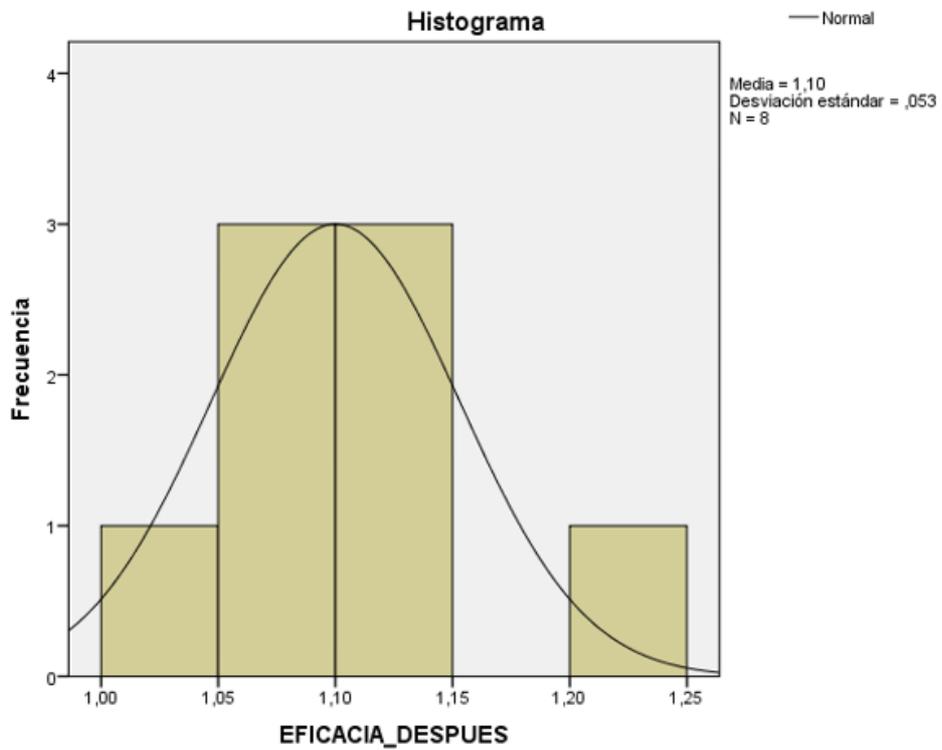
A continuación, se muestran los gráficos con los histogramas con curva normal del despilfarro.

Figura 27: Curva normal de la eficacia antes



Fuente: SPSS

Figura 28: Curva normal de la eficacia después



Fuente: SPSS

2. Análisis inferencial

En este apartado, se mostrarán las pruebas de hipótesis general y específicas como H_0 que significa hipótesis nula y H_a conocida como hipótesis alternativa.

2.1 Análisis inferencial de la hipótesis general

El análisis de la hipótesis general de la presente investigación es el siguiente:

H_a : La aplicación de Lean Manufacturing produce un incremento significativo en la productividad de la línea Roma de la empresa Euroluz.

Para realizar la contrastación de la hipótesis general, se procede a determinar si la serie de datos tiene un comportamiento paramétrico. Debido a que se tiene 08 datos, muestra menor a 30, se utilizará el estadígrafo Shapiro Wilk.

Para ello, se aplicará la siguiente regla de decisión:

- Si $p\text{valor} \leq 0.05$ los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico
- Si $p\text{valor} > 0.05$ los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

Tabla 36: Prueba de normalidad de la productividad con Shapiro-Wilk

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
PRODUCTIVIDAD_ANTES	,950	8	,711
PRODUCTIVIDAD_DESPUES	,711	8	,003

Fuente: SPSS

Puede verse en la tabla anterior que los valores ρ de la calidad del proceso antes y después de la primera señal son 0,711 y 0,003, respectivamente. Su valor es mayor que 0.05, y los datos del parámetro se obtienen en la segunda señal. Obtenga un valor de 0.012 y un valor menor que 0.05 para obtener datos no paramétricos. Por lo tanto, la prueba de Wilcoxon se utilizará para probar hipótesis.

2.2 Contrastación de la hipótesis general

- Ho: La aplicación de Lean Manufacturing no incrementa la productividad de la línea Roma de la empresa Euroluz.

- Ha: La aplicación de Lean Manufacturing incrementa la productividad de la línea Roma de la empresa Euroluz.

Con ello, se aplicará la siguiente regla de decisión:

H0: $C_{proca} \geq C_{procd}$

Ha: $C_{proca} < C_{procd}$

Donde:

Cproca: Productividad antes

Cprocd: Productividad después

Tabla 37: Comparación de medias de productividad antes y después con Wilcoxon

	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
PRODUCTIVIDAD_ANTES	8	,5710	,16387	,05794
PRODUCTIVIDAD_DESPUES	8	1,0703	,07461	,02638

Fuente: SPSS

En la tabla anterior, se muestra que la productividad promedio antes (0.5710) es menor que la productividad promedio después (1.0703), por lo que Ho: $C_{proca} \geq C_{procd}$ no se cumple, por lo que se rechaza la hipótesis nula. La aplicación de la manufactura esbelta no mejora significativamente la línea de producción Roma de Euroluz. Otro supuesto es que la aplicación de la fabricación ajustada ha aumentado considerablemente la productividad de la línea de producción Roma de Euroluz.

Para confirmar que el análisis anterior es correcto, utilizaremos la prueba de Wilcoxon para analizar el valor de p o significancia de la aplicación de la calidad del proceso en dos casos.

Por lo cual se aplicará la siguiente regla de decisión:

- Si $p_{valor} \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula

- Si $p_{valor} > 0.05$, se acepta la hipótesis nula

Tabla 38: Estadística de prueba de Wilcoxon para la productividad

Estadísticos de prueba ^a	
	PRODUCTIVIDAD AD_DESPUES
	-
	PRODUCTIVIDAD AD_ANTES
Z	-2,521 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	,012

Fuente: SPSS

De la tabla anterior, se puede observar que la significancia de la prueba de Wilcoxon, aplicado a la productividad antes y después es de 0.012, por lo cual es menor a 0.05 y se rechaza la hipótesis nula, aceptando la hipótesis alterna de que la aplicación de Lean Manufacturing incrementa la productividad de la línea Roma de la empresa Euroluz.

2.3 Análisis inferencial de la hipótesis específica 1

El análisis de la hipótesis general de la presente investigación es el siguiente:

Ha: La aplicación de Lean Manufacturing incrementa la eficiencia de la línea Roma de la empresa Euroluz.

Para realizar la contrastación de la hipótesis general, se procede a determinar si la serie de datos tiene un comportamiento paramétrico. Debido a que se tiene 08 datos, muestra menor a 30, se utilizará el estadígrafo Shapiro Wilk.

Para ello, se aplicará la siguiente regla de decisión:

- Si $p\text{valor} \leq 0.05$ los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico.
- Si $p\text{valor} > 0.05$ los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico.

Tabla 39: Prueba de normalidad de la eficiencia con Shapiro-Wilk

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
EFICIENCIA_ANTES	,880	8	,189
EFICIENCIA_DESPUES	,903	8	,309

Fuente: SPSS

Puede verse en la tabla anterior que los valores ρ del proceso de calidad antes y después de las dos señales son 0,189 y 0,309, respectivamente. Su valor es mayor que 0.05, por lo que se utilizará la prueba T-student para probar la hipótesis.

2.4 Contrastación de la hipótesis específica 1

- Ho: La aplicación de Lean Manufacturing no incrementa la eficiencia de la línea Roma de la empresa Euroluz.

- Ha: La aplicación de Lean Manufacturing incrementa la eficiencia de la línea Roma de la empresa Euroluz.

Con ello, se aplicará la siguiente regla de decisión:

H0: $C_{proca} \geq C_{procd}$

Ha: $C_{proca} < C_{procd}$

Donde:

C_{proca} : Eficiencia antes

C_{procd} : Eficiencia después

Tabla 40: Comparación de medias de eficiencia antes y después con T-student

	Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1 EFICIENCIA ANTES	,6905	8	,31808	,11246
EFICIENCIA DESPUES	,9730	8	,16136	,05705

Fuente: SPSS

Se puede ver en la tabla anterior que la eficiencia promedio antes (0,6905) es menor que la eficiencia promedio después (0,9730). Por lo tanto, Ho: $C_{proca} \geq C_{procd}$ no se

satisface, por lo que se rechaza la hipótesis nula: la aplicación de la manufactura esbelta no mejorará la eficiencia de Euroluz. La eficiencia de la línea de producción Roma; otra hipótesis es que la aplicación de la producción ajustada ha mejorado la eficiencia de la línea de producción Roma de Euroluz.

Para confirmar que el análisis anterior es correcto, se utilizará la prueba T de Student en dos casos para analizar el valor p o significancia del resultado de la aplicación de la calidad del proceso.

Por lo cual se aplicará la siguiente regla de decisión:

- Si $p_{valor} \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula
- Si $p_{valor} > 0.05$, se acepta la hipótesis nula

Tabla 41: Estadística de prueba T-student para la eficiencia

		t	gl	Sig. (bilateral)
Par 1	EFICIENCIA_ANTES - EFICIENCIA_DESPUES	-2,294	7	,000

Fuente: SPSS

Se puede observar en la tabla anterior que la importancia de la prueba T se aplica a la calidad del proceso alrededor de 0.000, que es menor que 0.000, y se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. La aplicación de la producción ajustada mejora la eficiencia de la línea de producción de Euroluz en Roma.

2.5 Análisis inferencial de la hipótesis específica 2

El análisis de la hipótesis general de la presente investigación es el siguiente:

Ha: La aplicación de Lean Manufacturing incrementa la eficacia de la línea Roma de la empresa Euroluz.

Para realizar la contrastación de la hipótesis general, se procede a determinar si la serie de datos tiene un comportamiento paramétrico. Debido a que se tiene 08 datos, muestra menor a 30, se utilizará el estadígrafo Shapiro Wilk.

Para ello, se aplicará la siguiente regla de decisión:

- Si $p_{valor} \leq 0.05$ los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico
- Si $p_{valor} > 0.05$ los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

Tabla 42: Prueba de normalidad de la eficacia con Shapiro-Wilk

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
EFICIENCIA_ANTES	,933	8	,542
EFICIENCIA_DESPUES	,903	8	,309

Fuente: SPSS

Puede verse en la tabla anterior que los valores ρ del proceso de calidad antes y después de las dos señales son 0,542 y 0,309 respectivamente. Su valor es mayor que 0.05, por lo que se utilizará la prueba T-student para probar la hipótesis.

2.6 Contrastación de la hipótesis específica 2

- Ho: La aplicación de Lean Manufacturing no incrementa la eficacia de la línea Roma de la empresa Euroluz.

- Ha: La aplicación de Lean Manufacturing incrementa la eficacia de la línea Roma de la empresa Euroluz.

Con ello, se aplicará la siguiente regla de decisión:

H0: $C_{proca} \geq C_{procd}$

Ha: $C_{proca} < C_{procd}$

Donde:

C_{proca} : Eficacia antes

C_{procd} : Eficacia después

Tabla 43: Comparación de medias de eficacia antes y después con T-student

		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	EFICACIA_ANTES	,8120	8	,11631	,04112
	EFICACIA_DESPUES	1,1000	8	,05318	,01880

Fuente: SPSS

Como se puede ver en la tabla anterior, la potencia promedio antes (0.8120) es menor que la potencia promedio después (1.100), por lo tanto, Ho: $C_{proca} \geq C_{procd}$ no se

satisface, por lo que se rechaza el supuesto. No, la aplicación de la manufactura esbelta no mejorará La eficiencia de la serie Roma de Euroluz; otra hipótesis es que la aplicación de la fabricación ajustada mejora la eficiencia de la línea de producción Roma de Euroluz.

A fin de confirmar que el análisis anterior es correcto, se procederá al análisis mediante el pvalor o significancia de los resultados de la aplicación de la prueba de T-student a la calidad del proceso de ambas situaciones.

Por lo cual se aplicará la siguiente regla de decisión:

- Si $pvalor \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula
- Si $pvalor > 0.05$, se acepta la hipótesis nula

Tabla 44: Estadística de prueba T-student para la eficacia

		t	gl	Sig. (bilateral)
Par 1	EFICACIA_ANTES - EFICACIA_DESPUES	-11,219	7	,000

Fuente: SPSS

Como se puede ver en la tabla anterior, la significancia de la prueba T (calidad del proceso antes y después de la aplicación) es 0.000, por lo que es menor que 0.05, y se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

IV. DISCUSIÓN

Al aplicar el Lean Manufacturing, se puede determinar que dicha herramienta ayuda a incrementar la productividad de la línea Roma de la empresa Euroluz. Después de aplicar dicha herramienta se mejoró en distintas actividades de la empresa, pero también se incurrió en una mejora significativa en la eficiencia y eficacia de la organización. Como se puede verificar en la “Tabla 29” la productividad aumenta en un 87.44% después de la aplicación del Lean Manufacturing. Dicha mejora coincide con Aranibar, Marco (2016) en su tesis: “Aplicación del Lean Manufacturing para la mejora de la productividad de una empresa manufacturera”, donde a través de la aplicación de Lean Manufacturing aumentó la productividad de la empresa manufacturera en un 100%.

Después de poder utilizar el Lean Manufacturing se puede determinar que se consigue mejorar la eficiencia de la línea de producción Roma de la empresa Euroluz. Para poder justificar dicha afirmación podemos revisar la “Tabla 31” donde se puede ver que la eficiencia se incrementa en un 38.35% en la línea Roma. Dicha mejora coincide con Maldonado, José (2017) en su tesis: “Aplicación de Lean Manufacturing para optimizar la productividad en el proceso de serigrafiado de tanques en la empresa NIC GRAF S.R.L”, donde a través de la aplicación de Lean Manufacturing y sus herramientas aumentó en un 10.7% la eficiencia en el proceso de serigrafiado con respecto a la inicial.

Las herramientas del Lean Manufacturing después de ser aplicadas a la empresa en estudio, generan un cambio positivo en la mejora de la eficacia de la línea Roma de la empresa Euroluz. Para poder demostrar que esto tiene base en el estudio, podemos revisar la “Tabla 33” donde puede demostrarse que la eficacia aumentó en 35.46% con respecto a la anterior a la aplicación de las herramientas del Lean Manufacturing. Dicha afirmación coincide con lo expuesto por Loayza, Michelle en su tesis: “Aplicación de Lean Manufacturing para la mejora de la productividad en el área de producción en la empresa Industria Militar del Perú S.A.C., donde el autor demuestra que se aumentó la eficacia de 66.67% a 80.34%.

V. CONCLUSIONES

1. Conclusión general

- Se puede determinar que, considerando que hay menos de 30 muestras analizadas por SPSS antes y después de la manufactura esbelta, la aplicación de la manufactura esbelta ha mejorado enormemente la productividad de la línea de producción de Euroluz en Roma. Los resultados muestran que la productividad promedio antes es 0.571 y la productividad promedio después es 1.0703. ; Esto significa que aumentó en un 87,44%. Además, el valor de importancia obtenido por el estadístico de Wilcoxon es 0.012, que acepta la hipótesis alternativa.

2. Conclusiones específicas

- Los hechos han demostrado que la aplicación de la manufactura esbelta ha mejorado la eficiencia de la línea de producción de Euroluz en Roma, porque los resultados estadísticos de menos de 30 muestras analizadas con SPSS antes y después del uso de la manufactura esbelta muestran que la eficiencia promedio es 0,6905 antes y 0,9730 después; esto significa Aumentó en un 40,91%. Además, el valor de importancia obtenido a partir de la información estadística de los estudiantes en forma de T es 0.000, lo que acepta la hipótesis alternativa.
- Los resultados muestran que la aplicación de la manufactura esbelta ha mejorado la eficiencia de la serie Roma de Euroluz, porque los resultados estadísticos de menos de 30 muestras analizadas con SPSS antes y después del uso de la manufactura esbelta muestran que las potencias promedio antes y después son 0.8120 y 1.1000 respectivamente; esto significa Aumentó en un 35,46%. Además, el valor de importancia obtenido a partir de la información estadística de los estudiantes en forma de T es 0.000, lo que acepta la hipótesis alternativa.

VI. RECOMENDACIONES

A continuación, se presentan las recomendaciones del investigador para estudios posteriores referidos a la aplicación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad de la línea Roma.

Recomendación general

A partir de los datos obtenidos en la mejora de la calidad de la línea Roma de la empresa Euroluz, a través de la aplicación de Lean Manufacturing, se recomienda cumplir con las estandarizaciones realizadas para el proceso y para el subproceso de cambio de molde para así seguir reduciendo dicho tiempo y poder aumentar su capacidad de planta como reducir costos aumentando la productividad.

Recomendación específica 1

Se recomienda realizar paso a paso las actividades con las inspecciones planteadas para poder evitar los productos defectuosos como además poder realizar el mantenimiento preventivo planificado que se entregó al término de esta investigación.

Recomendación específica 2

Se recomienda realizar una mejor planificación de ventas y producción ya que ahora la capacidad de planta ha aumentado y se ajusta más a las exigencias del mercado.

REFERENCIAS

- AGUIRRE Alvarez, Yenny Alejandra. Análisis de las herramientas Lean Manufacturing para la eliminación de desperdicios en las Pymes. Trabajo de Maestría (Maestría en Ingeniería Industrial). Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2014, 128 pp.
- ARANIBAR Gamarra, Marco Antonio. Aplicación del Lean Manufacturing, para la mejora de la productividad de una empresa manufacturera. Trabajo de titulación (Ingeniería Industrial). Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial, 2016, 63 pp.
- BALUIS Flores, Carlos André. Optimización de procesos en la fabricación de termas eléctricas utilizando herramientas de Lean Manufacturing. Trabajo de titulación (Ingeniería Industrial). Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2013, 96 pp.
- BORDA Pérez, Mariela. El proceso de Investigación: Visión general de su desarrollo. Barranquilla: Editorial Universidad del Norte, 2013. 316 pp. ISBN: 9789587412949
- CABALLERO Romero, Alejandro. Metodología integral innovadora para planes y tesis: La metodología del cómo formularlos. México, D.F.: Cengage Learning Editores, 2014. 473 pp. ISBN: 9786075191829
- COSTOS y gestión. Una mirada panorámica sobre el tema en Latinoamérica y España por Carolina Asuaga Taran [et al.]. Buenos Aires: Osmar D. Buyatti, 2013. 495 pp. ISBN: 9789877160024
- CRUELLES Ruiz, José Agustín. Productividad Industrial: Métodos de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y mejora continua. Barcelona: Marcombo, 2013. 830 pp. ISBN: 9789877160024

- CUATRECASAS Arbós, Lluís. Lean Management: la gestión competitiva por excelencia. Barcelona: Profit, 2010. 370 pp.
ISBN: 978-84-96998-15-5
- DEL BOSQUE Treviño, César Alejandro. Implementación de Lean Manufacturing y su impacto en los equipos operativos de una mediana empresa de manufactura. Trabajo de Maestría (Maestría en la dirección para la manufactura). México: Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, Escuela de Maestría en la dirección para la manufactura, 2014. 192 pp.
- GONZÁLEZ Zúñiga, José Fidencio Domingo. Introducción a Ingeniería Industrial: Contexto occidental. México, D.F.: Alfaomega Grupo Editor, 2014. 448 pp.
ISBN: 9786076221945
- HERNÁNDEZ Sampieri, Roberto. Metodología de la investigación. 6ªed. México, D.F.: Interamericana Editores S.A. 2014. 600 pp.
ISBN: 9781456223960
- LOAYZA Agurto, Michelle Elizabeth. Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para la mejora de la productividad en el área de producción en la empresa Industria Militar del Perú S.A.C. Trabajo de titulación (Ingeniería Industrial). Perú: Universidad Privada Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, 203 pp.
- MALDONADO Montoya, José Ricardo. Aplicación de Lean Manufacturing para optimizar la productividad en el proceso de serigrafiado de tanques en la empresa NIC GRAF S.R.L. Trabajo de titulación (Ingeniería Industrial). Perú: Universidad Privada Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, 189 pp.
- MARTÍNEZ Ruíz, Héctor. Metodología de la Investigación: Con enfoque en las competencias. México, D.F.: Cengage Learnig, 2012. 79 pp.
ISBN: 9786074817218

- MELÉNDEZ Rodríguez, Diego Miguel. Aplicación de Lean Manufacturing en el proceso de conversión de hojas de planta lijadas en la empresa QROMA S.A. Trabajo de titulación (Ingeniería Industrial). Perú: Universidad de Lima, Facultad de Ingeniería Industrial, 90 pp.

- NAHMIA, Steven. Análisis de la producción y operaciones. 2ª ed. México, D.F.: Interamericana editores, 2014. 634 pp.
ISBN: 9786071511850

- ORTIZ, Álvaro y ALCÁNTARA, Miguel. Análisis de la producción: un enfoque microeconómico. Lima: Fondo Editorial – UNALM, 2014. 192 pp.
ISBN: 9786124147302

- PORTADA Hernani, Luis Enrique. Propuesta de mejora continua de procesos Lean Manufacturing para una empresa carrocería. Trabajo de titulación (Ingeniería Industrial). Perú: Universidad Privada de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería, 2017. 217 pp.

- QUINCHIHUANGO Nogales, Javier Mauricio. Diseño y desarrollo de procesos de reajustes por fallas en una línea de inyección de poliuretano. Trabajo de titulación (Ingeniería Industrial). Ecuador: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemáticas, 2017, 136 pp.

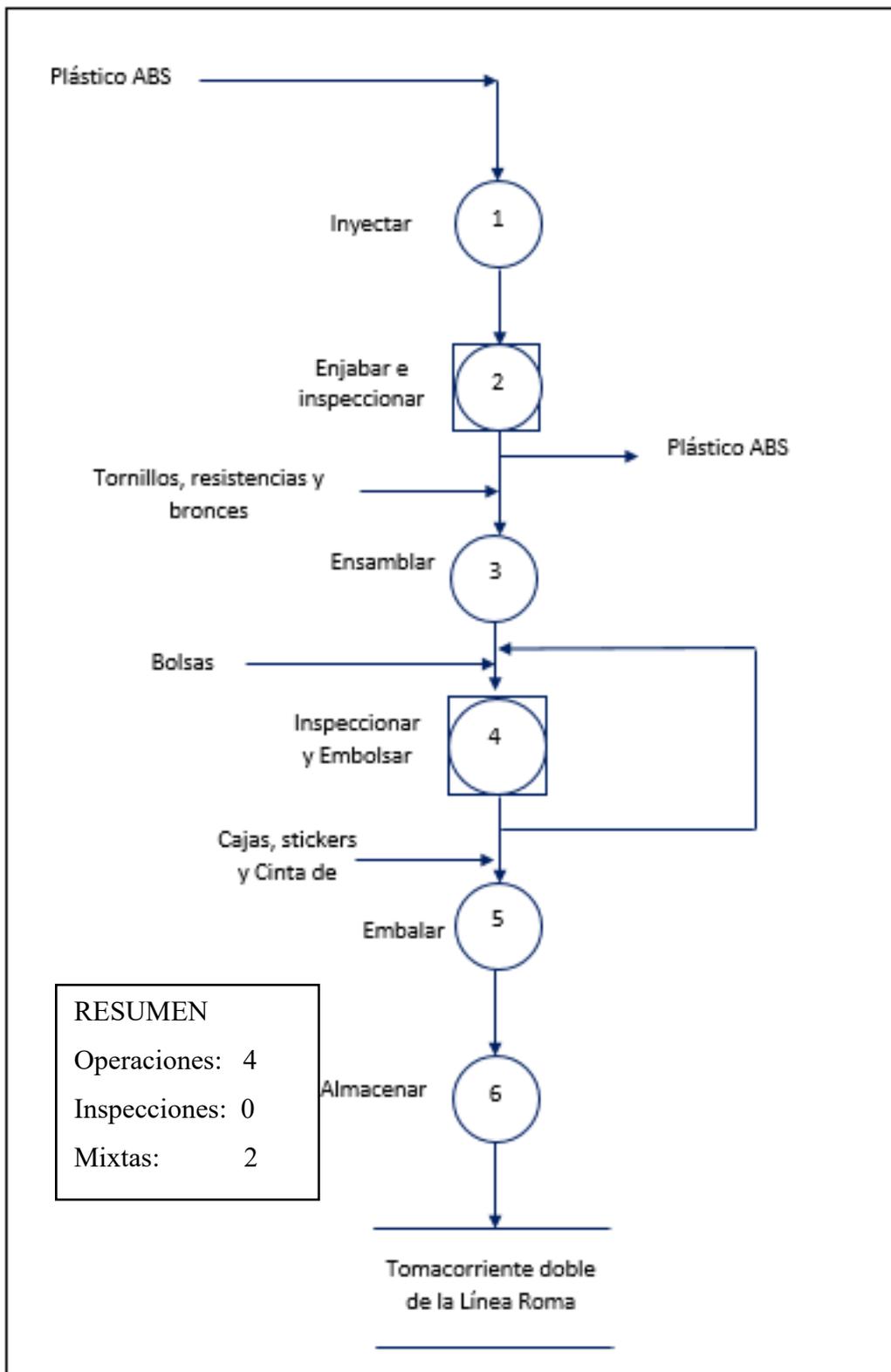
- RAJADELL, Manuel y SÁNCHEZ, José. Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad. España: Ediciones Díaz de Santos, 2016. 260 pp.
ISBN: 9788479789671

- RINCON, Carlos y VILLAREAL, Fernando. Costos: Decisiones empresariales. Bogotá: Ecoe Ediciones, 2013. 280 pp.
ISBN: 9789586486163

- SANTOS, Javier, WYSK, Richard y TORRES, Manuel. Mejorando la producción con lean thinking. 2.^a ed. Madrid: Ediciones Pirámide, 2015. 316 pp.
ISBN: 9788436832822
- SILVA Franco, Jorge Alexander. Propuesta para la implementación de técnicas de mejoramiento basadas en la filosofía de Lean Manufacturing, para incrementar la productividad del proceso de fabricación de suelas para zapato en la empresa INVERSIONES CNH S.A.S. Trabajo de titulación (Ingeniería Industrial). Colombia: Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería, 2013, 105 pp.
- VILLASEÑOR, Alberto y GALINDO, Edber. Manual de Lean Manufacturing. Guía básica. 2.^a ed. México, D.F.: Editorial Limusa, 2011. 116 pp.
ISBN: 9786075000428
- YUNI, José, URBANO, Claudio. Técnicas para investigar: recursos metodológicos para la preparación de proyectos de investigación. 2.^a ed. Argentina: Editorial Brujas, 2006. 112 pp.
ISBN: 9875910201

ANEXOS

Anexo 1: DOP del tomacorriente doble de la línea Roma en la empresa EUROLUZ



Fuente: Empresa EUROLUZ, elaboración propia.

Anexo 2: Ficha de observación de tiempo de cambio de molde

-		Ficha: Tiempo de cambio de molde							
		N° de Obsv.	Operario 1	Operario 2	Operario 3	Operario 4	Operario 5	Operario 6	Operario 7
T i e m p o e n m i n u t o s	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	6								
	7								
	8								
	9								
	10								
	11								
	12								
	13								
	14								
	15								
	16								
	17								
	18								
	19								
	20								

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3: Ficha de tiempo de inyección del tomacorriente doble

		Ficha: Tiempo de Inyección									
		Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	Tiempo 6	Tiempo 7	Tiempo 8	Tiempo 9	Tiempo 10
Máquina 1	Molde 1										
	Molde 2										
	Molde 3										
Máquina 2	Molde 1										
	Molde 2										
	Molde 3										
Máquina 3	Molde 1										
	Molde 2										
	Molde 3										
Máquina 4	Molde 1										
	Molde 2										
	Molde 3										
Máquina 5	Molde 1										
	Molde 2										
	Molde 3										
Máquina 6	Molde 1										
	Molde 2										
	Molde 3										
Máquina 7	Molde 1										
	Molde 2										
	Molde 3										
Máquina 8	Molde 1										
	Molde 2										
	Molde 3										

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Ficha de producción por máquina del tomacorriente doble

		Ficha: Producción por máquina									
		Cantidad 1	Cantidad 2	Cantidad 3	Cantidad 4	Cantidad 5	Cantidad 6	Cantidad 7	Cantidad 8	Cantidad 9	Cantidad 10
Máquina 1	PT										
	PP										
	PD										
Máquina 2	PT										
	PP										
	PD										
Máquina 3	PT										
	PP										
	PD										
Máquina 4	PT										
	PP										
	PD										
Máquina 5	PT										
	PP										
	PD										
Máquina 6	PT										
	PP										
	PD										
Máquina 7	PT										
	PP										
	PD										
Máquina 8	PT										
	PP										
	PD										

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5: Ficha de desperdicios por máquina

		Ficha: Desperdicios por máquina									
		Cantidad 1	Cantidad 2	Cantidad 3	Cantidad 4	Cantidad 5	Cantidad 6	Cantidad 7	Cantidad 8	Cantidad 9	Cantidad 10
Máquina 1	Molde 1										
	Molde 2										
	Molde 3										
Máquina 2	Molde 1										
	Molde 2										
	Molde 3										
Máquina 3	Molde 1										
	Molde 2										
	Molde 3										
Máquina 4	Molde 1										
	Molde 2										
	Molde 3										
Máquina 5	Molde 1										
	Molde 2										
	Molde 3										
Máquina 6	Molde 1										
	Molde 2										
	Molde 3										
Máquina 7	Molde 1										
	Molde 2										
	Molde 3										
Máquina 8	Molde 1										
	Molde 2										
	Molde 3										

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6: Ficha de tiempo de ensamblaje y embolsado del tomacorriente doble

		Ficha: Tiempo de ensamblaje y embolsado									
		Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	Tiempo 6	Tiempo 7	Tiempo 8	Tiempo 9	Tiempo 10
-											
Toma 1	Ensamblaje										
	Embolsado										
Toma 2	Ensamblaje										
	Embolsado										
Toma 3	Ensamblaje										
	Embolsado										
Toma 4	Ensamblaje										
	Embolsado										
Toma 5	Ensamblaje										
	Embolsado										
Toma 6	Ensamblaje										
	Embolsado										
Toma 7	Ensamblaje										
	Embolsado										
Toma 8	Ensamblaje										
	Embolsado										

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7: Juicio de Expertos 1



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE

N°	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	LEAN MANUFACTURING							
	SMED							
	$\Delta t = T. Ca - T. Ci$ Δt: Variación de tiempo T. Ca: Tiempo de cambio de molde actual T. Ci: Tiempo de cambio de molde implementado KAIZEN	✓		✓		✓		
	$\Delta d = Da - Di$ Δd: Variación de desperdicios Da: Desperdicios actuales Di: Desperdicios después de implementar	✓		✓		✓		
	PRODUCTIVIDAD	Si	No	Si	No	Si	No	
	Eficiencia							
	$EF = \frac{\text{Producción perfecta}}{\text{Producción total}} \times 100$	✓		✓		✓		
	Eficacia							
	$E = \frac{\text{Producción obtenida}}{\text{Producción planificada}} \times 100$	✓		✓		✓		
	Capacidad							
	$CP = \frac{1}{TE} * \frac{60 \text{ Minutos}}{\text{Hora}}$ CP: Capacidad de Planta TE: Tiempo Estandar	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Hay Suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable No aplicable

Apellidos y nombres del juez validador. Dr. (Mg): Montoya Córdova Gustavo Adolfo
DNI: 97500140

Especialidad del validador: Ingeniero Industrial, Magister en Administración Estratégica de Empresas.

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

die 13 de juño del 2018



Firma del Experto Informante.

Anexo 8: Juicio de Expertos 2



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE

Nº	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		SI	No	SI	No	SI	No	
	LEAN MANUFACTURING							
	SMED							
	$\Delta t = T.Ca - T.Ci$ Δt: Variación de tiempo T. Ca: Tiempo de cambio de molde actual T. Ci: Tiempo de cambio de molde implementado KAIZEN	X		✓		✓		
	$\Delta d = Da - Di$ Δd: Variación de desperdicios Da: Desperdicios actuales Di: Desperdicios después de implementar	✓		✓		✓		
	PRODUCTIVIDAD	SI	No	SI	No	SI	No	
	Eficiencia							
	$EF = \frac{\text{Productividad observada}}{\text{Estándar de productividad}} \times 100$	✓		✓		✓		
	Eficacia							
	$E = \frac{\text{Producción obtenida}}{\text{Recursos utilizados}} \times 100$	✓		✓		✓		
	Capacidad							
	$CP = \frac{1}{TE} \times \frac{60 \text{ Minutos}}{\text{Hora}}$ CP: Capacidad de Planta TE: Tiempo Estandar	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay Suficiencia

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable** [X] **Aplicable después de corregir** [] **No aplicable** []

Apellidos y nombres del juez validador. Dni/Nº: *Alfonso José Antonio*
DNI: *2.8.30.81.26*

Especialidad del validador: *Agente en Ciencias Jurídicas e Ingenieros en Industrias Alimentarias*

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo
Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

..... *08 de Julio* del 2018
..... *[Firma]*
Firma del Experto Informante.

Anexo 9: Juicio de Expertos 3



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE

N°	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		SI	No	SI	No	SI	No	
	LEAN MANUFACTURING							
	SMED							
	$\Delta t = T.Ca - T.Ci$ Δt: Variación de tiempo T. Ca: Tiempo de cambio de molde actual T. Ci: Tiempo de cambio de molde implementado KAIZEN	✓		✓		✓		
	$\Delta d = Da - Di$ Δd: Variación de desperdicios Da: Desperdicios actuales Di: Desperdicios después de implementar	✓		✓		✓		
	PRODUCTIVIDAD	SI	No	SI	No	SI	No	
	Eficiencia							
	$EF = \frac{\text{Producción perfecta}}{\text{Producción total}} \times 100$	✓		✓		✓		
	Eficacia							
	$E = \frac{\text{Producción obtenida}}{\text{Producción planificada}} \times 100$	✓		✓		✓		
	Capacidad							
	$CP = \frac{1}{TE} * \frac{60 \text{ Minutos}}{\text{Hora}}$ CP: Capacidad de Planta TE: Tiempo Estandar	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable** **Aplicable después de corregir** **No aplicable**

Apellidos y nombres del juez validador. Dr./Mg: Guzmán Rodríguez, Amancio
DNI: 0.2.5.1.9.4.2.2

Especialidad del validador: Maestro en Ingeniería Química

- ¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
- ²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
- ³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

13 de Junio del 2018

Firma del Experto Informante.