

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**PONTIFICIA**  
**UNIVERSIDAD**  
**CATÓLICA**  
**DEL PERÚ**

**ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA APLICANDO  
HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING EN LA LÍNEA  
DE ACABADOS DE LA CONSTRUCCIÓN EN UNA EMPRESA  
FABRICANTE DE PRODUCTOS PLÁSTICOS**

Tesis para optar el Título de **INGENIERA INDUSTRIAL**, que presenta la bachiller:

**SHARON GIANELLA SASCÓ BLANCO**

**Asesor: Ing. César Augusto Corrales Riveros**

Lima, agosto del 2019



## **RESUMEN EJECUTIVO**

El presente trabajo tiene como principal objetivo mejorar el proceso de producción de la línea de acabados de la construcción de una empresa fabricante de productos plásticos; a través del desarrollo de una metodología basada en análisis, diagnóstico y propuestas de mejora para lograr mejores indicadores de eficiencia, por medio de la aplicación de herramientas de la filosofía de *Lean Manufacturing*, a fin de optimizar los procesos productivos, uso de equipos y los recursos humanos.

El informe presentado inicia con el desarrollo de las herramientas de la Manufactura Esbelta, las cuales, según el diagnóstico obtenido más adelante, serán aplicadas y desarrolladas como propuestas de mejora. Asimismo, se detalla en el Capítulo 2 la descripción de La Empresa, sus principales procesos y productos para la elaboración de sus productos plásticos. Además, en el Capítulo 3 se desarrolla a detalle el diagnóstico del sistema productivo actual de La Empresa, por medio de la aplicación de los pilares de la Manufactura Esbelta y la identificación de los desperdicios. Por otra parte, en base a lo diagnosticado en el Capítulo 3, se procede a la aplicación de herramientas que conduzcan a mejoras como son: SMED, 5S, Mantenimiento Autónomo y Andon. Con la aplicación de estas herramientas se obtuvo una reducción del 42% en tiempo de preparación de la máquina extrusora, 40% por búsqueda de utensilios, herramientas y orden, 45% por tratamiento y limpieza de máquinas y 30% en tiempo de respuesta frente a anomalías en el proceso de producción, respectivamente y detallado en el Capítulo 4.

A continuación, en el Capítulo 5 se ejecuta un análisis del impacto económico debido a las propuestas de mejora, por medio de la evaluación del TIR y VAN obtenidos, los cuales resultaron 85% y 25,427.42 soles respectivamente, los cuales son indicadores de la viabilidad económica de la implementación propuesta.

Finalmente, en el Capítulo 6 se detallan conclusiones y proponen recomendaciones de acuerdo a las propuestas de mejora desarrolladas en el Capítulo 4.

## TEMA DE TESIS

PARA OPTAR : Título de Ingeniera Industrial

ALUMNA : **SHARON GIANELLA SASCÓ BLANCO**

CÓDIGO : 2013.2816.5

PROPUESTO POR : Ing. César Augusto Corrales Riveros

ASESOR(A) : Ing. César Augusto Corrales Riveros

TEMA : ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA APLICANDO HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING EN LA LÍNEA DE ACABADOS DE LA CONSTRUCCIÓN EN UNA EMPRESA FABRICANTE DE PRODUCTOS PLÁSTICOS.

Nº TEMA :

FECHA : San Miguel, 10 de septiembre de 2018

### **JUSTIFICACIÓN:**

Actualmente, los países de todo el mundo se esfuerzan por aumentar sus niveles de competitividad a través de una serie de factores, los cuales tienen como objetivo principal brindar una buena calidad de vida a sus ciudadanos. Según afirma Michael Porter, el nivel de vida de una nación depende de la capacidad de sus empresas para lograr altos niveles de productividad y para aumentar ésta a lo largo del tiempo<sup>1</sup>. En la actualidad, dicho nivel de competitividad se mide anual y mundialmente a través del Índice de Competitividad Global (GCI, por sus siglas en inglés).

Acorde a la información brindada por el Foro Económico Mundial (WEF, por sus siglas en inglés), el Perú ha caído 5 puestos en el Ranking de Competitividad Global, ubicándose actualmente en el puesto 72<sup>2</sup>; sin embargo, pese a este descenso, existe mejora en 4 de los 12 pilares evaluados, habiendo subido 3 puestos en Infraestructura (89 a 86)<sup>3</sup>. Además, el Perú cuenta con una cartera de 26 proyectos

<sup>1</sup>PORTER, Michael. 2009. "La ventaja competitiva de las naciones". *Ser competitivo*. Barcelona: DEUSTO S.A. EDICIONES, pp. 168.

<sup>2</sup>Foro Económico Mundial. 2017. Comentario del 26 de setiembre a "Diario Gestión". *Perú cae cinco ubicaciones en índice de Competitividad Global del WEF*. Consulta: 27 de agosto del 2018. <https://gestion.pe/economia/peru-cae-cinco-ubicaciones-indice-competitividad-global-wef-144284>

<sup>3</sup>FORO ECONÓMICO MUNDIAL. 2017. *Informe Global de Competitividad*. Cologny. <http://www.cdi.org.pe/informeglobaldecompetitividad/index.html>

en infraestructura programados para los años 2018 y 2019, en los cuales se incurrió en una inversión de US\$ 9,316 millones<sup>4</sup>.

Dentro de los proyectos previamente anunciados, se encuentra el proyecto de Reconstrucción con Cambios, el cual cuenta con 367 obras destinadas a 13 regiones<sup>5</sup> y se enfoca en la reparación de la infraestructura afectada por el Fenómeno del Niño Costero en marzo del 2017. Según estima Jesús Salazar, presidente del Comité de Plástico en la Sociedad Nacional de Industrias (SNI), la producción del plástico podría crecer en un 5% y la adquisición de la misma para el proyecto ya mencionado, representaría del 22% al 25% del consumo total del plástico a nivel nacional<sup>6</sup>.

Frente a este contexto, las empresas pertenecientes al sector plástico requieren de alta presencia en el mercado, a fin de lograr su participación en los proyectos programados, los cuales impulsan la adquisición de líneas plásticas. En este sentido, se propone el análisis y elaboración de una propuesta de mejora aplicando herramientas de la Manufactura Esbelta, de tal manera que La Empresa, término que se empleará para hacer referencia a la entidad donde se desarrollará el análisis y propuesta de mejora, logre ventajas competitivas a través del aumento del control de la calidad de los productos y la reducción de costos y tiempos de entrega, por medio de técnicas que eliminen el desperdicio de todo aquello que no genere valor en el producto ni interés de pago por parte del cliente<sup>7</sup>.

#### **OBJETIVO GENERAL:**

Elaborar el análisis y propuesta de mejora de la línea de productos plásticos seleccionada en La Empresa empleando herramientas de Lean Manufacturing, de tal manera que mejore la calidad del producto y disminuya los costos y tiempos de entrega.

---

4FLORES, JOHANA. 2018. *US\$ 9,316 millones en proyectos de infraestructura para 2018-2019*. Consulta: 27 de agosto. <http://mercadosyregiones.com/2018/02/peru-us-9316-millones-en-proyectos-de-infraestructura-para-2018-2019/>

5LA REPÚBLICA. 2018. *Más de S/ 5.900 millones para 367 proyectos de infraestructura al 2020*. Consulta: 27 de agosto. <https://larepublica.pe/economia/1217606-mas-de-s-5900-millones-para-367-proyectos-de-infraestructura-al-2020>

6SALAZAR, Jesús. 2018. Comentario del 18 de abril a "Diario Gestión". *Industria plástica podría crecer 5% este año, pero requiere apoyo del Gobierno*. Consulta: 27 de agosto del 2018. <https://gestion.pe/economia/industria-plastica-crecer-5-ano-requiere-apoyo-gobierno-231807>

7TRAJADELL Y SÁNCHEZ. 2010. "El concepto de Lean Manufacturing". *Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, pp. 2.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Presentar los fundamentos y herramientas de la Manufactura Esbelta, aplicables al plan de mejora en La Empresa.
- Definir la situación actual de La Empresa que es motivo de estudio.
- Identificar los problemas y las causantes que afectan el proceso productivo de la línea de productos seleccionada.
- Desarrollar un plan de mejora aplicando herramientas de la manufactura esbelta.
- Elaborar un análisis Costo-Beneficio de la implementación propuesta, a fin de evidenciar su rentabilidad.

## **PUNTOS A TRATAR:**

### **a) Marco Teórico**

Descripción teórica de las herramientas de la manufactura esbelta a emplear para el análisis de La Empresa como caso de estudio con el objetivo de realizar la implementación de la mejora posteriormente detallada.

### **b) Descripción y situación actual de la empresa**

Presentación de la situación actual de La Empresa: reseña histórica, descripción de los procesos actuales de La Empresa, productos, maquinarias.

### **c) Diagnóstico del proceso**

Identificación de las líneas de producción significativas para, consecuentemente, proceder con la selección de las herramientas de manufactura esbelta adecuadas, las cuales generen un impacto en la cadena de valor de la Empresa y, así, obtener soluciones y mejoras a las problemáticas identificadas.

### **d) Propuesta de Mejora**

Desarrollo de la propuesta de mejora a través del uso de las herramientas de la manufactura esbelta, con la finalidad de obtener soluciones a los problemas identificados.

**e) Evaluación económica de la propuesta de mejora**

Elaboración de la evaluación económica de la implementación de las herramientas de manufactura esbelta, por medio de indicadores que evalúen la situación actual de las líneas de productos estudiados, a fin de estimar si es económicamente rentable o no la implementación de la propuesta de mejora para La Empresa.

**f) Conclusiones y recomendaciones**

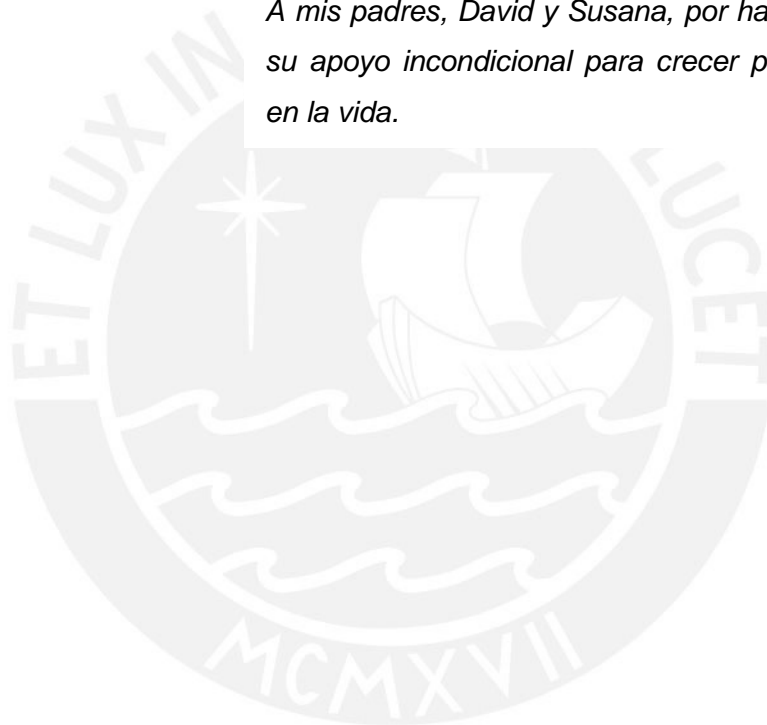
-----  
ASESOR



## **DEDICATORIA**

*A Dios, por la vida y la fortaleza de continuar siempre aceptando todos los desafíos en mi vida.*

*A mis padres, David y Susana, por haberme brindado su apoyo incondicional para crecer profesionalmente en la vida.*



## **AGRADECIMIENTOS**

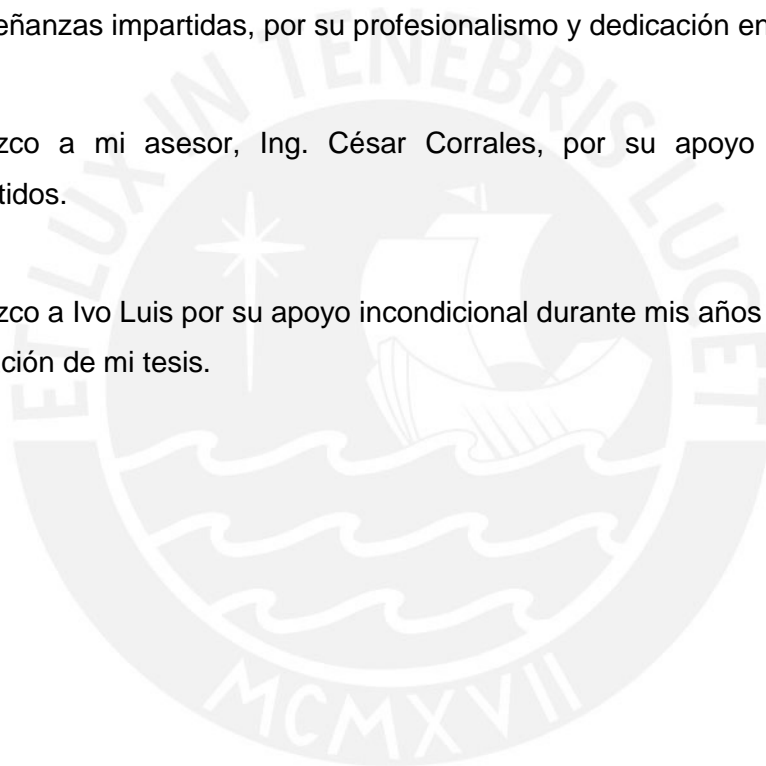
Agradezco a mis padres, David Sascó Ramírez y Susana Blanco Linares, por poner su total confianza en mí y en mis metas trazadas durante mis años de estudios en la PUCP.

Agradezco a mi hermano, Diego Alonso, por su confianza en mis habilidades.

Agradezco a mis maestros de la Pontificia Universidad Católica del Perú por todas las enseñanzas impartidas, por su profesionalismo y dedicación en la docencia.

Agradezco a mi asesor, Ing. César Corrales, por su apoyo y conocimientos compartidos.

Agradezco a Ivo Luis por su apoyo incondicional durante mis años universitarios y la preparación de mi tesis.



## ÍNDICE GENERAL

Índice de Figuras .....	x
Índice de Tablas .....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1. Introducción a la Manufactura Esbelta .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. Principios de la Manufactura Esbelta.....</b>	<b>3</b>
a. El valor desde el punto de vista del cliente.....	4
b. Identificar la Cadena de Valor .....	4
c. Flujo Continuo.....	4
d. Pull.....	4
e. Mejora Continua.....	4
<b>1.3. La Muda.....</b>	<b>5</b>
a. Despilfarro por exceso de almacenamiento.....	5
b. Despilfarro por sobreproducción .....	6
c. Despilfarro por tiempo de espera .....	6
d. Despilfarro por transporte y movimientos innecesarios .....	6
e. Despilfarro por defectos, rechazos y reprocesos.....	7
<b>1.4. Herramientas de la Manufactura Esbelta .....</b>	<b>7</b>
1.4.1. Las 5S.....	7
1.4.2. SMED .....	9
1.4.3. Estandarización .....	10
1.4.4. TPM .....	11
1.4.5. Control Visual.....	13
1.4.6. Jidoka .....	14
1.4.7. Técnicas de la Calidad.....	16
1.4.8. Heijunka.....	17
1.4.9. VSM.....	19
<b>CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN Y SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA.....</b>	<b>20</b>
<b>2.1. Descripción de La Empresa .....</b>	<b>20</b>
<b>2.2. Visión y Misión .....</b>	<b>20</b>
<b>2.3. Organización de La Empresa.....</b>	<b>21</b>
<b>2.4. Productos.....</b>	<b>23</b>
2.4.1. Línea de acabados de la construcción .....	23
2.4.2. Línea de herramientas de la construcción.....	26
2.4.3. Accesorios para tocadore.....	29
2.4.4. Línea de cielo raso, drywall y fibrocemento.....	29
2.4.5. Línea eléctrica.....	30
<b>2.5. Descripción general del proceso productivo .....</b>	<b>32</b>

2.6. Equipos .....	35
<b>CAPÍTULO 3. DIAGNÓSTICO DEL PROCESO</b> .....	<b>36</b>
3.1. Selección de la línea de producción a estudiar .....	36
3.2. Selección de familia de productos a estudiar .....	36
3.3. Desarrollo del Mapa de Flujo de Valor (VSM) .....	39
3.4. Identificación de desperdicios en el VSM .....	41
3.5. Identificación de métricas Lean .....	42
3.6. Desarrollo del Mapa de Flujo de Valor futuro .....	46
<b>CAPÍTULO 4. PROPUESTA DE MEJORA</b> .....	<b>48</b>
4.1. Aplicación del SMED .....	48
4.2. Aplicación de las 5S y Mantenimiento Autónomo .....	54
4.2.1. Implementación de Seiri .....	55
4.2.2. Implementación de Seiton .....	56
4.2.3. Implementación de Seiso .....	58
4.2.4. Implementación de Mantenimiento Autónomo .....	60
4.2.5. Implementación de Seiketsu .....	62
4.2.6. Implementación de Shitsuke .....	64
4.3. Aplicación del Control Visual - ANDON .....	64
<b>CAPÍTULO 5. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE MEJORA</b> ..70	<b>70</b>
5.1. Gastos de implementación de las propuestas de mejora .....	70
5.1.1. Gastos por la implementación SMED .....	70
5.1.2. Gastos por la implementación 5S .....	71
5.1.3. Gastos por la implementación Mantenimiento Autónomo .....	73
5.1.4. Gastos por la implementación del sistema Andon .....	73
5.2. Ahorro generado por la implementación de las propuestas de mejora .....	75
5.2.1. Ahorro por la implementación SMED .....	75
5.2.2. Ahorro por la implementación 5S .....	76
5.2.3. Ahorro por la implementación Mantenimiento Autónomo .....	76
5.2.4. Ahorro por la implementación del sistema Andon .....	77
5.3. Flujo de caja del proyecto .....	77
<b>CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>79</b>
6.1. Conclusiones .....	79
6.2. Recomendaciones .....	80
Bibliografía .....	81

## Índice de Figuras

Figura 1: Resumen de las 5S.....	8
Figura 2: Etapas del SMED .....	11
Figura 3: Componentes del OEE .....	13
Figura 4: Matriz de autocalidad.....	16
Figura 5: Ciclo PDCA.....	17
Figura 6: Elementos VSM .....	19
Figura 7: Organigrama de La Empresa.....	23
Figura 8: Pasos adhesivos.....	23
Figura 9: Pasos adhesivos con base de aluminio .....	24
Figura 10: Crucetas pesadas.....	24
Figura 11: Cinta flex adhesiva.....	25
Figura 12: Separador de ambientes.....	25
Figura 13: Espaciador para block de vidrio .....	26
Figura 14: Tapón para tubos.....	26
Figura 15: Separadores de concreto.....	27
Figura 16: Perfil de PVC flex.....	27
Figura 17: Mangos para lima .....	30
Figura 18: Esquinero de 3 lados .....	28
Figura 19: Tarugos cónicos .....	28
Figura 20: Water stop de PVC .....	28
Figura 21: Tubo toallero.....	29
Figura 22: Jabonero flex .....	29
Figura 23: Tarugo para drywall .....	29
Figura 24: Perfil J.....	30
Figura 25: Perfil L .....	30
Figura 26: Perfil H.....	30
Figura 27: Canaleta pesada.....	30
Figura 28: Tapa ciega rectangular .....	31
Figura 29: Tapa ciega ovalada.....	31
Figura 30: Tapa ciega circular.....	31
Figura 31: Canaleta de pared tapón final .....	31
Figura 32: Canaleta de pared tapón unión .....	31
Figura 33: Canaleta de pared tapón codo externo .....	31
Figura 34: Canaleta de pared tapón codo interno .....	32
Figura 35: Canaleta de pared tapón modelo L .....	32
Figura 36: Organigrama de La Empresa .....	33
Figura 37: Layout de La Empresa.....	34
Figura 38: Diagrama de Pareto de Producción .....	37
Figura 39: Diagrama de Pareto de Ventas .....	38
Figura 40: VSM Actual .....	43
Figura 41: VSM Futuro.....	48
Figura 42: Diagrama Spaghetti Actual .....	49
Figura 43: Set-up Extrusora.....	51
Figura 44: Cinturón de herramientas.....	52
Figura 45: Diagrama Spaghetti Propuesto .....	53
Figura 46: Área de mezclado .....	54
Figura 47: Repisa 1 .....	54
Figura 48: Repisa 2 .....	54
Figura 49: Tarjeta de clasificación .....	56
Figura 50: Layout Propuesto <i>Seiton</i> .....	59
Figura 51: Conformidad de limpieza .....	60
Figura 52: Formato Mantenimiento .....	62

Figura 53: Formato OLP .....	63
Figura 54: Control Andon.....	67
Figura 55: Sistema Andon I .....	68
Figura 56: Sistema Andon II .....	68



## Índice de Tablas

Tabla 1: Tipos de Tiempo de cambio de máquina.....	9
Tabla 2: Etapas de autonomación .....	15
Tabla 3: Pasos adhesivos.....	23
Tabla 4: Pasos adhesivos con base de aluminio .....	24
Tabla 5: Crucetas Pesadas.....	24
Tabla 6: Cinta flex adhesiva.....	25
Tabla 7: Separador de ambientes.....	25
Tabla 8: Espaciador para blocks de vidrio.....	26
Tabla 9: Tapón para tubos.....	26
Tabla 10: Separadores de concreto.....	27
Tabla 11: Mangos para lima .....	27
Tabla 12: Tarugos cónicos.....	28
Tabla 13: Water stop de PVC .....	28
Tabla 14: Tubo toallero.....	29
Tabla 15: Tapa ciega .....	31
Tabla 16: Canaleta de pared .....	32
Tabla 17: Equipos de La Empresa.....	35
Tabla 18: Demanda anual de La Empresa.....	36
Tabla 19: Familia de Productos de La Empresa .....	37
Tabla 20: Ingreso anual por ventas en soles de La Empresa.....	38
Tabla 21: Especificaciones de peso de la familia seleccionada .....	40
Tabla 22: MTBF de La Empresa.....	44
Tabla 23: MTTR de La Empresa.....	44
Tabla 24: Resumen de data para el cálculo del OEE .....	45
Tabla 25: Cálculo del OEE.....	45
Tabla 26: Objetivos de las Métricas Lean .....	46
Tabla 27: Actividades y tiempos de Set-up Extrusora .....	50
Tabla 28: Actividades y tiempos de Set-up Extrusora .....	50
Tabla 29: Tiempos Set-up Extrusora actual vs propuesto .....	52
Tabla 30: Clasificación de elementos.....	57
Tabla 31: Ubicación y codificación de elementos.....	58
Tabla 32: Cronograma de limpieza diaria .....	60
Tabla 33: Situaciones anómalas por área.....	66
Tabla 34: Colores del sistema Andon .....	66
Tabla 35: Gasto por capacitación SMED .....	70
Tabla 36: Gastos por implementación SMED .....	70
Tabla 37: Gastos por capacitaciones 5S.....	72
Tabla 38: Gastos Totales por capacitaciones 5S .....	72
Tabla 39: Gastos por insumos en 5S.....	72
Tabla 40: Gastos por capacitaciones Mantenimiento Autónomo.....	73
Tabla 41: Gasto Total por capacitaciones Mantenimiento Autónomo.....	73
Tabla 42: Gastos por capacitaciones Andon.....	74
Tabla 43: Gastos Totales por capacitaciones Andon .....	75
Tabla 44: Gastos por insumos en Andon .....	75
Tabla 45: Ahorro por implementación del SMED .....	75
Tabla 46: Ahorro por implementación de las 5S .....	76
Tabla 47: Ahorro por implementación del Mantenimiento Autónomo .....	76
Tabla 48: Ahorro por implementación del sistema Andon .....	77
Tabla 49: Flujo de Caja.....	77

# INTRODUCCIÓN

Hoy por hoy, los países de todo el mundo se esfuerzan por aumentar sus niveles de competitividad a través de una serie de factores, los cuales tienen como objetivo principal brindar una buena calidad de vida a sus ciudadanos. Según afirma Michael Porter, el nivel de vida de una nación depende de la capacidad de sus empresas para lograr altos niveles de productividad y para aumentar ésta a lo largo del tiempo. En la actualidad, dicho nivel de competitividad se mide anual y mundialmente a través del Índice de Competitividad Global (GCI, por sus siglas en inglés).

Acorde a la información brindada por el Foro Económico Mundial (WEF, por sus siglas en inglés), el Perú ha caído 5 puestos en el Ranking de Competitividad Global, ubicándose actualmente en el puesto 72; sin embargo, pese a este descenso, existe mejora en 4 de los 12 pilares evaluados, habiendo subido 3 puestos en Infraestructura (89 a 86). Además, el Perú cuenta con una cartera de 26 proyectos en infraestructura programados para los años 2018 y 2019, en los cuales se incurrió en una inversión de US\$ 9,316 millones.

Dentro de los proyectos previamente anunciados, se encuentra el proyecto de Reconstrucción con Cambios, el cual cuenta con 367 obras destinadas a 13 regiones y se enfoca en la reparación de la infraestructura afectada por el Fenómeno del Niño Costero en marzo del 2017. Según estima Jesús Salazar, presidente del Comité de Plástico en la Sociedad Nacional de Industrias (SNI), la producción del plástico podría crecer en un 5% y la adquisición de la misma para el proyecto ya mencionado, representaría del 22% al 25% del consumo total del plástico a nivel nacional.

Frente a este contexto, las empresas pertenecientes al sector plástico requieren de alta presencia en el mercado, a fin de lograr su participación en los proyectos programados, los cuales impulsan la adquisición de líneas plásticas. En este sentido, se propone la implementación de herramientas de la Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing, en inglés), de tal manera que La Empresa, término que se empleará para hacer referencia a la entidad donde se desarrollará el análisis y propuesta de mejora, logre ventajas competitivas a través del aumento del control de la calidad de los productos y la reducción de costos y tiempos de entrega, por medio de técnicas

que eliminen el desperdicio de todo aquello que no genere valor en el producto ni interés de pago por parte del cliente.

En este sentido, se plantea la elaboración de la presente tesis, a fin de analizar y proponer mejoras basándose en la teoría de Lean Manufacturing, con el propósito de realizar el estudio de la línea de acabados de la construcción y tuberías de una empresa fabricante de productos plásticos, lo cual permitiría, a través del uso de las herramientas adecuadas, el incremento de la productividad y mejora de tiempos en los procesos de La Empresa.

En el capítulo 1, se elaborará una descripción teórica de las herramientas de la manufactura esbelta a emplear para el análisis de La Empresa como caso de estudio con el objetivo de realizar la implementación de la mejora posteriormente detallada.

En el capítulo 2, se presentará la situación actual de La Empresa: reseña histórica, descripción de los procesos actuales de La Empresa, productos, maquinarias.

En el capítulo 3, se identificarán las líneas de producción significativas para, consecuentemente, proceder con la selección de las herramientas de manufactura esbelta adecuadas, las cuales generen un impacto en la cadena de valor de la Empresa y, así, obtener soluciones y mejoras a las problemáticas identificadas.

En el capítulo 4, se desarrollará la propuesta de mejora a través del uso de las herramientas de la manufactura esbelta, con la finalidad de obtener soluciones a los problemas identificados.

En el capítulo 5, se realizará la evaluación económica de la implementación de las herramientas de manufactura esbelta, por medio de indicadores que evalúen la situación actual de las líneas de productos estudiados, a fin de estimar si es económicamente rentable o no la implementación de la propuesta de mejora para La Empresa.

# CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

## 1.1. Introducción a la Manufactura Esbelta

Entendemos por *Lean Manufacturing* a la persecución de una mejora del sistema de fabricación mediante la eliminación del desperdicio, entendiendo como desperdicio o despilfarro todas aquellas acciones que no aportan valor al producto y por los cuales el cliente no está dispuesto a pagar (Rajadell y Sánchez 2010).

Según Hernández y Vizán, el estudio de las herramientas que hoy en día son parte de la filosofía de *Lean Manufacturing*, surge a partir de la necesidad de Toyota Motor Company, y otras empresas japonesas, en reconstruir una industria competitiva y mejorada luego de la Segunda Guerra Mundial (2013).

En el escenario de la post-guerra, surgió un colapso en las ventas de Toyota (1949), por lo que dos ingenieros japoneses de la empresa, Toyoda y Ohno, estudiaron el método de producción de las empresas norteamericanas, las cuales producían en grandes cantidades, pero reducidos modelos (fordismo), lo que no era aplicable para ellos. Sin embargo, esto permitió el inicio del estudio de la reducción de inventarios y despilfarros a partir de los estudios previamente realizados por Henry Ford, W. Shewart, Edwards Deming, Joseph Juran y Kaoru Ishikawa, lo que resultó en un nuevo sistema de gestión denominado TPS (*Toyota Production System*).

El término *lean* es definido como esbelto y delgado, lo cual resume el propósito del Sistema de Producción Toyota, ya que, según Wilson, Ohno define *Toyota Production System* como un sistema de producción, el cual es un sistema de control cuantitativo, basado en la calidad, cuya meta es la reducción de costos, a través de la eliminación absoluta de los residuos (2010).

## 1.2. Principios de la Manufactura Esbelta

Acorde a lo que afirman Womack y Jones, el antídoto para los desperdicios en los procesos productivos, es el *Lean Thinking*, el cual se describe como una serie de pasos que proveen a la empresa una forma de trabajo más satisfactorio a través del *feedback* continuo y la conversión y/o eliminación de la *muda* (1996).

a. El valor desde el punto de vista del cliente

El punto de inicio del pensamiento *lean* es el valor. Este debe ser únicamente definido por el cliente, en términos del producto, en un específico tiempo y precio, de tal manera que se identifica las necesidades y requerimientos del cliente. De esta manera, se define lo que no genera valor desde el punto de vista del cliente; es decir, es *muda* (desperdicios) y debe ser eliminado.

b. Identificar la Cadena de Valor

La cadena de valor es el conjunto de acciones requeridas para generar un producto en específico. Su identificación puede exponer grandes cantidades de *muda*, tales como que generen un valor no real, pasos que no generen valor pero que no son evitables por el uso de la tecnología y pasos que no generan ningún tipo de valor y pueden ser evitados.

c. Flujo continuo

Principio que hace referencia al enfoque que deben hacer las empresas en los productos y sus necesidades y no en la organización en sí. De esta manera, se lograría obtener un flujo continuo y trabajo más eficiente, desde el ingreso de la materia prima hasta la disposición final del producto al cliente. Además, con este principio, la *muda* sería más visible.

d. Pull

El *pull* o “jale” hace referencia al *Just in Time* (Justo a Tiempo), de tal manera que la empresa produzca lo que el cliente necesita, en lugar de producir y sobre stockearse de productos que no llaman el interés y perder el retorno de la inversión por ello.

e. Mejora Continua

Al ser implementados los cuatro primeros principios, lo que resta es involucrar a todos los colaboradores que forman parte de la cadena de valor, a fin de que puedan

identificar de manera conjunta nuevas formas de crear valor a través del *feedback*, a fin de evitar el decremento del nivel de satisfacción de cliente y perder su fidelidad.

### 1.3. La Muda

Womack y Jones explican que la *muda* significa desperdicio, específicamente refiriéndose a toda actividad humana que absorbe recursos pero que no genera valor en el producto, errores que deben ser rectificadas, pasos durante los procesos que no son necesarios, transporte de empleados o herramientas de un lugar a otro sin ningún tipo de propósito (1996).

El precio con el cual se presenta el producto al mercado es parte del planeamiento Lean, el cual debe ser atractivo para el consumidor; por lo que, a lo largo del tiempo, muchas empresas se esfuerzan por mejorar su potencial de reducción de costos sin afectar la calidad de sus productos. Dicho potencial puede incrementarse enormemente a través de la identificación de tareas que no aportan valor al producto y, por ende, deben ser reducidas y/o eliminadas.

Reconocer los despilfarros en el proceso productivo ayudará la empresa a diagnosticar el sistema y planificar las estrategias adecuadas de mejora.

#### a. Despilfarro por exceso de almacenamiento

El despilfarro por almacenamiento es el resultado de mantener stock de existencias a fin de cubrir necesidades futuras, lo cual es un indicador claro de que el flujo no es continuo y no se ha realizado un estudio de la demanda a fin de producir acorde a ella (*takt time*). El stock en almacenes es capaz de ocultar productos defectuosos, obsoletos, caducados, etc. que son detectados solo cuando se realizan inventarios físicos; por lo que, la empresa incurre en costos por mantenimiento de inventario innecesarios. Algunas acciones para evitar este tipo de despilfarro son:

- Nivelación de producción
- Distribución de la zona de producción por células
- Utilizar el sistema JIT de entregas de proveedores
- Cambio en la organización y gestión de la producción

b. Despilfarro por sobreproducción

El despilfarro por exceso de producción resulta de fabricar mayor cantidad de la demandada por el siguiente proceso o el cliente. Este tipo de *muda* es crítica, debido a que se utiliza innecesariamente mayor cantidad de recursos (material y mano de obra), tiempo, transportes y espacios de almacenamiento; incrementando así los costos de producción. La mayor entre las causas de este tipo de despilfarro radica en la capacidad de fabricación de los equipos, los cuales son empleados al máximo por los operarios a fin de no disminuir la tasa de producción, generando así productos en exceso. Para evitar este tipo de despilfarro se recomienda lo siguiente:

- Emplear sistemas *pull* mediante *kanban*
- Estandarización del proceso productivo
- Producir según el *takt time*
- Flujo continuo pieza a pieza

c. Despilfarro por tiempo de espera

Este tipo de despilfarro sucede cuando el operario está ocioso debido a la falta de disponibilidad del equipo, provocando que el operario se encuentre inactivo mientras que otros trabajan saturados bajo la presión de continuar el proceso productivo. En una *muda* sencilla de identificar y, para enfrentarla, se propone lo siguiente:

- Fabricación en células U
- Cambio rápido de técnicas y utillaje (SMED)
- Adiestramiento polivalente de operarios
- Producir únicamente lo necesario por estación

d. Despilfarro por transporte y movimientos innecesarios

El despilfarro por transporte es el resultado de movimientos innecesarios de los operarios, material o herramientas sin ningún propósito. Una de los principales motivos por los que el número de movimientos en un proceso productivo es alto, se debe a la incorrecta distribución de los equipos en la zona de producción. A raíz de este último, los materiales, productos en proceso y productos terminados no fluyen continuamente de estación en estación, creando demoras, ineficacia en el proceso, e incluso, accidentes laborales. Básicamente, para este tipo de *muda*, se propone

una redistribución de la planta, de tal manera que el material o producto en proceso fluya directamente a cada estación, sin demoras y de manera segura.

e. **Despilfarro por defectos, rechazos y reprocesos**

El despilfarro por defectos significa una gran pérdida en términos de productividad, debido a que se incurrió en ellos mano de obra, material y tiempo, los cuales no serán recuperados. Esto se debe a la falta de control de calidad en tiempo real, ya que los defectos son detectados en la finalización del proceso productivo, más no por estación; por lo que se recomienda lo siguiente:

- Control de calidad por estación en tiempo real, con la finalidad de detectar el error inmediatamente y reducir así el uso innecesario de material, mano de obra y tiempo.
- Implementación de alarmas por defectos
- Mecanismos a prueba de errores (*Poka-Yoke*)
- Mantenimiento preventivo de equipos
- Control visual

## **1.4. Herramientas de la Manufactura Esbelta**

### **1.4.1. Las 5S**

La implementación de las 5S sigue un proceso establecido en 5 pasos, cuyo desarrollo implica la asignación de recursos, la adaptación a la cultura de la empresa y la consideración de aspectos humanos (Rajadell y Sánchez 2010). Esta técnica, considerada como “sencilla”, consigue resultados efectivos y, para toda empresa que aplique la filosofía *Lean*, esta debe ser la primera herramienta en ser implementada.

Su importancia radica en mantener un buen ambiente de trabajo, que es crítico para lograr encaminar a una organización hacia la calidad, bajos costos y entregas inmediatas. Cabe resaltar que uno de los retos de esta metodología es la de promover un cambio de mentalidad hacia la creación de una cultura de autodisciplina, orden y economía (Villaseñor y Galindo 2007).

Las 5S, resumidas gráficamente en la Figura 1, se detallan a continuación:

1.- *Seiri*: Significa clasificar o eliminar, y consiste en la selección de las herramientas que son útiles para la tarea que se realiza, a fin de evitar estorbos como el incremento de manipulación de herramientas y transporte, falta de espacio en la zona de trabajo, accidentes, pérdida de tiempo por localización, etc.

2.- *Seiton*: Significar orden, y consiste en la organización de las herramientas clasificadas previamente, a fin de conocer el lugar a donde pertenecen y, así identificar rápidamente la búsqueda y el retorno de la misma.

3.- *Seiso*: Significa limpieza e inspección, y consiste en la inspección del entorno de trabajo a fin prevenir los defectos, a través de su detección y eliminación.

4.- *Seiketsu*: Significa estandarizar, y consiste en seguir un determinado procedimiento, donde el orden y la organización funcionan como pilares fundamentales. Lo que *Seiketsu* desea evitar es el “hoy si y mañana no”.

5.- *Shitsuke*: Significa disciplina, y consiste en crear un hábito en un conjunto de reglamentos que rigen a la empresa.

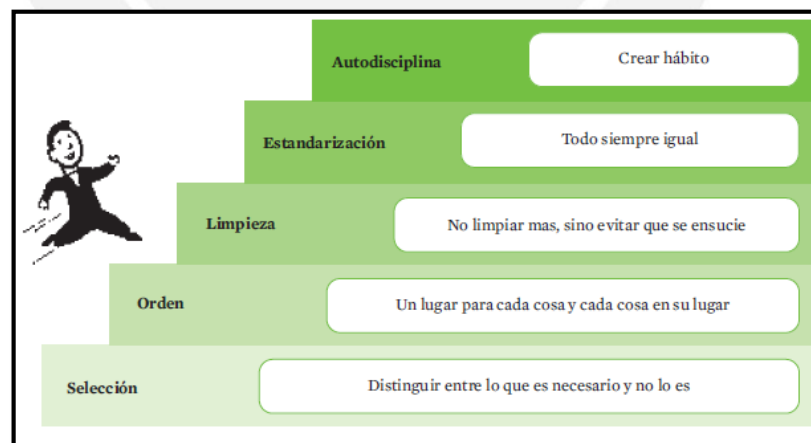


Figura N°1: Resumen de las 5S  
Fuente: Rajadell y Sánchez (2013:37)

Según Villaseñor y Galindo, algunos de los beneficios adquiridos por poner en práctica esta metodología son: Adquisición de autodisciplina en los colaboradores de la empresa, facilidad de reconocimiento de los desperdicios por áreas para su

eliminación, identificación de anomalías en el proceso, reducción de accidentes y zonas de trabajo más limpias (2007).

#### 1.4.2. SMED

De acuerdo con Rajadell y Sánchez (2010), Hernández y Vizán (2013) y Villaseñor y Galindo (2007), SMED (Single Minute Exchange of Die), es una técnica desarrollada por Shigeo Shingo, destacado ingeniero de Toyota, la cual incurre en la reducción del tiempo de preparación de la máquina a minutos de un solo dígito; es decir, en un periodo menor a 10 minutos. Esta técnica repercute en los tiempos de cambio por tipo de máquina, los cuales se detallan en la Tabla 1. Los métodos de cambio en estos tiempos permiten la reducción, e incluso, la eliminación de errores, logrando de esta manera suprimir tiempos de inspección.

**Tabla N°1 Tipos de Tiempo de Cambio por máquina**

PROCEDIMIENTOS DE TIEMPO DE CAMBIO	DESCRIPCIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE CAMBIO
Cambiar utillajes y herramientas	Estos procedimientos son típicos en talleres mecánicos, donde los operarios han de fijar y retirar moldes, sierras, fresas, etc.
Cambiar parámetros estándar	Estos procedimientos se dan cuando intervienen máquinas de corte de elevada precisión o equipos de proceso químico programados, donde los operarios cambian los parámetros estándares usados en diferentes tareas de proceso.
Cambiar piezas a ensamblar u otros materiales	Cada vez que en una línea cambia el modelo de producto, recibe piezas y otros materiales que se incorporan al nuevo modelo. La preparación en estos casos incluye el cambio de utillajes.
Preparación general previa a la fabricación	Este tipo de preparación incluye una gran variedad de actividades para tener a punto el material, los útiles, las herramientas o los accesorios, por ejemplo: arreglar el equipo, ensayar el proceso y ajustar, limpieza general, asignar tareas a trabajadores, revisar planos, etc.

Fuente: Rajadell y Sánchez (2010:125)

Según Villaseñor y Galindo (2007), Shingo divide el SMED en dos tipos de operaciones: las operaciones internas, las cuales radican en el montaje y desmontaje de piezas de una máquina inactiva; y las operaciones externas, las cuales consisten en el transporte de piezas y/o herramientas mientras la máquina esté activa o no.

Por otra parte, acorde a lo que afirman Hernández y Vizán (2013), para hacer realidad esta técnica las empresas deben realizar el estudio de tiempos y movimientos asociados netamente a las tareas de preparación, los cuales serán caso de estudio para su reducción y mejoramiento a través de 5 etapas detalladas en la Figura 2.

Etapas preliminar: Algunas de las tareas que pueden realizarse de forma externa se realizan de forma interna, lo que genera que la máquina se encuentre detenida largos periodos de tiempo. En esta etapa se busca identificar las operaciones internas y externas

Primera etapa: Esta etapa tiene como objeto la separación de operaciones, ya que gran parte de operaciones externas que se realizan como internas. De esta manera, el tiempo de inactividad de la máquina se reduciría en aproximadamente un 30% a 50%. Esta etapa es clave en la técnica SMED.

Segunda etapa: Esta etapa se basa en la reevaluación de las operaciones que en un principio se consideraban como internas con el fin de buscar formas de convertirlas en externas. Si bien es cierto, no todas las operaciones internas pueden ser convertidas en externas, estas deben ser también evaluadas a fin de ser mejoradas continuamente.

Tercera etapa: Consiste en el análisis detallado de cada operación, con la finalidad de identificar los cambios y mejoras a aplicar en cada una de ellas.

#### 1.4.3. Estandarización

Los estándares son descripciones escritas y gráficas que nos ayudan a comprender las técnicas y técnicas más eficaces y fiables de una fábrica y nos proveen de los conocimientos precisos sobre personas, máquinas, materiales, métodos, mediciones e información, con el objeto de hacer productos de calidad de modo fiable, seguro, barato y rápidamente. (Hernández y Vizán 2013).

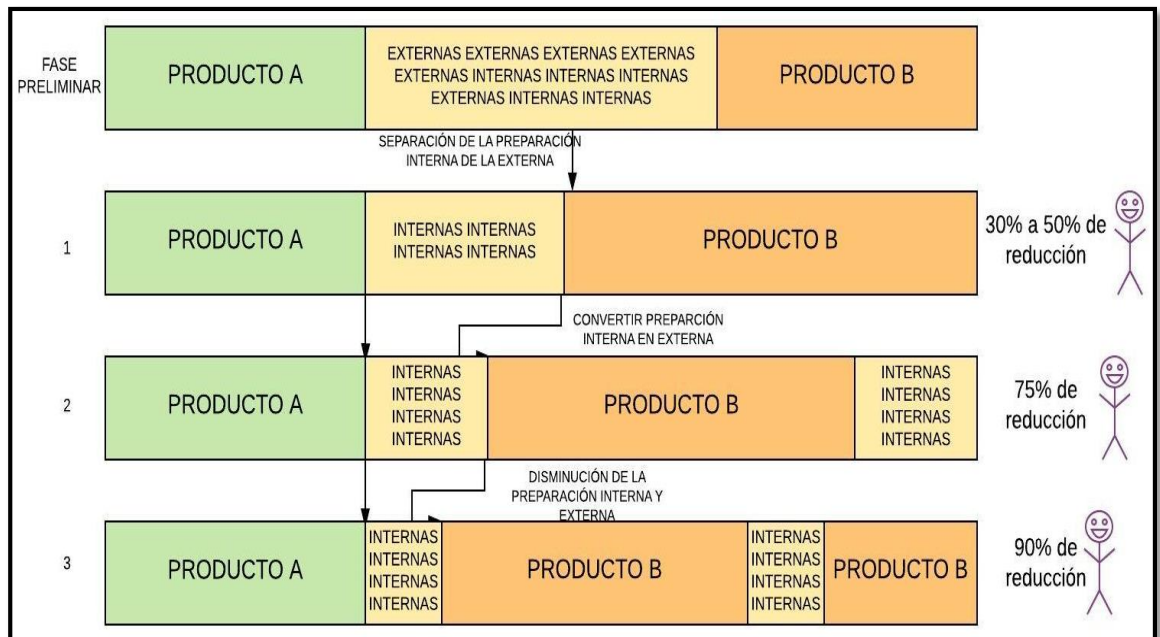


Figura N°2: Etapas del SMED  
Fuente: Villaseñor y Galindo (2007:63)  
Elaboración Propia

Dentro de una empresa, se procede a estandarizar un proceso, el cual puede contener recursos como: personas, materiales, máquinas, etc. Dicho estándar es objeto de mejora continua, de tal modo que, al identificarse las mejoras apropiadas, se estandarice el proceso aplicando las mejoras en mención. Una vez que se encuentra la mejora aplicada y estandarizada, esta última funciona como una nueva partida de posteriores mejoras a identificar.

#### 1.4.4. TPM

Conforme afirma Rajadell y Sánchez (2010) y Hernández y Vizán (2013), el TPM (*Total Production Maintenance*) es un conjunto de técnicas enfocadas en la eliminación de averías de las máquinas que son parte de la producción, con la finalidad de que se encuentren disponibles cuando son requeridas. Las 3 metas trazadas del TPM son:

- Maximizar la eficacia del equipo
- Desarrollar un sistema de mantenimiento de acuerdo al ciclo de vida útil de cada equipo, el cual inicie desde el diseño del equipo.

- Involucrar a todos los departamentos en la planificación, diseño, uso y mantenimiento de los equipos.

La aplicación de esta técnica crea en los operarios un sentido de responsabilidad en cuanto al cuidado, control y mantenimiento de los equipos con el fin de no acortar su ciclo de vida y tenga un buen funcionamiento. La implementación de esta técnica puede desplegarse en 5 fases:

Fase preliminar: En esta etapa es necesario evidenciar las máquinas que se utilizan, así como las averías que sufren o pueden sufrir más adelante y, como consecuencia, las tareas preventivas a aplicar.

Primera fase: Línea en su estado inicial

El objetivo de esta primera fase es el dejar la línea de producción en su estado inicial, sin ningún tipo de mancha (aceite, grasa, etc.) y libre de cualquier partícula.

Segunda fase: Eliminar fuentes de suciedad

Como parte de la línea de producción, hay equipos que cuentan con zonas que son fuentes de suciedad, ya sea por fuga de gas, aceite o virutas, por ejemplo; sin embargo, pese a la limpieza continua que se le aplique, el equipo seguirá generando ese tipo de suciedad; por lo tanto, pueden ser consideradas como “anormalidades” que son parte del equipo.

Tercera fase: Know-how de la inspección de un equipo

Para esta fase, es necesaria la participación del personal de producción, el cual será capacitado, poco a poco, con tareas propias del mantenimiento del equipo. Acorde a la adaptación de los operarios, las tareas serán más detalladas y multidisciplinarias.

Cuarta fase: Mejora Continua

En esta etapa, los operarios realizan las tareas de mantenimiento de forma autónoma; sin embargo, deben ser evaluados por indicadores, como por ejemplo el OEE.

Según Rajadell y Sánchez (2013), el OEE (*Overall Equipment Efficiency*) es un indicador que es evaluado diariamente, tomando en cuenta la fracción de tiempo que el equipo se encuentra operando (D), de tal manera que se identifique los tiempos de parada y las fallas; el nivel de funcionamiento del equipo (E), el cual refleja las pérdidas por tiempos muertos, paradas y pérdidas de velocidad; la fracción de producción obtenida (C), las cuales cumplen con los estándares del producto ofrecido por la empresa, tal y como se detallan en la Figura 3.

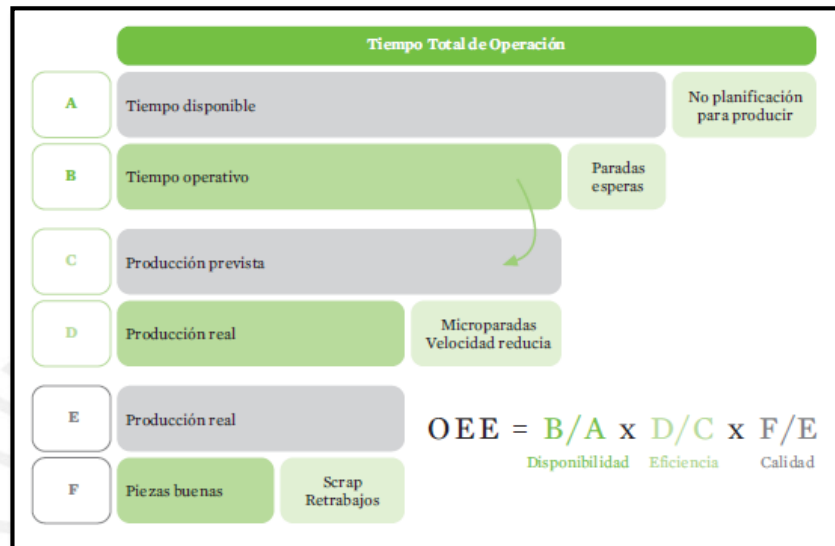


Figura N°3: Componentes del OEE  
Fuente: Rajadell y Sánchez (2013:51)

#### 1.4.5. Control Visual

Según Socconini (2008), el control visual es un conjunto de medidas prácticas relacionadas a señales visuales y de audio manejada por los operarios, a fin de plasmar la situación actual del sistema de producción, enfocándose principalmente en las *mudas* y anomalías. Algunos ejemplos de tipos de control visual son:

Alarmas: Utilizadas para dar señal de urgencia, la cual cuenta con una diversa variedad de sonidos que pueden ser adecuados según el tipo de urgencia.

Lámparas y torretas: Utilizadas para dar a conocer el estado actual de equipos o áreas a través de distintos colores:

- Azul: Problemas relacionados con los materiales.

- Verde: Línea o célula de producción en correcto funcionamiento.
- Amarillo: Línea o célula de producción parada requerimiento de mantenimiento.
- Rojo: Parada por accidentes o problemas con la calidad del producto en proceso o producto terminado.

Kanban: Sistema de control e información visual que indica, a través de tarjetas, el inicio de las operaciones de producción solo con las piezas o productos en procesos retirados de procesos anteriores, sincronizándose de esta manera el flujo de materiales de los proveedores con el utilizado por los operarios de la zona de producción.

Existen dos tipos de *kanban*: el *kanban* de producción, el cual indica qué y cuánto hay que fabricar para el siguiente proceso; y el *kanban* de transporte, el cual indica qué y cuánto se tomará del proceso anterior. Esta estrategia de control visual le permitirá a la empresa abastecerse solo de la materia prima correspondiente al producto vendido, de tal modo que se evitan los stocks no deseados, reduciendo así los costos de mantenimiento de inventario.

Tableros de información: Estos tableros dan información del tiempo de fabricación de los productos, los cuales deben adecuarse al tiempo de compra del consumidor (*takt time*). De esta manera se obtiene información de la producción en el tiempo.

#### 1.4.6. Jidoka

Término japonés que significa automatización con un toque humano o autonomación. Esta técnica es explicada por Hernández y Vizán (2013) como la identificación autónoma de productos en proceso que no cumplan con las especificaciones de calidad, de tal manera que el proceso se detenga, ya sea automáticamente o de forma manual. De esta manera se reduciría a cero los defectos de las piezas que continúan con normalidad en el proceso. Por otra parte, en esta técnica es importante las fases de inspección por estación, y no solo al final del proceso; por lo que, cada operario, en cada estación, debe actuar como un inspector de calidad.

Un punto clave en la aplicación de la técnica *Jidoka*, es el sistema de autoinspección denominado *poka-yoke*, término japonés que significa a prueba de errores, utilizado por primera vez por Shigeo Shingo, ingeniero industrial de Toyota. Este sistema de

inspección se basa en la instalación de unos dispositivos que evitan el error humano; además, se caracterizan por su simplicidad y eficacia.

En la Tabla 2 se detallan los diferentes pasos y técnicas para lograr la autonomía completa en las máquinas.

**Tabla N°2 Etapas de la autonomía**

Fase	Descripción	Carga Hombre/máq.
1	<b>Autonomación del proceso</b> Transferir esfuerzo de operario en esfuerzo de la máquina. Ejemplo: Atornillado automático.	Operaciones simultáneas operario/máq.
2	<b>Autonomación de sujetar</b> Sustitución de apriete manual por sistemas accionados mecánicamente. El operario solo carga el útil.	
3	<b>Autonomación de alimentación</b> Alimentación automática. El operario solo interviene para parar la alimentación en caso de errores.	
4	<b>Autonomación de paradas</b> El sistema de alimentación para correctamente la máquina al final del proceso. El operario puede abandonar el proceso o máquina.	Tareas de operario
5	<b>Autonomación de retornos</b> Finalizado y parado el proceso correctamente, el sistema retorna a situación de inicio sin ayuda del operario.	
6	<b>Autonomación de retirada de piezas</b> Finalizado el proceso y retorno, la pieza es retirada automáticamente de forma que la siguiente pieza puede ser cargada sin necesidad de manipular la anterior.	
7	<b>Mecanismos antierror (Poka-Yoke)</b> Para prevenir transferencia de piezas defectuosas al proceso siguiente se instalan dispositivos para detectar errores, parar la producción y alertar al operario.	
8	<b>Autonomación de carga</b> La pieza es cargada sin necesidad de operario. El proceso debe tener capacidad de detectar problemas y parar la operación.	
9	<b>Autonomación de inicio</b> Completados los pasos anteriores la máquina debe empezar a procesar piezas de forma autónoma. Se deben prever problemas de seguridad y calidad.	Tareas máquina
10	<b>Autonomación de transferencia</b> Se enlazan operaciones mediante sistemas de transferencia que eviten la intervención del operario.	

Fuente: Rajadell y Sánchez (2013:56)

### 1.4.7. Técnicas de Calidad

La calidad se entiende como el compromiso de la empresa en hacer las cosas “bien a la primera” y en todas sus áreas para alcanzar la plena satisfacción de los clientes, tanto externos como internos (Hernández y Vizán 2013).

Para lograr el objetivo de la eliminación de piezas defectuosas durante el proceso, existe el TQM (*Total Quality Management*), la cual está formada por un conjunto de herramientas detalladas a continuación:

Matriz de Autocalidad (MAQ): herramienta de soporte de calidad que permite identificar los defectos en las líneas de producción e identificar donde se producen y hasta quien llegan las piezas defectuosas. La matriz está compuesta con filas donde se detallan las fases del proceso productivo y los clientes tanto internos como externos, mientras que en las columnas se detallan los proveedores internos y externos, las fases del proceso productivo y los clientes internos y externos como se muestra en la Figura 4:

		FASE DONDE SE PRODUCE EL DEFECTO							Total ppm
		Proveedor Externo	Proveedor Interno	Fase 1	Fase 2	Fase 3	–	Fase n	
FASE DONDE SE DETECTA EL DEFECTO	Fase 1								
	Fase 2								
	Fase 3								
	–								
	Fase n								
	Cliente interno								
	Cliente externo								
Total ppm									
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">           Objetivo: Diagonalizar la matriz aquí. Los defectos se detectan donde se producen         </div>									
TOTAL DE PIEZAS PRODUCIDAS EN UN PERIODO									TOTAL PPM

Figura N°4: Matriz de autocalidad  
Fuente: Rajadell y Sánchez (2013:60)

Ciclo PDCA: Conocido también como el círculo de Deming. Es una técnica utilizada para la identificación y corrección de errores. El ciclo está compuesto de 4 etapas:

planificar (*plan*), diagnóstico de los problemas y elaboración de estrategias; hacer (*do*), llevar a cabo las estrategias; verificar (*check*), análisis de resultados y actuar (*act*), obtener conclusiones para definir si estandarizar el proceso o continuar con el proceso de mejoramiento continuo, tal y como se muestra en la Figura 5:

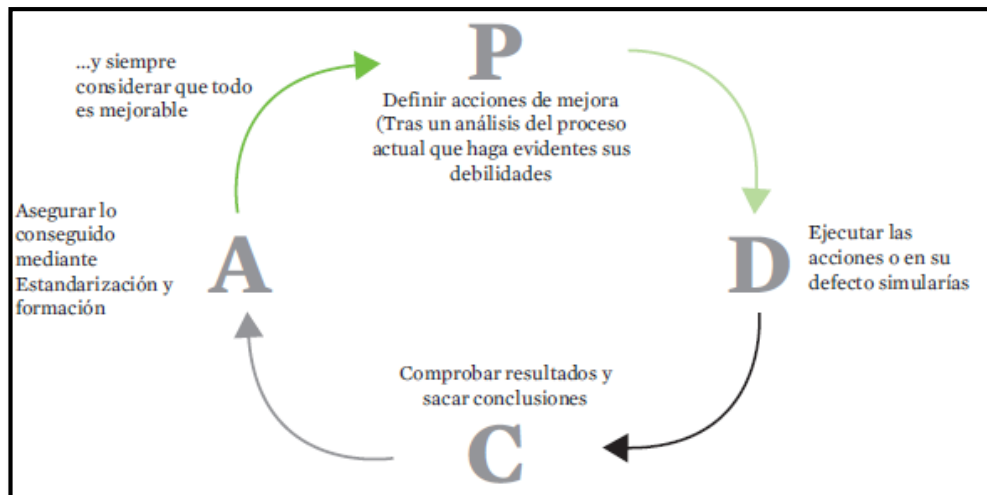


Figura N°5: Ciclo PDCA  
Fuente: Rajadell y Sánchez (2013:61)

Six Sigma: Metodología enfocada a la mejora de procesos a través del estudio y reducción de la variabilidad de los mismos, lo que significa la reducción y/o eliminación de los defectos en la entrega del producto. El valor de *six sigma* guarda relación con la desviación estándar ( $\sigma$ ) de la distribución normal, por lo que el valor de  $6\sigma$  equivale a 99.99% de eficiencia.

#### 1.4.8. Heijunka

Palabra japonesa que significa nivelación de carga. De acuerdo con Rajadell y Sánchez (2013), es un método que tiene como propósito la planificación y nivelación de la demanda, aplicable para alta variación de productos en la empresa. Para su aplicación, se necesita conocer la demanda de clientes y como ésta repercute en los procesos; además, existen una serie de técnicas que, en conjunto, permiten la optimización de mano de obra, reducción de inventarios y tiempos de respuesta del cliente, las cuales se detallan a continuación:

Células de trabajo: Estaciones de trabajo ubicadas una al lado de la otra según la secuencia del proceso productivo. Esto permite la manipulación suave y continua de

la materia prima. Cada célula se encarga de una familia de productos con similitudes en proceso, forma y tamaño, además de contar con personal capacitado, herramientas y equipos especializados según lo que se fabricará.

Flujo continuo pieza a pieza: Tiene como propósito configurar el proceso productivo, a fin de evitar interrupciones y tener un ritmo fluido de proceso a proceso, lo cual se contempla en los siguientes niveles:

- Flujo de información normalizado para la toma de decisiones a través de las siguientes herramientas: tarjetas *kanban*, para indicar la necesidad de materia prima; la nivelación, para la distribución más fluida de material.
- Flujo de materiales: Al reducir la *muda* proceso a proceso, se crea un flujo con un ritmo continuo, a través de la aplicación de las siguientes técnicas: flujo *pull* en cada proceso, organización multiproceso.
- Flujo de operarios: Al capacitar y formar a los operarios con las técnicas necesarias, se formarán estaciones de trabajo con mayor flexibilidad, a través de las siguientes técnicas: creación de células de trabajo, formación de operarios multifuncionales, normalización del trabajo por el número de operarios según la demanda.

Takt time: Palabra alemana que significa compás. Empleado para la sincronización del número de productos fabricados con el número de productos vendidos, el cual da información del ritmo al cual debe producir la empresa.

$$\text{Takt time} = (\text{Tiempo operativo por periodo en segundos}) \\ / (\text{Demanda cliente por periodo en unidades})$$

Nivelar el mix y volumen de producción: Nivelar el mix de producción significa producir en pequeños lotes, incrementando el número de cambios y manteniendo las variantes de componentes a disposición en la sección de montaje (Hernández y Vizán 2013). Por otra parte, nivelar el volumen de producción trata de la minimización de encargos de trabajo y el tiempo de control de la producción.

#### 1.4.9. VSM

Según Villaseñor y Galindo (2007), el VSM (*Value Stream Mapping*) es un mapa que contiene todos los procesos requeridos para producir un producto, desde el ingreso de la materia prima hasta su entrega final a los clientes. Para emplear esta herramienta, es necesario conocer la situación actual de la empresa: sus procesos, política y normas. Algunas utilidades del VSM son:

- Facilita la identificación de las tareas que no agregan valor en los procesos
- Permite evidenciar las áreas de oportunidad; conocer los procesos a detalle
- Detectar cuellos de botella
- Reconocer las familias de productos: sus procesos e información

Este mapeo permitirá a la empresa reconocer la verdadera situación actual de sus procesos, de tal manera que se pueda planificar estrategias de mejora, las cuales se plasmarían en un mapeo de una situación mejorada y, en consecuencia, esta última podría ser estandarizada o podría servir como punto de inicio para una mejora continua en el tiempo. En la Figura 6, se detallan algunos de los íconos empleados para la elaboración del mapeo de los procesos, tanto en la situación actual como en la futura.

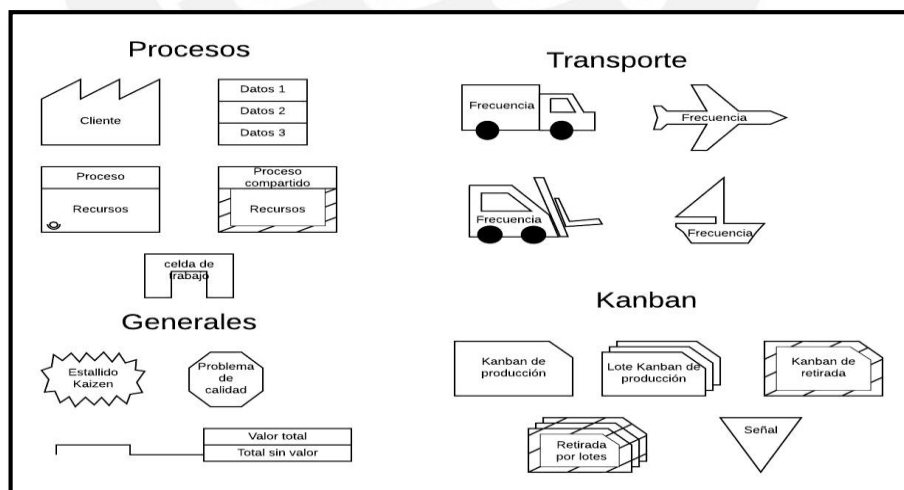


Figura N°6: Elementos VSM  
Fuente: Villaseñor y Galindo (2007:46)  
Elaboración Propia

## **CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN Y SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA**

### **2.1. Descripción de La Empresa**

La Empresa inició sus operaciones el 19/10/2005 con la fabricación de productos plásticos en PVC. Cuenta con aproximadamente 30 productos divididos en 5 categorías según su propósito, los cuales tienen alta demanda en el sector de construcción. Según su número de CIIU (2413) es clasificado en el sector de fabricación de plásticos en forma primaria y de caucho sintético. Este sector tiene un potencial crecimiento esperado del 5% a comparación del año 2017, lo cual depende del aceleramiento de los proyectos de construcción.

Actualmente cuenta con un área administrativa en el distrito de San Isidro, encargada de las labores de Finanzas, Recursos Humanos y Ventas. Por otra parte, el área de producción, la cual opera el distrito de San Martín de Porres, residen las labores de Operaciones, Control de Calidad, Almacén y Despacho. Sus productos en PVC son fabricados únicamente por ellos, sin ningún tipo de tercerización; sin embargo, algunos de sus productos cuentan con piezas de aluminio en acompañamiento del producto en PVC, las cuales son elaboradas por una empresa tercerizada en China.

Los procesos productivos dentro de La Empresa son realizados por 22 operarios, distribuidos entre dos grandes procesos: extrusión e inyección, los cuales operan en un solo turno de 8 horas de lunes a sábado durante todo el año.

### **2.2. Visión y misión**

La misión de La Empresa es fabricar productos en PVC mediante el uso eficiente de tecnología de punta, garantizando a nuestros clientes una calidad de producto y un servicio oportuno logrando la satisfacción de sus clientes, y contribuyendo al desarrollo del país con una actitud positiva frente al cambio y respeto al medio ambiente.

Por otra parte, la visión de La Empresa es trabajar para alcanzar la excelencia en la fabricación de sus productos, para así lograr ser líderes en la fabricación de los

productos de PVC y ser una de las mejores empresas para acabados de la producción en Perú. Además, ser reconocido como una empresa integrada de clase mundial en el sector industrial y comercial.

### **2.3. Organización de La Empresa**

La Empresa presenta la siguiente estructura:

- Gerente General: Máxima autoridad de La Empresa, encargado de tomar las grandes decisiones y realizar el planeamiento a nivel estratégico y dirigirla para que logre sus objetivos y metas a largo plazo, utilizando eficientemente los recursos.
- Gerente Administrativo: Persona que asume las decisiones de administración y supervisión del cumplimiento de las funciones de sus empleados.
- Gerente de Operaciones y Materiales: Persona que asume las decisiones de administración en producción y supervisa el cumplimiento de las funciones de sus empleados, así como la valorización de los productos a fabricar dentro de una estructura de costos.
- Recursos Humanos: Área de la empresa responsabilizada de la definición de funciones, requisitos y responsabilidades de los diferentes puestos de La Empresa. Así como, la búsqueda de candidatos que cumplan el perfil para ocupar las vacantes disponibles de la empresa.
- Administración y finanzas: Área encargada del análisis y seguimiento de las cuentas contables e indicadores financieros, con el fin de proponer estrategias de posteriores financiamientos.

- Ventas: Área encargada de cotizar productos para los clientes y mantener comunicación con los clientes principales de La Empresa, generando así posibles órdenes de compra.
- Control de Calidad: Área de La Empresa que se compromete con la gestión de la calidad de los insumos, procesos y productos terminados.
- Jefe de Operaciones: Responsable del planeamiento de la producción; además de la gestión de recursos para el proceso y transformación de insumos en productos terminados.
- Jefe de Fabricación: Persona encargada de supervisar y realizar el inventariado de insumos para la fabricación de productos plásticos, así como realizar el seguimiento y organizar el orden de fabricación según las fechas límites de entrega.
- Jefe de Despacho: Encargado de realizar los despachos por medio de seguimiento de la línea de producción y transporte para la correcta distribución de la mercadería.
- Jefe de Almacén: Encargado de realizar los pedidos al almacén de producción, recepción y gestión de los insumos en la planta.

En la Figura 7 se presenta el organigrama de La Empresa:

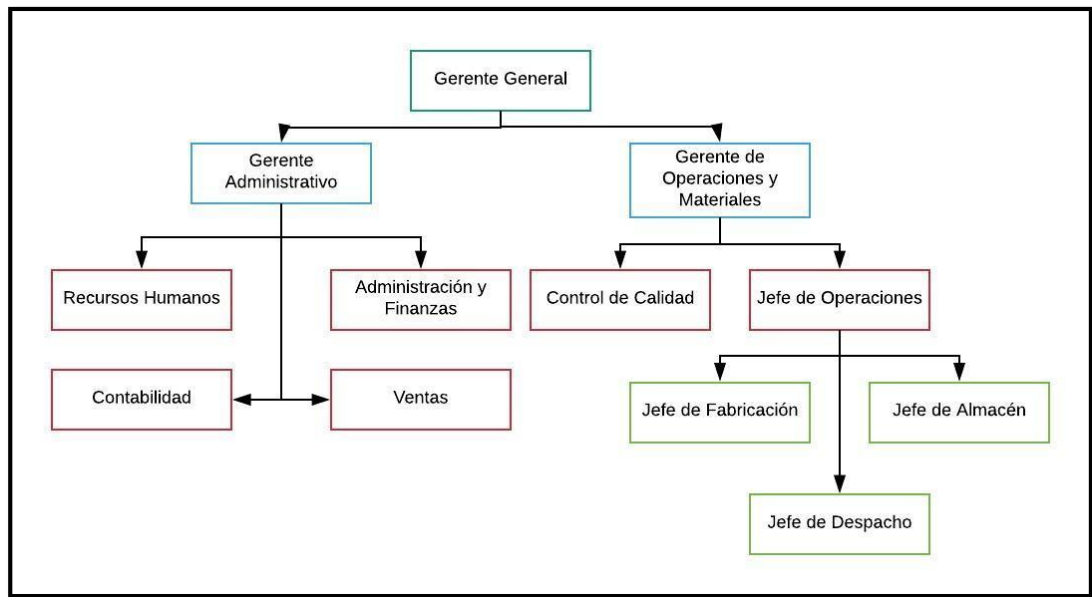


Figura N°7: Organigrama de La Empresa

## 2.4. Productos

La Empresa fabrica productos en base a policloruro de vinilo (PVC), aplicados a acabados de revestimientos cerámicos, instalaciones eléctricas y diversos usos del sector residencial, comercial e industrial. Según el propósito del producto, estos son divididos en 5 categorías:

### 2.4.1. Línea de acabados de la construcción

Pasos para escaleras adhesivas: Superficie antideslizante, colocados en los bordes de las escaleras para evitar lesiones graves provocadas por caídas o tropiezos. Esta pieza es colocada luego de realizar el enchapado. En la Tabla 3 se detallan las presentaciones del producto y las mismas se observan en la Figura 8:

Tabla N°3 Pasos adhesivos

MEDIDAS		COLORES
LARGO	ANCHO	
48 m	35 mm	Cuero
30 m	45 mm	Gris
	60 mm	Negro
	80 mm	Marmol
	100 mm	

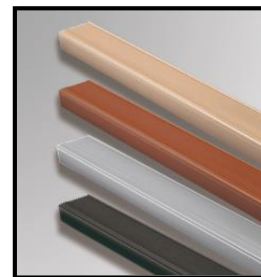


Figura N°8: Pasos adhesivos  
Fuente: La Empresa

Protector de pasos con base de aluminio: Al igual que los pasos para escaleras adhesivas, tiene como propósito evitar accidentes por deslizamientos en las escaleras; sin embargo, si se desea hacer un cambio de jebe por desgaste o por estética, este último puede ser removido con facilidad sin necesidad de remover la base de aluminio. Esta pieza también es colocada posterior al enchapado. En la Tabla 4 se detallan las presentaciones del producto y las mismas se observan en la Figura 9:

**Tabla N°4 Pasos adhesivos con base de aluminio**

MEDIDAS		COLORES
LARGO	ANCHO	
1.2 m	50 mm	Cuero
2.4 m		Gris
3 m		Negro
		Marmol



Figura N°9: Pasos adhesivos con base de aluminio  
Fuente: La Empresa

Crucetas pesadas sin/con pin fijo: Compuestas de poliestireno de alto impacto. Son empleados para alinear los cerámicos o porcelanatos antes, durante y posterior al secado del pegamento. Además, sirven de apoyo para evitar el desprendimiento dentro del área de trabajo. Estas piezas pueden ser cambias a la forma de T o L según el borde de trabajo. En la Tabla 5 se detallan las presentaciones del producto y las mismas se observan en la Figura 10:

**Tabla N°5 Crucetas pesadas**

MEDIDAS		COLORES
LARGO	ANCHO	
20x20 mm <sup>2</sup>	1x1 mm <sup>2</sup>	Blanco
30x30 mm <sup>2</sup>	1.5x1.5 mm <sup>2</sup>	
40x40 mm <sup>2</sup>	2x2 mm <sup>2</sup>	Gris
	3x3 mm <sup>2</sup>	
	4x4 mm <sup>2</sup>	
	5x5 mm <sup>2</sup>	
	6x6 mm <sup>2</sup>	
	7x7 mm <sup>2</sup>	
	10x10 mm <sup>2</sup>	

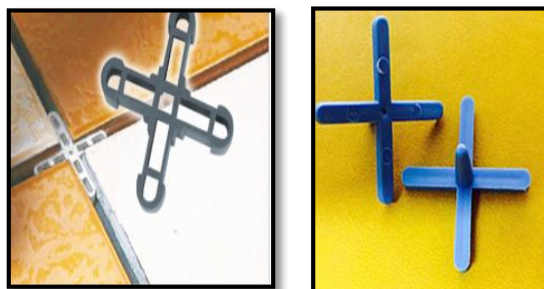


Figura N°10: Crucetas Pesadas  
Fuente: La Empresa

**Cinta flex adhesiva:** Compuesta de PVC flexible de alta calidad y no absorbe el agua. Cuenta con ranuras antideslizantes para un mayor agarre, incluso bajo el agua. Estas cintas son instaladas en lugares donde es propenso resbalarse a causa del agua como piscinas, saunas, gimnasios, vestuarios, etc. En la Tabla 6 se detallan las presentaciones del producto y las mismas se observan en la Figura 11:

**Tabla N°6 Cinta flex adhesiva**

MEDIDAS		COLORES
LARGO	ANCHO	
6 m	45 mm	Negro
	50 mm	Gris
	65 mm	Cuero
		Naranja
		Verde
		Amarillo

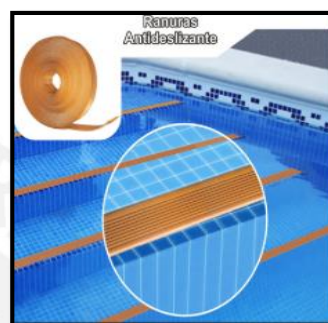


Figura N°11: Cinta flex adhesiva  
Fuente: La Empresa

**Separador de ambientes:** Consta de dos partes, el jebe compuesto de jebe de PVC flexible y el perfil base compuesto de PVC rígido. El jebe se adapta a diferentes espesores: cerámicos, porcelanatos, parquet, alfombras, etc. En la Tabla 7 se detallan las presentaciones del producto y las mismas se observan en la Figura 12:

**Tabla N°7 Separador de ambientes**

MEDIDAS		COLORES
LARGO	ANCHO	
3 m	34.5 mm	Cuero
	28 mm	Gris
		Negro

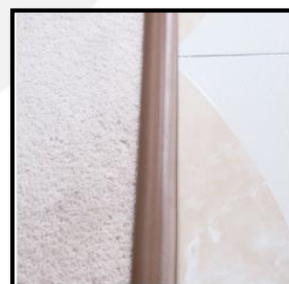


Figura N°12: Separador de ambientes  
Fuente: La Empresa

**Espaciador para blocks de vidrio:** Compuesto de poliestireno de alto impacto de primera calidad. Debido a su diseño, hace que el acabado final sea lineal, resistente al peso y al desplome en caso de sismos. Además, tiene orejas desprendibles, las cuales, una vez retiradas, ocultan el espaciador debajo del cemento. En la Tabla 8

se detallan las presentaciones del producto y las mismas se observan en la Figura 13:

**Tabla N°8 Espaciador para blocks de vidrio**

MEDIDAS		COLORES
ANCHO		
10x10x50 m <sup>3</sup>		Rojo
10x10x60 m <sup>3</sup>		Verde
		Azul
		Negro
		Blanco



Figura N°13: Espaciador para blocks de vidrio  
Fuente: La Empresa

#### 2.4.2. Línea de herramientas de la construcción

Tapón para tubos: Crea un sello que evita el ingreso y acumulación de líquidos que puedan alterar la estructura del tubo. En la Tabla 9 se detallan las presentaciones del producto y las mismas se observan en la Figura 14:

**Tabla N°9 Tapón para tubos**

MEDIDAS		COLORES
ANCHO		
1/2"		Amarillo
3/4"		
1"		
1"1/2		
2"		

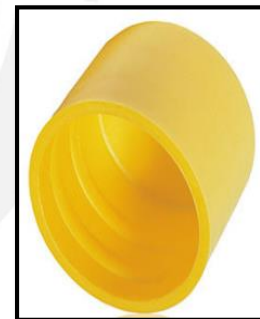


Figura N°14: Tapón para tubos  
Fuente: La Empresa

Separadores de concreto: Compuesto de poliestireno de alto impacto, diseñado para separar las varillas de fierro o acero contra la pared del encofrado, e incluso sobre el terreno natural. Por su diseño, el separador tiene contacto mínimo con el concreto u hormigón. En la Tabla 10 se detallan las presentaciones del producto y las mismas se observan en la Figura 15:

**Tabla N°10 Separadores de concreto**

MEDIDAS		COLORES
LARGO	ANCHO	
70 mm	Calibre Fierro 1/8"-1/8"	Negro
100 mm	Calibre Fierro 3/8"-1/8"	



Figura N°15: Separadores de concreto  
Fuente: La Empresa

Perfil de PVC flex: El producto, tal y como se muestra en la Figura 16, es colocado al borde del lavadero haciendo que obstaculice el filtrado del agua por debajo de ella. Uso para 1 poza: 3mde jebe y para 2 pozas: 4.5 m. Disponible en blanco y gris.



Figura N°16: Perfil de PVC flex  
Fuente: La Empresa

Mangos para lima: Hechas de polipropileno de alto impacto. Por su diseño anatómico a la mano, da una mayor fracción al momento de limar. En la Tabla 11 se detallan las presentaciones del producto y las mismas se observan en la Figura 17:

**Tabla N°11 Mangos para lima**

MEDIDAS		COLORES
ANCHO		
4 mm		Blanco
6 mm		Gris
10 mm		Amarillo
12 mm		



Figura N°17: Mangos para Lima  
Fuente: La Empresa

Esquineros de 3 lados: El producto, tal y como se muestra en la Figura 18, es elaborado en base a PVC, con la finalidad de hacer lisas las esquinas y evitar cualquier tipo de golpe. Disponibles en color madera y rojo.



Figura N°18: Esquinero de 3 lados  
Fuente: La Empresa

Tarugos cónicos: Fabricadas de polipropileno de alto impacto, por su diseño hace que el anclaje sea mayor y así pueda soportar mayor peso. En la Tabla 12 se detallan las presentaciones del producto y las mismas se observan en la Figura 19:

Tabla N°12 Tarugos cónicos

MEDIDAS		COLORES
LARGO	ANCHO	
5 mm		Rojo
6 mm		Verde
8 mm		Azul
		Negro
		Blanco
		Naranja



Figura N°19: Tarugos cónicos  
Fuente: La Empresa

Water stop de PVC: Fabricados de PVC de alta elasticidad para canalización (obras públicas). Es un sistema de conexión impermeable diseñada para soportar la tracción y compresión estructural en sistemas de alcantarillado, plantas de tratamiento de agua, muros de contención, presas, tanques, piscinas, mamparas, túneles. En la Tabla 13 se detallan las presentaciones del producto y las mismas se observan en la Figura 20:

Tabla N°13 Water stop de PVC

MEDIDAS		COLORES
LARGO	ANCHO	
25 m	4 pulgadas	Blanco
20 m	6 pulgadas	Rojo
15 m		Naranja

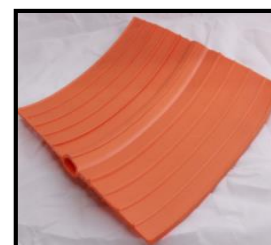


Figura N°20: Water stop de PVC  
Fuente: La Empresa

### 2.4.3. Accesorios para tocador

Tubo toallero: Compuesto de PVC de alta calidad. En la Tabla 14 se detallan las presentaciones del producto y las mismas se observan en la Figura 21:

**Tabla N°14 Tubo toallero**

MEDIDAS	COLORES
ANCHO	
Liso 1X60cm	Rojo
Rayado 7/8"x50 cm	Verde
	Azul
	Negro
	Blanco
	Naranja



Figura N°21: Tubo toallero  
Fuente: La Empresa

Jabonera flex: El producto, tal y como se muestra en la Figura 22, son hechas de PVC y cristalino. La jabonera al ser flexible, puede doblarse, haciendo que la parte protuberante pueda ser usada como masajeador. Disponible en rojo, verde azul, blanco y naranja.



Figura N°22: Jabonero flex  
Fuente: La Empresa

### 2.4.4. Línea de cielo raso, drywall y fibrocemento

Tarugo para drywall: El producto, tal y como se muestra en la Figura 23, es diseñado especialmente para paneles de drywall de 3/8 pulgadas, 1/2 pulgada, 5/8 pulgadas. No necesita previa perforación, ya que encaja limpiamente en el drywall y en el yeso sin afectar su estructura física. Medidas: 12 mm x 40 mm.



Figura N°23: Tarugo para drywall  
Fuente: La Empresa

Perfil J/L/H: Los productos, tal y como se muestran en las Figuras 24, 25 y 26, son utilizados para proteger las terminaciones de los paneles de yeso, fibrocemento o drywall. Longitud: 3 metros.

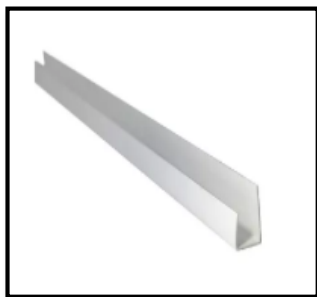


Figura N°24: Perfil J  
Fuente: La Empresa

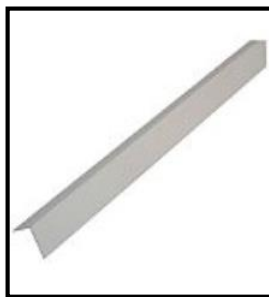


Figura N°25: Perfil L  
Fuente: La Empresa

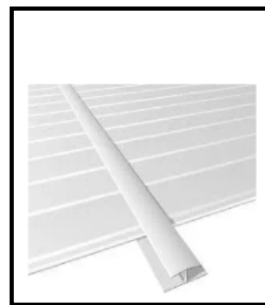


Figura N°26: Perfil H  
Fuente: La Empresa

#### 2.4.5. Línea eléctrica

Canaleta pesada de PVC: El producto, tal y como se muestra en la Figura 27, crea un sistema de tendido eléctrico, en la cual protegerá el cableado interno. Compuesto de material auto-extinguible, evitando que el fuego perdure. Tolerancia a una temperatura máxima de 85 °C antes de su derretimiento. Largo: 2 metros.



Figura N°27: Canaleta pesada  
Fuente: La Empresa

Tapa ciega rectangular/ovalada/circular: En la Tabla 15 se detallan las presentaciones del producto y las mismas se observan en las Figuras 28, 29 y 30.

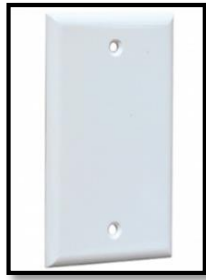


Figura N°28: Tapa ciega rectangular  
Fuente: La Empresa



Figura N°29: Tapa ciega ovalada  
Fuente: La Empresa



Figura N°30: Tapa ciega circular  
Fuente: La Empresa

**Tabla N°15 Tapa ciega**

	MEDIDAS		
	LARGO	ANCHO	ESPESOR
<b>RECTANGULAR</b>	115 mm	70 mm	1.2 mm
<b>OVALADA</b>	130 mm	76 mm	1.2 mm
<b>CIRCULAR</b>	110 mm (diámetro)	-	1.2 mm

Accesorio para canaleta de pared tapón final/unión/codo externo/codo interno/modelo L:

En la Tabla 16 se detallan las presentaciones del producto y las mismas se observan en las Figuras 31, 32, 33, 34 y 35:

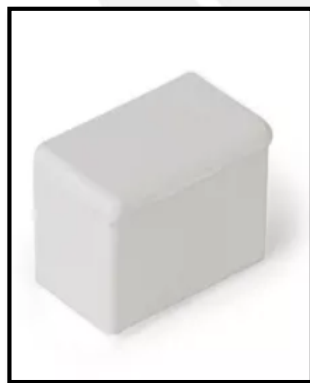


Figura N°31: Canaleta de pared tapón final  
Fuente: La Empresa



Figura N°32: Canaleta de pared tapón unión  
Fuente: La Empresa

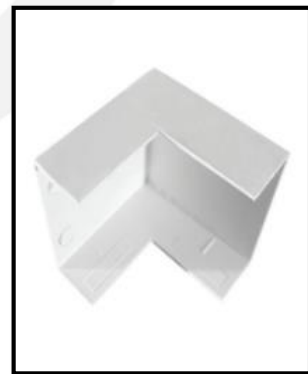


Figura N°33: Canaleta de pared tapón codo externo  
Fuente: La Empresa

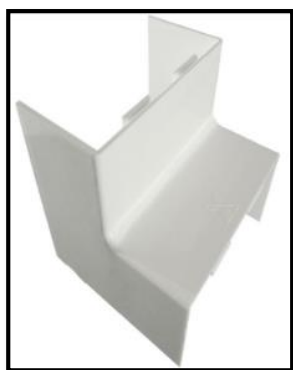


Figura N°34: T Canaleta de pared tapó codo interno  
Fuente: La Empresa



Figura N°35: Canaleta de pared tapón modelo L  
Fuente: La Empresa

Tabla N°16 Canaleta de pared

MEDIDAS
ANCHO
1/2"
3/4"
1"
1"1/2
2"

## 2.5. Descripción general del proceso productivo

La fabricación de los productos previamente mencionados en La Empresa sigue las siguientes etapas, resumidas en la Figura 37 y detalladas a continuación:

Moldeo por extrusión: La mayor parte de los productos fabricados en La Empresa son elaborados a partir del moldeo por extrusión, donde el polímero fundido pasa a través de una matriz según la forma deseada. El proceso de moldeo por extrusión inicia con el mezclado, donde se combina el polvinilo con el colorante correspondiente en la máquina mezcladora. Dicha mezcla, la cual sale tibia, es depositada en recipientes de plástico.

Posterior al mezclado inicia el moldeo, donde el operario escoge una matriz con el diseño a pedido del cliente, con el fin de depositar la mezcla obtenida del proceso anterior, para luego calentarla controlando que la temperatura llegue a 140° C. Después, la mezcla pasa por las matrices y al mismo tiempo es enfriada con ayuda de un refrigerante.

Moldeo por inyección: El proceso inicia de igual manera que el moldeo por extrusión, con la mezcla fundida y coloreada según el tipo de producto. Posterior al proceso de mezclado, el PVC fundido es llevado a la inyectora, donde es depositado e impulsado

por un pistón hidráulico hacia la matriz, la cual es escogida por el operario según el diseño deseado.

Luego de haber realizado el moldeo, el proceso continúa con las siguientes operaciones:

Cortado: Es un proceso manual, donde el operario está a la espera del producto resultante del moldeo por extrusión o inyección para realizar el corte según las especificaciones del producto. (Según el tipo de producto elaborado, puede o no pasar por el proceso de cortado).

Ensamblado: En esta zona el material adhesivo se junta con los llamados repuestos de aluminio (enviados por la empresa tercerizada desde China ya troquelada con el nombre de La Empresa) mediante una máquina de rodillos que comprime el repuesto y el adhesivo para lograr unirlos. Este proceso es aplicable para los productos que son conformados por adhesivos de PVC y bases de aluminio.

Empaquetado y Sellado: Los productos son llevados a la zona de empaquetado, donde son colocados en bolsas plásticas transparentes, las cuales tienen diferentes tamaños según la presentación de cada producto. Luego de sellar las bolsas, estas son ubicadas en las estanterías del almacén a la espera de su distribución.

En la Figura 36 se detalla la distribución de la planta de La Empresa:

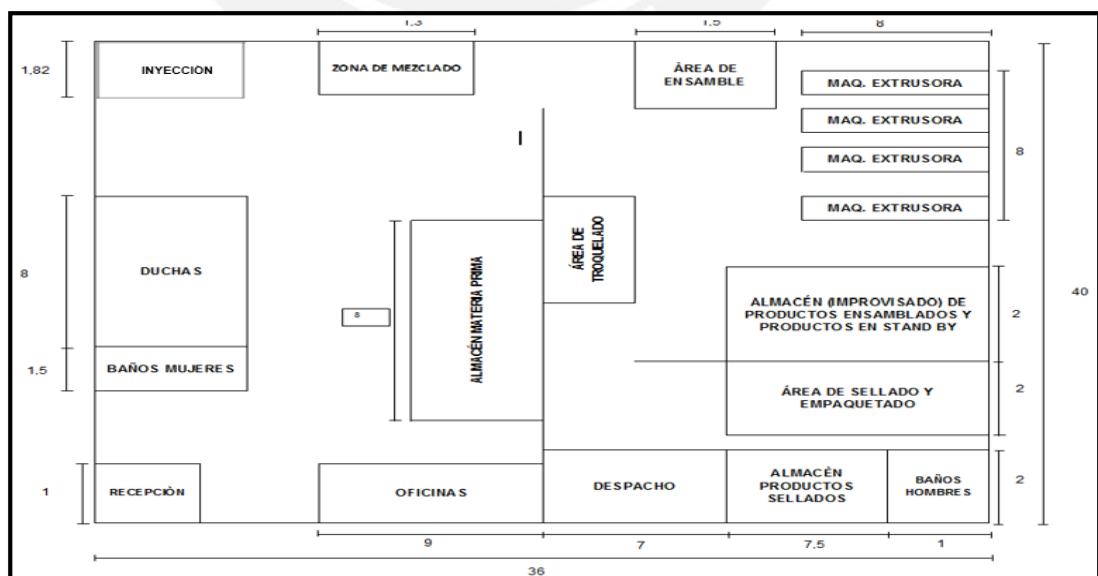


Figura N°36: Distribución de La Empresa

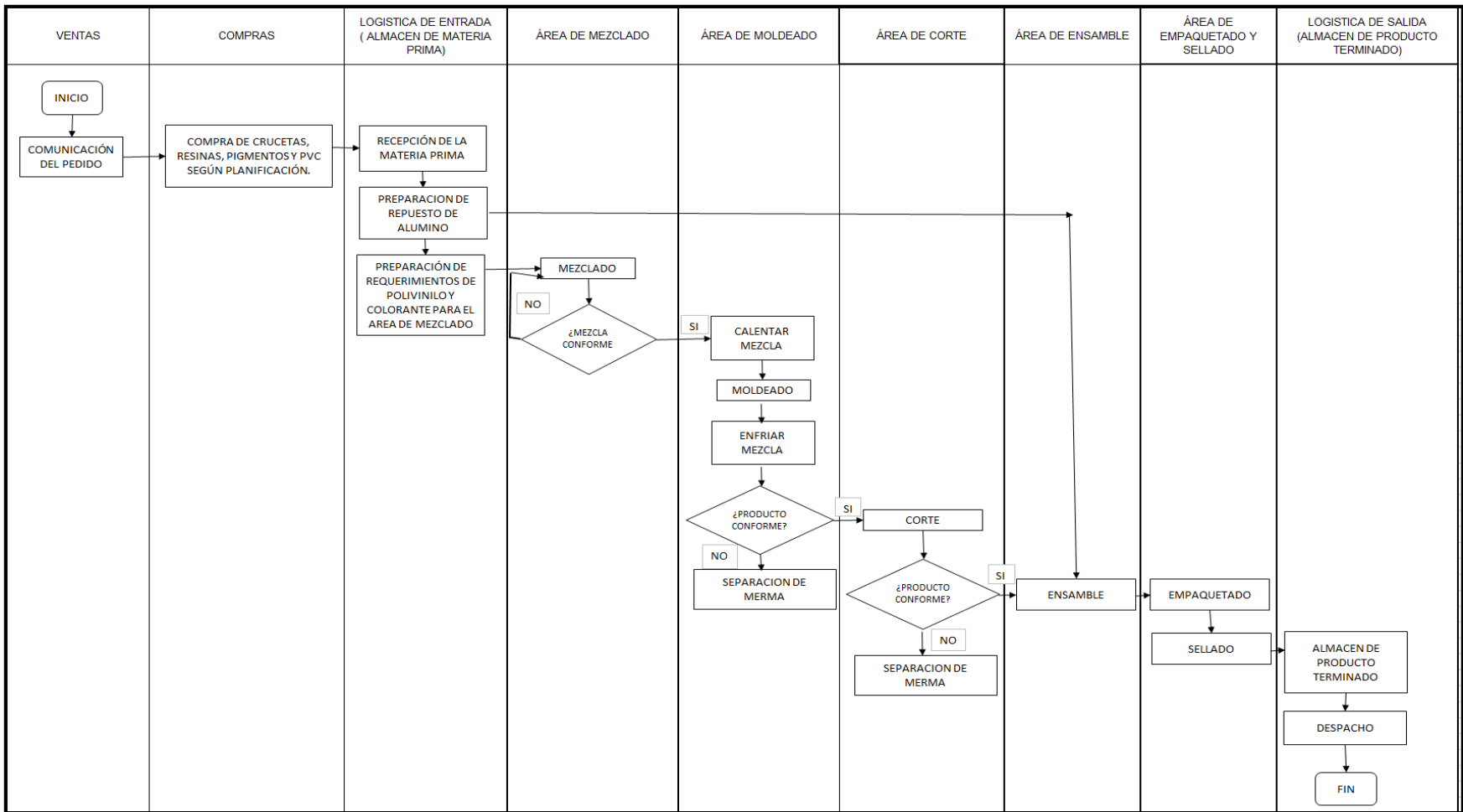


Figura N°37: Flujograma de La Empresa

## 2.6. Equipos

La Empresa cuenta con diferentes tipos de maquinarias aplicables a la fabricación de sus líneas productos en PVC. Estos equipos han sido adquiridos a nivel nacional y La Empresa, sea el caso que suceda algún tipo de falla, cuenta con repuestos y personal capacitado para su mantenimiento. En la Tabla 17 se detallan los equipos utilizados en La Empresa:

**Tabla N°17 Equipos de La Empresa**

Ítem	Equipo	Zona de Trabajo	Cantidad disponible	Observaciones
1	Inyectora	Zona de Inyección	1	-
2	Mezcladora	Zona de Mezclado	1	Encargada de mezclar el PVC virgen y los pigmentos de cada color de acuerdo al pedido que se solicite
3	Extrusora	Zona de Extrusión	4	La mayor parte de los productos fabricados en La Empresa son elaborados a partir de este tipo de moldeo.
4	Cortadora	Zona de Extrusión	1	Empleado al final de la zona de extrusión ara el cortado de las tiras adhesivas
5	Troqueladora	Zona de troquelado	1	Empleado para troquelar productos con nombre de La Empresa

## CAPÍTULO 3. DIAGNÓSTICO DEL PROCESO

### 3.1. Selección de la línea de producción a estudiar

Para la determinar la línea de producción de La Empresa que será caso de estudio para la debida aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing, se utilizarán las cifras de producción de cada línea de La Empresa como se detalla en la Tabla 18 correspondientes al año 2017. Posteriormente, a partir de la data recolectada y un análisis de Pareto, se obtuvo el resultado por línea de producción presentado en la Figura 38, por lo que se concluye que la línea de acabados de la construcción es la más representativa, ya que constituye el 25% del volumen total de producción de La Empresa.

Tabla N°18 Demanda anual de La Empresa

Nombres de los productos	DEMANDA ANUAL			ABC
	2017	% Frecuencia	% Acumulativo	
Línea de acabo de la construcción	301,600	25%	25%	A
Línea de herramientas de la construcción	279,070	23%	47%	B
Línea eléctrica	267,650	22%	69%	B
Línea accesorios para tocador	197,080	16%	85%	C
Línea cielo raso, drywall y fibrocemento	183,460	15%	100%	C

### 3.2. Selección de familia de productos a estudiar

Luego de la selección del tipo de línea de la producción de La Empresa para ser caso de estudio, se determinará la familia de productos dentro de la línea seleccionada. Por el método de Womack y Jones (1996), se agruparán los productos pertenecientes a la línea de acabados de la construcción seleccionada según los pasos de producción que siguen para la transformación de la materia prima.

Como se detalla en la Tabla 19, los productos A, B, C y D pertenecen a la familia de productos "Y", mientras que los productos E y F pertenecen a la familia de productos "Z". Por otra parte, según el diagrama de Pareto desarrollado que se presenta en la

Tabla 20 y Figura 39 los productos A, B, C y D, pertenecientes a la familia de productos “Y”, son los más representativos en cuanto al ingreso por ventas; por lo que, es la familia “Y” la cual será estudiada para la implementación de las herramientas de la manufactura esbelta según los tipos de problemas que se identificarán.

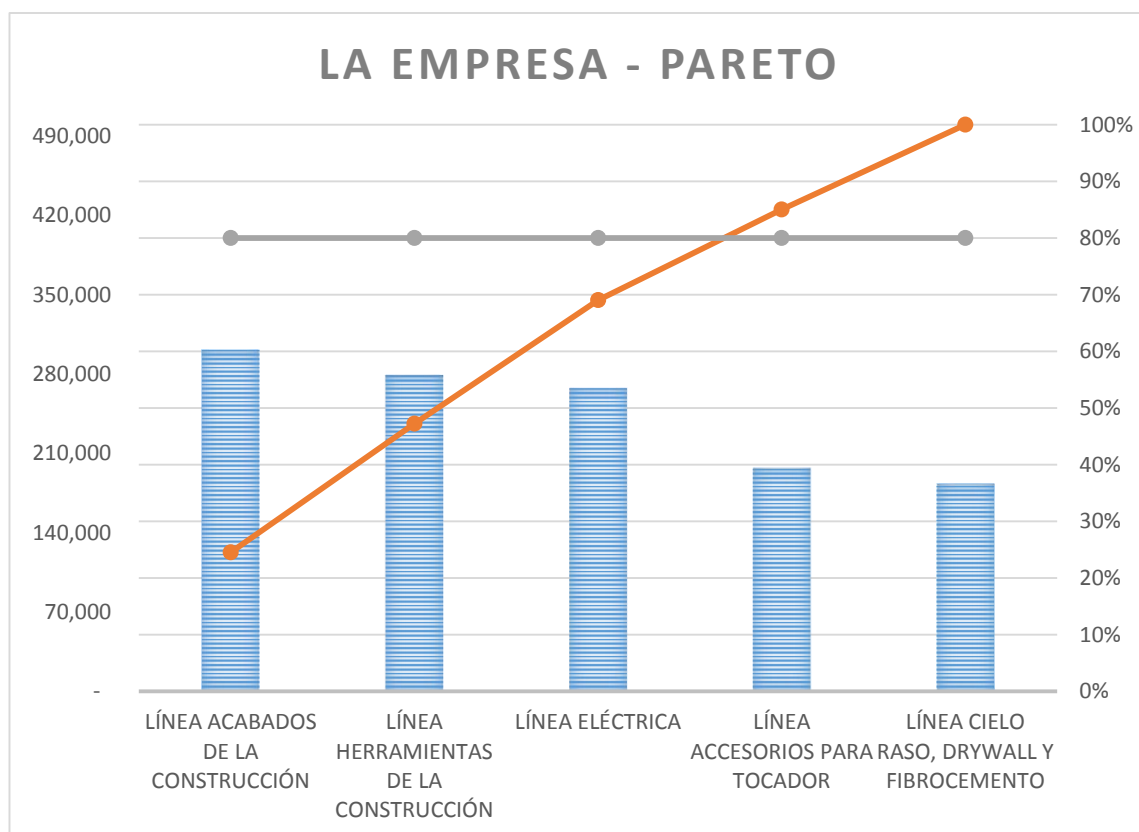


Figura N°38: Diagrama de Pareto de Producción

Tabla N°19 Familia de Productos de La Empresa

		PASOS DE PRODUCCIÓN						FAMILIA
		Mezcla	Molde: Ext.	Molde: Iny.	Corte	Ensam.	Empa. y Sellado	
		1	2.1	2.2	3	4	5	
PRODUCTOS	A	X	X		X		X	Y
	B	X	X		X	X	X	
	C	X	X		X		X	
	D	X	X		X		X	
	E	X		X			X	Z
	F	X		X			X	

Tabla N°20 Ingreso anual por ventas en soles de La Empresa

Item	Familia	Nombres de los productos	Ventas	% Frecuencia	% Acumulativo
A	Y	Pasos adhesivos con base de aluminio	S/. 951,750.00	33%	33%
B		Pasos adhesivos	S/. 632,100.00	22%	54%
C		Separador de ambientes	S/. 603,750.00	21%	75%
D		Cinta flex adhesiva	S/. 512,550.00	18%	93%
E	Z	Crucetas pesadas	S/. 139,905.00	5%	97%
F		Espaciador para blocks de vidrio	S/. 77,035.00	3%	95%

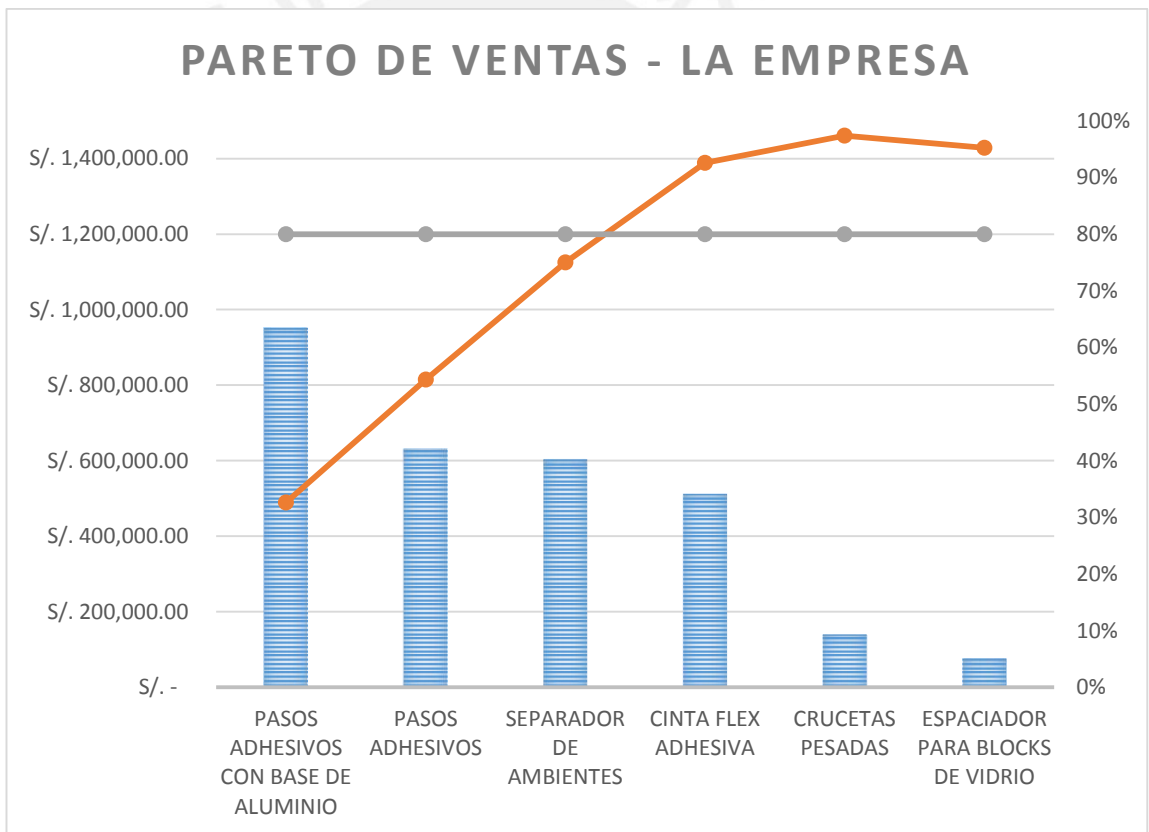


Figura N°39: Diagrama de Pareto de Ventas

### **3.3. Desarrollo del Mapa de Flujo de Valor (VSM)**

Posterior a la selección de la familia de productos que serán utilizadas como caso de estudio, se desarrollará el mapa de flujo de valor con la finalidad de proporcionar información sobre el flujo de los materiales e información dentro del proceso productivo a fin de conducir los procesos a la mejora continua a través de las herramientas de Lean Manufacturing.

La información sobre la cantidad de pedidos y el tiempo de entrega es brindada por el área de operaciones, los cuales utilizan dicha información para elaborar el planeamiento de la producción. En cuanto al flujo de materiales, la información se obtiene directamente de planta, ya que los operarios cuentan con una hoja de ruta del proceso completo, en el cual se plasma el tiempo que requiere el material por zona de trabajo. Además, los tiempos totales de almacenamiento y despacho de producto terminado será información otorgada por los jefes de almacén y despacho respectivamente.

Por otra parte, la información requerida para el llenado de la casilla de datos en la Figura 40 se obtendrá de la siguiente manera:

La llegada de la materia prima a La Empresa se realiza a través de camiones que envían los proveedores, los cuales depositan la materia prima en el almacén correspondiente. De acuerdo al tipo de producto, puede variar el tiempo de almacenaje entre 2 a 5 días, tiempo que es considerado como uno que no genera valor al producto.

Para el cálculo del tiempo de valor agregado (TVA) y el tiempo de valor no agregado (TVNA), estos son obtenidos directamente del estudio de tiempos que se realizó previamente; habiéndose obtenido un TVA de 144 segundos y un TVNA de 5.8 días.

En cuanto al tiempo de ciclo del proceso productivo de la familia seleccionada, se considerará que paquete contiene solo una unidad de producto. En la Tabla 21 se detalla las especificaciones de peso de la familia de productos seleccionada:

**Tabla N°21 Especificaciones de peso de la familia seleccionada**

Familia	Número de unidades por paquete	Peso por paquete (gr)	Número de paquetes por agrupamiento	Peso en agrupamiento (gr)
Y	1	500	8	4000

De acuerdo a la Tabla 21, se observa que almacenarán un grupo de 8 paquetes que contienen solo una unidad de producto y posteriormente, se enviarán los grupos a la zona de almacenamiento de productos terminados hasta el momento de su despacho.

Respecto al *takt time*, el cual es el ritmo de la producción adecuado al tiempo de compra del consumidor, a fin de satisfacer al cliente, se definirá a través de la siguiente relación:

$$Takt\ time = \frac{Tiempo\ de\ producción\ disponible}{Cantidad\ total\ requerida}$$

En cuanto al tiempo disponible de La Empresa, ésta cuenta con 28 800 segundos al día, los cuales son destinados el 69% del total a la familia de productos seleccionada, obteniéndose finalmente 19 872 segundos y una cantidad requerida de producción de 1060 unidades. Finalmente, con los datos detallados, se obtiene un *takt time* de 18.74 segundos.

Con el dato de *takt time* y un ritmo de producción de 27.11 segundos, obtenido de la relación del tiempo disponible al día de La Empresa versus la cantidad total requerida de los productos de la familia seleccionada, se observa que La Empresa produce a un ritmo más lento de lo que el cliente demanda la familia de productos en estudio, lo que consecuentemente produce retraso en pedidos, insatisfacción del cliente, incumplimiento al plan de producción, deterioro de las máquinas debido al aceleramiento de la producción.

El último paso luego del previo análisis de la situación actual de La Empresa, se trata de la elaboración del mapa de flujo de valor, el cual permitirá evidenciar las

oportunidades de uso de herramientas necesarias para la mejora continua del proceso como se evidencia la Figura 40.

### 3.4. Identificación de desperdicios en el VSM

A partir del mapa de flujo de valor actual observado en la Figura 40, se procederá a realizar la identificación de desperdicios que afecten el proceso de producción de la familia de productos previamente seleccionada, con la finalidad de mejorar los tiempos de ciclo y de entrega del producto al cliente, a fin de mejorar su satisfacción con el último en mención; además, de generar mayor competitividad en el sector de plásticos en el mercado actual.

A continuación, se detallarán los desperdicios identificados:

#### Inventarios

Los operarios ubican la materia prima en el proceso de mezclado, la cual no es utilizada en su totalidad en un día de trabajo, sin tomar en cuenta el espacio y costo por mantenimiento de inventarios, lo cual ocasiona parte del desorden y riesgo por accidente para los operarios. De igual manera con las zonas de trabajo posteriores, donde se apilan los productos en proceso. Esto último sucede con mayor intensidad cuando algún pedido especial la planificación de la demanda aumenta. De acuerdo al VSM en la Figura 40, el cálculo del WIP se obtuvo a través de las unidades inventariadas en el proceso y el valor de la demanda del mercado (*takt time*), habiéndose obtenido un tiempo de valor no agregado de 5.8 días.

$$WIP = \frac{\text{Unidades inventariadas entre procesos}}{\text{takt time}}$$

#### Movimientos innecesarios

Las herramientas de trabajo no tienen un orden establecido dentro de la zona de producción. Por una parte, las herramientas que son propias de una zona de trabajo no se encuentran a la mano del operario, sino que se encuentran dispersas en el área, provocando que el operario realice movimientos no necesarios en búsqueda de las herramientas; por otro lado, hay herramientas que son empleadas por más de un área de trabajo; sin embargo, de igual manera que el primer caso expuesto, éstas no tienen un área única de localización, por lo que los operarios toman parte del tiempo de sus actividades para dirigirse innecesariamente a zonas de trabajo en búsqueda

de las herramientas. Si bien es cierto, el desperdicio descrito no se observa directamente en el VSM, el estudio de movimientos se reflejará a mayor detalle en la herramienta SMED por medio de un diagrama de Spaghetti. (Figura 42).

#### Productos defectuosos

Durante el proceso de producción se generan desperfectos en los productos finales, los cuales son detectados cuando ya se finalizó el proceso, previo al empaquetado, ya que no se toma en cuenta el control de la calidad durante todo el proceso.

#### Tiempos de espera

Los procesos de mezclado y extrusión son los que tienen mayor tiempo de ciclo dentro de la línea de producción, por lo que el resto de procesos, con menor tiempo de ciclo, deben esperar a que los puestos de mayor ciclo culminen su tarea para continuar con la producción, generando que los operarios tengan tiempo ocioso.

### **3.5. Identificación de métricas Lean**

Luego de la descripción de los desperdicios, se procede con la identificación de las métricas *lean* que permitirán alcanzar el mapa de flujo de valor futuro.

Las métricas que se ajustan a la situación actual de La Empresa son las que se proceden a detallar a continuación:

#### Tiempo promedio entre fallas

Para obtener el MTBF (*Mean Time Between Failures*), como se muestra en la Tabla 22, se utilizó el tiempo de operación de las máquinas que intervienen en la línea de producción seleccionada, las cuales se manipularán de forma mensual; mientras que la información del número de fallas al mes por cada tipo de máquina se obtuvo directamente de los operarios, obteniéndose así un MTBF promedio mensual de 20.16 horas.

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo total de operación}}{\textit{Número de fallas}}$$

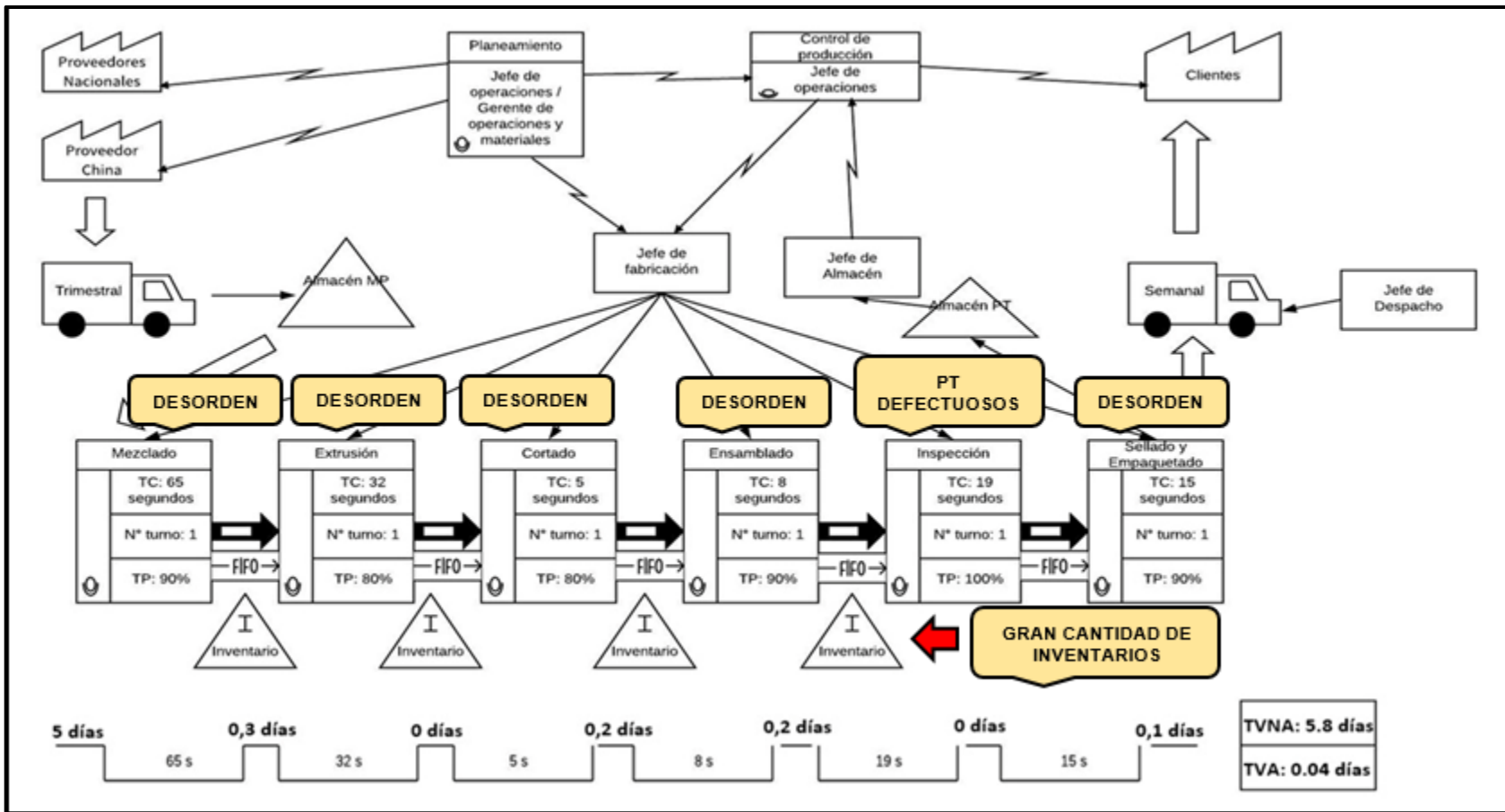


Figura N°40: VSM Actual

Tabla N°22 MTBF de La Empresa

Item	Máquinas	Tiempo de operación (horas/mes)	Número de fallas	MTBF (horas)
1	Mezcladora	192	4	48.00
2	Extrusora	192	12	16.00
3	Extrusora	192	15	12.80
4	Extrusora	192	16	12.00
5	Extrusora	192	16	12.00
				<b>20.16</b>

Tiempo promedio para reparar

Para obtener el MTTR (*Mean Time to Repair*), como se muestra en la Tabla 23, se utilizó el tiempo en minutos que requiere cada máquina para ser reparada al mes y el número de fallas por máquina. Esta información fue brindada por los operarios que trabajan con las máquinas en la línea de producción. Finalmente se obtuvo un MTTR de 21.73 minutos.

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación}}{\text{Número de fallas}}$$

Tabla N°23 MTTR de La Empresa

Item	Máquinas	Tiempo de restauración (min/mes)	Número de fallas	MTTR (min)
1	Mezcladora	180	4	45.00
2	Extrusora	279	12	23.25
3	Extrusora	250	15	16.67
4	Extrusora	230	16	14.38
5	Extrusora	150	16	9.38
				<b>21.73</b>

Eficiencia global de la extrusora

Para obtener el OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), se realizó el cálculo de la disponibilidad, tasa de rendimiento y tasa de calidad a partir de la información técnica proporcionada por el jefe de fabricación y los operarios.

Disponibilidad: Este ratio se determina partiendo del tiempo planificado de producción, al cual se le sustrae el tiempo de las paradas no planificadas, para así obtener el tiempo bruto de producción.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo bruto de producción}}{\text{Paradas no planificadas}}$$

Tasa de rendimiento: Este ratio se determina a partir del tiempo bruto de producción, al cual se le sustrae el tiempo de pérdidas de eficiencia, para así obtener el tiempo neto de producción.

$$Tasa\ de\ rendimiento = \frac{Tiempo\ neto\ de\ producción}{Tiempo\ bruto\ de\ producción}$$

Tasa de calidad: Este ratio se determina a partir del tiempo neto de producción, al cual se le sustrae el tiempo por pérdidas de calidad, para así obtener el tiempo de valor añadido.

$$Tasa\ de\ calidad = \frac{Tiempo\ de\ valor\ añadido}{Tiempo\ neto\ de\ producción}$$

Finalmente, para el cálculo del OEE se detalla en la Tabla 24 la información brindada por el personal técnico de la planta (horas al año):

**Tabla N°24 Resumen de data para cálculo del OEE**

Producción diaria	2400	horas
Tiempo de operación	2348	horas
Tiempo no programado	52	horas
Tiempo planificado	2308	horas
Paradas planificadas	40	horas
Tiempo bruto de producción	1748	horas
Paradas no planificadas	560	horas
Tiempo Neto de Producción	1508	horas
Pérdidas de eficiencia	240	horas
Tiempo de valor añadido	1268	horas
Pérdidas de calidad	240	horas

A partir de la data detallada en la Tabla 24, se obtuvieron los siguientes resultados para las métricas *lean* seleccionadas inicialmente, resumidas en la Tabla 25.

**Tabla N°25 Cálculo del OEE**

Disponibilidad	75.7%
Tasa de rendimiento	86.3%
Tasa de calidad	84.1%
<b>OEE</b>	<b>54.9%</b>

### 3.6. Desarrollo del Mapa de Flujo de Valor futuro

Luego del desarrollo del mapa de flujo de valor actual de La Empresa y las métricas *lean*, se identificarán oportunidades de mejora en la línea de producción a través del desarrollo de un mapa de flujo de valor futuro. En la Figura 41, se detallan las herramientas de la filosofía de la manufactura esbelta, la cuales tienen como objetivo disminuir los desperdicios y problemáticas localizadas en el mapa de flujo de valor actual.

La finalidad del mapeo de la situación futura de La Empresa tiene como objetivo comprender el comportamiento de la demanda de la familia de productos seleccionada como caso de estudio, además de generar flujo tanto para clientes internos como externos, lo cual se logrará a través de la reducción del tiempo de valor no agregado, el cual debe pasar de 5.8 días a 1.45 días. Por otra parte, se propone la implementación de un programa de las 5S para lograr puestos de trabajo más organizados, ordenados y limpios, el cual se trabajará de la mano junto con el mantenimiento autónomo, a fin de reducir las paradas de producción por fallas en las máquinas y no acortar el ciclo de vida de estas. Además, se propone también la implementación de la metodología SMED para abordar las disminuciones de rendimiento por cambios y set-up. Estas herramientas en mención serán las que tendrán mayor priorización en la propuesta de mejora.

En cuanto a los indicadores calculados en la sección 3.5, se tiene como objetivo lograr un OEE del 75%, ya que según el Instituto de Mejora Continua (2016), una empresa comienza a generar competitividad cuando alcanza un valor mínimo del 75%, el cual debe continuar incrementándose, a través de la mejora continua, hasta un mínimo de 85% para que La Empresa sea considerada de Clase Mundial. Asimismo, se propone el incremento del tiempo promedio entre fallas en un 35% y la reducción del tiempo promedio para reparar del 30%, lo cual permitirá una producción con mayor continuidad. Éstos tres objetivos de mejora en las métricas *lean* se muestran en la Tabla 26.

**Tabla N°26 Objetivos de las Métricas Lean**

<b>Métrica</b>	<b>Actual</b>	<b>Futuro</b>	
<b>OEE</b>	54.90%	75%	
<b>MTBF</b>	20.16	27.216	horas
<b>MTTR</b>	21.73	15.213333	min

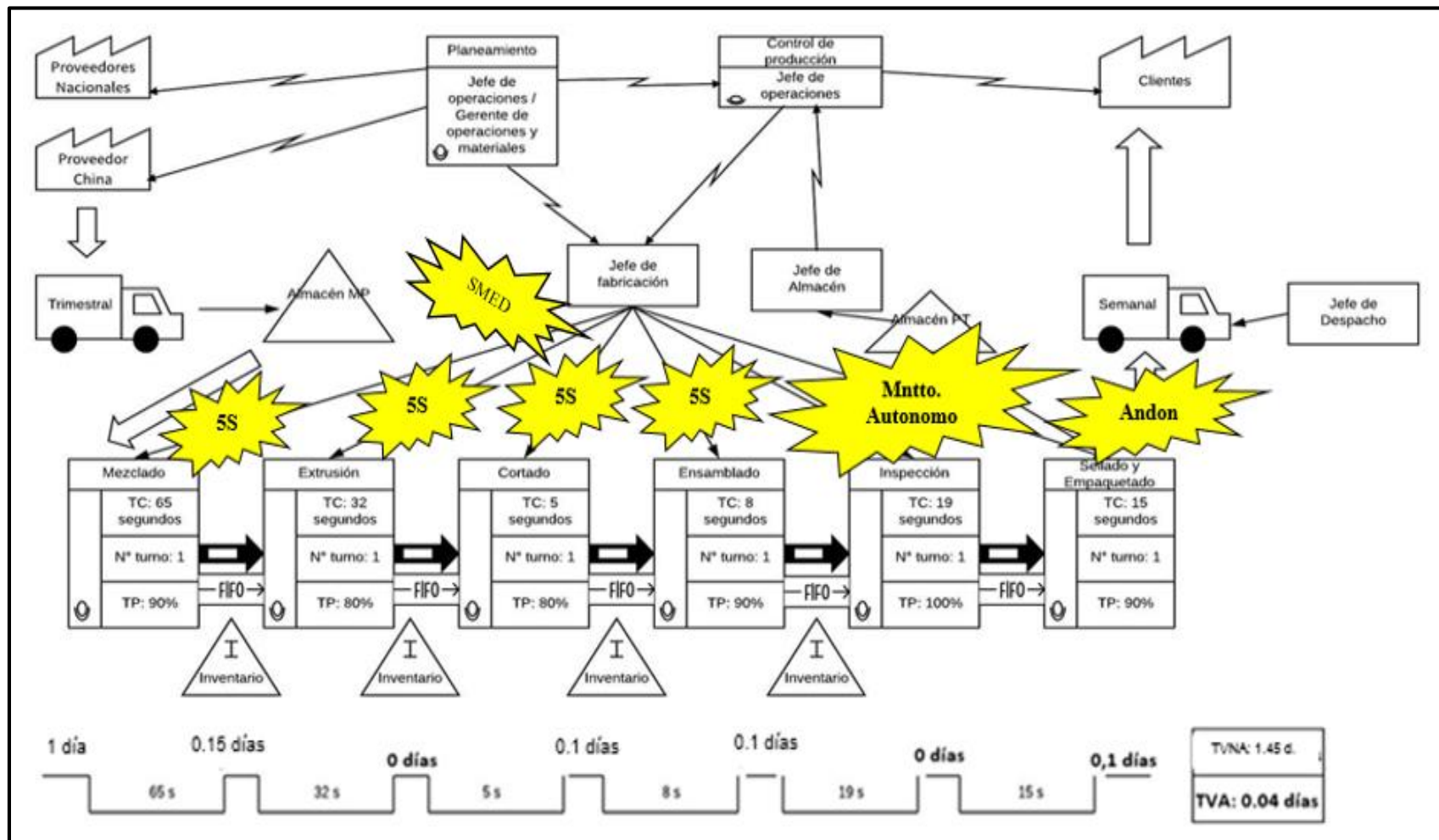


Figura N°41: VSM Futuro

## CAPÍTULO 4. PROPUESTA DE MEJORA

### 4.1. Aplicación del SMED

Para el proceso que sigue la familia de productos seleccionada de la línea de acabados de la construcción, se aplicará la herramienta SMED a la zona de extrusión, ya que se identificó en el capítulo anterior que el tratamiento de la máquina es mayor comparada a la mezcladora.

#### 1.- Preparación para el SMED:

Esta etapa es netamente visual y analítica, donde se identificó las causas de la extensión del tiempo de preparación en la máquina extrusora:

- Las piezas y herramientas no se encuentran listas para iniciar el proceso de preparación y, como consecuencia, los tiempos de búsqueda de herramientas se expanden.
- No existe un método estándar de la preparación de la máquina.

Por otra parte, el proceso de preparación actual de la máquina extrusora cuenta con 22 actividades detalladas en la Tabla 27, con sus tiempos respectivos, las cuales siguen la ruta de proceso como se muestra en Figura 42, donde inicialmente un único operario realiza la preparación y todos los movimientos para la obtención de piezas y herramientas.

#### 2.- Separación de la preparación interna de la externa:

El objetivo de esta etapa es separar las actividades que agregan valor al *set-up* de aquellas que no, a fin de clasificarlas como actividades internas, externas o tomar la decisión de eliminarlas. Como se mencionó en capítulos previos, las actividades internas son aquellas que necesitan que la máquina se encuentre detenida, mientras que las externas son aquellas que se pueden llevar a cabo con la máquina operativa. En la Tabla 28 se detallan las actividades identificadas para el *set-up* actual de la máquina extrusora y la clasificación en actividades internas, externas o aquellas que pueden ser eliminadas.

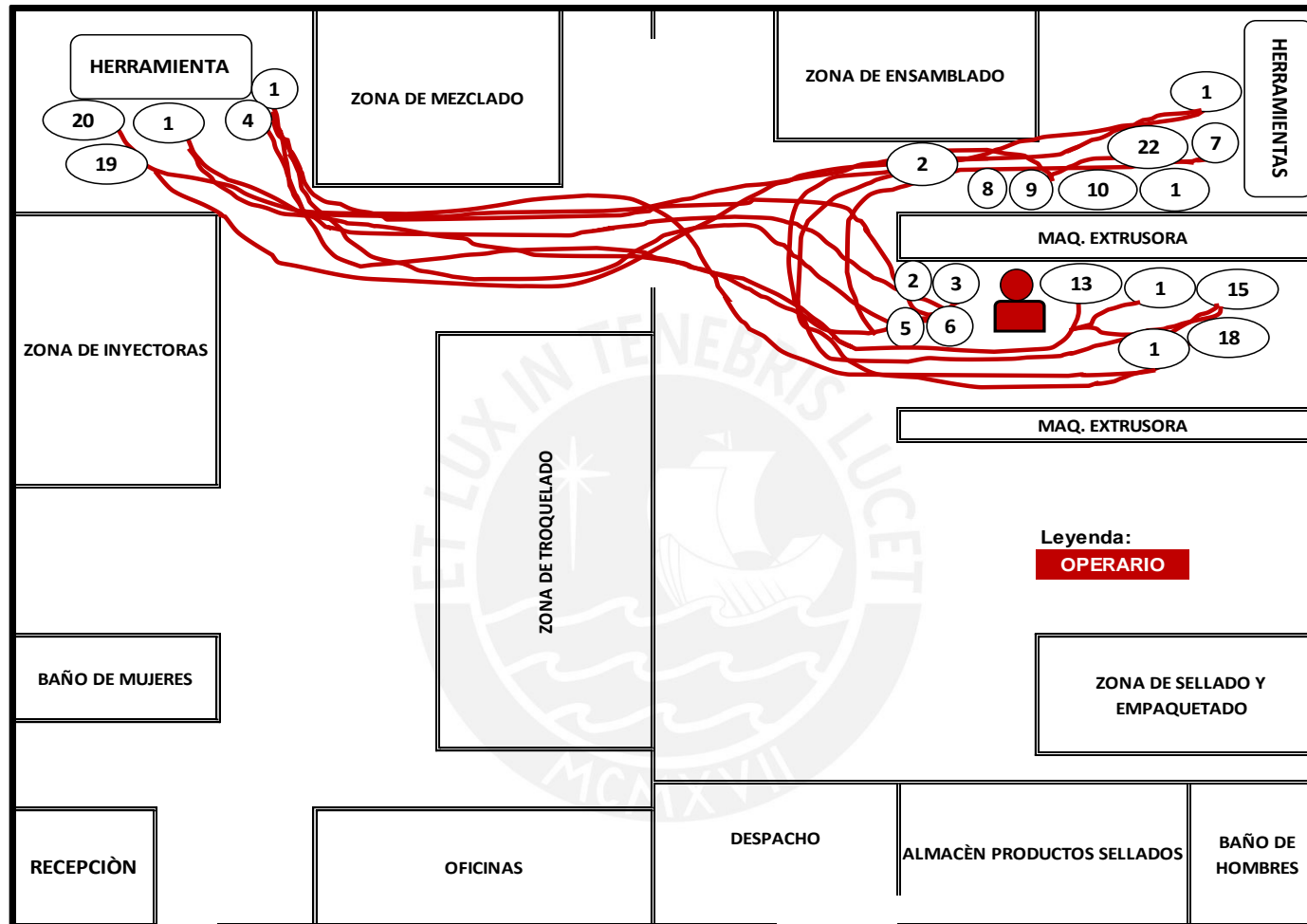


Figura N°42: Diagrama Spaghetti Actual

**Tabla N°27 Actividades y tiempos de Set-up Extrusora**

	<b>Actividad</b>	<b>Tiempos (s)</b>
1	Búsqueda de herramienta	90
2	Retirar tornillo de boquilla	60
3	Retirar boquilla	10
4	Búsqueda de la herramienta	90
5	Desajustar pernos	80
6	Limpiar boquilla	120
7	Recoger boquilla de referencia a producir	30
8	Montar boquilla para producir	180
9	Asegurar boquilla con los pernos	80
10	Centrar dado	50
11	Montar resistencia del cabezal	100
12	Búsqueda de herramientas	90
13	Aflojar tornillo de calibrador	60
14	Retirar calibrador	10
15	Limpiar el calibrador	120
16	Recoger calibrador a utilizar	30
17	Montar calibrador	80
18	Ajustar calibrador	90
19	Búsqueda de herramientas	90
20	Recoger prisioneros para producir	30
21	Montar prisioneros delanteros	80
22	Montar prisioneros traseros	80
		<b>1650</b>

**Tabla N°28 Actividades Set-up Extrusora**

Actividad	Método actual		Método Propuesto		
	Actividad Interna	Actividad externa	Actividad Interna	Actividad externa	Actividad eliminada
Búsqueda de herramienta	x				x
Retirar tornillo de boquilla	x		x		
Retirar boquilla	x		x		
Búsqueda de la herramienta	x				x
Desajustar pernos	x		x		
Limpiar boquilla	x			x	
Recoger boquilla de referencia a producir	x				x
Montar boquilla para producir	x		x		
Asegurar boquilla con los pernos	x		x		
Centrar dado	x		x		
Montar resistencia del cabezal	x		x		
Búsqueda de herramientas	x				x
Aflojar tornillo de calibrador	x		x		
Retirar calibrador	x		x		
Limpiar el calibrador	x			x	
Recoger calibrador a utilizar	x				x
Montar calibrador	x		x		
Ajustar calibrador	x		x		
Búsqueda de herramientas	x				x
Recoger prisioneros para producir	x				x
Montar prisioneros delanteros	x		x		
Montar prisioneros traseros	x		x		

Luego de haber identificado las actividades que pueden ser convertidas en externas o ser eliminadas, en la Figura 43 y **Tabla 29** se logra evidenciar que de las 22 actividades evaluadas para el *set-up* de la extrusora, 2 de ellas pueden ser convertidas en actividades externas y 7 de ellas pueden ser eliminadas; por lo que, en términos de tiempo, existe un ahorro del 42%. Por otra parte, los 11.5 minutos ahorrados impacta en el proceso de producción al poder utilizar dicho tiempo en el proceso de producción de lotes pequeños de los productos pertenecientes a la línea de acabados de la construcción; por lo que, tomando en cuenta que cada producto de la línea necesita aproximadamente 2.1 minutos para su producción, con el tiempo disponible ahorrado por cada *set-up* se lograría fabricar 5 productos más.

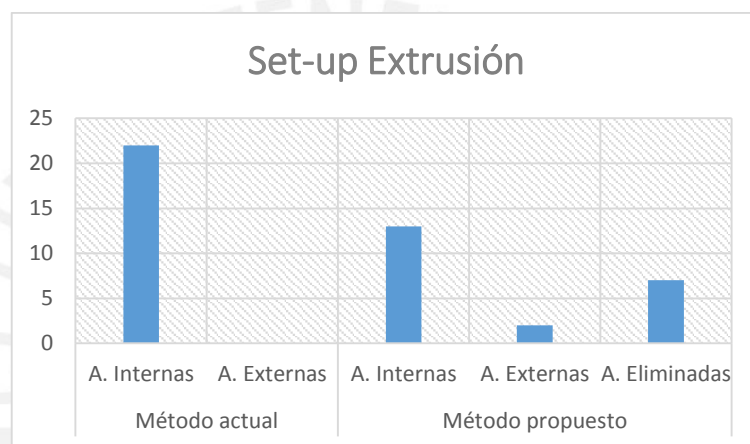


Figura N°43: Set-up Extrusora

Por otra parte, se propone como solución a la eliminación de actividades por desplazamientos que los operarios, al momento de realizar el *set-up*, tengan sus herramientas previamente listas en un cinturón de como se muestra en la Figura 44, a fin de eliminar los desplazamientos innecesarios por búsqueda de herramientas. Además, se propone el ingreso de un ayudante para el alcance de piezas o partes de cambio de la máquina, de tal manera que el ayudante trabaje a la par que el operario, eliminando así el tiempo de la actividad.

Tabla N°29 Tiempos Set-up actual vs propuesto

Actividad	Tiempos (s) actual	Tiempos (s) propuesto
Búsqueda de herramienta	90	
Retirar tornillo de boquilla	60	60
Retirar boquilla	10	10
Búsqueda de la herramienta	90	
Desajustar pernos	80	80
Limpiar boquilla	120	
Recoger boquilla de referencia a producir	30	
Montar boquilla para producir	180	180
Asegurar boquilla con los pernos	80	80
Centrar dado	50	50
Montar resistencia del cabezal	100	100
Búsqueda de herramientas	90	
Aflojar tornillo de calibrador	60	60
Retirar calibrador	10	10
Limpiar el calibrador	120	
Recoger calibrador a utilizar	30	
Montar calibrador	80	80
Ajustar calibrador	90	90
Búsqueda de herramientas	90	
Recoger prisioneros para producir	30	
Montar prisioneros delanteros	80	80
Montar prisioneros traseros	80	80
	<b>1650</b>	<b>960</b>



Figura N°44: Cinturón de herramientas  
Fuente: Porter

Finalmente, a partir de lo ya propuesto, se obtiene el proceso de preparación de la máquina extrusora propuesto como se detalla en el diagrama de spaghetti en la Figura 45, donde se observa que la línea azul, representado por quien prepara la máquina, solo realiza movimientos alrededor de la misma, mientras que la línea verde, representado por el ayudante, es quien se encarga de traer solo las piezas de mayor tamaño que no puedan ser colocadas en el cinturón de herramientas; de tal forma que el tiempo por traslados innecesarios se eliminan, reduciendo así el tiempo de preparación de la máquina extrusora.

### 3.- Ajuste final de los aspectos de preparación:

Una vez realizada la mejora, se debe realizar la propuesta al área correspondiente a fin de lograr su aprobación y documentación en los manuales propios de la máquina. Además, el proceso propuesto deberá permanecer en mejora continua.

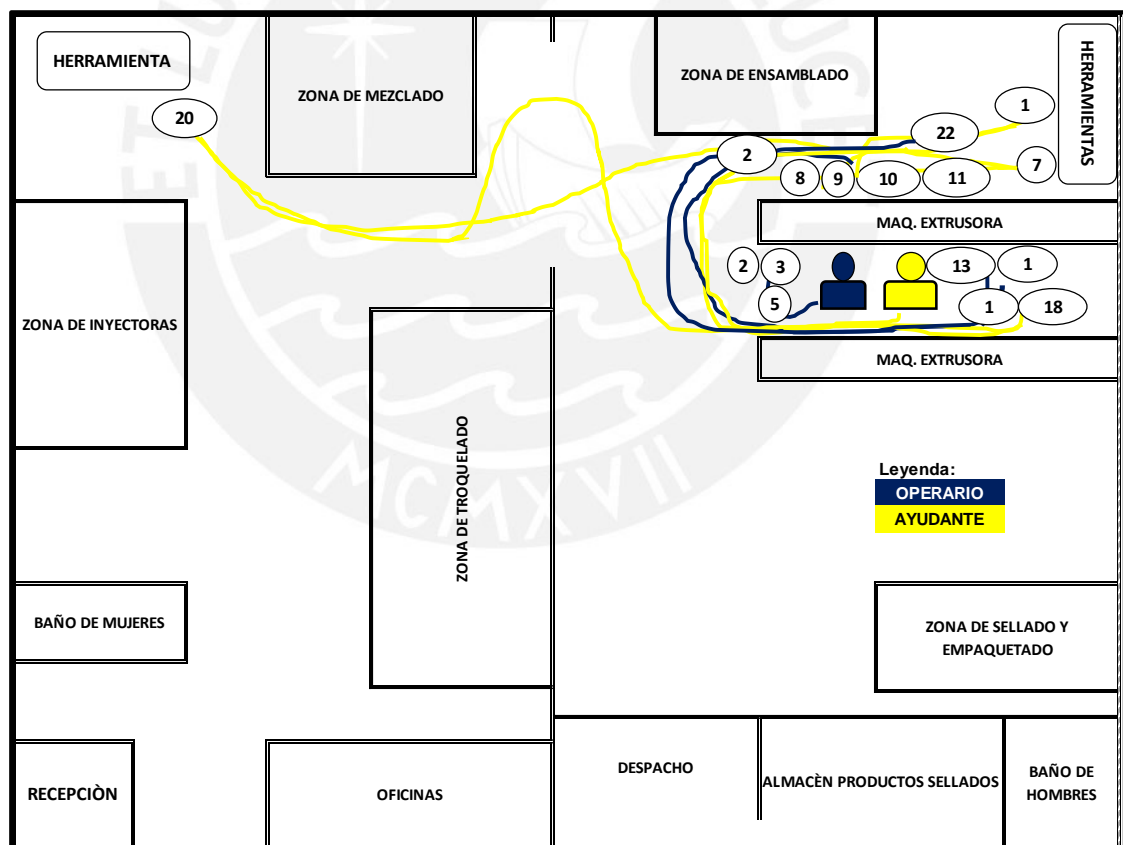


Figura N°45: Diagrama Spaghetti Propuesto

## 4.2. Aplicación de las 5S y Mantenimiento Autónomo

La Figura 46, Figura 47 y Figura 48 son muestra de la necesidad de aplicación de la herramienta de las 5S dentro de la empresa. En primer lugar, la Figura 46 muestra la colocación de los sacos de materia prima en las áreas de trabajo en lugar de ubicarse en el almacén correspondiente, lo cual disminuye el espacio de circulación del personal y genera desorden de tránsito; por otra parte, la Figura 47 y Figura 48 se muestra que los estantes, que inicialmente fueron colocados con fines de colocar herramientas, son utilizados para colocar materia prima y desperdicios.



Figura N°46: Área de Mezclado  
Fuente: La Empresa



Figura N°47: Repisa 1  
Fuente: La Empre



Figura N°48: Repisa 2  
Fuente: La Empresa

En forma general, La Empresa no guarda un orden de las herramientas y materiales utilizados para la fabricación de sus productos. Además, La Empresa cuenta con repisas por cada zona de trabajo para la ubicación de las herramientas propias del puesto; sin embargo, con el paso de los años, se ha perdido el propósito inicial de éstas, ya que las herramientas son dejadas finalmente en la misma zona de trabajo.

Por otra parte, en cuanto a mantenimiento de máquinas, La Empresa solo realiza mantenimiento correctivo cuando se presente la ocasión, fuera de ello, no posee un programa de mantenimiento.

Previo a la implementación de las herramientas de las 5S, es importante que los operarios sean capacitados, a fin de que comprenda la importancia y el know-how de cada una de éstas. Posterior a ellos, se procede con la implementación.

#### 4.2.1. Implementación de *Seiri*

En esta etapa, junto con la participación de los operarios, se procede con la clasificación de los elementos ubicados dentro de los puestos de trabajo, los cuales serán etiquetados con tarjetas de colores, como se muestran en la Figura 49, para identificar su utilización.

a. Elementos de uso constante en el puesto de trabajo:

Estos elementos serán etiquetados con una tarjeta de color verde y dentro de esta categoría se ubicarán aquellos elementos que son de uso frecuente en el puesto de trabajo para desempeñar en manos del operario sus principales labores.

b. Elementos de uso menos constante en el puesto de trabajo:

Estos elementos serán etiquetados con una tarjeta de color amarillo y dentro de esta categoría se ubicarán aquellos elementos que son utilizados dentro del puesto de trabajo, pero no constantemente; es decir, no son requeridas por todas las piezas que pasan por el puesto de trabajo.

c. Elementos de trabajo que no son requeridos en el puesto de trabajo:

Dentro de esta categoría, se identifican dos tipos de elementos: los que no son requeridos por el puesto de trabajo donde se ubican actualmente, pero si son requeridos en otros puestos; y aquellos elementos que no son requeridos por el puesto actual ni por ningún otro. Los primeros en mención, serán etiquetados con

una tarjeta de color naranja para su posterior y correcta reubicación; por otra parte, los últimos en mención serán etiquetados con una tarjeta de color roja.

<b>Fecha</b>	_____
<b>Área</b>	_____
<b>Línea de producción</b>	_____
<b>Puesto Actual</b>	_____
<b>Decisión</b>	_____
<b>Comentarios</b>	_____
	_____
	_____
<b>Leyenda</b>	
<b>Verde</b>	Lugar correcto, uso constante
<b>Amarilla</b>	Lugar correcto, uso no constante
<b>Naranja</b>	Lugar incorrecto
<b>Roja</b>	Innecesario

Figura N°49: Tarjeta de clasificación

Para proceder con el etiquetado de los elementos de cada puesto de trabajo, se utilizará primero un formato para la identificación del uso de los elementos en el puesto actual o en otro (Véase Tabla 30, Clasificación de elementos) para lo cual se responderá las siguientes preguntas del formato: ¿Es necesario el elemento?, si es necesario, ¿es la cantidad necesaria?, si es necesario, ¿está correctamente localizado?, etc. Por medio de estas preguntas, se logrará contar con la cantidad correcta de los elementos y en el lugar correcto; además de desechar aquellos que no son necesarios.

#### 4.2.2. Implementación de *Seiton*

Posterior a la eliminación de los elementos innecesarios ubicados en los puestos de trabajo, de forma conjunta con los operarios, se identificarán los elementos de uso permanente en cada puesto de trabajo, los cuales se encontrarán bajo la responsabilidad del o los operarios que trabajan en el puesto. Los elementos de uso diario y permanente deberán ser colocados al lado del operario y, aquellos que son usados una vez al día o en ciertas piezas, serán colocados en las repisas que serán ubicadas en cada puesto de trabajo.

Tabla N°30 Clasificación de elementos

CLASIFICACIÓN DE ELEMENTOS								
	Elemento	¿Es necesario en la zona?	¿Es necesario en otra zona?	¿Es necesario, ¿Es de uso constante?	¿Es necesario, ¿Es la cantidad necesaria?	¿Es necesario, ¿Está en el lugar correcto?	Decisión Final	Color de Tarjeta
Zona Extrusión	Reglas	No	Si	-			Mover elemento a zona de sellado	
Zona Extrusión	Formatos de Calibración de equipos	Si	No	No			Mantener en la zona actual	
Zona Extrusión	Manguera	No	Si	-			Mover a zona de Mezclado	
Zona Extrusión	Caja de repuestos	Si	No	No			Mantener en la zona actual	
Zona Extrusión	Botellas de pigmentos	Si	No	Si	Si	Si	Mantener en la zona actual	
Zona Extrusión	Ventiladores	No	Si	-			Transferir a zonas administrativas	
Zona Extrusión	Grasa	Si	No	Si	Si	Si	Mantener en la zona actual	
Zona Extrusión	Aceite	Si	No	Si	Si	Si	Mantener en la zona actual	
Zona Extrusión	Muestras de Color	No	Si	-			Mover a zona de Mezclado	
Zona Mezclado	Manija de tubería	No	Si	-			Devolver a Proveedor	
Zona Mezclado	Cuadernos	No	Si	-			Transferir a zonas administrativas	
Zona Mezclado	Tornillos y tuercas	Si	No	No			Mantener en la zona actual	
Zona Mezclado	Sacos de pigmentos	Si	No	-			Mover a almacén	
Zona Mezclado	Alicate	Si	No	No			Mantener en la zona actual	
Zona Mezclado	Llaves inglesas	Si	No	No			Mantener en la zona actual	
Zona Mezclado	Carrito montacarga	No	Si	-			Mover a zona de despacho	
Zona Mezclado	Sacos de poliestireno	Si	No	-			Mover a almacén	
Zona Sellado	Rótulos de productos terminados	Si	No	Si	Si	Si	Mantener en la zona actual	
Zona Sellado	Piezas de equipos	No	No	-			Devolver a Proveedor	
Zona Sellado	Escobas	No	Si	-			Mover a zona de limpieza / Junto a baño de damas	
Zona Sellado	Tijeras	Si	No	Si	Si	Si	Mantener en la zona actual	

Finalmente, luego de clasificado los elementos por su tiempo de uso y en los debidos puestos de trabajo, estos serán definidos por un código representativo para su rápida identificación como se muestra en la Tabla 31.

**Tabla N°31 Ubicación y codificación de elementos**

Elemento	Decisión Final	Zona Actual	Zona Propuesta	Codificación	Ubicación
Reglas	Mover elemento a zona de sellado	Extrusión	Sellado	SE - 0001	Mesa
Formatos de Calibración de equipos	Mantener en la zona actual	Extrusión	Extrusión	EX - 0001	Estante
Manguera	Mover a zona de Mezclado	Extrusión	Mezclado	MZ - 0001	Estante
Caja de repuestos	Mantener en la zona actual	Extrusión	Extrusión	EX - 0002	Estante
Botellas de pigmentos	Mantener en la zona actual	Extrusión	Extrusión	EX - 0003	Estante
Ventiladores	Transferir a zonas administrativas	Extrusión	Administrativas	AD - 0001	-
Grasa	Mantener en la zona actual	Extrusión	Extrusión	EX - 0004	Estante
Aceite	Mantener en la zona actual	Extrusión	Extrusión	EX - 0005	Estante
Muestras de Color	Mover a zona de Mezclado	Extrusión	Mezclado	MZ - 0002	Estante
Manija de tubería	Devolver a Proveedor	Mezclado	Desechar/Devolver	-	-
Cuadernos	Transferir a zonas administrativas	Mezclado	Administrativas	AD - 0002	-
Tornillos y tuercas	Mantener en la zona actual	Mezclado	Mezclado	MZ - 0003	Cajón
Sacos de pigmentos	Mover a almacén	Mezclado	Almacén	AL - 0001	-
Alicate	Mantener en la zona actual	Mezclado	Mezclado	MZ - 0004	Cajón
Llaves inglesas	Mantener en la zona actual	Mezclado	Mezclado	MZ - 0005	Cajón
Carrito montacarga	Mover a zona de despacho	Mezclado	Despacho	DS - 0001	-
Sacos de poliestireno	Mover a almacén	Mezclado	Almacén	AL - 0002	-
Rótulos de productos terminados	Mantener en la zona actual	Sellado	Sellado	SE - 0002	Cajón
Piezas de equipos	Devolver a Proveedor	Sellado	Desechar/Devolver	-	-
Escobas	Mover a zona de limpieza / Junto a baño de damas	Sellado	Limpieza	LM - 0001	-
Tijeras	Mantener en la zona actual	Sellado	Sellado	SE - 0003	Cajón

Luego de haber identificado las áreas a las que pertenecerán los elementos mantenidos en la zona de producción, se procederán a ubicarlos en estantes, cajoneras y/o mesas según se propone y detalla en la Tabla 30. En la Figura 50 se muestra, a través del layout de la empresa, la propuesta de ubicación de los estantes, mesas o cajoneras en las áreas de mezclado, extrusión, sellado y empaquetado.

#### 4.2.3. Implementación de Seiso

En La Empresa hace falta insertar una cultura de limpieza por parte del personal, ya que, al finalizar su jornada laboral, estos no se disponen a realizar una limpieza de sus puestos de trabajo, por lo que se propone implementar un horario estricto de limpieza al iniciar la jornada laboral y al finalizarla. Puesto que el horario de los operarios es de 8 am a 5 pm, se propone el uso de 30 minutos, al inicio (15 minutos) y al finalizar la jornada (15 minutos) para la limpieza de sus puestos. El tiempo de limpieza se dará por zonas de acuerdo como se detalla en la Tabla 32.

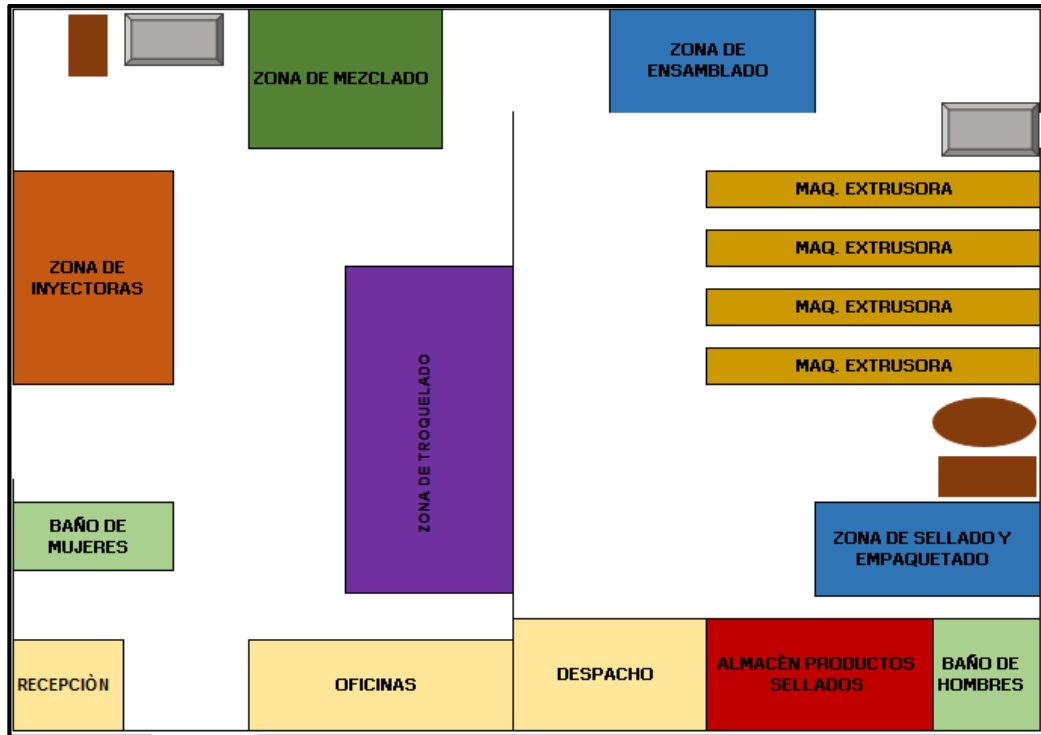


Figura N°50: Layout Propuesto *Seiton*

Debido a la escasez de una cultura de limpieza en La Empresa, la disposición de estos horarios propuestos debe ser muy estricto el primer mes, de tal manera que los operarios logren adoptar el hábito de limpieza como una costumbre no obligada. Además, dentro de la limpieza de los puestos, se incluye el estricto orden los elementos usados en los lugares designados según la implementación *Seiton*.

Finalmente, para concretar el control de la limpieza de los puestos de trabajo, se propone el uso de un *check list* (Véase Figura 51) de los puestos de trabajo, de tal forma que los operarios pueden verificar la culminación de la limpieza al identificar los aspectos detallados en ella.

FORMATO DE CONFORMIDAD DE LIMPIEZA DEL PUESTO DE TRABAJO		
Fecha	_____	Nombre del operario: _____
Turno	_____	_____
Hora	_____	_____
Línea de producción	_____	
Puesto de Trabajo	_____	

CUMPLE		ACTIVIDADES
SI	NO	
		Materiales en lugar asignado
		Mesa de trabajo limpia
		Piso limpio y sin derrames
		Máquina limpia
		Basura clasificada

Figura N°51: Conformidad de limpieza

Tabla N°32 Cronograma de limpieza diaria

Lunes a Viernes 5:00 pm a 5:30 pm (máximo)		
Limpieza general		
Zona	Cantidad de operarios	Implementos de limpieza
Mezclado	2	Desengrasante industrial, limpiador de suelos industrial, escoba, waype
Extrusión	2	Desengrasante industrial, limpiador de suelos industrial, escoba, waype
Cortado	1	Escoba, desempolvador
Sellado y empaquetado	2	Escoba, desempolvador
Baños	2	Limpiador WC, escobilla

#### 4.2.4. Implementación del Mantenimiento Autónomo

Para lograr la implementación del mantenimiento autónomo, es importante que se lleven a cabo la primera y segunda S, de tal forma que se logre un comienzo exitoso. Normalmente, el mantenimiento autónomo se lleva a cabo en paralelo con la tercera S.

Etapa cero: Es en esta etapa donde se procederá con la estandarización de los componentes y sus anomalías, establecimiento de objetivos del área, reconocimiento de equipos y máquinas a través de fotografías y listado de implementos de limpieza para llevar a cabo, a la par, la tercera S.

A fin de causar mayor impacto en el proceso de producción de la línea seleccionada, se procederá a aplicar el mantenimiento autónomo al equipo que mayores paradas genere, el cual, en el caso de la línea de acabados de la construcción, se trata de la

extrusora. Al ser identificada esta última como el equipo que genera mayor cantidad de paradas, se utilizará como punto de partida para mejorar el MTBF actual.

Por otra parte, con la finalidad de aumentar la efectividad global del equipo (OEE), se propone capacitar al personal en técnicas de inspección, preparación de estándares de inspección, técnicas de lubricación y técnicas de limpiezas de los equipos; en primer lugar, en los equipos propios de la línea y, luego que el operario haya adquirido la maestría suficiente, puede implementar lo aprendido en otros equipos. El objetivo principal de la capacitación es que los trabajadores conozcan ampliamente los equipos que operan, además de identificar cuando se requiere un mantenimiento del tipo preventivo e ir erradicando los de tipo correctivo y, así, disminuir el tiempo de paradas de producción. Además; se propone la implementación del formato como se muestra en la Figura 52, a fin de ser llenados por los operarios al final de cada día de trabajo en donde indican si detectaron alguna anomalía durante la limpieza e inspección de las máquinas. El costo estimado es de 500 soles.

Se considera que el operario anote el tiempo que le lleva hacer la limpieza y la inspección porque es importante realizar un seguimiento de cuánto tiempo les lleva a los trabajadores realizar estas actividades. La idea es que el tiempo se reduzca cada vez más a través del tiempo, ya que el propósito de realizar estas inspecciones es encontrar los focos de contaminación, desperdicio o fallas, y eliminarlos, para que se así se tenga mayor tiempo para dedicar a la producción.

Además, se propone la implementación de formatos *One Lesson Point* para las máquinas ubicadas en La Empresa, a fin de que la limpieza de las máquinas no sea encargada por una sola persona, sino que todos los operarios puedan hacer la misma actividad con la ayuda visual del formato presentado en la Figura 53. Por otra parte, se recomienda que la limpieza de las máquinas sea cada 30 días.

Ficha de evaluación de Mantenimiento Autónomo	
Fecha:	_____
Nombre:	_____
Máquina:	_____
Colocar check si cumple:	
Máquina no presenta desperdicios al final de la jornada:	<input type="checkbox"/>
Máquina no presenta anomalías:	<input type="checkbox"/>
Tiempo promedio de limpieza e inspección:	<input type="checkbox"/>
Observaciones:	_____

Figura N°52: Formato Mantenimiento

#### 4.2.5. Implementación de *Seiketsu*

Para lograr mantener lo establecido en los puntos anteriores, se deben cumplir de forma estricta los siguientes puntos:

- Se debe mantener el estado final de las tres primeras S por medio de la motivación al personal por su participación en la implementación de la metodología de las 5S, a través del reconocimiento público de sus logros y cooperación con La Empresa identificando la mejora por medio de indicadores comparativos de un antes y después.
- El empaquetado del producto terminado debe ser inmediatamente después que sea concluido, de tal forma que no se acumulen los productos en el área y se disminuya así los tiempos de espera.
- Como se mencionó en el apartado de la tercera S (*Seiso*), los operarios llegarán 15 minutos antes de iniciar la jornada laboral a fin de limpiar, ordenar e identificar su puesto de trabajo. De igual manera, se retirarán 15 minutos después de finalizada la jornada laboral para limpiar su zona de trabajo.



- Elaborar y cumplir con un sistema de prevención en caso de emergencias: este debe ser implementado por el personal de mayor rango en colaboración de los operarios, los cuales deben tener en cuenta lo que deben hacer en caso de una emergencia.
- Contar con un botiquín de primeros auxilios y capacitar al personal en primeros auxilios.
- Mantener los servicios de uso básico en funcionamientos y limpios, lo cual es parte del cuidado de la higiene personal de los trabajadores.

#### 4.2.6. Implementación de *Shitsuke*

Esta última S será percibida a partir de la implementación de los cambios establecidos en la clasificación, orden, limpieza y estandarización. La disciplina se encuentra directamente relacionada al cambio cultural por parte del personal, la cual es observada a través de la conducta que toman frente a los cambios constructivos establecidos.

El personal debe mantenerse motivado a continuar disciplinadamente los cambios, por lo que se expondrán los logros obtenidos a partir de su compromiso a través de un tablero de gestión visual, el cual contendrá imágenes de un antes y después, indicadores de las áreas de trabajo, responsabilidades del personal, etc.

### **4.3. Aplicación del Control Visual - ANDON**

Con la finalidad de disminuir o eliminar mudas, mejorar la calidad, mantenimiento, planificación del trabajo y seguridad, y contribuir al orden y la organización, se propone la aplicación de un sistema de control visual, específicamente Andon, el cual permitirá complementar las herramientas previamente propuestas: SMED y 5S/Mantenimiento Autónomo, a fin de disminuir el tiempo de respuesta ante algún problema en las máquinas y colaborar con la gestión visual de lo que se requiere o no en el entorno de trabajo, respectivamente. Para el desarrollo y aplicación del sistema Andon no se tienen establecidos prerrequisitos específicos; sin embargo, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Todos los trabajadores deben tener absoluta claridad acerca del significado de los colores de las señales, para que la respuesta ante la condición anormal sea efectiva, por lo que previo a la implementación del sistema, se debe dar una capacitación al personal, a fin de que conozcan el objetivo de la herramienta y su aplicación en la empresa, además del significado de los colores y cómo actuar frente a ellos, a fin de que los trabajadores cuenten con autonomía y criterio para activar las señales correspondientes en las diferentes situaciones que se presenten en la producción.
- Designar lugares específicos que permitan gran visibilidad desde todas las áreas de trabajo de la empresa, para ubicar el panel de visualización Andon que se utiliza para mostrar las condiciones de operación de las áreas de trabajo. En el caso de La Empresa, el tablero será colocado entre las zonas de mezclado y extrusión, donde se alcanza la visualización total por parte de los operarios.

De acuerdo a las características y el objetivo de Andon, se precisa que la herramienta tenga como campo de aplicación todas las estaciones de trabajo de la empresa.

#### Identificación de situaciones anormales

Para implementar el sistema Andon en La Empresa; en primer lugar, es necesario asociar las situaciones que se pueden presentar durante un día normal de producción, con cada una de las llamadas de ayuda que reporta el sistema a los departamentos de calidad, producción, mantenimiento y almacén. Para esto se toma información directa de los supervisores de las distintas áreas de la planta y se la tabula como se evidencia en la Tabla 32.

#### Código de colores asignado para las situaciones de las estaciones de trabajo

Una vez identificadas las múltiples situaciones anormales que se pueden presentar en cada fase del proceso de producción, es vital que todos los trabajadores dominen el código de colores establecido para denominar cada tipo de situación como se muestra en la Tabla 33.

**Tabla N°33 Situaciones anómalas por área**

<b>Supervisor responsable</b>	<b>Situaciones</b>
Calidad	Mayor a 3 problemas de calidad repetitivos en una estación de trabajo La funcionalidad del producto esté afectada La apariencia del producto esté afectada
Producción	Entre 2 y 3 problemas repetitivos en una estación de trabajo Dudas sobre el procedimiento en una estación de trabajo
Mantenimiento	Cambio de herramientas para la producción Problema en alguna máquina de la línea de producción
Almacén	Necesidad de material en una estación de trabajo

La importancia de dominar el código enunciado en la Tabla 34, recae en los tiempos de respuesta antes las situaciones anormales, pues si un trabajador observa una señal generada por una estación de trabajo y no reconoce rápidamente a qué tipo de situación obedece, éste no podrá apoyar al operador o lo hará tarde.

**Tabla N°34 Colores del sistema Andon**

<b>COLOR</b>	<b>TIPO DE SITUACIÓN</b>
<b>ROJO</b>	Máquina descompuesta o con necesidad de mantenimiento (Mantenimiento)
<b>AZUL</b>	Pieza defectuosa (Calidad)
<b>VERDE</b>	Falta de material (Almacén)
<b>AMARILLO</b>	Problemas en la manufactura del producto (Producción)
<b>SIN COLOR</b>	SISTEMA OPERANDO CON NORMALIDAD

### Funcionamiento del sistema Adon

Para activar una de las alarmas se tiene instalada una control como se muestra en la Figura 54, en todas las estaciones de trabajo a disposición de todos los operarios, el cual consta de cuatro botones de los colores indicados en el apartado anterior, los que corresponden a cada alarma posible.

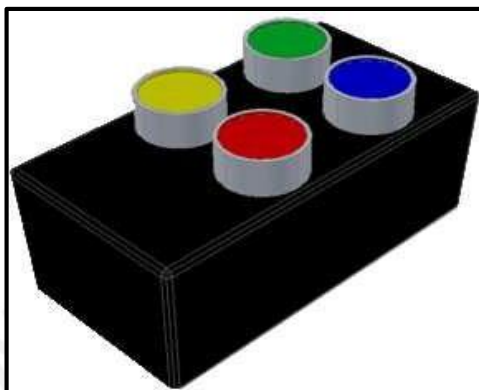


Figura N°54: Control Andon  
Fuente: Cristian Ligña (2012)

Existen tres niveles en cada alarma, como se detallan en las Figura 55 y Figura 56. El primer nivel es la llamada de ayuda y ocurre cuando el operador pulsa un botón de ayuda por primera vez, como respuesta al evento en el panel de visualización se enciende la celda de la alarma con el color correspondiente, empieza a sonar el tono asociado a la alarma elegida y se muestra el nombre de la estación donde se requiere apoyo de uno de los supervisores. El tono continuará sonando indefinidamente y la casilla de la alarma continuará encendida hasta que el responsable de atender a la alarma generada acuda a la estación de origen.

Una vez en la estación de trabajo, y de inmediato, el encargado de solucionar el problema debe presionar el mismo botón por segunda ocasión, es en este instante cuando el tono asociado a la alarma se detiene, la celda iluminada se enciende ahora intermitentemente y el nombre de la estación involucrada sigue siendo mostrado.

Si el problema se soluciona, el encargado de brindar ayuda debe pulsar el mismo botón por tercera ocasión indicando que la situación anormal ha sido superada, es solo después de esto que el panel de visualización apaga la intermitencia de la celda de la alarma y el nombre de la estación, volviendo al reposo en espera de un nuevo evento generado por un operador en busca de ayuda inmediata.

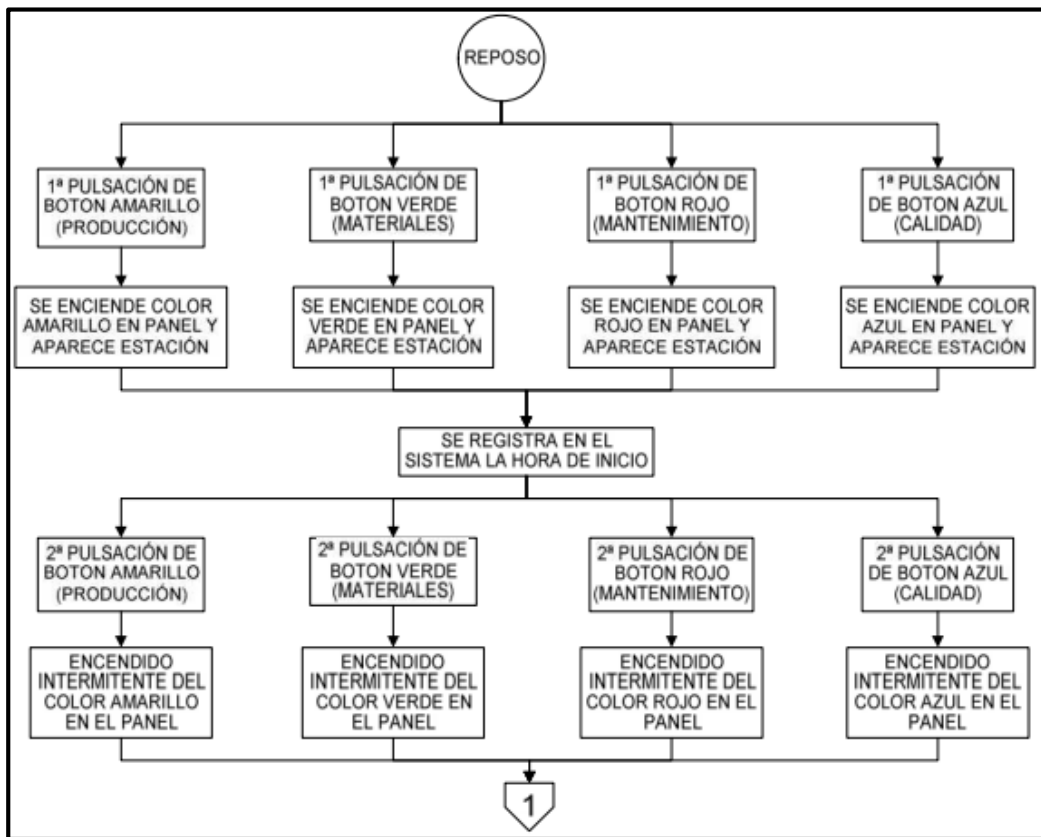


Figura N°55: Sistema Andon I

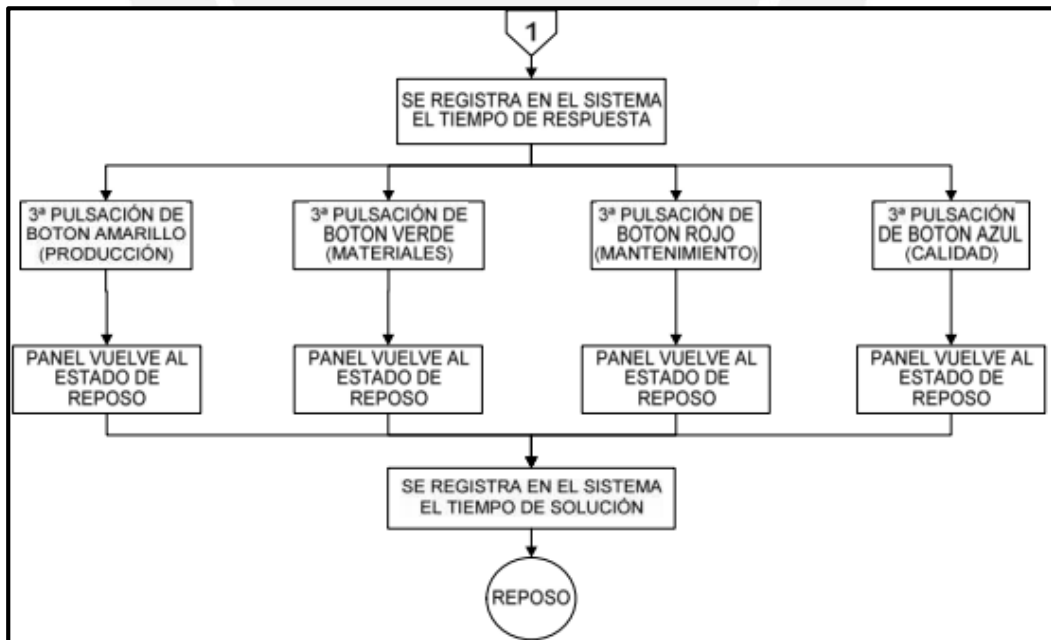
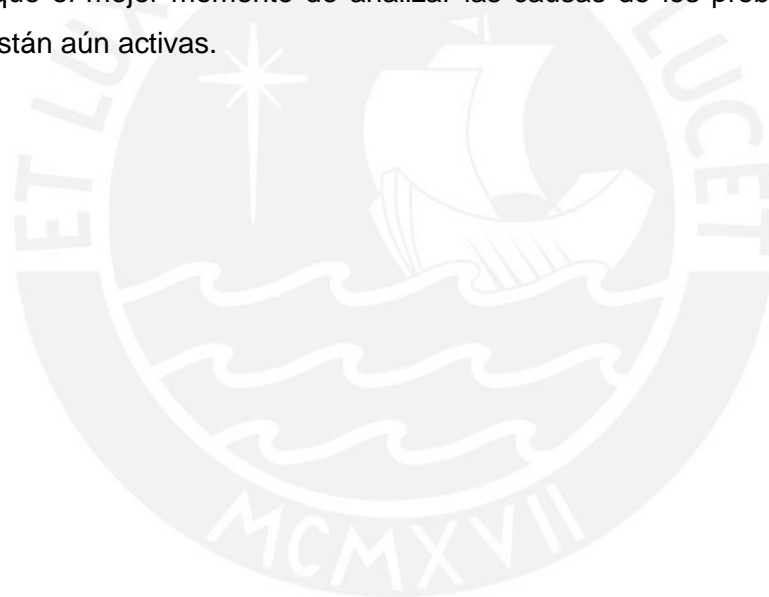


Figura N°56: Sistema Andon II

### Medición del beneficio de la herramienta

Con la información que se obtenga a partir de la implementación de la herramienta, se debe generar gráficos donde se muestren los resultados obtenidos sin la herramienta y con esta, los cuales deben de ser colocadas en un lugar público de la empresa, para que todos los involucrados en producción conozcan los resultados del uso de la herramienta, a fin de generar motivación por la aplicación de la herramienta en los operarios y que se continúe realizando los ajustes necesarios para su mejora continua.

Finalmente, es importante contar con un sistema Andon, ya que una demora puede hacer más difícil identificar la causa del problema y en muchos casos ya no se podrán identificar. El tiempo destruye las evidencias y es muy difícil encontrar las causas, por lo que el mejor momento de analizar las causas de los problemas es cuando estas están aún activas.



## CAPÍTULO 5. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE MEJORA

### 5.1. Gastos de implementación de las propuestas de mejora

#### 5.1.1. Gastos por la implementación SMED

Para la implementación de la metodología SMED, se realizará una capacitación a fin de introducir al personal sobre el impacto de la propuesta, donde un consultor externo especializado en el tema capacitará al personal de la planta. Por otra parte, se incurrirán en gastos por la implementación real del SMED, por lo que se contratará una persona especializada en lo requerido; además de los utensilios propuestos en el Capítulo 4 a fin de mejorar el formato actual de *set-up* de la máquina extrusora. Todo lo mencionado se detalla cuantitativamente en la Tabla 35 y Tabla 36.

**Tabla N°35 Gastos por capacitación SMED**

<b>Capacitación "Implementación del SMED"</b>			
<b>Integrantes</b>	<b>Cantidad de personas</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total/Hr</b>
Especialista en Lean Manufacturing	1	250	250
Jefe de Operaciones	1	35	35
Jefe de Fabricación	1	22	22
Operarios	5	5	25
			<b>S/. 332.00</b>

**Tabla N°36 Gastos por implementación SMED**

#### **Detalle de Implementación**

<b>Motivo</b>	<b>Costo</b>
Estudio del Set-up	S/. 300.00
Distinción de las actividades internas y Externas	S/. 120.00
Cinturón de herramientas	S/. 40.00
Conversión de actividades	S/. 150.00
<b>S/. 610.00</b>	

### 5.1.2. Gastos por la implementación 5S

Para la implementación de las 5S se deben realizar los siguientes gastos:

**Capacitación 5S:** Se tiene que contratar de igual manera un especialista que maneje muy bien la metodología de trabajo y se la explique a los empleados de La Empresa. Para ello, se realizarán tres tipos de capacitaciones, donde las dos primeras (Importancia de la metodología de las 5S e Implementación de las 5S) tienen fines teóricos y de concientización; mientras que la tercera (Implementación de las 5S – Práctico) tiene un fin práctico a fin de que el personal aprenda cómo, cuándo y dónde aplicar correctamente la metodología. En la Tabla 37 y Tabla 38 se muestra el detalle de los gastos de esta actividad.

**Material de Capacitación:** Esta actividad incluye el costo del material necesario para las actividades de capacitación planificadas. Tomando en cuenta el costo de material para cada participante (separatas, casos ejemplo, ejercicios de aplicación, etc.) sale un estimado total de 600 soles por toda la capacitación.

**Tarjetas de limpieza Seiso:** Estos elementos serán usados durante la limpieza inicial de clasificación en el desarrollo de la primera S. Debido a que no se sabe la cantidad de tarjetas que se necesiten en un primer momento para etiquetar todos los materiales desechados, se considera que es mejor que sobren tarjetas a que falten tarjetas. Razón por la cual el costo de esta actividad es de 500 soles.

**Tarjetas de clasificación Seiri:** Al igual que el llenado de fichas, se necesitan tarjetas rojas, amarillas, naranjas y verdes para clasificar los elementos según la primera S. Al igual que en el resto de actividades se desea mantener un stock alto de estas tarjetas para que estén disponibles cada vez que se necesiten. El costo de esta actividad es de 500 soles.

**Implementos de limpieza Seiso:** Los implementos de limpieza serán adquiridos a fin de ayudar con el ingreso de una cultura de limpieza al final la jornada como se explicó en el punto de Seiso, en los cuales se incurrirán en gastos de S/. 750.60.

**Implementos de orden Seiton:** En Seiton se propone la implementación de cajoneras y estantes para mantener el orden de los elementos clasificados y

mantenidos en cada área de trabajo. Las adquisiciones de esto último incurrirán en gastos de S/. 550.

En la Tabla 39 se aprecia el detalle final de la herramienta. Finalmente se incurrirá en S/. 6 101.60 por la implementación de la metodología.

**Tabla N°37 Gastos por capacitaciones 5S**

Capacitación	Duración (Hr)	N° Capacitaciones requeridas	Hr Totales	Costo Total /Hr	Costo Total
Importancia de la metodología de las 5S	1	1	1	S/. 482.00	S/. 482.00
Implementación de las 5S - Teórico	1	1	1	S/. 417.00	S/. 417.00
Implementación de las 5S - Práctico	3	2	6	S/. 417.00	S/. 2,502.00
					<b>S/. 3,401.00</b>

**Tabla N°38 Gastos Totales por capacitaciones 5S**

<b>Capacitación "Importancia de la metodología de las 5S"</b>			
Integrantes	Cantidad de personas	Costo Unitario	Costo Total/Hr
Especialista en Lean Manufacturing	1	250	250
Gerente de Operaciones y Materiales	1	55	55
Jefe de Operaciones	1	35	35
Jefe de Fabricación	1	22	22
Jefe de Almacén	1	10	10
Operarios	22	5	110
<b>Capacitación "Implementación de las 5S - Teórico"</b>			
Integrantes	Cantidad de personas	Costo Unitario	Costo Total/Hr
Especialista en Lean Manufacturing	1	250	250
Jefe de Operaciones	1	35	35
Jefe de Fabricación	1	22	22
Operarios	22	5	110
<b>Capacitación "Implementación de las 5S - Práctico"</b>			
Integrantes	Cantidad de personas	Costo Unitario	Costo Total/Hr
Especialista en Lean Manufacturing	1	250	250
Jefe de Operaciones	1	35	35
Jefe de Fabricación	1	22	22
Operarios	22	5	110

**Tabla N°39 Gastos por insumos en 5S**

**Detalle de Costos de Insumos**

Motivo	Costo
Tarjetas de clasificación de elementos	S/. 500.00
Tarjetas de limpieza	S/. 300.00
Material de capacitación	S/. 600.00
Implementos de orden	S/. 550.00
Implementos de limpieza	S/. 750.60
<b>S/. 2,700.60</b>	

### 5.1.3. Gastos por la implementación Mantenimiento Autónomo

En cuanto al Mantenimiento Autónomo, se realizarán capacitaciones al personal sobre la implementación de la metodología, las cuales estarán a cargo de un especialista externo, el cual desarrollará un sistema teórico – práctico, de tal forma que los empleados se familiaricen con la metodología. En la Tabla 40 y Tabla 41 se detallan los costos incurridos por la implementación del Mantenimiento Autónomo. Finalmente, el costo total será de S/. 4 400 (costo por capacitaciones más el formato implementado como mejora.

**Tabla N°40 Gastos por capacitaciones Mantenimiento Autónomo**

<b>Capacitación "Implementación de OEE"</b>			
<b>Integrantes</b>	<b>Cantidad de personas</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total/Hr</b>
Especialista en Lean Manufacturing	1	250	<b>250</b>
Jefe de Operaciones	1	35	<b>35</b>
Jefe de Fabricación	1	22	<b>22</b>
Operarios	13	5	<b>65</b>
<b>Capacitación "Mantenimiento Autónomo"</b>			
<b>Integrantes</b>	<b>Cantidad de personas</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total/Hr</b>
Especialista en Lean Manufacturing	1	250	<b>250</b>
Jefe de Operaciones	1	35	<b>35</b>
Jefe de Fabricación	1	22	<b>22</b>
Operarios	22	5	<b>110</b>

**Tabla N°41 Gastos Totales por capacitaciones Mantenimiento Autónomo**

<b>Capacitación</b>	<b>Duración (Hr)</b>	<b>N° Capacitaciones requeridas</b>	<b>Hr Totales</b>	<b>Costo Total /Hr</b>	<b>Costo Total</b>
Implementación de OEE	3	2	6	S/. 372.00	S/. 2,232.00
Mantenimiento Autónomo	2	2	4	S/. 417.00	S/. 1,668.00
					<b>S/. 3,900.00</b>

### 5.1.4. Gastos por la implementación del sistema Andon

Para la implementación de las 5S se deben realizar los siguientes gastos:

**Capacitación Andon:** Se tiene que contratar de igual manera un especialista que maneje muy bien la metodología de trabajo y se la explique a los empleados de La Empresa. Para ello, se realizarán tres tipos de capacitaciones, donde las dos primeras (Importancia de la metodología del Control Visual e Implementación del Control Visual - Teórico) tienen fines teóricos y de concientización; mientras que la tercera (Implementación del Control Visual– Práctico) tiene un fin práctico a fin de

que el personal aprenda cómo, cuándo y dónde aplicar correctamente la metodología. En la Tabla 42 y Tabla 43 se muestra el detalle de los gastos de esta actividad.

**Material de Capacitación:** Esta actividad incluye el costo del material necesario para las actividades de capacitación planificadas. Tomando en cuenta el costo de material para cada participante (separatas, casos ejemplo, ejercicios de aplicación, etc.) sale un estimado total de 600 soles por toda la capacitación.

**Sistema Andon:** Este punto incluye la inversión de S/. 2 500 para la adquisición del tablero Andon para configurado para las 5 estaciones de la empresa: mezclado, extrusión, cortado, ensamblado, empaquetado y sellado, el cual contendrá el código de colores según lo detallado en el Capítulo 4.

Finalmente, por los gastos de capacitación, detallado en la Tabla 43, y el sistema Andon junto con el material de capacitación, detallados en la Tabla 4 se incurrirá en S/. 6 501.

**Tabla N°42 Gastos por capacitaciones Andon**

<b>Capacitación "Importancia del Control Visual"</b>			
<b>Integrantes</b>	<b>Cantidad de personas</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total/Hr</b>
Especialista en Lean Manufacturing	1	250	<b>250</b>
Gerente de Operaciones y Materiales	1	55	<b>55</b>
Jefe de Operaciones	1	35	<b>35</b>
Jefe de Fabricación	1	22	<b>22</b>
Jefe de Almacén	1	10	<b>10</b>
Operarios	22	5	<b>110</b>
<b>Capacitación "Implementación del Control Visual - Teórico"</b>			
<b>Integrantes</b>	<b>Cantidad de personas</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total/Hr</b>
Especialista en Lean Manufacturing	1	250	<b>250</b>
Jefe de Operaciones	1	35	<b>35</b>
Jefe de Fabricación	1	22	<b>22</b>
Operarios	22	5	<b>110</b>
<b>Capacitación "Implementación del Control Visual - Práctico"</b>			
<b>Integrantes</b>	<b>Cantidad de personas</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total/Hr</b>
Especialista en Lean Manufacturing	1	250	<b>250</b>
Jefe de Operaciones	1	35	<b>35</b>
Jefe de Fabricación	1	22	<b>22</b>
Operarios	22	5	<b>110</b>

**Tabla N°43 Gastos Totales por capacitaciones Andon**

Capacitación	Duración (Hr)	N° Capacitaciones requeridas	Hr Totales	Costo Total /Hr	Costo Total
Importancia de la metodología de las 5S	1	1	1	S/. 482.00	S/. 482.00
Implementación de las 5S - Teórico	1	1	1	S/. 417.00	S/. 417.00
Implementación de las 5S - Práctico	3	2	6	S/. 417.00	S/. 2.502.00
					<b>S/. 3,401.00</b>

**Tabla N°44 Gastos por insumos en Andon**

Motivo	Costo
Material de capacitación	S/. 600.00
Sistema ANDON	S/. 2,500.00
<b>S/. 3,100.00</b>	

Finalmente, en el horizonte de 4 años, se incurrirá por gastos de implementación es S/. 3 200.60. Además, en el año cero, se incurrirá en una inversión de S/. 17 944.60.

## 5.2. Ahorro generado por la implementación de las propuestas de mejora

### 5.2.1. Ahorro por la implementación SMED

Según el resultado de la propuesta planteada en el Capítulo 4, se ha producido una reducción del 42% en el tiempo de *set-up* de las máquinas extrusoras, tiempo que se recomienda ser empleado en la fabricación de productos propios de la línea que tengan mayor salida al mercado para poder asegurar su venta y evitar que sean inventariados. Tomando en cuenta dicha recomendación y, como se muestra en la Tabla 45, se lograría generar ventas adicionales de hasta S/. 10 514.29 al año.

**Tabla N°45 Ahorro por implementación del SMED**

Nombre de Equipos	# Equipos	Actual anual		Propuesto anual		Ahorro (Hr) anual	Tiempo (min) por producto	Productos por ahorro en st-up	Precio del producto (S/.)	Ahorro total (S/.)
		Tiempos de set-up (min) / máquina*	Tiempos de set-up (min) / máquina*	Tiempos de set-up (min) / máquina*	Tiempos de set-up (min) / máquina*					
Extrusora	4	27.5	16	11.5	2.1	5	S/.	10.00	<b>S/. 10,514.29</b>	

\* Antes de las reparaciones

Reducción del 42%

### 5.2.2. Ahorro por la implementación 5S

Según EUSKALIT (1998), debido a la implementación de la metodología de las 5S, se lograría obtener un porcentaje promedio de reducción del 65% en el tiempo de búsqueda y traslados, tomando en consideración la reducción del tiempo de búsqueda de utensilios y documentos, limpieza y orden del área. Sin embargo, desde un punto de vista conservador, se estima que la reducción del tiempo en búsqueda de utensilios aplicada a La Empresa sería del 40% a raíz de lo propuesto en el Capítulo 4, de tal manera que se obtiene un ahorro de S/. 71.70 como se muestra en la Tabla 46.

**Tabla N°46 Ahorro por implementación de las 5S**

Nombre de Equipos	# Equipos	Actual			Propuesto			Ahorro anual (Hr)	Costo HH	Ahorro total (S/.)
		Tiempos de limpieza (min) / máquina*	# Reparaciones al año (Total)	Tiempo de limpieza anual (Hr)	Tiempos de limpieza (min) / máquina*	# Reparaciones al año (Total)	Tiempo de limpieza anual (Hr)			
Extrusora	4	25	12	20	15	7	7	13	S/. 5.00	S/. 64.00
Mezcladora	1	20	4	1	12	2	0	1	S/. 5.00	S/. 4.27
Cortadora	1	15	2	1	9	1	0	0	S/. 5.00	S/. 1.60
Selladora	1	10	1	0	9	1	0	0	S/. 5.00	S/. 1.83
										<b>S/. 71.70</b>

\* Antes de las reparaciones

### 5.2.3. Ahorro por la implementación Mantenimiento Autónomo

De acuerdo a los estudios realizados por el grupo EUSKALIT (1998), se logra obtener una reducción promedio del 45% debido a la aplicación del mantenimiento autónomo, tomando en cuenta el tiempo de limpieza y cambio de aceite en las máquinas, y las auditorías de los procesos; sin embargo, tomando como referencia dicho estudio, se estima que la metodología aplicable a La Empresa logrará un ahorro del 40% en el número de reparaciones al año, desde un punto de vista conservador, y debido a la aplicación del SMED, el tiempo de reparación se reduciría en un 42%, lo cual genera finalmente un ahorro de S/. 9 056.75 como se detalla en la Tabla 47.

**Tabla N°47 Ahorro por implementación del Mantenimiento Autónomo**

Nombre de Equipos	# Equipos	Actual			Propuesto			Ahorro anual (Hr)	Costo por reparación	Costo por materiales empleados	Ahorro total (S/.)
		Tiempos de reparación (min) / máquina*	# Reparaciones al año (Total)	Tiempo anual (Hr)	Tiempos de reparación (min) / máquina*	# Reparaciones al año (Total)	Tiempo anual (Hr)				
Extrusora	4	220	12	176	127.6	7	61	115	S/. 15.00	S/. 60.00	S/. 8,606.40
Mezcladora	1	180	4	12	104.4	2	4	8	S/. 15.00	S/. 40.00	S/. 430.32
Cortadora	1	20	2	1	11.6	1	0	0	S/. 15.00	S/. 10.00	S/. 10.87
Selladora	1	15	2	1	8.7	1	0	0	S/. 15.00	S/. 10.00	S/. 9.17
										<b>S/. 9,056.75</b>	

\* Antes de las reparaciones

#### 5.2.4. Ahorro por la implementación del sistema Andon

En base a las pruebas pilotos realizadas por Frank Córdova (2012) en una empresa metalmecánica durante una semana, se evidenció la reducción en un 35% en el tiempo promedio de respuesta frente a situaciones anormales a causa de la implementación de un sistema Andon de prueba; por lo que, a partir de dicha investigación, se estima que la implementación del control visual, propuesto en el Capítulo 4, se logrará un ahorro del 30% en el tiempo de respuesta frente a anomalías en el proceso de producción, desde un punto de vista conservador, de tal manera que genere un ahorro final de S/. 312 como se muestra en la Tabla 48.

**Tabla N°48 Ahorro por implementación del sistema Andon**

Nombre de Equipos	# Equipos	Número de fallas al año	Actual anual	Propuesto anual	Ahorro (Hr) anual	Costo HH	Ahorro total (S/.)
			Tiempo de rpt. (Hr.)	Tiempo de rpt. (Hr.)			
Extrusora	4	12	0.5	0.35	7.2	S/. 40.00	S/. 288.00
Mezcladora	1	4	0.5	0.35	0.6	S/. 40.00	S/. 24.00
<b>Reducción del 30%</b>							<b>S/. 312.00</b>

### 5.3. Flujo de Caja del Proyecto

Posterior a la cuantificación de los gastos por implementación de las mejoras desarrolladas en el Capítulo 4 y de los ahorros debido a las mismas, se procede a elaborar el flujo de caja como se detalla en la Tabla 49, el cual se ha proyectado en base a 4 años, en el cual se detalla los ingresos, debido a los ahorros por implementación y los egresos, a causa de los gastos en los cuales se incurrirán

**Tabla N°49 Flujo de Caja**

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4
<b>INGRESOS</b>					
Ingresos por ahorro por implementación	S/. -	S/. 19,954.74	S/. 19,954.74	S/. 19,954.74	S/. 19,954.74
<b>TOTAL DE INGRESOS</b>	S/. -	S/. 19,954.74	S/. 19,954.74	S/. 19,954.74	S/. 19,954.74
<b>EGRESOS</b>					
Gastos por implementación	S/. 17,944.60	S/. 3,200.60	S/. 3,200.60	S/. 3,200.60	S/. 3,200.60
<b>TOTAL DE EGRESOS</b>	S/. 17,944.60	S/. 3,200.60	S/. 3,200.60	S/. 3,200.60	S/. 3,200.60
<b>FLUJO EFECTIVO</b>	<b>S/. -17,944.60</b>	<b>S/. 16,754.14</b>	<b>S/. 16,754.14</b>	<b>S/. 16,754.14</b>	<b>S/. 16,754.14</b>
<b>VAN económico</b>	<b>S/. 25,427.42</b>				
<b>TIR económico</b>	<b>85%</b>				
<b>TMAR</b>	<b>20%</b>				

Como parte del análisis de rentabilidad para la implementación de las mejoras propuestas, se analizaron los indicadores VAN y TIR, obteniéndose del primero S/. 25,427.42 y del segundo 85%. Estos últimos indican la viabilidad económica por concepto de implementación, ya que, teóricamente, al obtener valores positivos de ambos indicadores, se determina que el proyecto es rentable en términos financieros.



# CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 6.1. Conclusiones

Luego del desarrollo del diagnóstico y propuestas de mejora en la empresa, se concluye que para la implementación de nuevas mejoras se tiene que contar con el apoyo y disposición del personal involucrado en la empresa, desde el alto rango hasta los operarios, ya que el éxito de la manufactura esbelta no solo se basa en la aplicación de sus herramientas, sino en el compromiso que tiene toda la empresa para ejecutarlas.

Por otra parte, se concluye que la aplicación de la herramienta SMED contribuirá en la disminución de tiempo de traslado del operario para la preparación de la máquina extrusora en aproximadamente un 42% del tiempo actual, el cual puede ser empleado como tiempo productivo de fabricación de otros productos de la línea.

Además, la implementación de la herramienta de las 5S junto con mantenimiento autónomo, contribuirá con mejorar la cultura, el ambiente de trabajo y compromiso de los operarios, ya que generará el cambio de actitud de los trabajadores al mantener los puestos de trabajo ordenados, limpios y seguros; además, al implementar el mantenimiento autónomo junto con las 3era S, se disminuirán las fallas en las máquinas, ya que los operarios se encontrarán capacitados para la identificación de anomalías en estas, de tal forma que mejorará la vida útil de las máquinas y disminuirán el número de accidentes laborales de los operarios.

Asimismo, la implementación de un sistema Andon en la empresa permitirá tener una visualización panorámica de lo que sucede en cada puesto de trabajo y sus necesidades, a tal punto que se expondrá en tiempo real los problemas en las estaciones de trabajo para la toma inmediata de acciones correctivas por parte del personal según el circuito detallado en la mejora, de tal forma que los supervisores en la empresa podrán pasar menos tiempo y esfuerzo supervisando y más tiempo tomando decisiones para la solución de anomalías que se presenten en la zona de producción.

Finalmente, en base al análisis económico sobre la implementación de las propuestas de mejora haciendo uso de herramientas de la manufactura esbelta, se concluye que la implementación de las 3 propuestas en la línea de acabados de la construcción de La Empresa resulta factible, ya que se obtuvo un VAN económico de S/. 25,427.42 >0 y un TIR económico de 85%.

## **6.2. Recomendaciones**

Se recomienda que previo a la implementación de las propuestas de mejora, se prepare al personal de la empresa para los nuevos cambios que se darán, sobretodo, en las estaciones de trabajo en producción; por lo que se deben diseñar objetivos y metas para que sean capaces de adaptarse al cambio, a través de una organización participativa y constructiva.

Además, se recomienda que la gerencia analice los beneficios a corto, mediano y largo plazo de las propuestas expuestas en el Capítulo 4, ya que son ellos el recurso más importante para realizar la inversión en capacitaciones, enseres, entre otros. Asimismo, se recomienda que la gerencia tenga una alta participación en la implementación de las herramientas propuestas, a fin de dar el ejemplo al personal y generen motivación en ellos.

Por otra parte, se recomienda mantener la motivación en el personal sobre los cambios que se darán en la empresa, a través de reconocimientos visuales en periódicos murales sobre el logro que tiene cada operario según sus propios objetivos.

Finalmente, se recomienda que la implementación de las propuestas de mejora se den según lo desarrollado en el Capítulo 4, por medio de la aplicación de SMED, 5S/Mantenimiento Autónomo y Andon, a fin de lograr los beneficios expuestos anteriormente, los cuales deberán permanecer en mejora continua.

## Bibliografía

### ACTION GROUP

- 2010 *OEE (Overall Equipment Effectiveness) Efectividad Global de los Equipamientos*. Córdoba. Consulta: 11 de noviembre del 2018.  
<http://www.actiongroup.com.ar/news/news40/OEE-Efectividad-Global-de-los-Equipamientos.htm>

### CÓRDOVA, Frank

- 2012 *Mejoras en el proceso de fabricación de spools en una empresa metalmecánica usando manufactura esbelta*. Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

### DÍAZ, Luis

- 2016 *Metodología de las 5S: Mayor productividad, mejor lugar de trabajo*. [Folleto].  
<http://www.euskalit.net/pdf/folleto2.pdf>

### EUSKALIT

- 1998 *Propuesta de mejoramiento en la productividad del proceso de extrusión de tubería PVC en la empresa Construplast*. Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial. Santiago de Cali: Pontificia Universidad Javeriana.

### FLORES, Johana

- 2018 *US\$ 9,316 millones en proyectos de infraestructura para 2018-2019*. Consulta: 27 de agosto del 2018.  
<http://mercadosyregiones.com/2018/02/peru-us-9316-millones-en-proyectos-de-infraestructura-para-2018-2019/>

### FLORES, Willy

- 2017 *Análisis y propuesta de mejora de procesos aplicando mejora continua, técnica SMED, y 5S, en una empresa de confecciones*. Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

### FORO ECONÓMICO MUNDIAL

- 2017 *Comentario del 26 de setiembre a "Diario Gestión". Perú cae cinco ubicaciones en índice de Competitividad Global del WEF*. Consulta: 27 de agosto del 2018.  
<https://gestion.pe/economia/peru-cae-cinco-ubicaciones-indice-competitividad-global-wef-144284>

### FORO ECONÓMICO MUNDIAL

- 2017 *Informe Global de Competitividad*. Cologny. Consulta: 27 de Agosto del 2018.  
<http://www.cdi.org.pe/informeglobaldecompetitividad/index.html>

### GALLEGO y GONZALES

- 2010 *Propuesta de mejoramiento en el proceso de llenado de aceite a través de la aplicación de herramientas del Lean Manufacturing en una empresa del sector de alimentos*. Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial. Cali: Universidad de San Buenaventura.

### HERNÁNDEZ, Juan y VIZÁN, Antonio

- 2013 *Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implementación*. Madrid.

INSTITUO DE MEJORA CONTINUA

2016 *OEE (Overall Equipment Effectiveness)*. Consulta: 11 de noviembre del 2018.  
<http://imc-peru.com/oee.php?cod=2>

LA REPÚBLICA

2018 *Más de S/ 5.900 millones para 367 proyectos de infraestructura al 2020*.  
Consulta: 27 de agosto del 2018.  
<https://larepublica.pe/economia/1217606-mas-de-s-5900-millones-para-367-proyectos-de-infraestructura-al-2020>

LIGNA, RIVADENEIRA

2012 Diseño en implementación de un sistema automatizado de ayuda inmediata en el proceso de manufactura en la planta de arneses de Mundy Home CIA. LTDA. Tesis para optar el título de Ingeniero en Electrónica y Control. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

MEJÍA, Samir

2013 Análisis y propuesta de mejora del proceso productivo de una línea de confecciones de ropa interior en una empresa textil mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta. Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

MURRIETA, Joe

2016 Aplicación de las 5S como propuesta de mejora en el despacho de un almacén de productos cosméticos. Tesina para optar el título de Ingeniero Industrial. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

PALOMINO, Miguel

2012 Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing en las líneas de envasado de una planta envasadora de lubricantes. Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

PLASCTIC TECHNOLOGY

2016 *Prueba un método 'completo' para limpiar husillos y barriles* 2019. Consulta: 23 de abril del 2019.  
<https://www.pt-mexico.com/art%C3%ADculos/prueba-un-mtodo-completo-para-limpiar-husillos-y-barriles>

PORTER, Michael

2009 *La ventaja competitiva de las naciones*. Barcelona: DEUSTO S.A. EDICIONES.

RAJADELL, Manuel y SÁNCHEZ, José

2010 *Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.

RAMOS, José

2012 Análisis y propuesta de mejora del proceso productivo de una línea de fideos en una empresa de consumo masivo mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta. Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

SALAZAR, Jesús.

2018 Comentario del 18 de abril a "Diario Gestión". *Industria plástica podría crecer 5% este año, pero requiere apoyo del Gobierno*. Consulta: 27 de agosto del 2018.

<https://gestion.pe/economia/industria-plastica-crecer-5-ano-requiere-apoyo-gobierno-231807>

SOCCONINI, Luis.

2008 *Lean Manufacturing: paso a paso*. México: Norma.

VIGO, Fiorella

2013 Análisis y mejora de procesos de una línea procesadora de bizcochos empleando manufactura esbelta. Tesis para optar el título de Ingeniera Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

VILLASEÑOR, Alberto y GALINDO, Edber

2007 *Manual de Lean Manufacturing. Guía Básica*. México: Limusa.

WILSON, Lonnie

2010 *How to implement Lean Manufacturing*. Nueva York: Mc Graw Hill.

WOMACK, James y JONES, Daniel

1996 *Lean Thinking*. Nueva York: Free Press.

