

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



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

**PROPUESTA DE MEJORA DE UNA EMPRESA DE PRODUCCIÓN DE SANITARIOS Y  
ACCESORIOS DE BAÑO EN LIMA METROPOLITANA**

Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial, que presenta el bachiller:

**Luis Felipe Titto Porras**

**ASESOR: George Jesus Gonzales Carpio**

Lima, Febrero de 2018

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por estar conmigo en las buenas y malas, guiarme y alentarme a seguir adelante en esta meta de ser ingeniero industrial.

Agradezco a mis padres, Felipe Titto y Leonarda Porras, y mi hermana, Ing. Carmen Titto quienes me han apoyado en todo momento, por aconsejarme en todo instante, por haberme dado la oportunidad de recibir una excelente y exigente educación en la mejor universidad del país, la PUCP, y sobre todo por ser ejemplos a seguir tanto personal como profesionalmente.

Agradezco a mi asesor, el Ing. George Gonzales por su disposición en apoyarme en la realización del presente trabajo, así como sus consejos transmitidos en la finalización del mismo.

Finalmente, agradezco al Ing. Renato García, Gerente de Producción de la empresa de estudio, por su confianza en mí para realizar mi primera práctica, su apoyo y permiso en obtener la información necesaria para la realización y culminación del presente trabajo. Además, agradecimiento especial a las decenas de trabajadores que me apoyaron mucho con sus puntos de vista en temas de mejoras y su disposición de explicarme puntos específicos cuando aún llevaba un par de semanas en la empresa.

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo elaborar una propuesta de mejora utilizando herramientas de *Lean Manufacturing* en los procesos de producción de una empresa manufacturera de sanitarios y accesorios de baño de Lima Metropolitana para mitigar los principales problemas en planta y condicionar el área de producción en pro de que pueda planificar mejoras continuas. Se seleccionó el sector sanitario debido al crecimiento económico esperado del país para el 2016, estimado en un 4.1% por el FMI (Gestión, 2016), además, la proyección de crecimiento del sector construcción en un 1.96% eleva las expectativas de crecimiento del sector sanitario ya que genera un incremento de las ventas y crea la necesidad de contar con una óptima gestión de operaciones manteniendo los problemas recurrentes bajo control (América Economía, 2016).

La tesis inicia con el desarrollo del marco teórico, en donde se plasman las herramientas de análisis y de *Lean Manufacturing* para el diagnóstico de la empresa y el desarrollo de la propuesta de mejora respectivamente, luego se desarrolla la descripción de la empresa y del proceso, en donde se profundiza la organización de la empresa, la actividad económica del sector sanitario, la amplia cartera de productos que se comercializa y el proceso de producción sofisticado que se recurre para atender la demanda del mercado. En base a esto, se procede al diagnóstico de la situación actual de la empresa para emplear las herramientas de análisis e identificar los principales problemas, los cuales se identifican dos: los impactos que generan las roturas de stock entre los procesos y el alto porcentaje de roturas de stock por cada proceso.

Del diagnóstico de la situación de la empresa, se continúa con el listado de las propuestas de mejoras aplicando herramientas de *Lean Manufacturing*, que en el presente trabajo consta de *Poka-yoke*, *Kanban* y TPM (sólo Mantenimiento Preventivo), en seguida se detalla la aplicación de cada herramienta que en conjunto realizan sinergia para permitir un mejor aprovechamiento de los recursos de la empresa.

Finalmente, se realiza el análisis e impacto económico de la propuesta de mejora mediante la evaluación costo-beneficio que involucra la identificación de costos de la implementación y los ahorros de la propuesta. De esto, se observa que la propuesta de mejora genera ahorros anuales de S/. 96,925 soles y, al elaborar el flujo de caja, se concluye la viabilidad del trabajo, justificado por los indicadores VAN = S/. 900,540 y TIR = 96%, que son positivos y mayores a la inversión que podría realizar la empresa.



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DEL PERÚ

### TEMA DE TESIS

PARA OPTAR : Título de Ingeniero Industrial  
ALUMNO : LUIS FELIPE TITTO PORRAS  
CÓDIGO : 2012.2680.12  
PROPUESTO POR : Dr. Sandro Paz Collado  
ASESOR : Ing. George J. Gonzales Carpio  
TEMA : PROPUESTA DE MEJORA DE UNA EMPRESA DE PRODUCCIÓN DE SANITARIOS Y ACCESORIOS DE BAÑO EN LIMA METROPOLITANA.  
N° TEMA : # 1387  
FECHA : San Miguel, 5 de junio de 2017



### JUSTIFICACIÓN:

Hoy en día se vive en un contexto muy competitivo y cambiante, reflejado en los diversos gustos de las personas, por ello las empresas deben autoevaluarse y buscar mejoras continuamente para obtener el mayor porcentaje posible de participación del mercado y obtener mayores ganancias gracias a un alto grado de innovación, productividad y flexibilidad.

En el Perú, las empresas con amplia cartera de productos no son excepción de lo mencionado, por ello dado al crecimiento económico del país estimado por el FMI en un 4.1% en un escenario optimista<sup>1</sup>, las empresas deben tomar decisiones respecto a cambios y mejoras dentro de ellas como es el caso de las empresas de producción de sanitarios y accesorios de baño que debido a su *core business* necesita constantemente mejoras en sus procesos de producción pues la materia prima que usan y los productos finales que comercializan son de por sí elementos muy frágiles y delicados reflejado en el alto porcentaje de rotura o merma que se obtiene de los procesos de fabricación.

Además, cabe mencionar que el sector construcción eleva las expectativas de crecimiento del sector sanitarios pues en el país se proyecta que el sector construcción crecerá en un 1.96% para el año 2016<sup>2</sup>, lo cual generará un incremento en las ventas de sanitarios y accesorios de baño para la construcción de viviendas nuevas; en consecuencia, se puede

<sup>1</sup> Véase "FMI eleva a 3,7% su proyección de crecimiento económico del Perú para el 2016". Diario GESTIÓN. <http://gestion.pe/economia/fmi-eleva-37-su-proyección-crecimiento-economico-peru-2016-2158265>

<sup>2</sup> Véase "Sector construcción de Perú crecerá 1,96% en 2016". Fundación América economía. <http://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/sector-construccion-de-peru-crecera-196-en-2016>



afirmar que, para atender ese crecimiento de ventas, las empresas deben contar con una óptima gestión de operaciones, manteniendo los problemas recurrentes bajo control.

Usualmente, el área de operaciones o producción del tipo de empresa mencionada tiene, entre sus objetivos más importantes reducir, al mínimo posible, los niveles de rotura de materia prima y *WIP (Work in process)* de los procesos utilizando diversas herramientas, metodologías y técnicas que generen ahorros significativos para la empresa, pues existe un rango de tendencia al fracaso al tratar de mejorar algo de forma urgente. Además, esta área realiza controles continuos a los procesos de producción y lidian a diario con diversos problemas que se pueden presentar.

En base a lo mencionado, y dada la oportunidad de realizar mejoras en un sector poco investigado, la presente tesis propone la implementación de herramientas de la filosofía del *Lean Manufacturing* en los procesos de producción de una empresa de producción de sanitarios y accesorios de baño; este estudio tiene como objetivo principal mitigar los principales problemas y acondicionar al área de producción para que pueda planificar mejoras continuas en sus líneas de producción siendo esto reflejado en los indicadores que maneja la Gerencia de Producción y en el ahorro anual que se generaría por los cambios e implementación de mejoras<sup>3</sup>.

#### OBJETIVO GENERAL:

Proponer mejoras utilizando herramientas de *Lean Manufacturing* en los procesos de producción de una empresa manufacturera de sanitarios y accesorios de baño de Lima Metropolitana para mitigar los principales problemas en planta y condicionar al área de producción en pro de que pueda planificar mejoras continuas.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Exponer los fundamentos teóricos de *Lean Manufacturing* que se utilizarán en la propuesta de mejora y herramientas adicionales que se utilizarán en el diagnóstico de la situación actual.
- Realizar una descripción general de la empresa desde su sector y actividad económica hasta el análisis del proceso productivo detallado.
- Analizar y diagnosticar la situación actual de la empresa de estudio para encontrar los principales problemas de la empresa, así como las causas de dichos problemas.
- Desarrollar las propuestas de mejora relacionadas a los problemas encontrados en la empresa de estudio.
- Realizar una evaluación económica de la implementación de las propuestas de mejora para la empresa.

<sup>3</sup> Véase "Importancia del Lean Manufacturing", Scribd, <https://es.scribd.com/doc/140993141/Importancia-Del-Lean-Manufacturing>



**PUNTOS A TRATAR:**

**a. Marco teórico.**

Se mencionarán las definiciones de los fundamentos teóricos relacionados a *Lean Manufacturing*, se describirá el propósito de la filosofía, la aplicación de la misma y el beneficio que generará a la empresa. Por otro lado, se desarrollarán conceptos de las herramientas a utilizar en el diagnóstico de la situación actual de la empresa.

**b. Descripción y definición del proyecto.**

Se realizará la descripción general de la empresa mencionando su sector y actividad económica, su mapa relacional, sus principios, perfil organizacional y cartera de productos. Además, se mencionará a detalle el proceso productivo y la mención general de la materia prima e insumos a lo que incurre la empresa para obtener la gran variedad de piezas que comercializan en el mercado nacional e Internacional.

**c. Diagnóstico del proceso.**

Se realizará el diagnóstico de la situación actual de la empresa mencionando a detalle los diversos problemas que ocurren en ella para luego utilizar como referencia herramientas de Lean para el análisis de la situación actual y llegar a un resumen de lo analizado.

**d. Propuesta de mejora.**

Se realizará la aplicación de las herramientas planteadas en el marco teórico cuya ejecución generará un impacto positivo en los problemas identificados anteriormente.

**e. Evaluación económica.**

Se mostrarán los costos a incurrir por cada propuesta en el plan de mejora, así como los ahorros que generarían la aplicación de las herramientas Lean a la empresa. Por último, se presentará un análisis de sensibilidad que permitirá evaluar los efectos de variables económicas y determinar la viabilidad de las propuestas.

**f. Conclusiones y Recomendaciones.**

*Máximo: 100 páginas*

  
ASESOR



# Índice General

Índice de Figuras.....	vii
Índice de Tablas.....	viii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO.....	2
1. Marco teórico.....	2
1.1 Definiciones básicas.....	2
1.1.1 Lean Manufacturing.....	2
1.1.2 Marco metodológico.....	3
1.1.3 Herramientas de Lean Manufacturing.....	6
1.1.3.1 Poka-yoke.....	6
1.1.3.2 Kanban.....	8
1.1.3.3 TPM ( <i>Total Productive Maintenance</i> ).....	11
1.2 Herramientas de diagnóstico.....	14
1.2.1 VSM ( <i>Value Stream Mapping</i> ).....	14
1.2.2 QFD ( <i>Quality Function Deployment</i> ).....	18
1.2.3 Diagrama de causa – efecto.....	20
1.2.4 Diagrama de Pareto.....	21
CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y DEL PROCESO.....	23
2 Descripción de la empresa.....	23
2.1 Sector y actividad económica.....	24
2.2 Mapa relacional de la empresa.....	25
2.3 Principios de la empresa y perfil organizacional.....	26
2.3.1 Misión.....	26
2.3.2 Visión.....	26
2.3.3 Valores.....	26
2.3.4 Objetivos.....	27
2.3.5 Organización de la empresa.....	27
2.4 Clientes y cartera de productos.....	28
2.4.1 Concepción del cliente.....	28
2.4.2 Familia de productos.....	28
2.5 Cadena de valor de la empresa.....	29
2.5.1 Descripción del proceso de producción.....	30
2.6 Materiales e insumos.....	33
CAPÍTULO 3: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	34
3 Diagnóstico de los problemas.....	34

3.1	Identificación de los problemas.....	34
3.2	VSM actual.....	45
3.3	Matriz QFD ( <i>Quality Function Deployment</i> ).....	47
3.4	Matriz de priorización de los problemas.....	48
3.5	Análisis de causas de los problemas.....	50
3.5.1	Causas de impactos de roturas de stock entre procesos.....	50
3.5.2	Causas de alto índice de rotura por procesos.....	51
3.6	Análisis de costos de los problemas identificados.....	52
3.7	Resumen del diagnóstico de la situación actual.....	55
<b>CAPÍTULO 4: PROPUESTAS DE MEJORAS Y DESARROLLO DE LA PROPUESTAS DE MEJORAS.....</b>		<b>57</b>
4	Propuestas de mejoras.....	57
5	Desarrollo de las propuestas de mejoras.....	57
5.1	Aplicación de la herramienta: Poka-yoke.....	57
5.1.1	Situación actual.....	58
5.1.2	Descripción de la propuesta de mejora.....	58
5.1.3	Metodología de la implementación del Poka-yoke.....	59
5.2	Aplicación de la herramienta: Kanban.....	63
5.2.1	Situación actual.....	63
5.2.2	Descripción de la propuesta de mejora.....	65
5.2.3	Metodología de la implementación del Kanban.....	65
5.3	Aplicación de la herramienta: TPM.....	69
5.3.1	Situación actual.....	69
5.3.2	Descripción de la propuesta de mejora.....	70
5.3.3	Metodología de la implementación del TPM: Mantenimiento Preventivo....	70
<b>CAPÍTULO 5: ANÁLISIS E IMPACTO ECONÓMICO.....</b>		<b>74</b>
6	Análisis económico.....	74
6.1	Costo de implementación: Poka-yoke.....	74
6.2	Costo de implementación: Kanban.....	75
6.3	Costo de implementación: TPM – Mantenimiento Preventivo.....	76
7	Impacto económico.....	77
7.1	Ahorros de las propuestas.....	77
7.2	Costo de oportunidad de capital.....	79
7.3	Flujo de caja.....	80
<b>CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>81</b>
8	Conclusiones.....	81



9 Recomendaciones.....	83
BIBLIOGRAFÍA.....	84



## Índice de Figuras

Figura 1. Casa de Lean Manufacturing .....	3
Figura 2. Etapas de la implementación de <i>Lean Manufacturing</i> .....	4
Figura 3. Sistema Kanban con dos tarjetas .....	9
Figura 4. Objetivos del TPM.....	13
Figura 5. Símbolos del Flujo de Materiales.....	16
Figura 6. Símbolos del Flujo de información .....	16
Figura 7. Primera Matriz QFD.....	19
Figura 8. Segunda Matriz QFD.....	19
Figura 9. Diagrama de Ishikawa o Espina de pescado .....	21
Figura 10. Pareto de defectos .....	22
Figura 11. Ventas Mensuales 2014 - 2016 .....	24
Figura 12. Comportamiento del Sector.....	25
Figura 13. Mapa Relacional de la empresa .....	25
Figura 14. Organigrama de la empresa.....	28
Figura 15. Unidades Vendidas por Familia de Producto.....	29
Figura 16. Cadena de Valor de la empresa .....	30
Figura 17. Flujograma del proceso productivo de Sanitarios .....	31
Figura 18. Pareto de pedidos rechazados 2015 .....	35
Figura 19. Tendencia de ventas rechazadas.....	36
Figura 20. Impacto anual entre Colaje y Pulido .....	37
Figura 21. Impacto mensual entre Pulido y Esmaltado.....	38
Figura 22. Impacto mensual entre Esmaltado y Horneado .....	39
Figura 23. Impacto mensual entre Horneado y Ensamblado .....	40
Figura 24. Rotura mensual en procesos .....	41
Figura 25. Seguimiento mensual de Rotura .....	42
Figura 26. Seguimiento mensual de Rotura en Crudo .....	42
Figura 27. Variabilidad de Rotura en Crudo - 2016 .....	43
Figura 28. Seguimiento mensual de Rotura en Cocido.....	43
Figura 29. Tendencia mensual de Merma Total – 2016 .....	44
Figura 30. VSM actual .....	46
Figura 31. Gráfico de equilibrio.....	47
Figura 32. Matriz QFD (Quality Function Deployment) .....	48
Figura 33. Diagrama Causa-Efecto para roturas de stock en procesos .....	51
Figura 34. Diagrama Causa-Efecto para alto índice de rotura en procesos .....	52
Figura 35. Formato actual de instructivos .....	59
Figura 36. Propuesta de dispositivo para Colaje .....	60
Figura 37. Propuesta de dispositivo para Pulido.....	61
Figura 38. Panel de operaciones del proceso Ensamble .....	62
Figura 39. Propuesta de tarjeta Kanban .....	68
Figura 40. Pizarra Kanban .....	69
Figura 41. Propuesta de Registro de Incidencias .....	73

## Índice de Tablas

Tabla 1. Etapas de la implementación de un sistema TPM.....	14
Tabla 2. Listado de Pedidos Rechazados.....	34
Tabla 3. Listado de Impactos entre Colaje y Pulido .....	37
Tabla 4. Listado de Impactos entre Pulido y Esmaltado .....	37
Tabla 5. Listado de Impactos entre Esmaltado y Horneado.....	38
Tabla 6. Listado de Impactos entre Horneado y Ensamblado .....	39
Tabla 7. Listado de Códigos de Procesos .....	40
Tabla 8. Merma en kilogramos generada en la empresa .....	44
Tabla 9. Matriz de priorización de problemas.....	50
Tabla 10. Costos Totales por Pedidos rechazados de clientes .....	53
Tabla 11. Costos Totales Impactos de las Roturas de stock entre procesos .....	53
Tabla 12. Costos Totales Altos Índices de Rotura de Stock por proceso.....	54
Tabla 13. Costos Totales Existencia de Merma a Reprocesar .....	54
Tabla 14. Propuestas de Mejoras .....	57
Tabla 15. Propuesta de formato de Registro de Cambios.....	63
Tabla 16. Propuesta de indicadores de rendimiento .....	63
Tabla 17. Clasificación ABC de la cartera de productos.....	66
Tabla 18. Número de Kanban.....	67
Tabla 19. Descripción de elementos de tarjeta Kanban .....	68
Tabla 20. Formato del Listado de Equipos y Máquinas .....	71
Tabla 21. Matriz de Criticidad - Valores .....	72
Tabla 22. Listado de Equipos y Máquinas Críticos.....	72
Tabla 23. Costos de implementación Poka-Yoke por pasos.....	74
Tabla 24. Costos de Materiales y Personal Directo - Poka-Yoke.....	75
Tabla 25. Costos de Implementación Kanban por fases .....	75
Tabla 26. Costos de Materiales y Personal Directo - Kanban.....	76
Tabla 27. Costos de Implementación Mantenimiento Preventivo por fases.....	76
Tabla 28. Costos de Materiales Directos – TPM.....	76
Tabla 29. Ahorro de Implementar Poka-Yoke .....	78
Tabla 30. Ahorro de Implementar Kanban .....	78
Tabla 31. Ahorro de Implementar TPM - Mantenimiento Preventivo .....	79
Tabla 32. Cálculo del costo de oportunidad de capital.....	79
Tabla 33. Flujo de caja.....	80

# INTRODUCCIÓN

Hoy en día se vive en un contexto muy competitivo y cambiante, reflejado en los diversos gustos de las personas, por ello las empresas deben autoevaluarse y buscar mejoras continuamente para obtener el mayor porcentaje posible de participación del mercado y obtener mayores ganancias gracias a un alto grado de innovación, productividad y flexibilidad. En el Perú, las empresas con amplia cartera de productos no son excepción de lo mencionado, por ello dado al crecimiento económico del país, las empresas deben tomar decisiones respecto a cambios y mejoras dentro de ellas como es el caso de las empresas de producción de sanitarios y accesorios de baño que debido a su *core business* necesita constantemente mejoras en sus procesos de producción pues la materia prima que usan y los productos finales que comercializan son de por sí elementos muy frágiles y delicados, esta afirmación se ve reflejado en el alto porcentaje de rotura o merma que se obtiene de los procesos de fabricación.

Usualmente, el área de operaciones o producción del tipo de empresa mencionada tiene como objetivo reducir, al mínimo posible, los niveles de rotura o merma de los procesos utilizando diversas herramientas, metodologías y técnicas que generen ahorros significativos para la empresa, pues existe un rango de tendencia al fracaso al tratar de mejorar algo de forma urgente. Además, esta área realiza controles continuos a los procesos de producción y lidian a diario con diversos problemas que se pueden presentar.

En base a lo mencionado y dada la oportunidad de realizar mejoras en un sector poco investigado la presente tesis propone la implementación de herramientas de la filosofía del *Lean Manufacturing* en los procesos de producción de una empresa de producción de sanitarios y accesorios de baño; este estudio tiene como objetivo principal mitigar los principales problemas y condicionar al área de producción para que pueda planificar mejoras continuas en sus líneas de producción siendo esto reflejado en los indicadores que maneja la Gerencia de Producción y en el ahorro anual que se generaría por los cambios e implementación de mejoras.

# CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

## 1. Marco teórico

En el presente capítulo se mencionarán los conceptos básicos que se desarrollarán en la propuesta de mejora de la presente tesis. Además, el presente capítulo mostrará a groso modo las herramientas utilizadas en el diagnóstico de la empresa y de sus procesos.

### 1.1 Definiciones básicas

A continuación, se mencionarán los conceptos teóricos básicos que se usarán en la propuesta de mejora de la presente tesis:

#### 1.1.1 Lean Manufacturing

Actualmente las empresas están en búsqueda de implementar nuevas técnicas organizativas y de producción que les permitan competir en un mercado global tan cambiante y competitivo. En base a la necesidad mencionada, Lean Manufacturing constituye una alternativa alcanzable y su aplicación y potencial deben ser tomados en consideración por toda empresa que pretenda ser exitosa.

El Lean Manufacturing tiene su origen en el sistema de producción Just in Time (JIT) desarrollado en los años 50 por la empresa automovilística Toyota. Con la extensión del sistema a otros sectores y países se ha ido configurando un modelo que se ha convertido en el paradigma de los sistemas de mejora de la productividad asociada a la excelencia industrial. De forma resumida puede decirse que Lean consiste en la aplicación sistemática y habitual de un conjunto de técnicas de fabricación que buscan la mejora de los procesos productivos a través de la reducción de todo tipo de “desperdicios”, definidos éstos como los procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios (Vizán, 2013).

El pensamiento Lean provee una manera de hacer más con menos; menor esfuerzo humano, menos equipo, menos tiempo, menos espacio con el objetivo de acercarse más a lo que los clientes requieren (Womack, 2012). Por ello se puede afirmar que esta filosofía tiene como finalidad no

desperdiciar nada en el proceso de producción y entregar al cliente un producto final que es de su deseo y entregado en el momento indicado para el cliente.

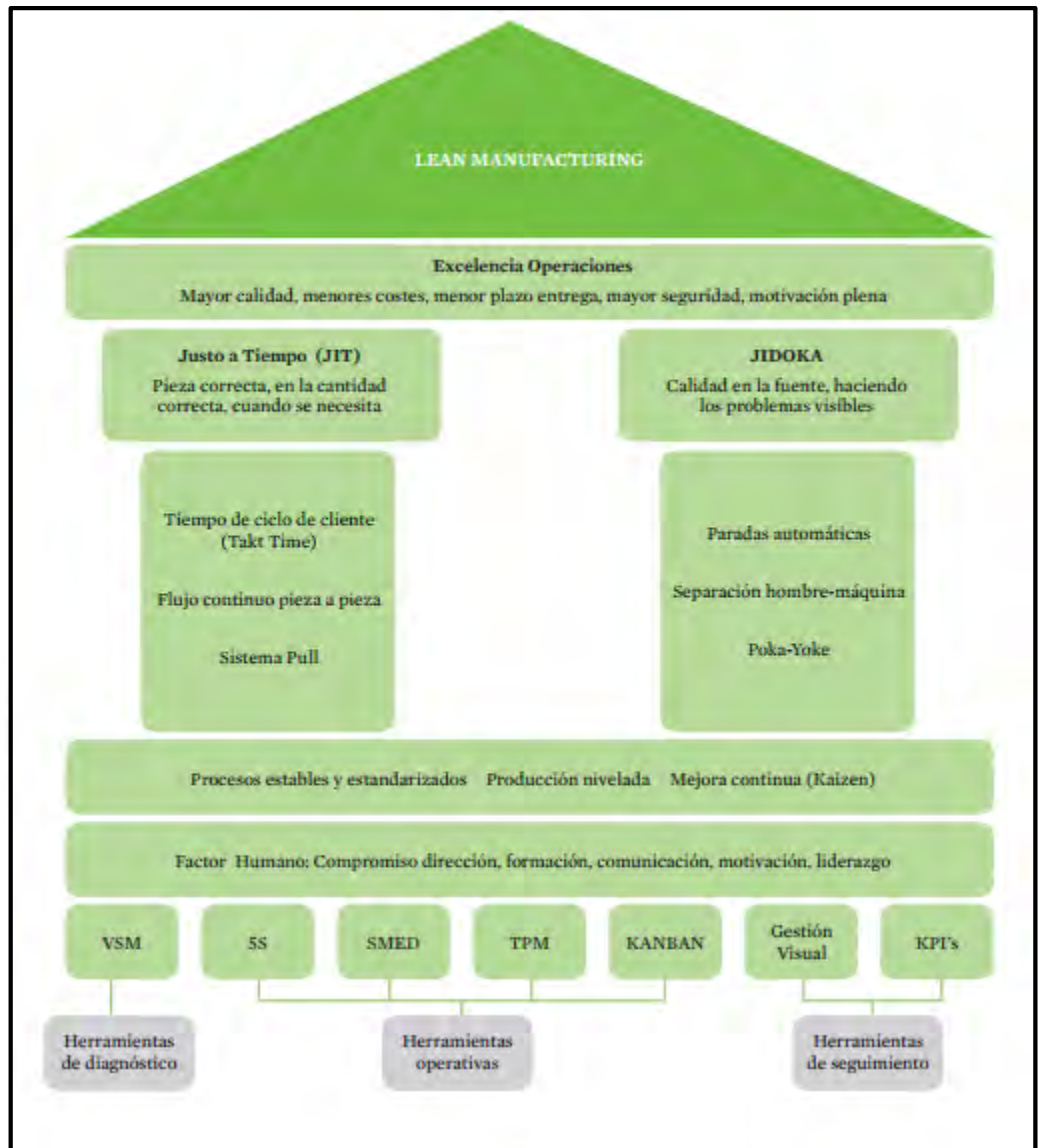


Figura 1. Casa de Lean Manufacturing  
Fuente: Juan Carlos Hernández y Antonio Vizán (2013)

### 1.1.2 Marco metodológico

Según (Gonzales, 2017), la implementación de la filosofía *Lean Manufacturing* consta de 8 etapas como se muestra en la figura 2. Si bien la presente tesis es una propuesta de mejora aplicando herramientas de *Lean Manufacturing*, dichas etapas nos facilitan una mejor organización y desarrollo.



Figura 2. Etapas de la implementación de *Lean Manufacturing*  
 Fuente: (Gonzales, 2017)

i. Definición del Proceso y Estimación de Línea base.

El primer paso consiste en definir el proceso o conjuntos de procesos en que se va enfocar el estudio para las diferentes líneas que presente un negocio o empresa. Una vez definido, se procede a estimar la línea base del estudio desde perspectivas de alcance y tiempo. Además, tomar en cuenta que en este primer paso se debe incentivar a todas las áreas y gerencias en el proceso de estudio para facilitar la obtención de recursos que aporten con el estudio y compromiso con la mejora.

ii. Análisis del Sistema de Medición.

El segundo paso consiste en definir y analizar estratégicamente los sistemas de medición que se utilizarán en el estudio. Una vez logrado este paso se contará con herramientas para medir, comparar y analizar los procesos a mejorar, lo que, a su vez, proporcionará un soporte a las propuestas de mejoras que se den en el camino.

iii. Análisis de la Cadena de Valor.

Este tercer paso consiste en identificar y analizar el flujo de la Cadena de Valor del negocio, para contemplar un mapeo general de los problemas que se generan a lo largo de ella, así como identificar ventajas competitivas que facilitarán tener un patrón de mejora.

- iv. Análisis del proceso.  
El cuarto paso consiste en analizar el proceso o procesos que se hayan identificado, con problemas a mejorar. Este análisis implica el uso de herramientas de diagnóstico de la situación actual a profundidad para evaluar la posibilidad de mejora usando herramientas de *Lean*.
- v. Determinar condiciones operativas futuras.  
Luego de haber realizado los análisis anteriores se procede al quinto paso que consiste en determinar las condiciones que debería presentar el proceso o procesos de estudio en un escenario óptimo y qué metas debería cumplir para reflejar buenos resultados en el negocio o empresa. Es deseable que esto sea representado en un VSM futuro en donde se eliminen o reduzcan los focos que generan problemas o desperdicios.
- vi. Aplicación de herramientas Lean.  
El sexto paso consiste en aplicar herramientas de *Lean Manufacturing* dentro del plan de mejora, bajo el sustento de lo diagnosticado en los pasos anteriores. El conjunto de herramientas a proponer debe mitigar directamente los problemas y estar alineado con lo que se desde el quinto paso.
- vii. Mejorar condiciones operativas.  
En el séptimo paso, se debe mejorar las condiciones operativas del proceso o procesos de estudio, implementando los planes de mejora planeadas en los pasos anteriores. Cabe mencionar que luego de implementar las mejoras, se debe continuar con una cultura de mejora continua.
- viii. Actividades de control.  
En este último paso, se generan diversas actividades de seguimiento y control a las mejoras hechas para implementar una filosofía de mejora continua dentro del negocio u organización. Las actividades de control contemplan formatos adecuados para el follow-up de los procesos.



## 1.1.3 Herramientas de Lean Manufacturing

### 1.1.3.1 Poka-yoke

Poka-yoke tiene origen japonés y significa “a prueba de errores” o “a prueba de fallos”; es considerado como una herramienta para alcanzar los cero defectos y eliminar paulatinamente las inspecciones de control de calidad generando tiempo para ser aprovechado por el trabajador. Esto con el fin de realizar actividades más creativas o que añadan valor (Kogyo, 1991).

De acuerdo a lo mencionado, Poka-yoke permite reducir la carga física y mental de los trabajadores al eliminar la necesidad de comprobar constantemente los errores, los cuales generan defectos, implementando dispositivos simples y de bajo costo permitiendo la reducción de costos relacionados con productos defectuosos, reprocesados y costos de materiales de desecho (Pascal, 2002).

Según (Kogyo, 1991), casi todos los defectos son ocasionados por errores humanos de los trabajadores por ello, aquel autor elabora una lista de errores que el Poka-yoke combate directamente, los cuales son los siguientes:

- Olvidos: Algunas veces se olvidan de cosas cuando no están atentos. Solución: alertar con anticipación o chequear a intervalos regulares.
- Errores debidos a desconocimiento: Algunas veces llegan a conclusiones erróneas antes de familiarizarse con una situación. Solución: entrenamiento, verificación anticipada, estandarización de los procedimientos de trabajo.
- Errores de identificación: Algunas veces juzgan mal una situación porque lo revisan demasiado rápido o está demasiado alejada para verlo bien, como es el caso de línea 100% automatizados controlados a distancia. Solución: entrenamiento, atención, vigilancia.
- Errores de inexperiencia: Algunas veces cometen errores que se deben a la falta de experiencia. Solución: entrenamiento, estandarización del trabajo.

- Errores voluntarios o intencionales: A veces ocurren errores debido a que deciden ignorar las reglas bajo ciertas circunstancias. Solución: educación básica, experiencia y disciplina.
- Errores por inadvertencia: A veces están distraídos y cometen equivocaciones sin darse cuenta de lo que ocurre. Solución: atención, disciplina, estandarización del trabajo.
- Errores debidos a lentitud: Algunas veces cometen errores cuando sus acciones se ralentizan por retrasos en el juicio. Solución: entrenamiento, estandarización del trabajo.
- Errores debidos a falta de estándares: Ocurren algunos errores cuando no hay instrucciones apropiadas o estándares de trabajo. Solución: estandarización del trabajo, instrucciones del trabajo.
- Errores por sorpresa: A veces ocurren errores cuando el equipo opera de forma diferente a lo que se espera. Solución: mantenimiento productivo total, estandarización del trabajo.

a) Sistemas de inspección y control de zonas

(Pascal, 2002) menciona tres sistemas de inspección los cuales son los siguientes:

- **Inspección de criterio o juicio:** Inspecciones de “buenos-malos” con el objetivo de prevenir defectos desde el cliente hacia los procesos posteriores. Estas actividades, a menudo son realizados por un departamento de inspección por separado, lo que ocasiona poco análisis del origen de la causa o poco *feedback* a la fuente del defecto. Este tipo de inspecciones son ineficientes ya que no mejoran nuestros procesos ni a las personas.
- **Inspección informativa:** Diseñados para descubrir defectos y para dar *feedback* a la fuente para tomar una acción correctiva. A menudo implica el uso de herramientas estadísticas tales como los protocolos de muestreo y SPC (control estadístico por procesos). Este tipo de inspecciones son más eficientes que el anterior pero el *feedback* y acciones no son óptimas.
  - Auto inspección: Cuando el operario revisa su propio trabajo.
  - Inspección sucesiva: Los procesos internos verifican los defectos y proporciona un *feedback* inmediato. Tal comprobación debe hacerse de igual a igual, porque el control del supervisor puede ser muy severo.

- **Inspección de la fuente:** Son métodos de inspecciones diseñadas para descubrir los errores que podrían conducir a defectos y para dar un rápido *feedback* a la fuente.
  - Inspección de fuente vertical: requieren una búsqueda desde el inicio hacia el último proceso de la causa raíz. Por ejemplo, rebabas en piezas de metal en el taller de montaje pueden tener su origen en el taller de soldadura.
  - Inspección de fuente horizontal: implican la búsqueda de causas fundamentales dentro de los departamentos por separado.

b) Funciones reguladoras

Según (Pascal, 2002), cuando Poka-Yoke detecta un error, se debe apagar la máquina o realizar una advertencia; de aquí parte la idea de dos funciones reguladoras las cuales son las siguientes:

- **Función de control:** Estos son los más eficientes pues cuando existe una anomalía, todos los equipos y sistemas se deben bloquear o paralizar, para que se pueda inspeccionar y evitar que el error siga ocurriendo en los procesos siguientes.
- **Función de advertencia:** Que nos alertan de anomalías mediante la activación de un zumbador o luz. Hay que tener en cuenta, que si el operario no hace caso a la señal de advertencia los defectos pueden seguir ocurriendo, por tanto, esta metodología tiene un mayor impacto.

### 1.1.3.2 Kanban

Según (Krajewski, 2008), Kanban es una expresión japonesa que significa “tarjeta” o “registro visible”, refiriéndose a las tarjetas que se utilizan en el control del flujo de producción de una fábrica en particular.

Este método puede ser explicado partiendo de la idea de que Kanban es como un sistema de tarjetas, en donde una tarjeta en particular, que contiene información detallada de las necesidades de producción planificadas, se coloca en un contenedor, el cual, en diferentes momentos, contendrá materias primas, *WIP (Work in Process)* o artículos producidos; por ende pasará por una o más células de fabricación; y, en cada trayecto donde el contenedor se vacíe, será llevado a un área de almacenamiento y la tarjeta será llevada a un depósito de recepción. Al visualizar una tarjeta en el depósito de recepción se genera dos posibles caminos: O se necesita

producir más del mismo producto; o se debe esperar una nueva orden de producción de un producto distinto al inicial con lo cual será necesario utilizar un contenedor vacío para luego generar los pasos mencionados dando lugar a un ciclo de producción con el sistema Kanban.

Este método cuenta con una restricción a considerar pues según (Hirano, 1991), si existen importantes fluctuaciones no previsibles en la demanda entonces se generará escasez o exceso de productos que el Sistema Kanban no podría evitarlo, por ello el autor recomienda “nivelar la producción” tomando todos los volúmenes y promediarlos.

A continuación, en la figura 3 se ilustra un ejemplo del sistema Kanban para dos productos específicos.

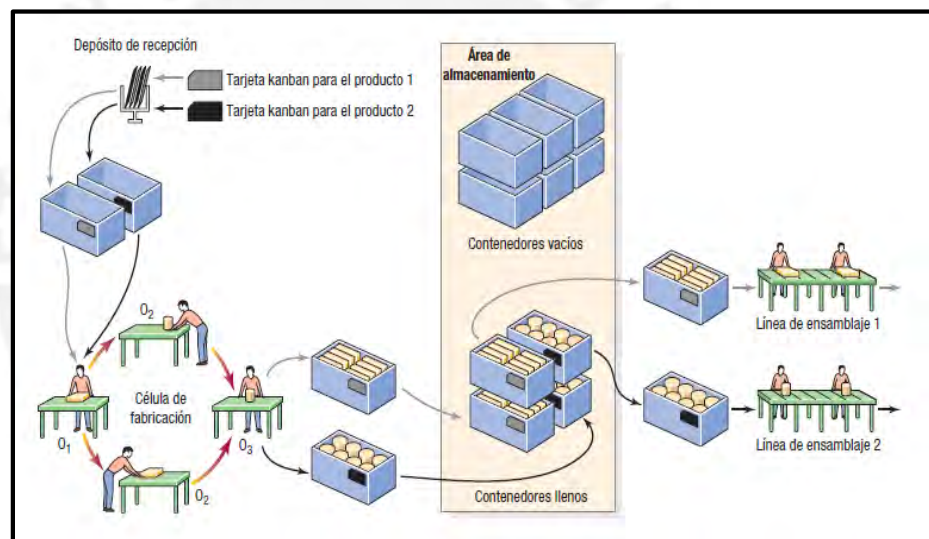


Figura 3. Sistema Kanban con dos tarjetas  
Fuente: Lee Krajewski (2008)

a) Reglas básicas del Kanban

Según (Paredes, 2016), menciona seis reglas básicas para el óptimo funcionamiento del Sistema Kanban:

**Regla 1:** No se debe enviar productos defectuosos a los procesos subsecuentes. Si se encuentra un defecto, se debe tomar las medidas para prevenir el incidente.

**Regla 2:** Los procesos subsecuentes requerirán solo lo que es necesario. Dichos requerimientos deberán ser entregados en la cantidad y momento adecuado.

**Regla 3: Producir solamente la cantidad exacta requerida por el proceso subsecuente.** No está permitido el envío de partes incompletas o adicionales, solo la cantidad exacta descrita por la tarjeta minimizando el inventario.

**Regla 4: Balancear la producción.** Si el proceso subsecuente pide material de forma discontinua con respecto al tiempo y a la cantidad generará una variación en la cantidad de personal y maquinaria necesarios.

**Regla 5: Indicaciones del taller.** Los Kanbans deberán movilizarse junto con los artículos para asegurar el control visual.

**Regla 6: Utilizar el Kanban para descubrir las necesidades de mejoras.** Si se disminuye gradualmente el número de tarjetas en circulación se descubrirá más fácilmente los elementos que faltan y los problemas causantes de las paradas de línea.

b) Tipos de Tarjeta

Según (Hirano, 1991), Kanban posee en dos tipos los cuales se dividen en dos tipos adicionales:

- **Kanban de transporte:** Se emplean para indicar las piezas a mover a la línea de producción.
  - Kanban de proveedor: Para pedir una gran variedad de piezas hacia las líneas de producción, siendo dichas piezas suministradas por entes externos a la empresa.
  - Kanban de Fábrica: Para entregar partes de piezas de un centro de trabajo a otro acorde al flujo de materiales, el tamaño del lote y la secuencia de procesos de producción.
- **Kanban de producción:** se usan para indicar instrucciones de operación en procesos específicos.
  - Kanban de proceso: Se utiliza para el inventario en proceso dentro de los procesos en donde el Kanban da instrucciones operativas a cada proceso que no requiere ningún tiempo de preparación.
  - Kanban de señales: Se utiliza cuando se maneja producción por lotes en donde se desea disminuir el impacto de los traslados de equipos en la línea de producción y cambios de modelos de los productos.

c) Determinación del número de contenedores

El número de contenedores determina el tamaño de inventario autorizado, por ello se debe tomar dos decisiones: el número de unidades que deberán colocarse en cada contenedor y el número de contenedores que se trasladarán desde el proveedor hasta el usuario (Krajewski, 2008).

La primera decisión equivale a determinar el tamaño del lote balanceando el costo de preparación con el costo de mantener el inventario en existencia. La segunda decisión se trata calculando el número de contenedores estimado por la demanda promedio durante el tiempo de entrega necesario para producir partes suficientes para llenar un contenedor más cierto inventario de seguridad para compensar cualquier circunstancia inesperada, dividido entre el número de unidades que caben por contenedor (Krajewski, 2008).

Se usará la siguiente ecuación:

$$K = \frac{\text{Demanda prom durante tiempo entrega} + \text{Inventario Seguridad}}{\text{Número de unidades por contenedor}}$$
$$K = \frac{d \times (\varpi + \rho) \times (1 + \alpha)}{c}$$

Donde:

K = número de contenedores para una parte

d = demanda diaria esperada para la parte, en unidades

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

$\rho$  = tiempo promedio de procesamiento por contenedor, en fracciones por día

c = cantidad en un contenedor estándar de las partes

$\alpha$  = una variable de política que agrega inventario de seguridad

### 1.1.3.3 TPM (*Total Productive Maintenance*)

El TPM es un enfoque innovador para el mantenimiento que optimiza la efectividad del equipo organizacional, elimina las averías y promueve el mantenimiento autónomo por los operarios a través de actividades diarias que incluyen a todo el personal y el entrenamiento de los trabajadores para participar en la responsabilidad de la inspección de rutina, limpieza, mantenimiento y reparaciones menores con el personal de mantenimiento.

Se incrementa la productividad y la calidad, se optimiza el coste del ciclo de vida del equipo y se amplía la base de conocimientos y capacidad de cada empleado (Nakajima, 1991).

Esta herramienta tiene una meta dual del TPM son las cero averías y los cero defectos. Cuando se eliminan las averías y defectos, las tasas de operación del equipo mejoran, los costos se reducen, el stock puede minimizarse y la productividad del personal aumenta.

Según (Rey, 2001), se puede derivar los siguientes objetivos:

- Conseguir el rendimiento operacional (Ro) óptimo de los equipos de producción con la participación de todos, usando las siguientes herramientas:
  - Desarrollo de automantenimiento integrado en la fabricación para mantener los estándares.
  - Desarrollo de la mejora continua de los estándares por los aprendizajes.
- Mejorar la fiabilidad y disponibilidad de los equipos para eliminar fallos esporádicos o aleatorios y fallos crónicos; asegurando la calidad de los productos y mejorando la productividad.
- Tomar estadística de la experiencia adquirida en las actividades TPM que ayuden al personal a realizar un mejor diseño y soluciones más económicas.
- Formar personal técnico y operadores de líneas de fabricación para que conozcan el 100% de las instalaciones.

#### a) Tipos de mantenimiento

Como menciona (Cuatrecasas, 2000), existen cinco tipos de mantenimiento:

- Efectividad del equipo: Eliminación de averías y fallos mediante prácticas preventivas de rediseño y mejora o estableciendo pautas preventivas para que no ocurran.
- Mantenimiento planificado: Establecimiento de un programa de mantenimiento preventivo por parte del departamento de mantenimiento con el objetivo de reducir defectos, averías, despilfarros, accidentes y contaminación.

- Mantenimiento predictivo: Es la detección y diagnóstico de fallas, evitando paradas de máquinas, costo de mantenimiento, corta vida de equipos, accidentes, entre otros.
- Mantenimiento autónomo: Mantenimiento de primer nivel con carácter marcadamente preventivo pues implica la participación activa de los operarios para evitar averías o deterioro de equipos mediante limpieza, inspección, ajustes de máquinas, entre otros.
- Prevención de mantenimiento: Implica la optimización de la gestión de mantenimiento de equipos, desde la concepción hasta el diseño, para identificar errores en las fases subsecuentes.

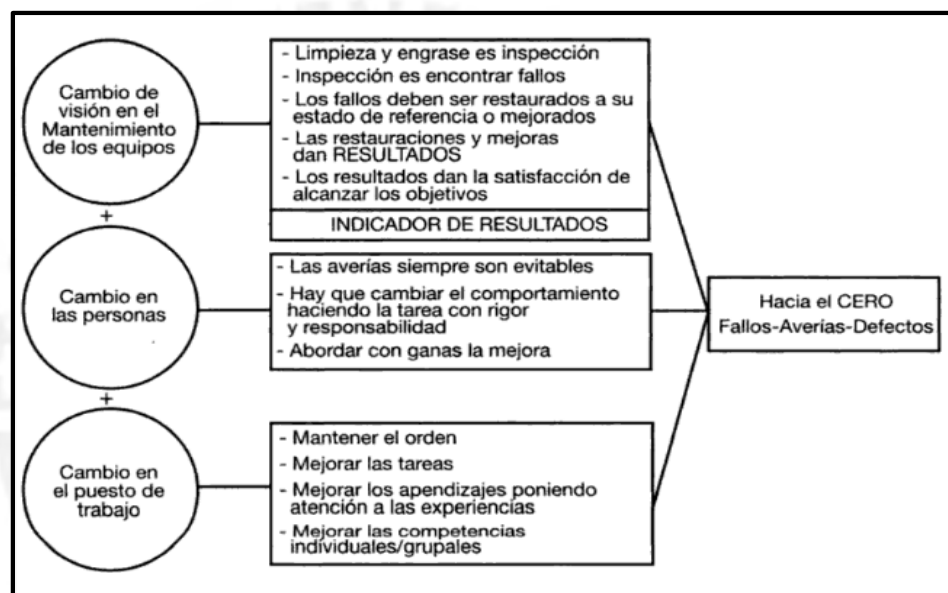


Figura 4. Objetivos del TPM  
Fuente: Francisco Rey (2001)



b) Fases de implementación de TPM

Según (Cuatrecasas, 2000), la implementación de TPM se da en cinco fases fundamentales:

Tabla 1. Etapas de la implementación de un sistema TPM

Fase	Etapa	Aspectos de gestión
1. Preparación	1. Decisión de aplicar el TPM en la empresa	La alta dirección hace público su deseo de llevar a cabo un programa TPM a través de reuniones internas, boletines de la empresa, etc.
	2. Información sobre el TPM.	Campañas informativas a todos los niveles para la introducción del TPM.
	3. Estructura promocional del TPM.	Formar comités especiales en cada nivel para promover TPM. Crear una oficina de promoción del TPM.
	4. Objetivos y políticas básicas TPM.	Analizar las condiciones existentes; establecer objetivos, prever resultados.
	5. Plan maestro de desarrollo del TPM.	Preparar planes detallados con las actividades a desarrollar y los plazos de tiempo que se prevean para ello.
2. Introducción	6. Arranque formal del TPM.	Conviene llevarlo a cabo invitando a clientes, proveedores y empresas o entidades relacionadas.
3. Implantación	7. Mejorar la efectividad del equipo.	Seleccionar un o varios equipos con pérdidas crónicas y analizar causas y efectos para poder actuar.
	8. Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo.	Implicar en el mantenimiento diario a los operarios que utilizan el equipo, con un programa básico y la formación adecuada.
	9. Desarrollar un programa de mantenimiento planificado.	Incluye el mantenimiento periódico o con parada, el correctivo y el periódico.
	10. Formación para elevar capacidades de operación y mantenimiento.	Entrenar a los líderes de cada grupo que después enseñarán a los miembros del grupo correspondiente.
	11. Gestión temprana de equipos.	Diseñar y fabricar equipos de alta fiabilidad correspondientes.
4. Consolidación	12. Consolidación del TPM y elevación de metas.	Mantener y mejorar los resultados obtenidos, mediante un programa de mejora continua, que puede basarse en la aplicación del ciclo PDCA.

Fuente: Lluís Cuatrecasas (2000)

## 1.2 Herramientas de diagnóstico

A continuación, se detallarán las herramientas que facilitarán el análisis de la empresa, así como detectar los problemas que impiden el óptimo desempeño de ella.

### 1.2.1 VSM (Value Stream Mapping)

VSM o Mapeo de Flujo de Valor es una herramienta que sirve para visualizar y entender procesos e identificar los desperdicios que se generan a lo largo de la cadena de suministros. Al utilizar esta herramienta, es posible detectar

ventajas competitivas en los procesos, para luego establecer un lenguaje común entre los participantes del proceso de producción y comunicar ideas de mejora, tal como menciona (Cabrera, 2011).

La elaboración del VSM consta de tres etapas que se mencionará a continuación:

- a. Seleccionar la familia de productos y recoger datos necesarios.

Según menciona (Cabrera, 2011), se debe elegir la familia de productos que genere un mayor impacto en la compañía; asimismo, recomienda que las familias de productos deben ser reducidos para facilitar el mapeo. Para ello, nos comparte nueve criterios opcionales para facilitar el reconocimiento de la familia de productos, así como, entradas y salidas de información. Los nueve criterios son: tipos de productos, mercado, clientes, grado de contacto con el cliente, volumen de venta, patrones de pedido, base competitiva, tipo de proceso y características de productos.

- b. Crear mapa del Estado Actual.

El mapa del Estado Actual sirve como referencia para poder identificar excesos en los procesos y documentar la situación actual de la cadena de valor. En este mapa se puede observar los inventarios en procesos (WIP) e información para cada operación relacionada con su capacidad, disponibilidad y eficiencia. Además, nos proporciona información sobre la demanda del cliente, la forma de procesar la información del cliente en la planta y de la planta hacia los proveedores, la forma en que se distribuye al cliente y la distribución por parte de los proveedores y la manera en que se suministra la información a los procesos (Womack, 2012).

Para elaborar el VSM del Estado Actual se debe considerar lo siguiente:

- Simbología: según (Rajadell & Sánchez, 2011), para establecer el VSM se cuenta con un sistema formal de símbolos que permite representar todos los procesos encontrados en un sistema de producción. La figura 5 representan los símbolos para el caso de flujo de materiales.

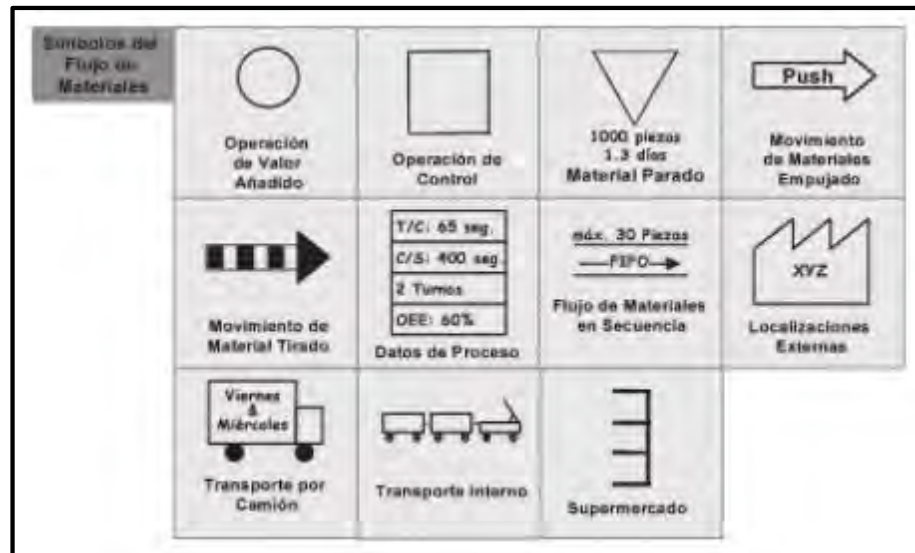


Figura 5. Símbolos del Flujo de Materiales  
Fuente: (Rajadell & Sánchez, 2011)

Una vez dibujado con los símbolos de flujo de materiales se continúa con el flujo de información existente entre los clientes, la planta y los proveedores, para ello, se aplican los símbolos de la figura 6.

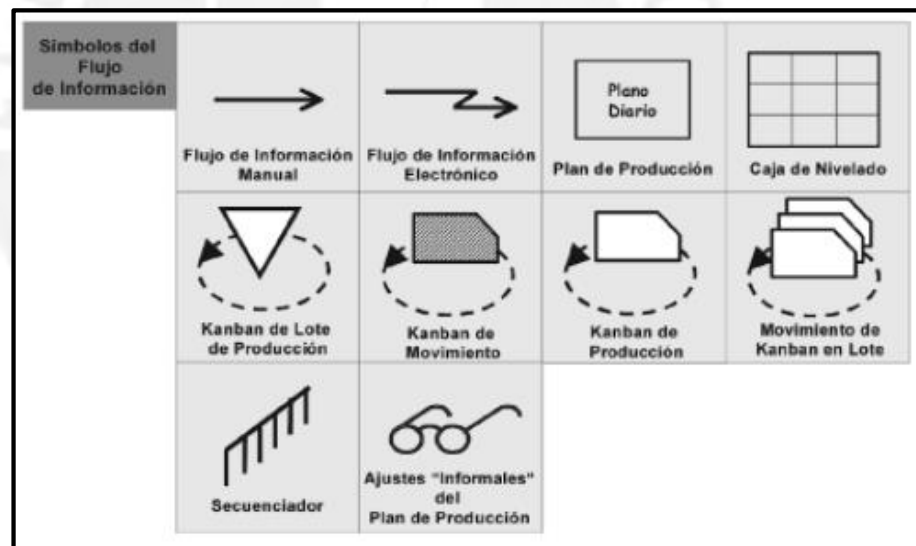


Figura 6. Símbolos del Flujo de información  
Fuente: (Rajadell & Sánchez, 2011)

- Análisis del flujo de información y valor: Tal como menciona (González, 2012), el flujo de información y materiales se ejecuta con los siguientes pasos:
  - i. La información que brinda el cliente se grafica de derecha a izquierda. La información fluye al área de control de producción y al proveedor para la preparación de la materia prima.

- ii. La información del proceso se grafica de izquierda a derecha, desde que se recepciona la materia prima, se transforma mediante los procesos, hasta obtener el producto terminado embarcado para ser entregado al cliente.
- Análisis del área de trabajo: se debe identificar los principales procesos incluyendo la capacidad de la mano de obra disponible en cada uno de los procesos.
- Relación de cálculos: una vez hecho lo mencionado se debe analizar la situación actual mediante los siguientes indicadores (Womack, 2012):
  - i. Tiempo de ciclo (TC): tiempo en que el producto completa un proceso.
  - ii. Tiempo de Set up: tiempo necesario para cambiar de formato y producir un producto nuevo o distinto.
  - iii. Tiempo disponible (TD): tiempo de trabajo disponible del personal, no se considera los descansos.
  - iv. Tiempo de suministro (LT): tiempo necesario de un material para transportarse a través de la cadena de suministro.

Con los LTs se elabora una línea de tiempo en la parte inferior de cada proceso e inventario para determinar los tiempos de entrega de la producción y, con ello, con ello determinar el lead time total y el tiempo total de procesamiento.

- v. *Takt time*: tiempo por unidad demandada, para realizar un balance de línea al evaluar si el sistema de producción está alineado a la demanda o no.

$$Takt\ time = \frac{Tiempo\ disponible\ de\ operación}{Demanda\ esperada}$$

Donde:

Tiempo disponible de operación = tiempo disponible para producción o servicio, sin considerar parada programada o no.

Demanda esperada = demanda esperada por período de tiempo.

- c. Crear mapa del Estado Futuro.

Dado los problemas identificados en el mapa anterior, el mapa del Estado Futuro consiste en desarrollar una estrategia de Lean Manufacturing

plasmando un estado nuevo en base a mejoras en materiales, procesos, tiempo, cadena logística, entre otros (Cabrera, 2011).

### 1.2.2 QFD (*Quality Function Deployment*)

Según (James, 1997), QFD es conocido en sus siglas en español como DFC (Despliegue de la Función de Calidad) es una metodología formal para la planificación visual eficaz y desarrollo de los objetivos de calidad percibidos por el cliente, es decir es una vía sistemática para asegurar el desarrollo de las características y especificaciones del producto, procesos, métodos y herramientas basados en la demanda del cliente.

El QFD es medio por el cual la voz del cliente es efectivamente traducida en un producto/ servicio que los satisface constantemente. Además, el QFD depende fuertemente del proceso de marketing y de la investigación de mercados, esta dependencia facilita la posterior venta a los clientes adecuados.

Esta herramienta de diagnóstico genera las siguientes ventajas:

- Diseño de productos en menor tiempo.
- Reducción de los costos
- Aumento de la calidad de los productos o servicios.
- Incremento de la satisfacción del cliente.
- Reducción de los reclamos de garantía.

**Técnica del QFD:** El proceso comienza con el desarrollo de la primera matriz que sirve para identificar los requerimientos específicos de diseño para satisfacer las necesidades del cliente. De este primer paso se obtiene información un tanto imprecisa pues se usa características cualitativas, sin embargo, no deja de ser importante ya que genera una relación no cuantificable.

El último proceso es el desarrollo de la segunda matriz para que el producto pueda ser utilizado con eficacia y se pueda describir, cuantificar y cualificar las necesidades y requerimientos del cliente. Entonces, se desarrollan los requisitos internos de la organización necesarios para satisfacer completamente las necesidades y gustos identificados por el cliente.

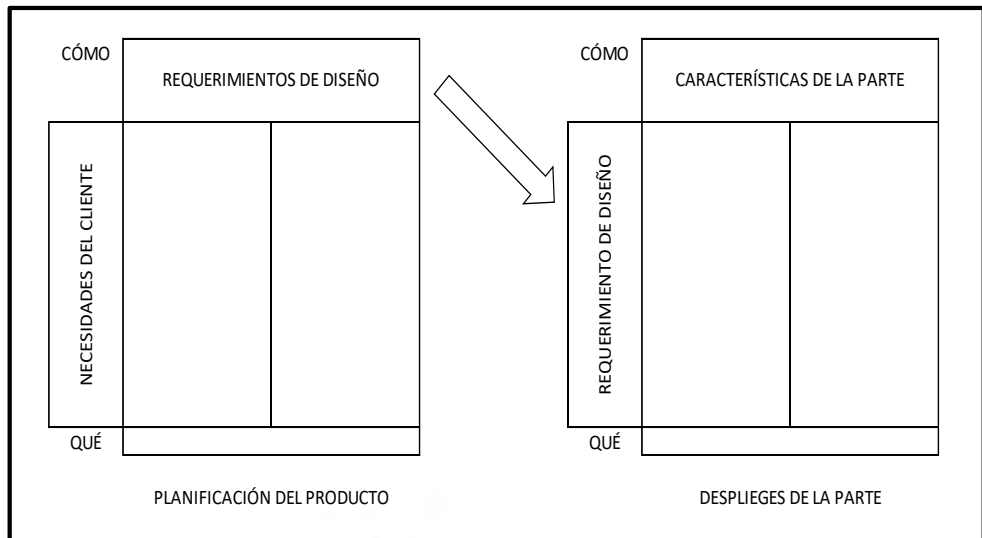


Figura 7. Primera Matriz QFD  
Fuente: Paul James (1997)

A continuación, se muestra en la figura 8 la segunda matriz QFD:

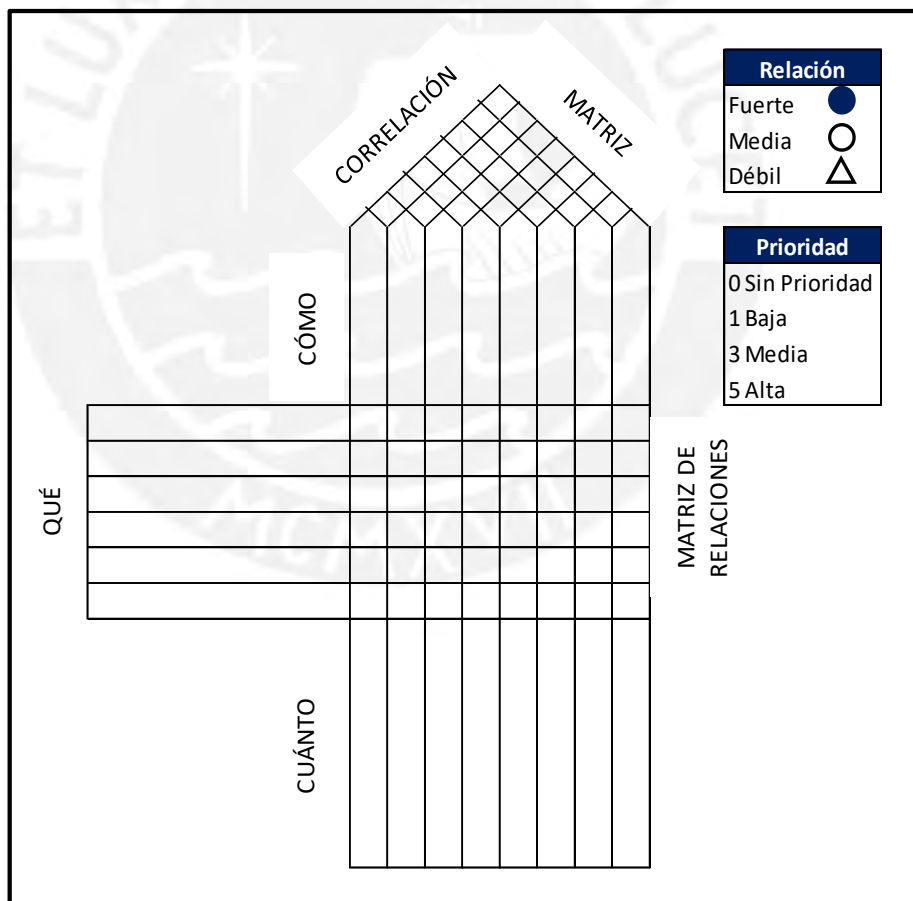


Figura 8. Segunda Matriz QFD  
Fuente: Paul James (1997)

### 1.2.3 Diagrama de causa – efecto

El diagrama Causa-Efecto es también conocido como Diagrama de Pescado o Ishikawa; su función principal es ordenar las causas que afectan o influyen en la calidad de un proceso, producto o servicio. Esta herramienta de diagnóstico usa un diagrama para facilitar el entendimiento y comprensión de un proceso; además, se basa en la lógica pues un efecto tiene al menos una causa, aunque sea complejo (Guajardo, 1996).

Según (Velasco, 2010), esta herramienta puede usarse sin limitación en la resolución de problemas en cualquier actividad; además, es un método simple y fácil de comprender y usar que proporciona bases para la discusión de los factores que afectan a un su problema e interrelación.

#### **Procedimientos:**

Según (Guajardo, 1996), para realizar un óptimo diagrama de Causa-Efecto se debe seguir los siguientes procedimientos:

- Definir el efecto o problemática que se desea analizar.
- Escribir el efecto o problemática dentro de un rectángulo hacia el lado derecho.
- Dibujar una flecha horizontal apuntando hacia el efecto.
- Dibujar flechas diagonales, de derecha a izquierda, incidentes en la flecha central (formando un esqueleto de pescado). Escribir en cada una los factores generales que pueden originar el efecto. Se sugiere los factores pueden ser los siguientes:
  - Mano de obra o Personal
  - Método de trabajo o Política y procedimientos
  - Materiales o Proveedores e insumos
  - Maquinaria y equipo o Proceso y recursos
  - Ambiente
- Ramificar cada flecha inclinada con pequeñas flechas horizontales incidentes en la primera. Sobre ella se escriben las causas en que se divide cada factor, además, cada causa puede subdividirse en otras subcausas.

La figura 9 representa las ramificaciones generales del diagrama de Ishikawa.

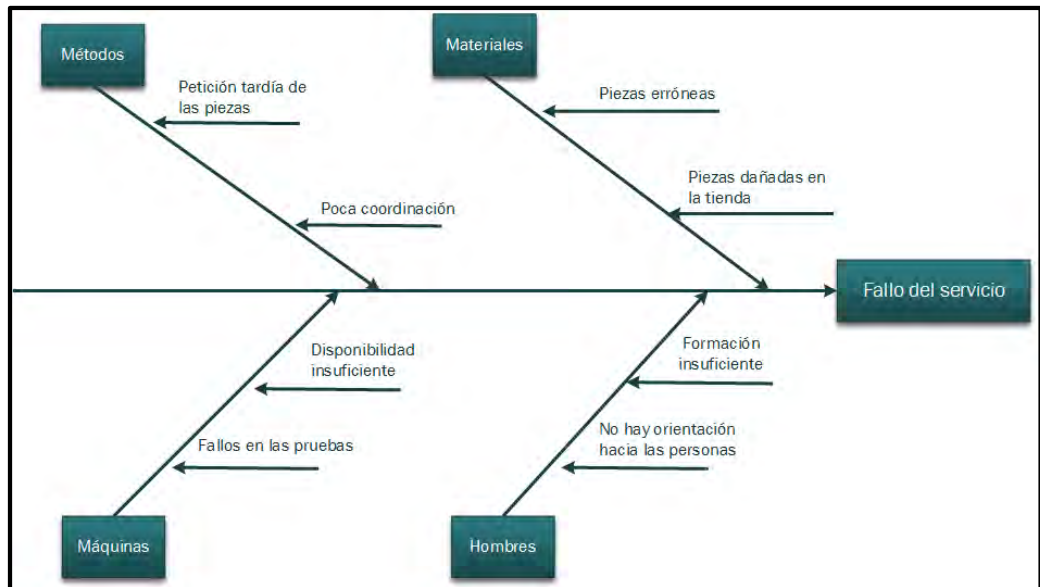


Figura 9. Diagrama de Ishikawa o Espina de pescado  
Fuente: Paul James (1997)

#### 1.2.4 Diagrama de Pareto

Esta herramienta de diagnóstico fue desarrollada por el economista italiano Wilfredo Pareto, quien planteó que en un contexto en donde se desea resolver problemas, la solución de unas cuantas causas vitales (representan aproximadamente el 20 por ciento del total) nos permitirá alcanzar la mayoría de los beneficios potenciales (representan aproximadamente el 80 por ciento del total de beneficios). En resumen, esta herramienta sirve para determinar las pocas causas o efectos vitales en un problema dado, discriminando así los triviales y obteniendo el mayor de los beneficios (Gujardo, 1996).

Según (Velasco, 2010), esta herramienta también es conocida como el "Principio 80-20" o "Análisis ABC", ya que la clasificación de unos elementos o datos por el orden de importancia para ser tratados según su peso específico. Además, puede ser aplicable a múltiples actividades pues pone en manifiesto aquellos asuntos que tienen más importancia en el conjunto de problemas.

##### Procedimientos:

Según (Gujardo, 1996), para realizar un óptimo diagrama de Pareto se debe seguir los siguientes procedimientos:

- Definir bien el problema o situación que se va analizar.
- Listar todas las causas por considerar. Analizarlos y clasificarlos de acuerdo con un orden de importancia.



- Seleccionar la forma de medición de causas consideradas, esto dependerá de los objetivos que se desee alcanzar
- Organizar los factores de impacto en una hoja de recopilación de datos, presentarlos en orden de importancia, del mayor al menor.
- Calcular el porcentaje relativo de cada factor.
- Calcular el porcentaje acumulado de cada factor de mayor a menor.
- Trazar la escala del eje vertical en las unidades seleccionadas.
- Dibujar una gráfica de barras sobre el eje horizontal con los factores en orden decreciente. Si existe muchos factores de pequeña magnitud, agruparlos.
- En el eje vertical derecho, trazar una escala del 0 al 100 por ciento.
- Dibujar una gráfica lineal representando el porcentaje acumulado para cada factor con referencia al eje derecho.
- Por último, trazar una línea vertical interceptando la curva acumulada cerca del 80 por ciento, para separar los factores vitales de los triviales.

A continuación, la figura 10 representa un ejemplo del Diagrama de Pareto.

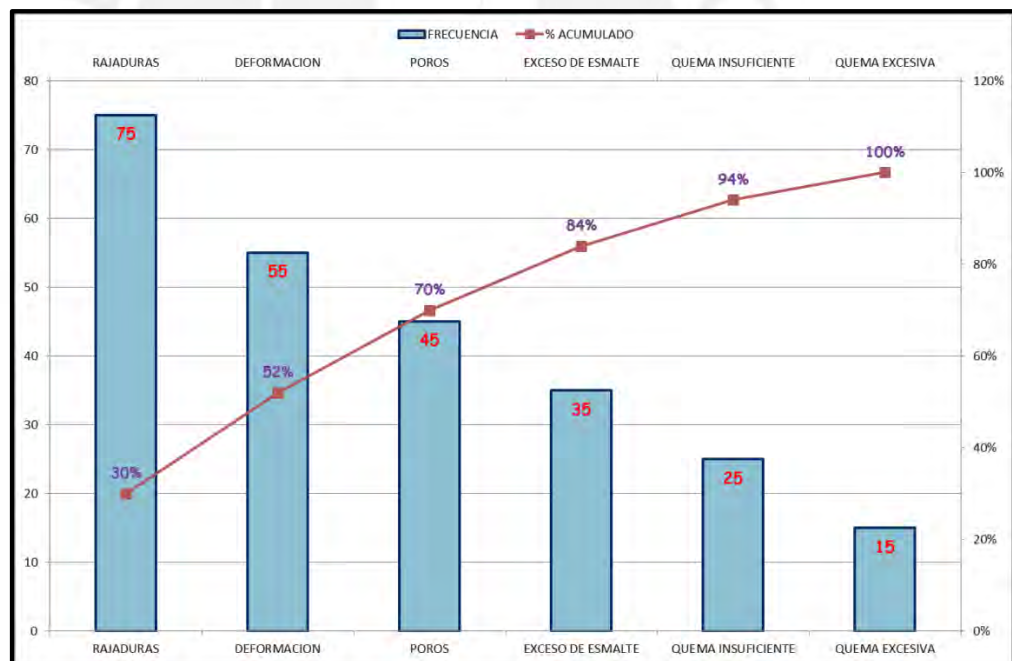


Figura 10. Pareto de defectos

Fuente: Gerencia de Producción y Planeamiento de la empresa

## **CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y DEL PROCESO**

### **2 Descripción de la empresa**

La empresa comenzó sus operaciones en el año 1975, se creó con el objetivo de establecerse en el Perú e instalar una moderna planta industrial dedicada a la fabricación y comercialización de griferías, aplicando los más recientes adelantos europeos.

En el año 2014 se alió con una empresa del mismo rubro para poder obtener mayor participación en el mercado por segmentos, incrementar sus ventas y fortalecer las marcas más prestigiosas del mercado griferías, sanitario y accesorios para baño llegando a ser las preferidas del mercado nacional y extranjero.

En el transcurso de los años la empresa ha sabido mantener la posición de liderazgo en su categoría, gracias a la preferencia de los clientes, sus productos funcionales e innovadores y de comprobada calidad, los cuales han hecho de la empresa una marca importante en el medio.

Es así como la empresa, desarrolla sus productos de griferías y sanitarios, los que además de cumplir perfectamente con su función primordial, combinan armoniosamente belleza, diseño y elegancia. Actualmente, la empresa diseña, fabrica, comercializa y ofrece el mejor servicio post-venta de griferías, sanitarios y accesorios de uso doméstico e institucional.

La empresa está en proceso de aumentar sus ventas, abriéndose a mercados externos latinoamericanos. La figura 11, basado en las ventas mensuales desde enero del 2014 hasta junio del 2016, muestra una tendencia en alza de las ventas, lo cual representa la recuperación de unidades vendidas del 2016 frente al 2014 y 2015, años del boom construcción en el Perú.

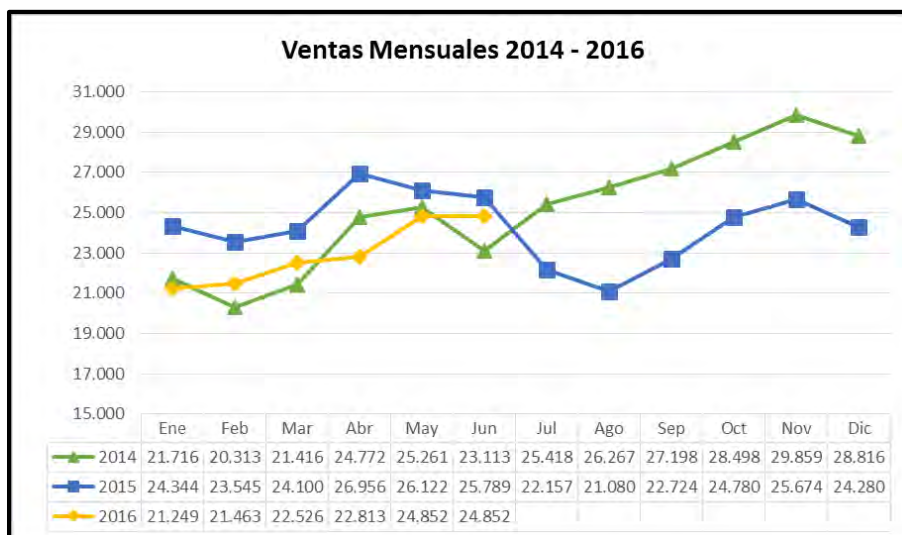


Figura 11. Ventas Mensuales 2014 - 2016

Fuente: Gerencia de Producción y Planeamiento de la empresa

## 2.1 Sector y actividad económica

La empresa de estudio diseña, fabrica, comercializa y ofrece servicio post-venta de griferías, sanitarios y accesorios de baño de uso doméstico e institucional, pero la presente propuesta de tesis se centrará en la producción y comercialización de sanitarios y accesorios de baños. Según la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) revisión 3, la empresa se puede definir jerárquicamente mediante los cuatro niveles de clasificación siguientes:

- Categoría de tabulación: D – Industrias manufactureras
- División: 26 – Fabricación de otros productos minerales no metálicos
- Grupo: 91 – Fabricación de productos de cerámica no refractaria para uso no estructural
- Clase: 05 - Fabricación de artefactos higiénicos de cerámica

Además, dada la clasificación CIIU de la empresa se obtiene información del comportamiento del sector que pertenece por medio de las publicaciones estadísticas – económicas del (BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ, 2016), específicamente en las fichas del sector Manufactura No Primaria – Minerales No Metálicos. En la figura 12 se puede evidenciar una tendencia de recuperación en el 2016 descrito por el comportamiento del PBI de actividades relacionadas con la manufactura no primaria.

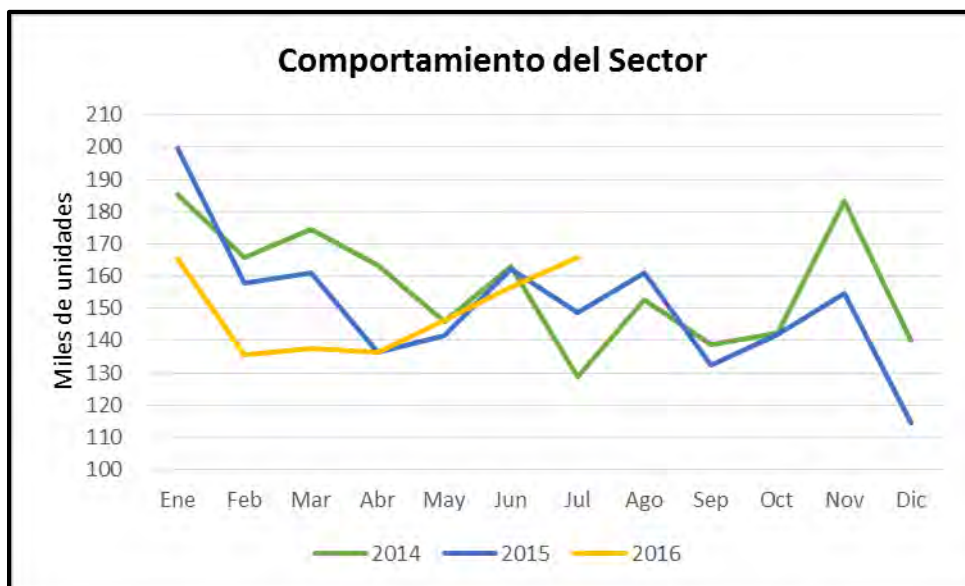


Figura 12. Comportamiento del Sector  
Fuente: BCRP (2016) – Elaboración Propia

## 2.2 Mapa relacional de la empresa

En la figura 13 se presenta el modelo relacional del negocio de la empresa, en donde se puede afirmar que la logística representa una parte esencial en el proceso de producción pues la calidad de la materia prima e insumos que se reciba afectará directamente en la fabricación de los productos. Además, se puede observar que la empresa tiene proveedores de insumos tanto nacionales como internacionales.

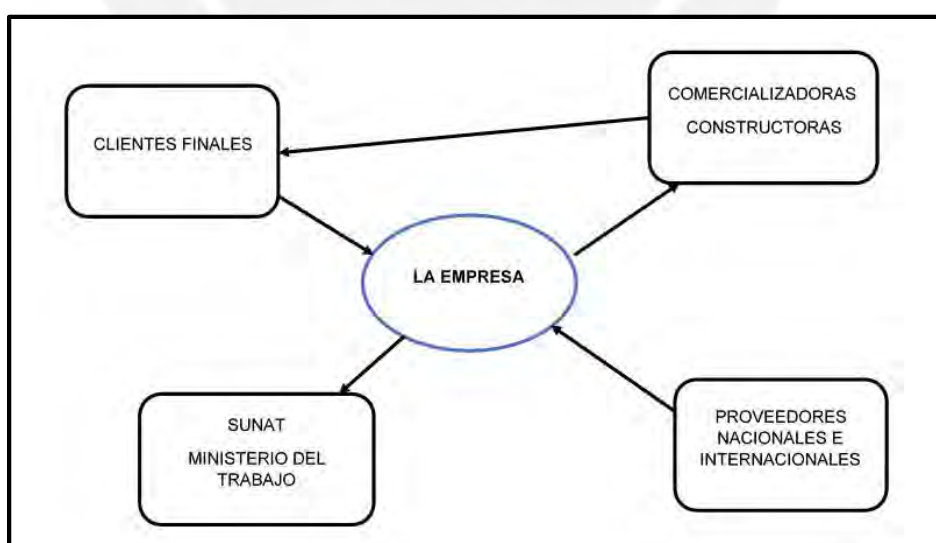


Figura 13. Mapa Relacional de la empresa  
Fuente: Gerencia de Producción y Planeamiento de la empresa

Dentro del contexto, la Sunat representa el organismo que regula el control del mercado, así como el gobierno municipal y el Ministerio del Trabajo que velan

por la regulación de los procesos productivos. Adicionalmente, se puede comentar que los clientes finales podrán acceder a la cartera de productos de la empresa por medio de la compra directa en la tienda de la empresa o en comercializadoras.

## **2.3 Principios de la empresa y perfil organizacional**

### **2.3.1 Misión**

Generar una mejora de la calidad de vida de las personas satisfaciendo sus necesidades en cuanto a baños y cocinas, para luego alcanzar el éxito en las categorías de negocio en que participa la empresa beneficiando a sus clientes, trabajadores y accionistas y actuando con responsabilidad social.

### **2.3.2 Visión**

Convertirse en una empresa líder del mercado peruano en soluciones efectivas para baños y cocinas siendo, a la vez, un referente para el mercado latinoamericano presentando productos y servicios de calidad que logran satisfacer las necesidades y expectativas de sus clientes.

### **2.3.3 Valores**

Los principales valores que rigen las personas dentro de la empresa son:

- Integridad, una persona íntegra es aquella que se guía por sólidos principios, los que defenderá ante cualquier circunstancia, actuando con transparencia y honestidad, pensando en el beneficio de la empresa, sin beneficio personal.
- Respeto, aceptar la diversidad cultural, religiosa, de género y ser tolerante. Tratar de manera respetuosa a todos los colaboradores de la empresa y cuidar las instalaciones y servicios de la empresa como si fueran propios
- Orientación al cliente, auténtica predisposición y entrega para entender las necesidades de los clientes internos y externos y brindarles una experiencia extraordinaria.
- Excelencia trabajando en equipo, búsqueda constante para alcanzar el objetivo común que nos une, convencidos que trabajando en equipo lograremos resultados extraordinarios.
- Seguridad, realizamos todas nuestras actividades pensando en nuestra seguridad y la de nuestros compañeros, para poder regresar a casa sanos y salvos.

- Innovación, explorar, experimentar y aprender, alcanzando soluciones novedosas y aprovechando las oportunidades que ayuden a mejorar la calidad de los productos, procesos, bienes y servicios.

#### **2.3.4 Objetivos**

Los objetivos que la empresa tiene son conocidos por todos sus colaboradores que pertenecen a ella, estos son:

- Proveer a nuestros consumidores con productos de alta calidad.
- Consolidar nuestras marcas.
- Construir nuevas marcas.
- Expandir nuestras marcas en Latinoamérica.
- Diversificar nuestro portafolio de marcas.

#### **2.3.5 Organización de la empresa**

En lo referido al rol de personal, se puede clasificar en los siguientes niveles:

- Nivel Directivo/ Gerencial: Está conformado por los máximos responsables de cada una de las 7 gerencias (General, Proyectos Corporativos, Comercial, Administración y Finanzas, Producción y Logística).
- Nivel Ejecutivo: Se encuentra conformado por los responsables de las jefaturas de producción, los cuales deben dirigir y tomar decisiones en la producción para cumplir los objetivos establecidos por sus superiores. Está conformado por 2 personas.
- Nivel Medio/ Administrativo: lo compone todo el personal administrativo, supervisores de alto rango, analistas y practicantes, los cuales se encargan de organizar, planificar y controlar las diferentes funciones encargadas en las diferentes áreas en las que laboran. Está conformado por 20 personas.
- Nivel operativo: Se encuentran los colaboradores de la planta quienes se encargan del trabajo directo al proceso de productivo y del staff de apoyo como el personal de limpieza y de seguridad. Está conformado por 217 personas.

El personal se distribuye en el organigrama correspondiente a la figura 14.

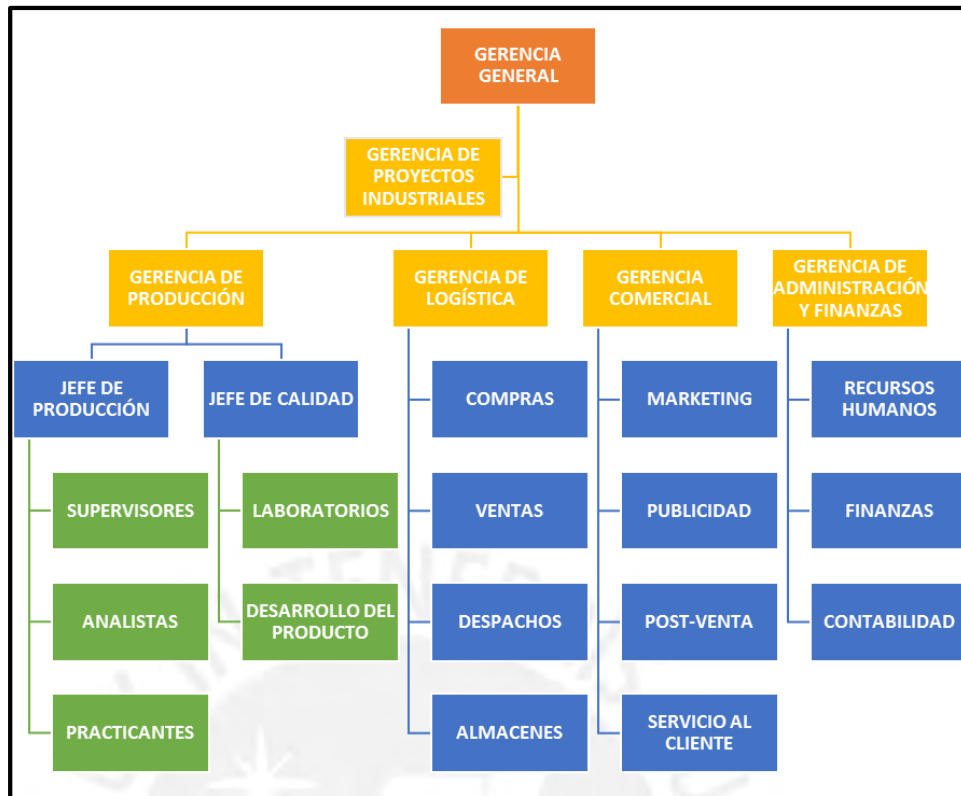


Figura 14. Organigrama de la empresa  
Fuente: Gerencia de Producción y Planeamiento de la empresa

## 2.4 Clientes y cartera de productos

### 2.4.1 Concepción del cliente

A nivel nacional e internacional los clientes directos son de dos tipos: mayoristas y consumidores finales. Los mayoristas son los que solicitan una mayor cantidad y variedad de la cartera de productos, tal es el caso de las constructoras para sus diversos proyectos urbanizados, o para las diferentes comercializadoras o *retails*. Para resumir este tipo de consumidores son básicamente del sector construcción y de consumo masivo en materiales de construcción.

A los consumidores finales se les contacta de manera directa por medio de las distribuidoras o por la tienda - *showroom* de la empresa, dichos consumidores se les considera como personas jurídicas con un poder de compra limitado.

### 2.4.2 Familia de productos

A continuación, se realizará una clasificación detallada de la familia de productos que la empresa elabora y comercializa:

- One Piece: Acapulco, Buzios, Mediterráneo, Ocean, Portofino, Bali y Vallarta.

- Bowls: Bari, Cozumel, Rapallo, Roma y Varadero.
- Lavatorios: Aruba/Smart, Avante, Ipanema, Lazio, Nuevo Cancún, Punta Sal y Cabo Blanco.
- Pedestales: Vallarta y Quarzo.
- Ovalines: Acapulco, Buzios, Mediterráneo y Ocean.
- Tanques: Nueva Aruba, Cancún, Punta Sal y Avante.
- Tazas: Aruba, Cancún, Nuevo Avante, Penta Flux, Punta Sal y Ultra Flux.
- Urinarios: Bávaro.
- Accesorios de baño: papeleras, toalleras, percheros y jaboneras.

Dada la familia de productos de la empresa, en la figura 15 se procede a mostrar las unidades vendidas por familia de producto basado en un registro de ventas acumulado desde Enero a Junio de los años 2014, 2015 y 2016; esta figura evidencia un crecimiento en las ventas de One Piece para el 2016 siendo el producto con margen de contribución y con mayor precio de venta que el resto de productos.

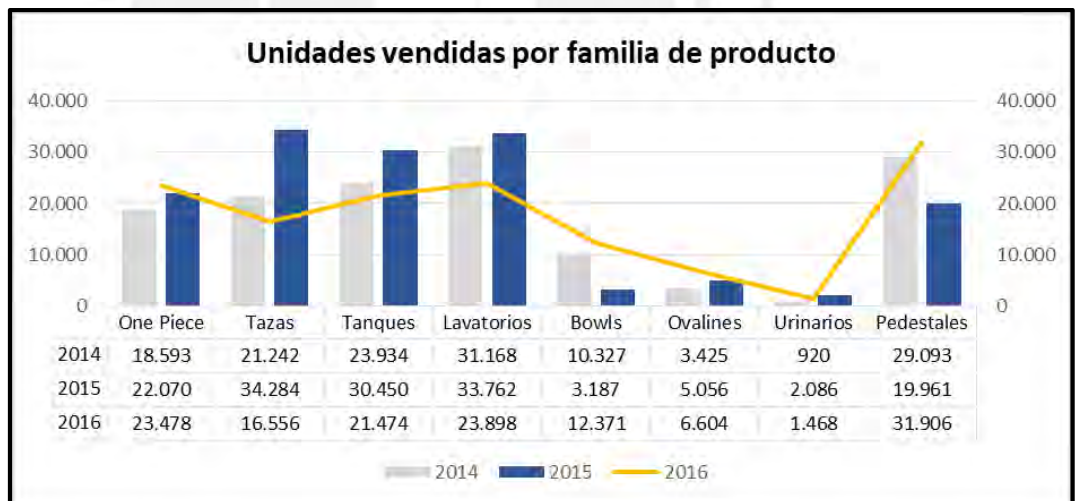


Figura 15. Unidades Vendidas por Familia de Producto  
Fuente: Gerencia de Producción y Planeamiento de la empresa

## 2.5 Cadena de valor de la empresa

En la figura 16 se representa el mapa del proceso productivo de la empresa, desde la solicitud de pedido hasta la recepción del producto terminado por parte del cliente o consumidor final.

Para mayor detalle, en la figura 16 se presentan las áreas funcionales de mayor peso del proceso: primero se ingresan los requerimientos del cliente por parte del área de ventas, del área de atención al cliente o a través de vendedores e



impulsadoras con los que cuenta la empresa; los pedidos son recibidos para luego ser derivados al área de producción que determina el proceso de fabricación respectivo para cada pieza o producto. Luego se procede con la facturación y distribución del pedido en donde se negocia el modo de pago ya sea por línea de crédito, pagos contra entrega o al contado, dependiendo del tipo de cliente, para finalizar con el despacho del pedido y ser entregado al cliente.

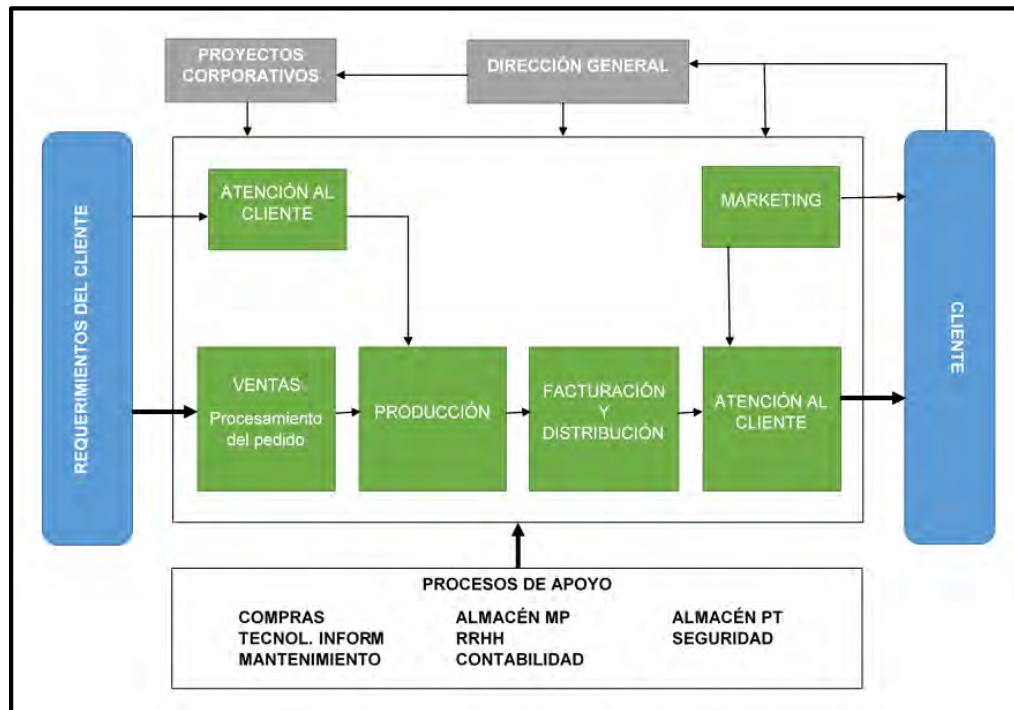


Figura 16. Cadena de Valor de la empresa  
Fuente: Gerencia de Producción y Planeamiento de la empresa

### 2.5.1 Descripción del proceso de producción

La producción en la empresa involucra una serie de procesos que varían dependiendo del producto que se desea obtener al final y de un pedido en especial por parte de un cliente nacional o extranjero.

Ante esta situación y se explicará a través de un flujograma el proceso de producción de una pieza. A continuación, se explicarán brevemente cada una de las operaciones involucradas en la elaboración de piezas.

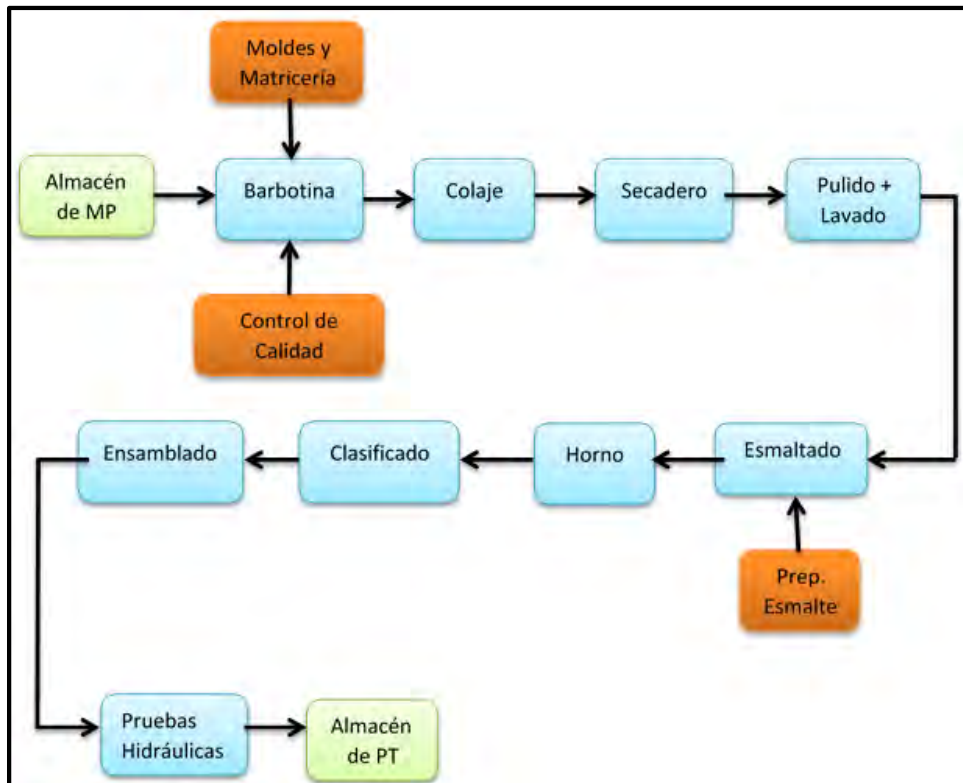


Figura 17. Flujograma del proceso productivo de Sanitarios  
Fuente: Gerencia de Producción y Planeamiento de la empresa

- Almacenamiento de Materia Prima (MP): Obtención de las arcillas, caolines, feldespato y alrasil para su posterior almacenamiento y verificación.
- Moldes y Matricería: Mediante el uso de maderas se fabrican las matrices que luego servirán para preparar los moldes a usarse, cabe resaltar que solo se necesita de yeso como materia prima para preparar los moldes.
- Preparación de barbotina: La barbotina es la mezcla fundamental para preparar cualquier pieza hecho con cerámica como son los sanitarios, esta mezcla resulta de la mezcla de las materias primas mencionadas antes bajo un procedimiento que por política de la empresa no se puede describir en el presente informe.
- Preparación de esmalte: La empresa elabora su propio esmalte clasificándolo en seis (6) colores que se pueden aplicar a las piezas según el plan de producción; para la elaboración del esmalte se usa la misma materia prima con que se prepara barbotina con la diferencia en aplicación de distintos aditivos y colorantes.
- Colaje: Para generar la forma de un determinado producto se debe verter la barbotina en moldes y realizar una serie de actividades para lograr la pieza objetivo, con esto nos referimos al proceso de Colaje y la empresa cuenta con tres (3) formas de colaje los cuales varían por la presión con que se trabajará la pieza.

- Secadero: Una vez que la pieza toma la forma inicial que se desea, se procede a llevarlo al secadero para que se elimine la mayor cantidad posible de agua libre hasta que la pieza llegue a obtener un nivel de humedad igual o menor al 1%, esto se realiza por medio de máquinas denominados secaderos.
- Pulido y Lavado: Luego de que la pieza salga del secadero pasará al pulido respectivo para eliminar rebabas y deformaciones visibles, así como realizar curaciones en diversas partes y descartar piezas que no cumplen con los requerimientos de calidad, al finalizar el pulido se pasa a “lavar” la pieza con aire a alta presión.
- Esmaltado: Se agrega esmalte a la pieza mediante capas de aplicación para luego evitar fallas en los procesos siguientes.
- Horno: Luego de aplicarse el esmalte a la pieza, se procede a llevarlo al horno para que ocurra reacciones químicas en la pieza y así tome el color, el brillo, la forma adecuada y resistencia necesaria para ser comercializado.
- Clasificado: Las piezas al salir del horno pasará a una zona de clasificación para luego tomar una decisión en cuanto al destino final de la pieza. La empresa maneja cuatro (4) clasificaciones de piezas.
- Pruebas hidráulicas: Se debe aclarar que solo los One Piece’s pasan directamente a las pruebas hidráulicas y no al ensamble como se aprecia en el flujograma; luego de conocerse la clasificación de un One Piece, se procede a realizar pruebas funcionales, con ello cumplir la calidad que se desea entregar al cliente, además en este proceso se realiza el respectivo empaquetado de la pieza.
- Ensamble\*: Consiste en el ensamblado de las piezas chicas (cualquier pieza menos un One Piece) con insumos adicionales que aumentan su valor inicial, además en este proceso se realiza el empaquetado de la pieza.
- Almacenamiento: Finalmente se llega a este punto en donde se coloca las cajas de las piezas sobre un pallet y se traslada al almacén de productos terminados (APT).
- Control de Calidad\*\*: Consiste en la inspección, control y monitoreo de la preparación de barbotina, esmalte y las piezas en todos los procesos que se incurre, esto se realiza mediante pruebas que se contrastan con parámetros creados por la empresa.

## 2.6 Materiales e insumos

Las materias primas se reciben de diversas formas.

- Las arcillas y los caolines se reciben en montículos separados, en forma sólida (rocas y polvos).
- El feldespato se recibe en costales de 40 kg, en forma sólida (polvo).
- El alkasil se recibe en baldes de 20 litros, en forma líquida.

Los proveedores con que trabaja la empresa son extractores y comercializadores de arcillas, caolines y silicatos pertenecientes al sector minero que se ubican principalmente en el norte del país. A continuación, se lista las materias primas que se suele adquirir de los proveedores:

- Arcilla Cahuacán, Chamis, V4 y T6.
- Caolín Pino y R.
- Feldespato
- Alkasil (silicato de sodio)

Las materias primas mencionadas cumplen una serie de propiedades que aportan mucho en la formación de la barbotina, estas son:

- Arcilla: Es un mineral de componentes iónicos que facilita la conformidad debido a su plasticidad.
- Caolín: Es una arcilla blanca que aporta en la plasticidad de la barbotina, además apoya en la absorción y estabilidad dimensional, es decir, ayuda que se forme un cuerpo en la barbotina gracias a que es un intercambiador iónico.
- Agua Blanda: Que ayuda a la dispersión de las partículas en conjunto con el alkasil.
- Feldespato: Ayuda a bajar el punto de fusión de la barbotina.
- Alkasil: Su nombre químico es silicato de sodio, este componente ayuda a que la mezcla se suelte y que se ajuste.

# CAPÍTULO 3: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

## 3 Diagnóstico de los problemas

En el presente capítulo, se presentará el diagnóstico de los problemas dentro de la empresa a través de la Identificación de los Problemas, VSM, Matriz QFD y análisis de la Matriz de Priorización de Problemas con la finalidad de identificar las principales causas y sus oportunidades de mejora.

### 3.1 Identificación de los problemas

Para la identificación de los problemas se realizaron visitas a la planta de producción para realizar observaciones directas, se analizaron registros y se entrevistó a diversos colaboradores desde operarios a gerentes; con la información y datos recopilados se identifican los problemas que se visualizan en la tabla 2:

Tabla 2. Listado de problemas identificados

Resumen de problemas identificados	
1	Pedidos rechazados por entregas fuera de especificaciones.
2	Impactos generados por las roturas de stock entre los procesos.
3	Alto índice de roturas/ scraps por proceso.
4	Alto índice de roturas/ scraps por clasificación.
5	Existencia de merma a reprocessar.

Fuente: Elaboración Propia

#### a. Pedidos rechazados por entregas de productos fuera de especificaciones

Se hace referencia a aquellos productos devueltos por los clientes intermediarios o finales por no cumplir con diversos factores o por faltas hacia el cliente tal como se puede apreciar en la tabla 3, que lista las causas más representativas de este problema en particular.

Tabla 3. Listado de Pedidos Rechazados

PEDIDOS RECHAZADOS	CÓDIGO DE P.R.
ENTREGAS FUERA DE FECHAS	EFF
INCUMPLIMIENTO DE REQUERIMIENTOS	IRQ
CAMBIO DE EMPAQUE SIN AVISO	CBE
MERCANCÍA AVERIADA EN EL TRANSPORTE	MAT
STICKER DISTINTO A LO PEDIDO	SDP
PEDIDOS CON DOBLE CÓDIGO DE BARRA	PCB

Fuente: Elaboración Propia

Además, en la figura 18 se puede apreciar un Diagrama de Pareto del acumulado de Pedidos Rechazados en el 2015, en donde es notorio las causas listadas anteriormente y del cual se destaca las entregas fuera de fecha, los incumplimientos de requerimientos y los cambios de empaque sin aviso como causas principales que abarcan cerca del 80% de total de problemas.

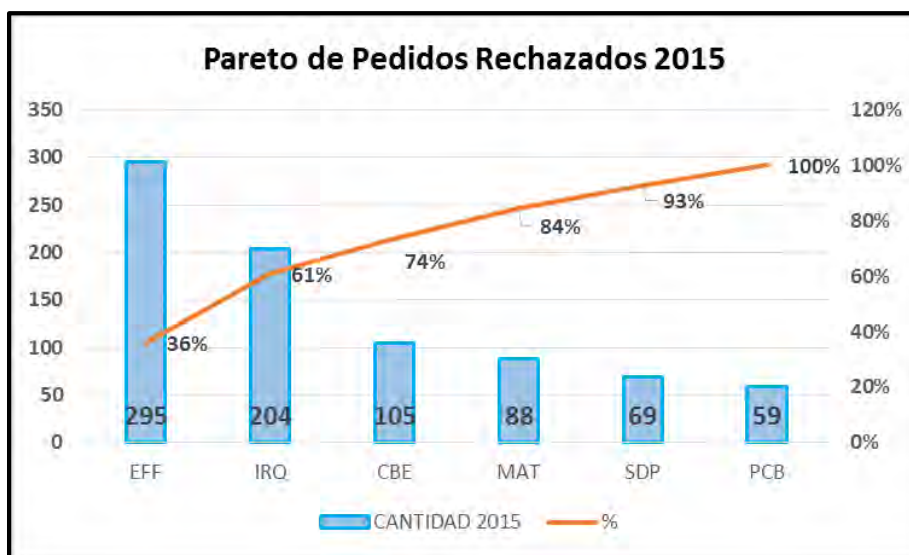


Figura 18. Pareto de pedidos rechazados 2015  
Fuente: Gerencia de Producción y Planeamiento de la empresa

Por otro lado, en la figura 19 se cuenta con la tendencia de pedidos rechazados, en donde se aprecia la data histórica desde el 2014 hasta Junio del 2016; si bien la tendencia ha disminuido con el tiempo aún se considera problemático pues estos productos rechazados representan el 0.2% de las ventas anuales y generan pérdidas por devoluciones, pago de infracciones y demás que equivale a S/.72'500 soles anuales.

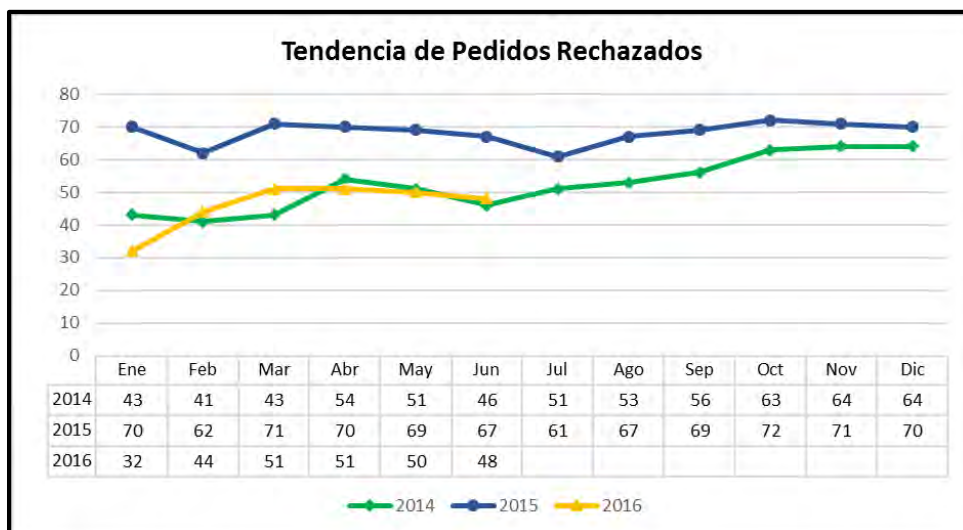


Figura 19. Tendencia de ventas rechazadas  
Fuente: Gerencia de Producción y Planeamiento de la empresa

#### b. Impactos generados por las roturas de stock entre los procesos

Todos los productos presentan este problema y el porcentaje de roturas de stock entre los procesos varía entre 10% a 15% dependiendo de la familia de productos. Las roturas de stock se generan por la ausencia de piezas o inventario WIP entre dos procesos continuos que generan una disminución de la producción mensual y anual hasta en un 20%, retrasos en la entrega de pedidos, incremento en los costos de la mano de obra y aumento del tiempo de parada de máquinas. Esto se ve reflejado en KPI's como lo son el Cumplimiento Mensual de Producción y la Eficiencia diaria de las familias de productos; las pérdidas por este problema varían entre S/.30,000 y S/.60,000 soles dependiendo de los procesos involucrados.

A continuación, se analizarán y detallarán los impactos que generan las roturas de stock entre los procesos de producción:

- **Roturas de stock entre Colaje y Pulido:** este tipo de roturas de stock conlleva impactos negativos a la empresa tal como se puede apreciar en la tabla 4 que lista los impactos más notorios entre dichos procesos cuantificados según una base distinta. Además, mediante la figura 20 se representa un Diagrama de Pareto del Impacto anual entre Colaje y Pulido basado en los costos totales generados por cada impacto producidos que nos revela los tres impactos que representan aproximadamente un 80% del total, estos son el aumento de retraso de entrega de productos, el aumento de horas extras y el aumento de reprocesos.

Tabla 4. Listado de Impactos entre Colaje y Pulido

ROTURAS DE STOCK ENTRE: COLAJE - PULIDO			
IMPACTOS	CÓDIGOS	CANT ANUAL	BASE
AUMENTO DE RETRASO DE ENTREGA DE PRODUCTOS	RE	336	Unidades Faltantes
AUMENTO DE DESPIDOS DE OPERARIOS POR INEFICIENCIA	DO	48	Incidencias
AUMENTO DE CONTRATACIÓN DE PERSONAL	CP	36	Incidencias
DISMINUCIÓN DE EFICIENCIA POR FAMILIA DE PRODUCTO	EP	156	Valor Inventario
AUMENTO DE HORAS EXTRAS	HE	252	Horas-Hombre
AUMENTO DE REPROCESOS	RP	216	Incidencias

Fuente: Elaboración Propia

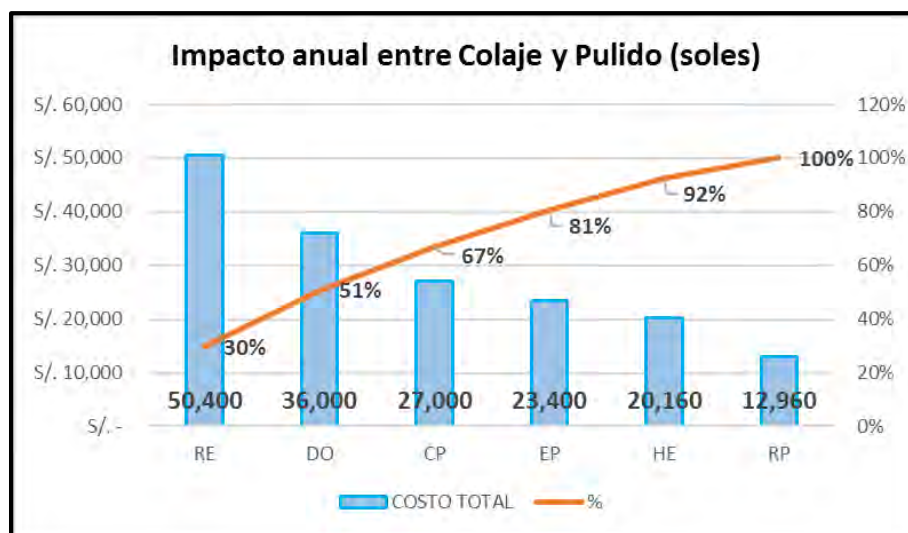


Figura 20. Impacto anual entre Colaje y Pulido

Fuente: Gerencia de Producción y Planeamiento de la empresa

- **Roturas de stock entre Pulido y Esmaltado:** este tipo de roturas de stock conlleva impactos negativos a la empresa tal como se puede apreciar en la tabla 5 que lista los impactos más notorios entre dichos procesos cuantificados según una base distinta. Además, mediante la figura 21 se representa un Diagrama de Pareto del Impacto anual entre Pulido y Esmaltado basado en los costos totales por los impactos producidos que nos revela los dos impactos que representan aproximadamente un 80% del total, estos son el aumento de horas extras y el aumento de retraso de entrega de productos.

Tabla 5. Listado de Impactos entre Pulido y Esmaltado

ROTURAS DE STOCK ENTRE: PULIDO - ESMALTADO			
IMPACTOS	CÓDIGOS	CANT ANUAL	BASE
AUMENTO DE RETRASO DE ENTREGA DE PRODUCTOS	RE	264	Unidades Faltantes
AUMENTO DE CONTRATACIÓN DE PERSONAL	CP	36	Incidencias
AUMENTO DE HORAS EXTRAS	HE	336	Horas-Hombre
DISMINUCIÓN DE EFICIENCIA POR FAMILIA DE PRODUCTO	EP	144	Valor Inventario
AUMENTO DE DESPIDOS DE OPERARIOS POR INEFICIENCIA	DO	24	Incidencias

Fuente: Elaboración Propia



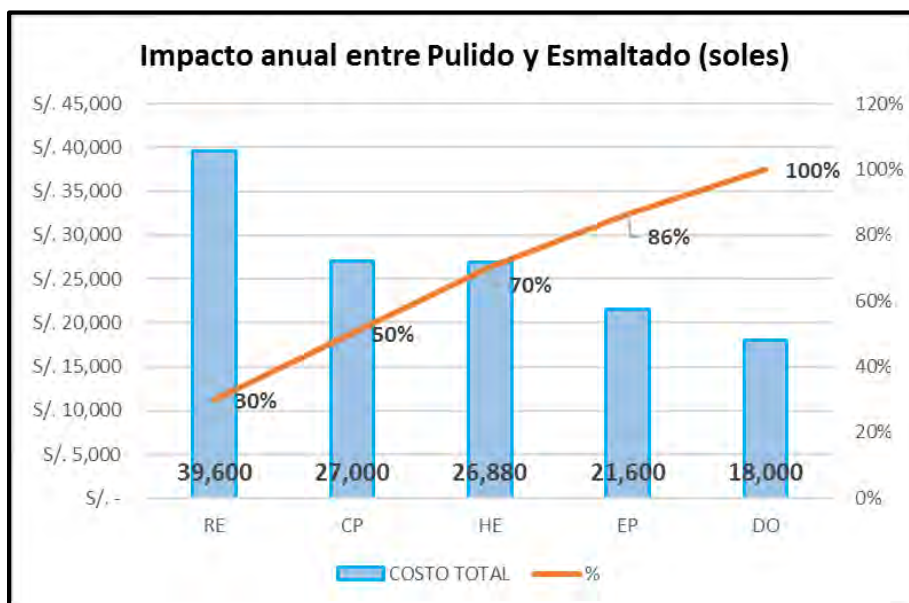


Figura 21. Impacto mensual entre Pulido y Esmaltado  
Fuente: Gerencia de Producción y Planeamiento de la empresa

- **Roturas de stock entre Esmaltado y Horneado:** este tipo de roturas de stock conlleva impactos negativos a la empresa tal como se puede apreciar en la tabla 6 que lista los impactos más notorios entre dichos procesos cuantificados según una base distinta. Además, mediante la figura 22 se representa un Diagrama de Pareto del Impacto anual entre Esmaltado y Horneado basado en los costos totales por los impactos producidos que nos revela los dos impactos que representan un 80% del total, estos son el aumento de retraso de entrega de productos y el aumento de horas extras.

Tabla 6. Listado de Impactos entre Esmaltado y Horneado

ROTURAS DE STOCK ENTRE: ESMALTADO - HORNEADO			
IMPACTOS	CÓDIGOS	CANT ANUAL	BASE
AUMENTO DE RETRASO DE ENTREGA DE PRODUCTOS	RE	384	Unidades Faltantes
AUMENTO DE CONTRATACIÓN DE PERSONAL	CP	36	Incidencias
AUMENTO DE HORAS EXTRAS	HE	240	Horas-Hombre
AUMENTO DE DESPIDOS DE OPERARIOS POR INEFICIENCIA	DO	24	Incidencias
DISMINUCIÓN DE EFICIENCIA POR FAMILIA DE PRODUCTO	EP	96	Valor Inventario

Fuente: Elaboración Propia

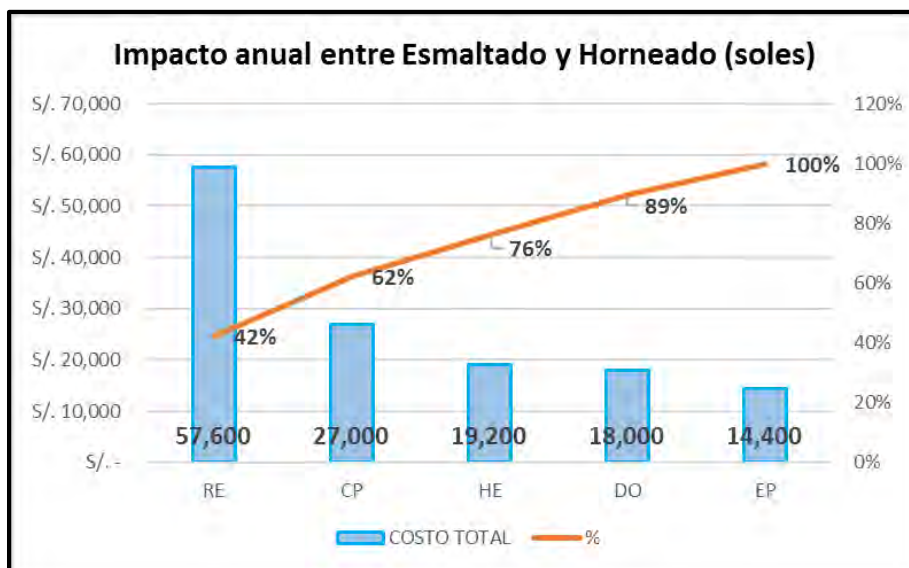


Figura 22. Impacto mensual entre Esmaltado y Horneado  
Fuente: Gerencia de Producción y Planeamiento de la empresa

- **Roturas de stock entre Horneado y Ensamblado:** este tipo de roturas de stock conlleva impactos negativos a la empresa tal como se puede apreciar en la tabla 7 que lista los impactos más notorios entre dichos procesos cuantificados según una base distinta. Además, mediante la figura 23 se representa un Diagrama de Pareto del Impacto anual entre Horneado y Ensamblado basado en los costos totales por los impactos producidos que nos revela los dos impactos que representan un poco más del 80% del total, estos son el aumento de retraso de entrega de productos y la disminución de la eficiencia por familia de productos.

Tabla 7. Listado de Impactos entre Horneado y Ensamblado

ROTURAS DE STOCK ENTRE: HORNEADO - ENSAMBLADO			
IMPACTOS	CÓDIGOS	CANT ANUAL	BASE
AUMENTO DE RETRASO DE ENTREGA DE PRODUCTOS	RE	372	Unidades Faltantes
DISMINUCIÓN DE EFICIENCIA POR FAMILIA DE PRODUCTO	EP	228	Valor Inventario
AUMENTO DE CONTRATACIÓN DE PERSONAL	CP	36	Incidencias
AUMENTO DE DESPIDOS DE OPERARIOS POR INEFICIENCIA	DO	12	Incidencias

Fuente: Elaboración Propia

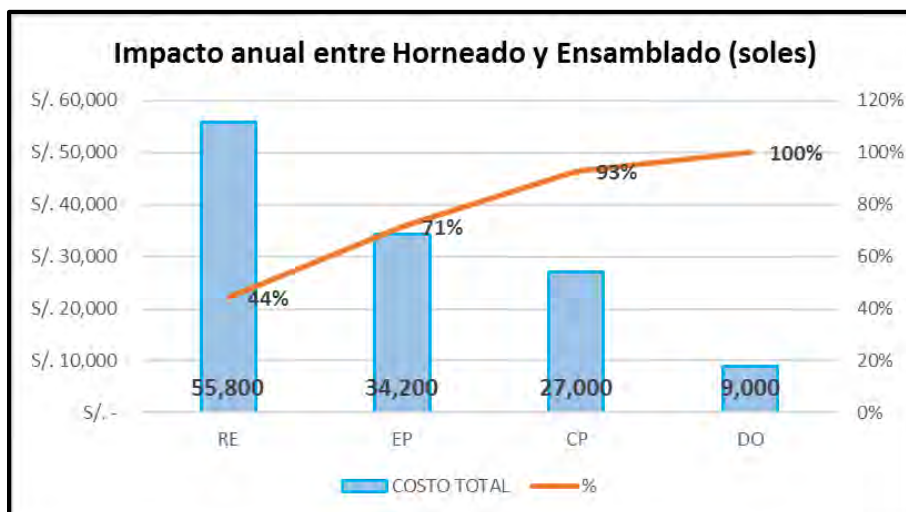


Figura 23. Impacto mensual entre Horneado y Ensamblado  
Fuente: Gerencia de Producción y Planeamiento de la empresa

### c. Alto índice de rotura (*scraps*) por procesos

La empresa presenta *scraps* de WIP en todos los procesos previos al Ensamble o Pruebas Hidráulicas, esta rotura es inherente a todo el proceso de producción de piezas sanitarias más aún si consideramos un proceso 100% automatizado como vendría a ser el Horneado y el Secado de las piezas. La tabla 8 nos muestra un listado de los procesos que se va analizar, previo al análisis se debe aclarar que H1 se considera “antes de entrar al Horno” y H2 significa “luego de salir del Horno”.

Tabla 8. Listado de Códigos de Procesos

ROTURAS EN PROCESOS	
PROCESOS	CÓDIGOS
COLAJE	CO
SECADERO	SE
PULIDO	PU
ESMALTADO	ES
HORNO 1	H1
HORNO 2	H2
ENSAMBLE Y PH	EP

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 24 se presenta un Diagrama de Pareto de los *Scraps* mensuales entre los procesos, data construida con información de Enero del 2015 a Junio del 2016. De esta información, se evidencia que cerca del 80% de los *scraps* se encuentran en los procesos de Horno 2, Secadero, Colaje y Pulido, por ello las mejoras se deben enfocar en dichos procesos. Las pérdidas por este problema alcanzan los S/.850,000 soles por mes.

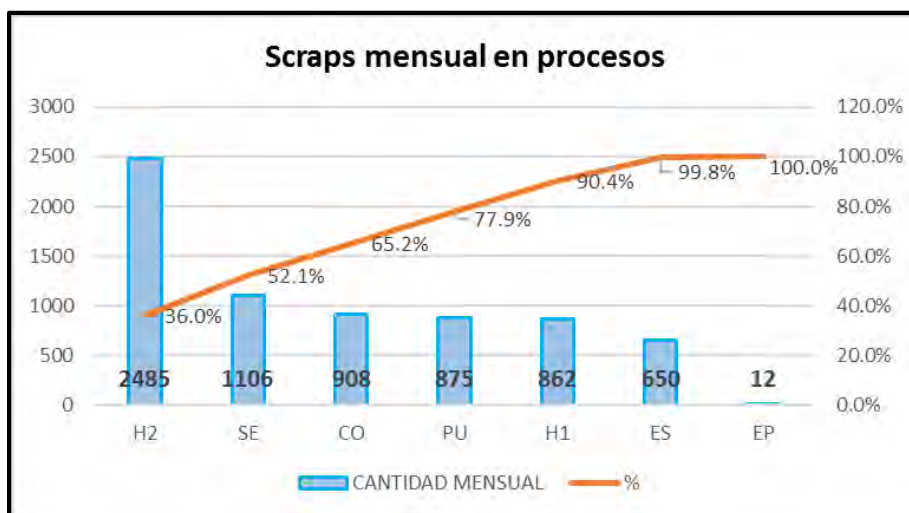


Figura 24. Rotura mensual en procesos

Fuente: Gerencia de Producción y Planeamiento de la empresa

#### d. Alto índice de rotura/ *scraps* de piezas por clasificación

Se evidencia un alto y variable índice de *scraps* por clasificación, esta clasificación se alude a los dos tipos de rotura: rotura en crudo (procesos previos al horno) y rotura en cocido (a la salida del horno). El índice de rotura total mensual es en promedio de 3,850 piezas/mes y en las piezas más representativas la rotura total mensual es en promedio 1,390 piezas/mes representando un valor de S/.695,000 soles solo en las piezas más representativas.

En la figura 25, se aprecia que la tendencia de variación de la Rotura Total desde Enero del 2014 hasta Mayo del 2016, de aquí se puede afirmar que hay tendencia a la baja en el 2016 estabilizándose en un rango del 11% al 13% en los últimos 3 meses.

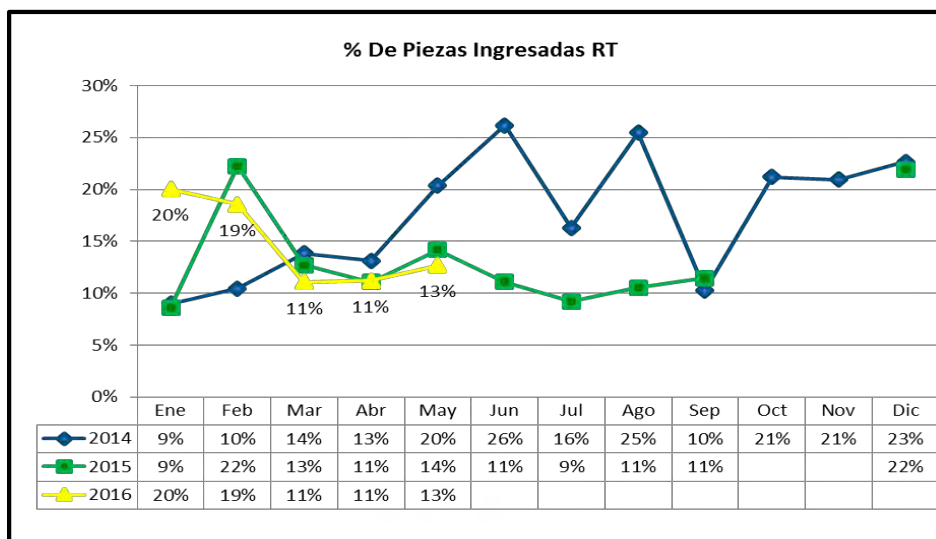


Figura 25. Seguimiento mensual de Rotura  
Fuente: Gerencia de Producción y Planeamiento de la empresa

En la figura 26, se aprecia que la rotura en crudo 2016 tiene una tendencia a la baja comparándose con el 2015 llegando a un 23% como pico superior y 18% como pico inferior. Cabe mencionar que no se cuenta con data de Octubre del 2015 ya que en aquel año hubo una para de planta.

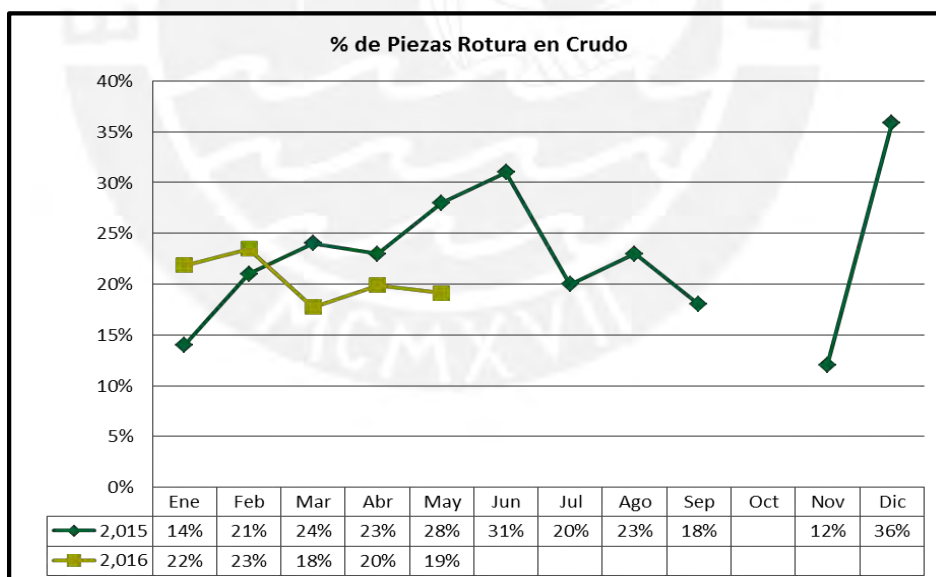


Figura 26. Seguimiento mensual de Rotura en Crudo  
Fuente: Gerencia de Producción y Planeamiento de la empresa

En la figura 27, se aprecia que el total de piezas rotura crudo de los últimos 120 días tiene una gran variabilidad frente a la meta propuesta por el directorio de la empresa llegando a un 40% como pico superior y 8% como pico inferior.

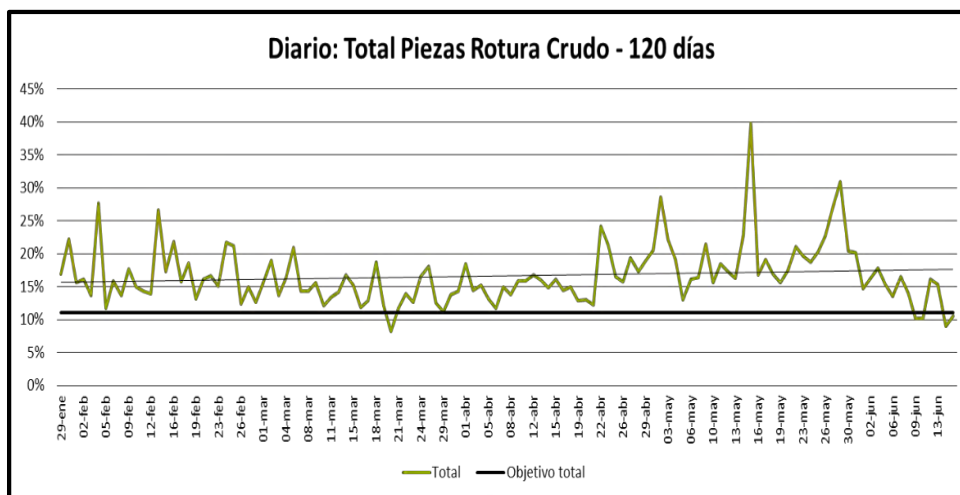


Figura 27. Variabilidad de Rotura en Crudo - 2016  
Fuente: Gerencia de Producción y Planeamiento de la empresa

En la figura 28, se aprecia que la rotura en cocido 2016 tiene una tendencia a la baja comparándose con el 2014 y 2015 llegando a un pico inferior de 9%. Dicha tendencia a la baja se debe principalmente a los ajustes realizados en la composición de barbotina y esmalte para reducir roturas en cocido; estos cambios se realizaron por consultoría de ingenieros químicos especializados. Además, otra fuente de mejora que apporto a generar una tendencia a la baja de rotura de cocido se debe al mantenimiento total que se realizó al horno de quema el último trimestre del 2015.

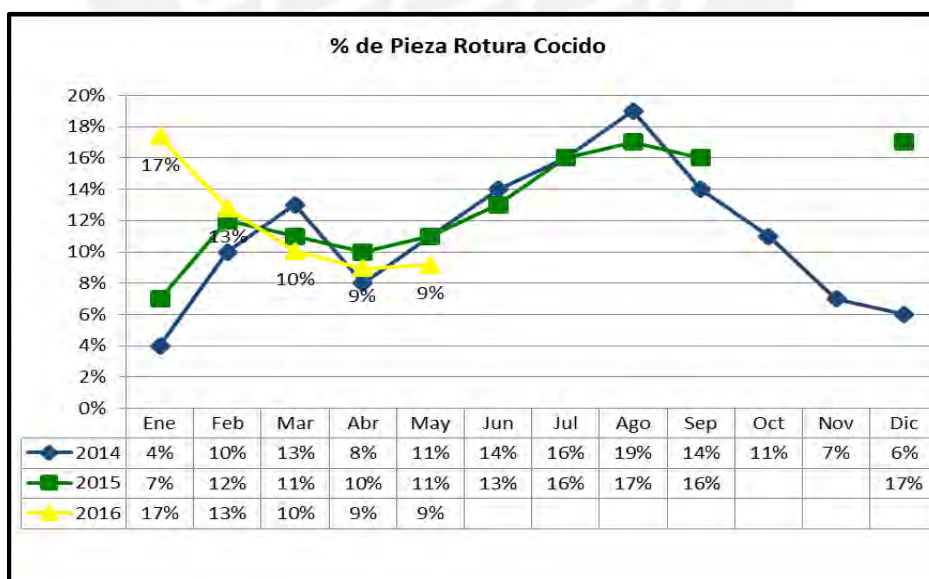


Figura 28. Seguimiento mensual de Rotura en Cocido  
Fuente: Gerencia de Producción y Planeamiento de la empresa

**e. Existencia de merma a reprocesar**

Al ser una empresa del sector sanitario, en donde la materia prima es de origen minero como arcillas, caolines, entre otros, se tiene el concepto de que es normal que se produzca merma de barbotina o *waste* en los procesos previos al Esmaltado para luego poder ser reprocesado y obtener barbotina nuevamente. En la figura 29, se aprecia la Tendencia Mensual del Total de Merma generada desde Enero a Junio del 2016, de aquí se puede afirmar que el Total de Merma mensual está en ascenso pues Junio ha ocurrido un alza del 14%.

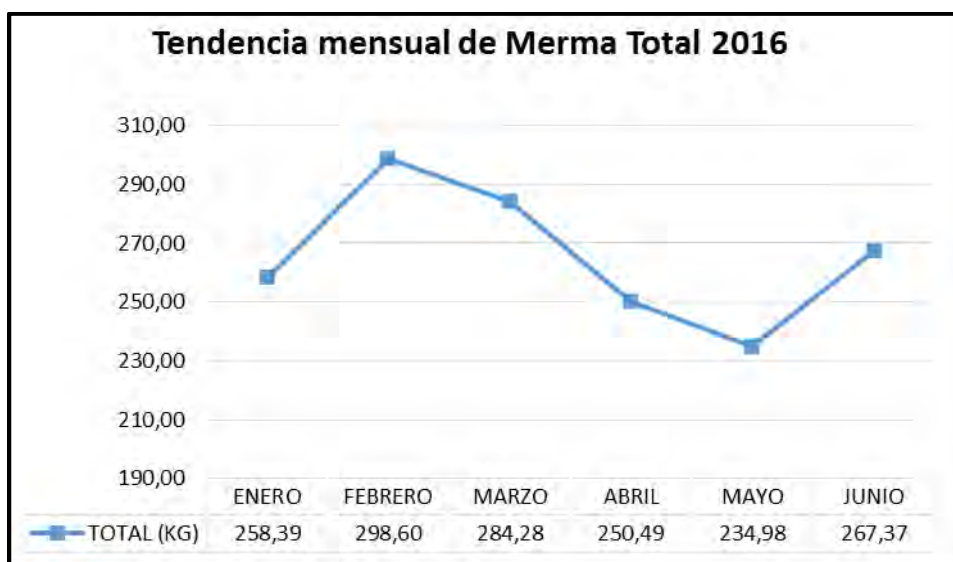


Figura 29. Tendencia mensual de Merma Total – 2016

Fuente: Gerencia de Producción y Planeamiento de la empresa

En la tabla 9, se puede apreciar la cantidad de merma en kilogramos que se genera en las áreas de Colaje, Secadero y Pulido – cabe resaltar que dichas áreas son las únicas que generan merma ya que el resto generan desperdicios – desde enero a junio del 2016. Además, se evidencia que el área de Secadero y Colaje tienen un nivel alto de merma a reprocesar.

Tabla 9. Merma en kilogramos generada en la empresa

MESES 2016	MERMA		
	COLAJE (KG)	SECADERO (KG)	PULIDO (KG)
ENERO	78,34	132,03	48,01
FEBRERO	68,79	150,76	79,05
MARZO	63,85	155,29	65,14
ABRIL	71,40	114,86	64,23
MAYO	81,86	85,19	67,93
JUNIO	72,86	129,65	64,86
<b>TOTAL</b>	<b>437,10</b>	<b>767,78</b>	<b>389,23</b>

Fuente: Elaboración Propia

Para mayor entendimiento de los diversos tipos de roturas o scraps mencionados en el análisis, revisar el anexo 1.

### **3.2 VSM actual**

En la figura 30, se presenta el VSM actual del sistema de producción para la familia de los One Pieces (cabe señalar que el flujo de dicho sistema se aplica para todas las familias de productos) pues esta familia de productos tiene mayor demanda mensual, mayor volumen de ventas y mejor margen bruto versus las otras familias de productos.

En el VSM actual, se utilizó información proporcionada por la empresa, en donde se resalta que el control de la producción está bajo el rol de los supervisores de producción, además, el equipo de compras se comunica con el proveedor para hacer la previsión de materiales cada 3 semanas y seguimiento semanal de lo solicitado, el equipo de ventas genera órdenes semanales teniendo en cuenta un stock de previsión de 1 mes, finalmente, el equipo de servicio al cliente realiza seguimiento al cumplimiento de entrega de productos terminados cada semana.

Los procesos que se detallan en el VSM actual presentan cuadros de datos correspondientes al número de operarios para un producto en específico dentro de la familia de productos seleccionado, el tiempo de ciclo, tiempo de preparación o set up, disponibilidad y número de turnos al día por proceso. Además, del VSM actual se obtiene un tiempo de entrega de producción igual a 72.48 días y tiempo de procesamiento por One Piece igual a 1.04 horas.



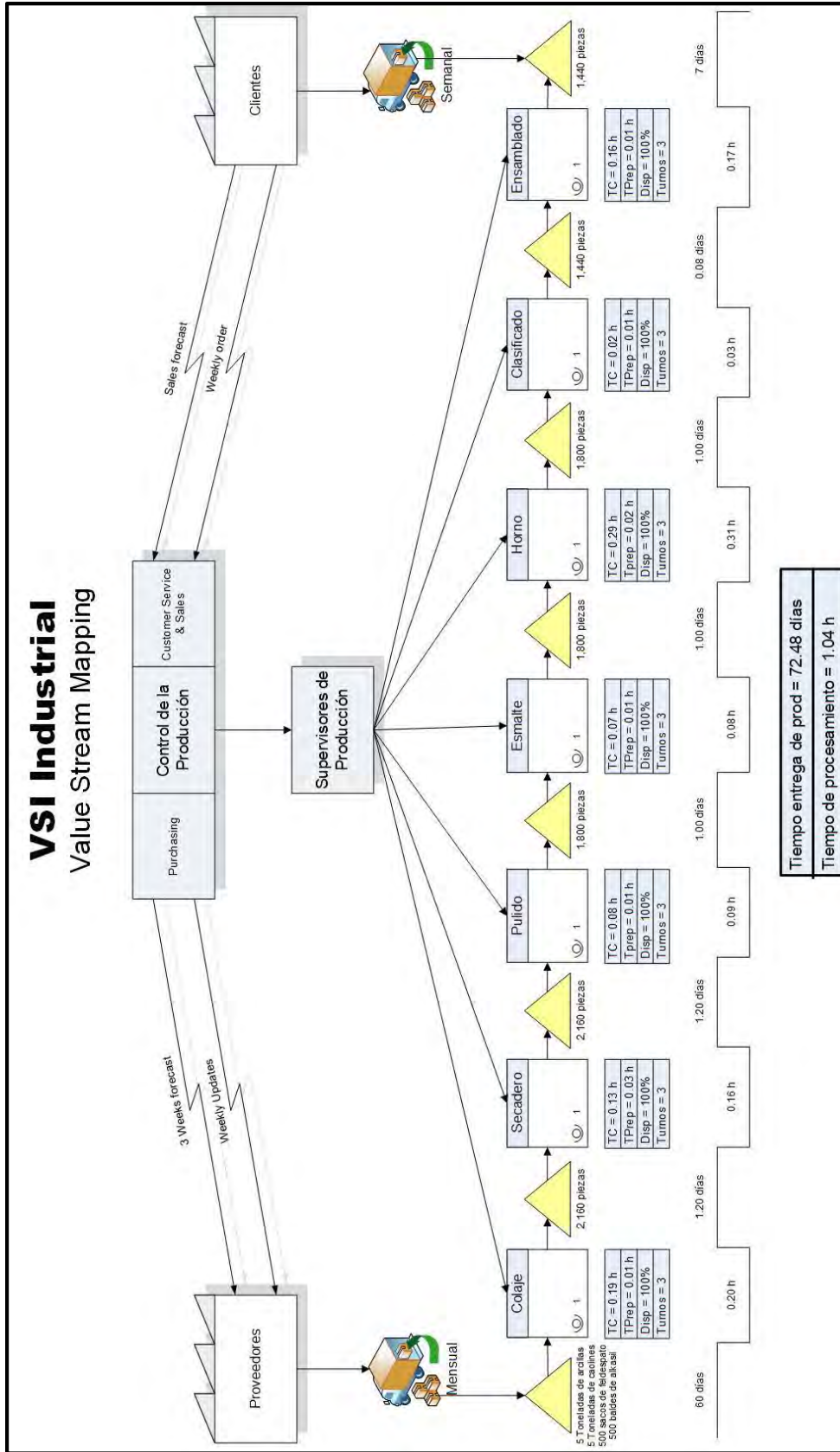


Figura 30. VSM actual  
Elaboración propia

Dada la información del VSM actual se procede a calcular el *takt time* para evaluar si es necesario realizar estrategias de Lean Manufacturing y proceder con un VSM futuro. Para ello, se tiene el dato de que la demanda anual de One Pieces es de 1,800 unidades por mes y que la disponibilidad de la planta es de 8 horas por turno con 45 minutos de refrigerio.

$$Takt\ time = \frac{1,800\ unidades/mes}{652.5\ horas/mes} = 0.36\ horas/unidad$$

En la figura 31, se muestra un gráfico de equilibrio para analizar visualmente la situación actual de la empresa mediante los tiempos de ciclo de los procesos del VSM actual versus el *takt time* calculado anteriormente; de aquí se resalta el hecho de que los tiempos de ciclo de los procesos están por debajo del *takt time*, es decir, el sistema está en equilibrio dado la situación actual.

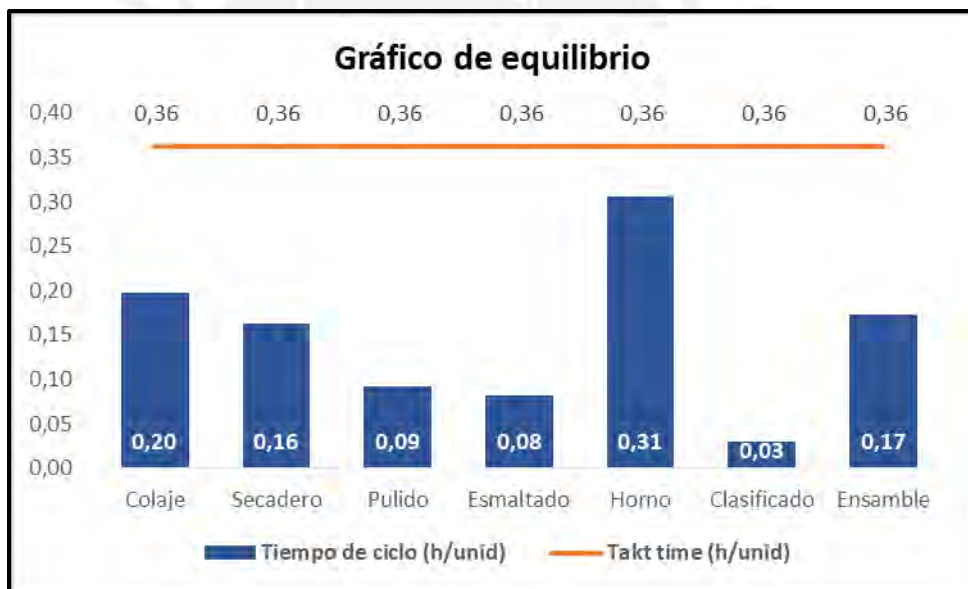


Figura 31. Gráfico de equilibrio  
Elaboración propia

### 3.3 Matriz QFD (*Quality Function Deployment*)

Para determinar los requerimientos del cliente (CTQ) se desarrollará la matriz QFD (Despliegue de Función de Calidad) basado en la opinión del cliente. Previo a la elaboración de la matriz se ha tomado como base los siguientes puntos: objetivos anuales de la empresa, encuestas, quejas, datos de la competencia, discusiones del directorio y tendencias del mercado actual. En la figura 32, se observa que la Matriz QFD está en función de los requerimientos del cliente para luego cuantificar cada requerimiento mediante una relación con cada proceso de

fabricación de la empresa. Según esta matriz los procesos con mayor importancia son Pulido y Colaje.

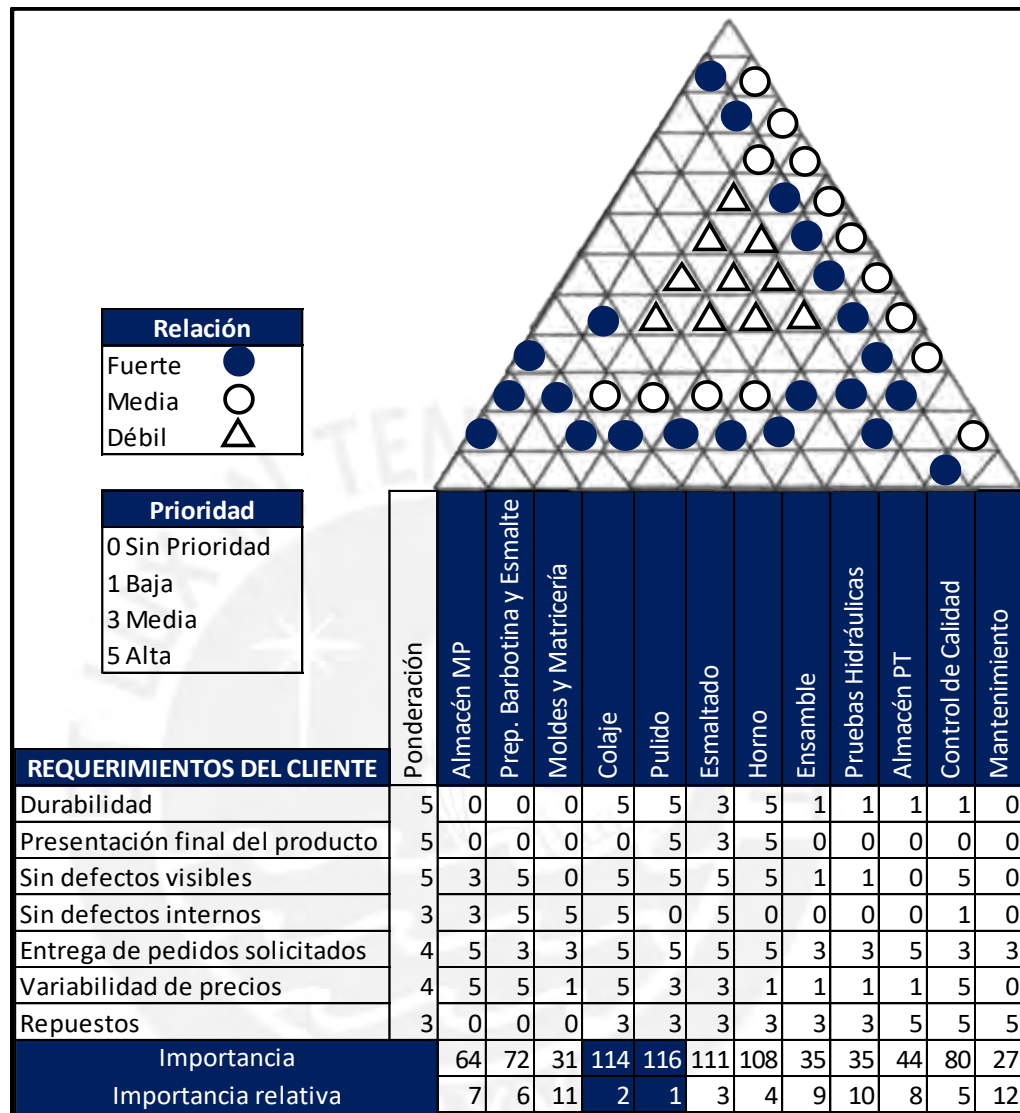


Figura 32. Matriz QFD (Quality Function Deployment)  
Fuente: La Empresa – Elaboración Propia

### 3.4 Matriz de priorización de los problemas

La selección de los problemas a solucionar se realizó mediante una matriz de priorización de los problemas para lo cual se realizó una escala de evaluación de los criterios del uno al cinco. Dichos criterios de evaluación elegidos se detallan a continuación:

- Generación de demoras en los procesos: Este criterio se basa en el grado de impacto que puede generar un determinado problema en la productividad, la eficiencia, los costos y el cumplimiento de producción de los procesos. Además,

se relaciona con el uso óptimo de la capacidad de planta por proceso. En la escala de evaluación, el 5 es el valor que representa el problema que genera mayores demoras en la producción.

- b) Uso de recursos (materia prima e insumos): Este criterio se basa en el grado de utilización de recursos como materias primas e insumos por proceso. Si en el input de un determinado proceso se utiliza un cierto nivel de recursos, pero debido a un problema dado el output es bajo, en consecuencia, existe un mal aprovechamiento de los recursos. Además, este criterio es importante ya que se relaciona directamente con la reducción de los costos por la optimización de los recursos. En la escala de evaluación, el 5 es el valor que representa el mayor problema con uso de recursos no aprovechados eficientemente por lo que se obtiene y el 1, representa el menor problema con mejor aprovechamiento de los recursos.
- c) Impacto ambiental: Este criterio responde a la tendencia mundial del cuidado del medio ambiente en la menor generación de residuos por proceso, lo cual genera un menor impacto ambiental; con esto se busca ubicar el problema que no favorece en la conservación de los recursos utilizados en las operaciones de los procesos productivos. En la escala de evaluación, el 5 representa el problema que ocasiona mayor impacto ambiental en los procesos dado el volumen de residuos que se genera y el 1, representa el problema que ocasiona menor impacto ambiental.
- d) Cambios en la infraestructura: Este criterio está vinculado con las modificaciones que se podrían realizar en los centros de trabajo para llevar a cabo soluciones a un determinado problema. En la escala de evaluación, el 5 representa el problema que necesita menores cambios en la infraestructura para poder ser eliminado o disminuido y el 1, representa el problema que necesita mayores cambios en la infraestructura.

Los pesos asignados a cada criterio y los resultados obtenidos se presentan en la tabla 10 mostrada a continuación:

Tabla 10. Matriz de priorización de problemas

N°	Problemas	Demoras en el proceso productivo	Uso de recursos	Impacto ambiental	Cambios en la infraestructura	Puntaje Total
		35%	25%	15%	25%	
1	Pedidos rechazados de clientes por entregas de productos fuera de especificaciones.	1	3	4	1	1,95
2	Impactos de las roturas de stock entre procesos.	5	5	5	4	4,75
3	Alto índice de rotura por procesos.	5	5	4	2	4,1
4	Alto índice de rotura de piezas por clasificación.	4	5	4	2	3,75
5	Existencia de merma a reprocesar.	4	5	5	2	3,9

Fuente: Elaboración Propia

Según la matriz de priorización de problemas la rotura de stock entre procesos y los altos índices de roturas en procesos son los principales problemas que hay en la empresa.

### 3.5 Análisis de causas de los problemas

#### 3.5.1 Causas de impactos de roturas de stock entre procesos

Las causas de este problema se mencionan en la figura 33, la cual muestra un diagrama Causa-Efecto que analiza la rotura de stock entre los procesos; dichas causas se explican a continuación:

**Causas relacionadas a los métodos:** las actividades dentro de los procesos incurren a un tiempo de producción distinta por pieza, la cual tiene un carácter alto de variabilidad al no contar con todos los manuales del método mismo del proceso esto genera piezas en mal fabricación y a su vez genera rotura que distorsionan lo planificado por los supervisores de cada proceso. Cabe resaltar que el planeamiento interno de cada proceso carece de control continuo pues los supervisores tienden a realizar medidas correctivas en vez de medidas preventivas que, a largo plazo, mitigue las roturas de stock del proceso a cargo.

**Causas relacionadas a las personas o mano de obra:** los operarios no se sienten motivados para poder realizar sus labores con la mejor actitud posible ya que existen problemas en sus puestos de trabajo como deficiencia, desorden y falta de limpieza; cuando entra un nuevo operario, no cuenta con capacitación debida respecto al procesos de la empresa asignándole un puesto que podría no ser eficiente ni a gusto, esto genera rápidamente roturas de stock entre los procesos.

**Causas relacionadas a los materiales:** los materiales actuales son causantes directos de las roturas de stock entre los procesos ya que son distintas a los que se requieren, esto se comprueba cuando se contrata a un ingeniero especialista para realizar mejoras en la composición química de la barbotina o esmaltes, de ellos se obtiene una formulación nueva o ajustes que requieren distintas materias primas o insumos para poder producir óptimamente piezas y estas no fallen en el proceso de producción.

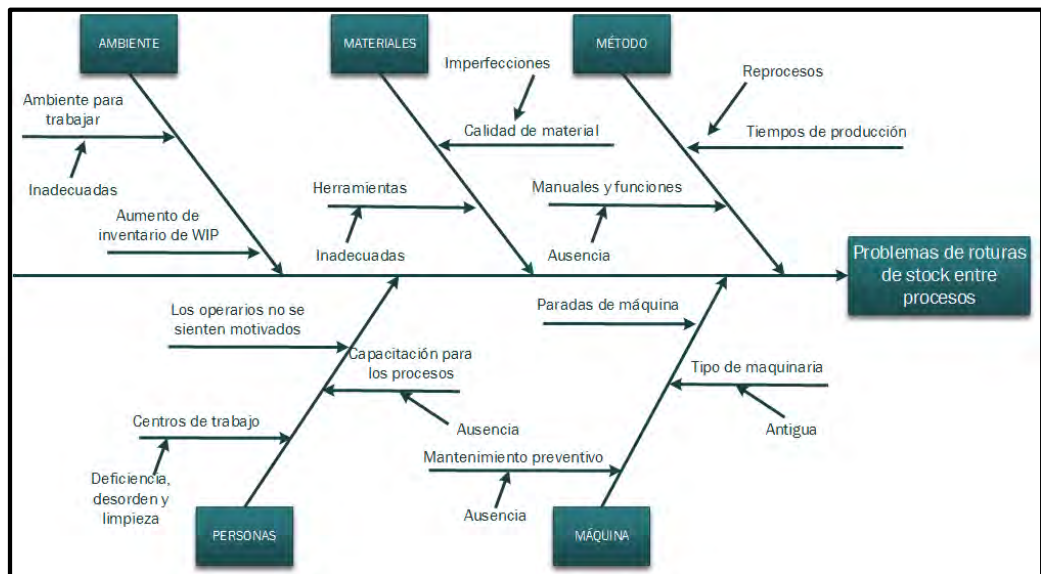


Figura 33. Diagrama Causa-Efecto para roturas de stock en procesos  
Fuente: Elaboración Propia

### 3.5.2 Causas de alto índice de rotura por procesos

Las causas de este problema se mencionan en la figura 34, la cual muestra un diagrama Causa-Efecto que analiza el alto índice de rotura en los procesos; dichas causas se explican a continuación:

**Causas relacionadas a los métodos:** al no contar con todos los manuales y funciones de los diversos procesos se genera mal fabricadas que generarán a corto plazo roturas en crudo, en primera instancia, y roturas en cocido al salir del horno. Además, algunos procesos intermedios que cumplen un rol de descanso de las piezas son causantes directos de la alta rotura presente en los procesos pues las piezas son muy susceptibles a llegar a la rotura si las condiciones de su entorno varían en el corto tiempo.

**Causas relacionadas a las personas o mano de obra:** los operarios nuevos que se asignan a los diferentes procesos no cuentan entrenamiento ni capacitación y presentan problemas de escasez de herramientas lo cual ocasiona una labor forzada y no óptima por parte de ellos. Además, los operarios con mayor experiencia en el sector cuentan con soluciones de mejora que no son considerados por los supervisores, lo cual genera insatisfacción e incurre a malas maniobras por parte de ellos para que sus ideas sean tomadas en cuenta.

**Causas relacionadas a las máquinas:** más del 50% de la maquinaria es antigua que no asegura un proceso 100% eficiente por lo que las piezas difícilmente siguen a un proceso siguiente con los requerimientos necesarios para llegar a la recta final como producto terminado.

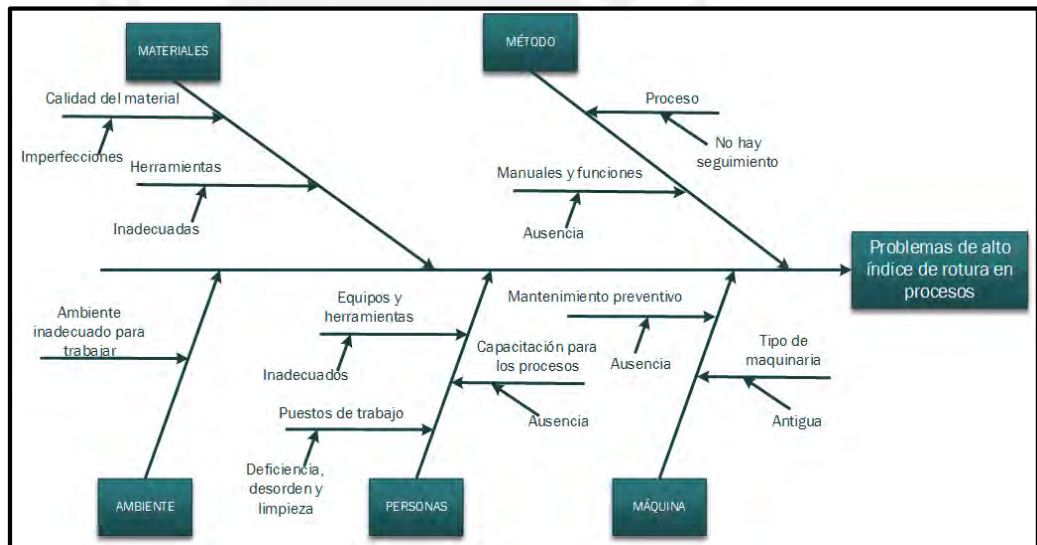


Figura 34. Diagrama Causa-Efecto para alto índice de rotura en procesos  
Fuente: Elaboración Propia

### 3.6 Análisis de costos de los problemas identificados

Luego de analizar cualitativamente los problemas identificados anteriormente se procede a realizar un análisis cuantitativo de dichos problemas enfocado en el análisis de los costos por problema, este punto se realiza con la finalidad de comparar cuantitativamente el efecto económico que generan los problemas que se desean eliminar o mitigar a través de la presente tesis.

Como se aprecia en la tabla 11, los costos totales que se incurrieron en el 2015 por pedidos rechazados de clientes por entregas de productos fuera de especificaciones fue de S/. 196 756.00 soles siendo las entregas fuera de

fechas el principal causante de este problema con una incidencia de 295 en el 2015 y valorizado en S/. 109 150.00 soles.

Tabla 11. Costos Totales por Pedidos rechazados de clientes

PEDIDOS RECHAZADOS	CANTIDAD 2015	COSTO UNIT	COSTO TOTAL
ENTREGAS FUERA DE FECHAS	295	S/. 370,00	S/. 109.150,00
INCUMPLIMIENTO DE REQUERIMIENTOS	204	S/. 370,00	S/. 75.480,00
CAMBIO DE EMPAQUE SIN AVISO	105	S/. 7,60	S/. 798,00
MERCANCÍA AVERIADA EN EL TRANSPORTE	88	S/. 120,00	S/. 10.560,00
STICKER DISTINTO A LO PEDIDO	69	S/. 6,00	S/. 414,00
PEDIDOS CON DOBLE CÓDIGO DE BARRA	59	S/. 6,00	S/. 354,00
	<b>820</b>		<b>S/. 196.756,00</b>

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 12 muestra un resumen de los costos totales anuales de los impactos de las roturas de stock entre procesos que llega a S/. 565 200.00 soles. Como se puede apreciar en dicha tabla, las roturas de stock entre Colaje y Pulido genera el mayor costo que básicamente se justifica por la fragilidad de los productos dentro de cada proceso y en transición de uno hacia el otro siendo un monto considerable de S/. 196 920.00 soles.

Tabla 12. Costos Totales Impactos de las Roturas de stock entre procesos

RESUMEN	TOTAL
ROTURAS DE STOCK ENTRE: COLAJE - PULIDO	S/. 169,920.00
ROTURAS DE STOCK ENTRE: PULIDO - ESMALTADO	S/. 133,080.00
ROTURAS DE STOCK ENTRE: ESMALTADO - HORNEADO	S/. 136,200.00
ROTURAS DE STOCK ENTRE: HORNEADO - ENSAMBLADO	S/. 126,000.00
	<b>S/. 565,200.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 13 se aprecia los costos totales anuales de las roturas de stock por cada proceso que suma S/. 6 338 127.50 soles. Además, se afirma que el área de Horno genera mayor costo de rotura ya que implica las denominaciones de Horno 1 (entrada del horno) y Horno 2 (salida del horno), siendo en total S/. 4 209 128.00 soles, ergo este proceso no se considerada como un proceso a mejorar en la presente tesis por ser un proceso sumamente automatizado.



Tabla 13. Costos Totales Altos Índices de Rotura de Stock por proceso

PROCESOS	CANT ANUAL	COSTO PROM UNIT	COSTO TOTAL
COLAJE	10895	S/. 28,00	S/. 305.060,00
SECADERO	13273	S/. 49,50	S/. 657.013,50
PULIDO	10505	S/. 53,60	S/. 563.068,00
ESMALTADO	7798	S/. 75,00	S/. 584.850,00
HORNO 1	10346	S/. 84,00	S/. 869.064,00
HORNO 2	29822	S/. 112,00	S/. 3.340.064,00
ENSAMBLE Y PH.	144	S/. 132,00	S/. 19.008,00
	82783		<b>S/. 6.338.127,50</b>

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 14 muestra los costos totales que se han ido generando hasta Junio del 2016 por la existencia de merma a reprocesar que suma una cantidad de S/. 138 400.00 soles, cabe resaltar que dicha tabla considera solo los procesos que generan merma a reprocesar pues en los procesos siguientes solo se genera desperdicio lo cual es imposible de reprocesar. Además, se puede afirmar que hasta Junio del 2016, el proceso de Pulido es el segundo en generar mayores costos.

Tabla 14. Costos Totales Existencia de Merma a Reprocesar

	COSTO REPROCESO DE MERMA			
	COLAJE	SECADERO	PULIDO	TOTAL
MESES 2016	S/. 68,5	S/. 84,0	S/. 112,9	-
ENERO	S/. 5.365	S/. 11.094	S/. 5.422	S/. 21.881
FEBRERO	S/. 4.711	S/. 12.667	S/. 8.927	S/. 26.305
MARZO	S/. 4.373	S/. 13.048	S/. 7.356	S/. 24.777
ABRIL	S/. 4.890	S/. 9.651	S/. 7.253	S/. 21.794
MAYO	S/. 5.606	S/. 7.158	S/. 7.671	S/. 20.435
JUNIO	S/. 4.990	S/. 10.894	S/. 7.325	S/. 23.208
				<b>S/. 138.400</b>

Fuente: Elaboración Propia

Luego de analizar las tablas anteriores se puede deducir que los problemas con mayores costos totales son los ocasionados por los impactos de las roturas de stock entre procesos y los altos índices de rotura de stock por procesos. Esto nos da un panorama para acentuar propuestas de mejora en dichos problemas.

### 3.7 Resumen del diagnóstico de la situación actual

Luego de haber desarrollado diversos puntos para un óptimo análisis de la situación actual de la empresa se procederá a explicar el resumen de los puntos del presente capítulo para llegar a concluir los problemas que se planteará mejoras en la tesis.

#### a) IDENTIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS

En este punto se desarrolló los problemas que se identificaron en la empresa ya sea por consulta directa al gerente de producción, jefe de planta, supervisores, analistas y experiencia propia del autor de la presente tesis. Dichos problemas generan impactos negativos en términos operativos, económicos y humano, por ellos se desea lograr eliminar o mitigar dichos problemas en las propuestas de mejora.

#### b) VSM

Del VSM actual y el gráfico de equilibrio, representados en las figuras 30 y 31, se concluye que los tiempos de ciclo de los procesos están por debajo del *takt time*, por ello, el sistema de producción no cuenta con cuellos de botella, la carga disponible está en equilibrio y no sería necesario plasmar un VSM futuro o ideal.

#### c) MATRIZ QFD

La figura 32 muestra una matriz del cual se puede concluir que las mejoras se deben realizar en las áreas de Colaje y Pulido; dicha conclusión se logró en base a un análisis de los requerimientos de los clientes afectado por las diversas funciones de las áreas.

#### d) MATRIZ DE PRIORIZACIÓN DE PROBLEMAS

En la tabla 9 se muestra una matriz de priorización de problemas basado en un análisis de las variables identificadas en la primera parte del presente capítulo, este análisis concluye que los problemas con mayor priorización son los siguientes:

- Impactos de rotura de stock entre procesos: Se da prioridad a este problema ya que genera un incremento considerado en el proceso productivo sumado a un alto consumo de recursos de la empresa, además dichos impactos de este problema generan impactos ambientales altos y, finalmente, una propuesta de

mejora de este problema implica menores cambios en la infraestructura de la empresa.

- Alto índice de rotura de stock por procesos: Se da prioridad a este problema ya que al igual que el problema anterior genera un incremento considerado en el proceso productivo junto a un alto consumo de recursos de la empresa, además las roturas de este problema generan impactos ambientales considerables y, finalmente, una propuesta de mejora de este problema implica cambios en la infraestructura de la empresa de grado mayor al problema anterior.

#### e) ANÁLISIS DE CAUSAS DE LOS PROBLEMAS

En las figuras 33 y 34 se muestran diagramas de Causa-Efecto o Ishikawa que básicamente muestran las causas de los problemas priorizados en la parte anterior y se concluye que hay causas similares que genera relación entre los problemas lo cual facultad la idea de que las propuestas de mejora generarán efectos en ambos problemas. Las causas resumidas son:

- Para el primer problema, la rotura de stock entre los procesos, se observa que las causas más relevantes son ausencia de manuales y funciones del proceso, aumento de inventario de WIP, operarios desmotivados, falta de capacitación de los operarios, desorden y falta de limpieza.
- Para el segundo problema, el alto índice de rotura en procesos, se observa que las causas más relevantes son ausencia de seguimiento a las actividades de descanso de las piezas, herramientas inadecuadas para el descanso y fabricación correcta de las piezas, maquinaria antigua, ausencia de mantenimiento preventivo de las máquinas.

#### f) ANÁLISIS DE COSTOS DE LOS PROBLEMAS

De las tablas 10 al 13 se concluye que conviene económicamente resolver o mitigar los problemas de impactos de las roturas de stock entre procesos y las roturas de stock por procesos, lo cual refuerza la idea mapeada en los puntos anteriores en dar prioridad a dichos problemas.

Del diagnóstico realizado se concluye que la presente tesis se enfocará en eliminar o mitigar los problemas de los impactos de las roturas de stock entre los procesos y las roturas de stock por proceso, la propuesta de mejora se realizará directamente en los procesos de Colaje y Pulido, considerándose en menor grado el área de Secadero que viene a ser un área automatizada en donde la propuesta de mejora tendrá una incidencia menor a las áreas mencionadas.

# CAPÍTULO 4: PROPUESTAS DE MEJORAS Y DESARROLLO DE LA PROPUESTAS DE MEJORAS

## 4 Propuestas de mejoras

Luego del análisis hecho en los capítulos anteriores, se busca a través de las herramientas de *Lean Manufacturing*, las adecuadas y óptimas que permitan reducir o eliminar las causas de los problemas encontrados. Para ello, en la tabla 15 se aprecia un análisis de las causas mapeadas asociadas a propuestas de mejora y, a su vez, herramientas propuestas.

Tabla 15. Propuestas de Mejoras

Causas Mapeadas	Propuestas de Mejora	Herramienta Seleccionada
Aumento de los tiempos de producción por continuos reprocesos basado en errores de la mano de obra.	Elaborar dispositivos manuales y paneles de actividades fundamentales en la producción para mitigar los reprocesos.	Poka-yoke
Progresiva acumulación de inventario en los centros de trabajo que genera impactos desfavorables por generar desperdicios.	Implementar Kanban para ordenar los centros de trabajo al generar un flujo óptimo, estandarizar los coches de transporte como contenedores de WIP y disminuir el impacto ambiental de la planta.	Kanban de proceso
Demoras de entregas de productos entre procesos debido a cambios de fechas de entrega y rotura de piezas no notificadas.	Elaborar cartillas con información de planeamiento actualizado disminuyendo las probabilidades de demora de entregas y generar un mayor control de la producción.	Kanban de proceso
Ausencia de mantenimiento preventivo en los centros de trabajo.	Realizar mantenimiento preventivo a todas las máquinas de la planta.	TPM: mantenimiento preventivo

Fuente: Elaboración Propia

## 5 Desarrollo de las propuestas de mejoras

A continuación, se detallará las propuestas de mejoras a implementar.

### 5.1 Aplicación de la herramienta: Poka-yoke

A grosso modo, Poka-yoke es una herramienta que asegura las condiciones adecuadas de un proceso para evitar la generación de defectos. Esta herramienta facilita la detección de productos defectuosos para luego poder eliminarlos lo antes posible.

La aplicación de esta herramienta se enfocará en los procesos de Colaje y Pulido, tal como se mapeó en la figura 32 del capítulo anterior.

### **5.1.1 Situación actual**

#### **Aumento de los tiempos de producción por continuos reprocesos basado en errores de la mano de obra.**

Como se mencionó anteriormente, se está analizando una empresa manufacturera multiproducto en donde, continuamente, se realiza rotación de personal dentro un mismo proceso para cumplir los objetivos de un momento dado, esto ocasiona que los operarios nuevos cometan errores debido a desconocimientos de algunos procesos o porque no son debidamente capacitados, en consecuencia se genera reprocesos o desperdicios, según el proceso donde se dé, que alteran los tiempos de producción desbalanceando la planificación interna afectando el cumplimiento de los objetivos iniciales pues no se llega al 100%. Además, esto ocasiona rotura de stock entre los procesos generando impactos considerables, lo que implica un elevado consumo de materias primas e insumos, es decir un incremento de los costos de producción.

Para combatir lo mencionado se debe elaborar dispositivos y paneles de operaciones fundamentales de los procesos de producción para que, ante una rotación de personal nuevo o antiguo, se mitigue la probabilidad de generar reprocesos por errores de desconocimiento en el proceso, se evite el aumento de los tiempos de producción y se reduzca el costo de producción. Esta medida aportará fácilmente una salida para que los operarios se guíen visualmente, apoye en su inserción al trabajo generando un mejor clima laboral por aumentar su eficiencia diaria viéndose resaltado en el bono de producción que recibirán y KPI's de la planta.

### **5.1.2 Descripción de la propuesta de mejora**

Para la causa mencionada anteriormente se plantea la utilización de la herramienta Poka-yoke con el objetivo de disminuir, mitigar o eliminar lo descrito en la tabla 14. Por ello, se plantea la siguiente propuesta de mejora:

- Elaborar dispositivos y paneles de actividades fundamentales de los procesos de producción para mitigar la probabilidad de generar reprocesos por errores de desconocimiento en el proceso. Los dispositivos serán asignados por centro de trabajo y los paneles serán ubicados en la zona

de trabajo cercano al operario para que su apoyo de control y monitoreo sea lo más eficiente posible. Esta medida aporta fácilmente una salida para que los operarios se guíen visualmente y mejoren su eficiencia.

### 5.1.3 Metodología de la implementación del Poka-yoke

#### I. Recopilación de información de formatos de estandarización de procesos y reportes de incidencia de errores por proceso.

La empresa cuenta con un área de Control de Calidad en donde se pueden encontrar diversos formatos de estandarización de procesos. De estos formatos, se recopilará información de actividades principales de un proceso dado y será comparado con la incidencia de errores cometidos para elaborar los paneles y generar ideas de dispositivos a utilizar.

Cabe resaltar que previo a la extracción definitiva de información de los formatos, se debe cerciorar la veracidad de estos ya que los supervisores realizan ajustes a las actividades de los procesos que pueden alterar en grado menor la que se muestra en los formatos de la base de datos.

En la figura 35, se aprecia un ejemplo de formato de estandarización de procesos que se puede encontrar en la planta. Esta evidencia formará parte del input para realizar la propuesta de mejora.

LA EMPRESA	INSTRUCTIVO		Código:
	Colaje One Piece Buzios Máquina		Versión: 01
			Breve Descripción
<p>Colaje</p>	<p>Ilustración</p>	<p>1. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX</p>	
		<p>2.1. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX 2.2. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX</p>	
		<p>6.1. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX 6.2. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX 6.3. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX</p>	

Figura 35. Formato actual de instructivos  
Fuente: Elaboración Propia

## II. Elaborar y aplicar dispositivo Poka-yoke.

Una vez recopilada toda la información posible en el anterior paso y contrastada con lo que realmente se realiza, surgirán ideas de dispositivos que eliminen o mitiguen los errores humanos en los procesos. Entonces se procederá a diseñar, elaborar y aplicar los dispositivos; en la presente tesis se proponen dos dispositivos que fueron desarrollados con *feedback* del jefe de planta, supervisores y operarios de la empresa. Cabe resaltar que los dispositivos serán desarrollados para las áreas de Colaje y Pulido. A continuación, se detallará las características de cada uno:

- Dispositivo para Colaje: Para disminuir los errores de perforado de los lavatorios y bowls se propone usar el dispositivo manual de la figura 36; este dispositivo tiene como objetivo realizar de forma perfecta las perforaciones de desagüe de las piezas mencionadas y, así, evitar errores de producción y disminuir el tiempo de control de calidad por pieza.

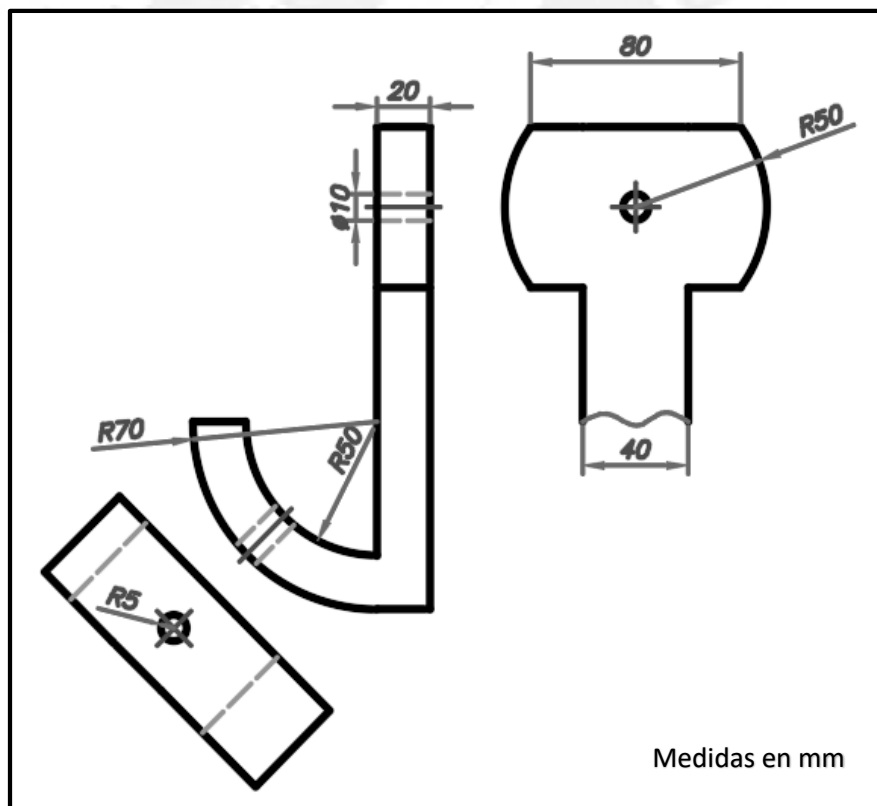


Figura 36. Propuesta de dispositivo para Colaje  
Fuente: Elaboración Propia

- Dispositivo para Pulido: Para mitigar los errores de encaje de tapa de los One Piece se propone usar el dispositivo manual de la figura 37; este dispositivo

tiene como objetivo mostrar a los operarios el nivel adecuado del tanque para se logre un encaje perfecto con la tapa, de esta forma se reduciría los errores de inspección por desconocimiento del nivel óptimo.

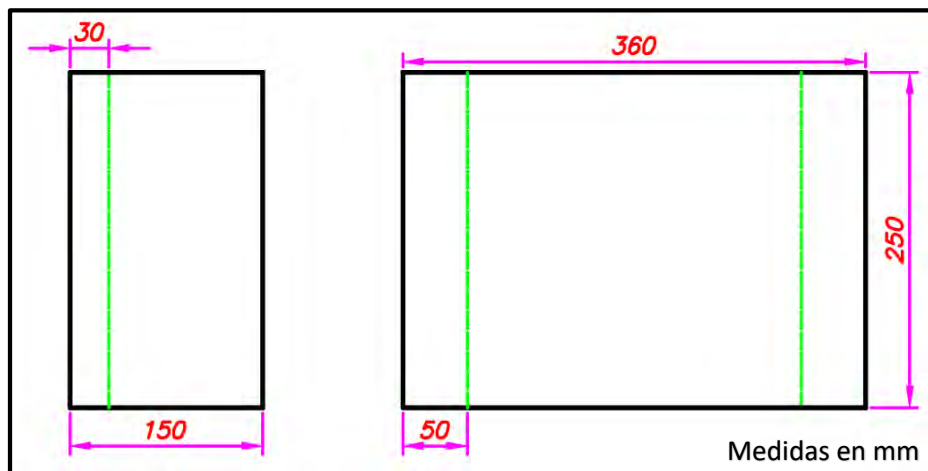


Figura 37. Propuesta de dispositivo para Pulido  
Fuente: Elaboración Propia

### III. Elaborar y colocar estratégicamente los paneles de operaciones fundamentales en los procesos.

Luego elaborar y aplicar los dispositivos, se procede a diseñar paneles de las operaciones fundamentales de diversos procesos y colocar de forma estratégica dichos paneles en los centros de trabajos para que acompañen a los operarios en su labor, pero sin que incomode el desarrollo de su labor. Cabe resaltar que el objetivo de realizar dichos paneles es para que se refuerce las nociones del trabajo correcto que debe realizar los operarios para evitar defectos o errores en los procesos. Como se aprecia en la figura 38, la empresa cuenta con un plan piloto de dichos paneles en el proceso de Ensamble. Exactamente se propone realizar paneles similares, pero de menor tamaño y con información de actividades con mayor porcentaje de errores en la producción de la gama de productos de la empresa.





Figura 38. Panel de operaciones del proceso Ensamble  
Fuente: Elaboración Propia – La empresa

#### IV. Capacitación al personal sobre los principios y uso

En los programas de capacitación y entrenamiento sobre esta herramienta se tiene los siguientes objetivos:

- Proporcionar las bases para la comprensión del Poka-yoke y le conocimiento de sus características y objetivos.
- Identificar los beneficios que implica el uso de las herramientas en los centros de trabajo.
- Lograr el compromiso para el aprendizaje y adaptación de la herramienta.

Las sesiones de capacitación y entrenamiento deben incluir lo siguiente:

- Documentos de estandarización de procesos como manuales e instructivos para brindar información a detalle de las actividades del proceso a donde se dirigen, las herramientas con las que deben trabajar y las características del centro de trabajo.
- Identificación de cada uno de los defectos recurrentes en el proceso a donde se dirigen con la finalidad de relacionar lo práctico con los conceptos definidos en la teoría.

#### V. Realización de propuestas de cambios para prevenir y eliminar defectos encontrados.

Al encontrarse uno o más defectos se debe llevar a cabo una reunión con el personal involucrado al proceso y producto correspondiente en donde se

originó dicho defecto. En dicha reunión tiene como finalidad de recopilar todas las ideas posibles sobre las causas de dichos defectos y cómo los operarios lo eliminarían en base a su experiencia o idea innovadora. Dichas ideas deben ser registradas y detalladas para luego ser aplicado. Para esto se presenta una propuesta del formato a usarse, como se puede observar en la tabla 16.

Tabla 16. Propuesta de formato de Registro de Cambios

PROPUESTA	OPERACIÓN A MEJORAR	DESCRIPCIÓN	BENEFICIO A OBTENER	COSTO DE APLICACIÓN
Propuesta 1				
Propuesta 2				
Propuesta 3				
Propuesta 4				
Propuesta 5				

Fuente: Elaboración Propia

## VI. Verificación continúa del adecuado trabajo de las propuestas de mejora.

Cuando una propuesta de cambio se implementa se debe evaluar el efecto que genera en la eliminación o reducción de uno o más defectos dentro de un proceso. Para dicha evaluación se debe utilizar indicadores, tal como se propone en la tabla 17.

Tabla 17. Propuesta de indicadores de rendimiento

INDICADOR	CRITERIO DE ACEPTACIÓN	FORMA DE EVALUACIÓN
Trabajos entregados al tiempo establecido	90%	$ET = \frac{(\text{Número de trabajos entregados a tiempo}) * 100}{(\text{Número total de trabajos realizados})}$
Porcentaje de piezas conforme	95%	$PF = \frac{(\text{Número de piezas conformes fabricadas}) * 100}{(\text{Número total de piezas fabricadas})}$

Fuente: Elaboración Propia

## 5.2 Aplicación de la herramienta: Kanban

A groso modo Kanban es una herramienta que tiene como objetivo minimizar los stocks de productos terminados y WIP dentro de la empresa, además presenta una orientación hacia la producción basado en órdenes de trabajo. La aplicación de esta herramienta se enfocará en todos los procesos.

### 5.2.1 Situación actual

Para la aplicación de la herramienta Kanban se debe describir a detalle las causas mapeadas en la tabla 15 del presente capítulo, así como la

justificación de la propuesta de mejora. A continuación, se describirán las causas mapeadas anteriormente:

- a) Progresiva acumulación de inventario en los centros de trabajo que genera impactos desfavorables por generar desperdicios.

La empresa cuenta con una cartera amplia de productos que ofrece al mercado y el planeamiento de producción se realiza por órdenes de producción originados por el mercado, es decir la empresa pertenece a un sistema de inventario Pull en donde es común encontrar inventario acumulado entre los procesos de producción; pero surge la incógnita si la cantidad de inventario entre cada proceso es lo óptimo ya que, aunque la empresa produce productos no perecibles, tiene el riesgo de que sus WIP se conviertan en mermas o desperdicios por ser sumamente frágil con el contacto. Por ello, se afirma que se genera diversos impactos desfavorables para la empresa como un alto consumo de materias primas e insumos que se convertirán en desperdicios ocasionando impactos ambientales, aumento de reprocesos por familia de producto y aumento de horas extras incurriendo a un mayor costo de producción.

Para lidiar con tal situación la empresa debe implementar un sistema Kanban pues la situación de la empresa encaja para implementar esta herramienta con la finalidad de optimizar el manejo de los inventarios generando un impacto positivo en los costos haciéndolos reducir por optar por esta aplicación y aprovechando mejor los recursos que la empresa usa para la fabricación de los productos y así reducir el impacto ambiental de los desperdicios.

- b) Demoras de entregas de productos entre procesos debido a cambios de fechas de entrega y rotura de piezas no notificadas.

Cuando se produce roturas en crudo o cocido en la empresa se repercute a una pérdida de WIP reflejado en los costos de producción más aun cuando muchas de las roturas no son notificadas por los operarios lo cual genera un desbalance de los inventarios planificados hecho que se evidencia cuando se acelera las fechas de entrega de pedidos y la planta sufre para cumplirlas pues muchas veces se demoran en la entrega dando a conocer un panorama no favorable de la empresa cuando existen cambios en el mercado.

Para lidiar con tal situación la empresa debe implementar un sistema Kanban ya que, adicional a lo mencionado anteriormente, esta herramienta ayuda a

generar orden entre los procesos con altos niveles de inventario de WIP debido a que disminuye considerablemente el inventario al nivel óptimo. Además, se aumenta la eficacia de la planta al utilizar mejor los recursos y se mejora la rapidez de respuesta de la planta ante cambios del mercado lo cual lo hace más competitivo frente a la competencia.

### **5.2.2 Descripción de la propuesta de mejora**

Para las causas mencionadas anteriormente se plantea la utilización de la herramienta Kanban con el objetivo de disminuir, mitigar o eliminar lo descrito en la tabla 15. Por ello, se plantea la siguiente propuesta de mejora:

- Implementar el sistema Kanban en el grupo de productos que aporten cerca del 80% de las ventas totales mensuales para el presente año, esto debido a las condiciones del sector donde actúa la empresa que permiten el uso del sistema propuesto.
- Elaborar cartillas Kanban para manejar mejor el flujo de información del mercado hacia los procesos generando un mejor control de la producción para luego verificar una disminución de los reprocesos y un mejor aprovechamiento de los recursos.

### **5.2.3 Metodología de la implementación del Kanban**

#### **I. Entrenar a todo el personal en los principios del Kanban y los beneficios de usarlo.**

- La capacitación de todo el personal debe cumplir con el siguiente objetivo: Aprendizaje y comprensión de los conceptos del sistema Kanban.
- Metodología de la capacitación: mencionar la parte teórica del sistema Kanban junto a ejercicios prácticos como simulaciones del sistema Kanban aplicado a un proceso crítico.
- Taller Kanban: se desarrollará en 4 semanas, la capacitación será dictada por un ingeniero de la empresa.

#### **II. Implementar Kanban en aquellos productos con mayor representatividad en las ventas totales.**

Se debe realizar un análisis ABC para considerar aquellos productos que se registrarán bajo la producción de Kanban y aquellos que se registrarán bajo una orden de producción. En la tabla 18 se muestra la clasificación ABC para toda la gama de productos de la empresa.

Tabla 18. Clasificación ABC de la cartera de productos

N°	PRODUCTO	CONSUMO MENSUAL	VENTAS	% VENTAS ACUMUL.	ABC
1	OP Mediterráneo	1800	S/. 918.144,00	28,97%	A
2	OP Buzios	2400	S/. 854.033,90	55,92%	A
3	OP Bali	450	S/. 202.500,00	62,31%	A
4	Aruba-taza	1700	S/. 152.423,73	67,12%	A
5	Nueva Aruba/Cancún-tanque	2000	S/. 138.135,59	71,48%	A
6	OP Acapulco	280	S/. 102.010,17	74,69%	A
7	Vallarta-pedestal	2100	S/. 78.120,00	77,16%	A
8	Quarzo-pedestal	2100	S/. 77.237,29	79,60%	A
9	Aruba-lavatorio	2200	S/. 70.661,02	81,83%	B
10	OP Ocean	100	S/. 68.635,59	83,99%	B
11	OP Portofino	50	S/. 63.135,50	85,98%	B
12	Bari-bowl	500	S/. 50.805,00	87,59%	B
13	Penta Flux-taza	250	S/. 48.707,50	89,12%	B
14	Nuevo Cancún-lavatorio	750	S/. 43.792,37	90,51%	B
15	Cozumel-bowl	500	S/. 41.906,78	91,83%	B
16	Avante-tanque	300	S/. 32.034,00	92,84%	B
17	Mediterráneo-ovalin	250	S/. 27.520,00	93,71%	B
18	Ultra Flux-taza	250	S/. 26.271,19	94,54%	B
19	Buzios-ovalin	300	S/. 25.144,07	95,33%	B
20	Cancún-taza	200	S/. 24.220,34	96,09%	C
21	Bávaro-urinario	200	S/. 20.322,00	96,74%	C
22	Nuevo Avante-taza	150	S/. 17.542,50	97,29%	C
23	Varadero-bowl	150	S/. 15.114,41	97,77%	C
24	Lazio-lavatorio	150	S/. 12.699,00	98,17%	C
25	Rapallo-bowl	100	S/. 11.856,00	98,54%	C
26	Roma-bowl	100	S/. 11.856,00	98,91%	C
27	Acapulco-ovalin	180	S/. 9.000,00	99,20%	C
28	Cabo Blanco-lavatorio	100	S/. 7.500,00	99,44%	C
29	Avante-lavatorio	150	S/. 6.979,50	99,66%	C
30	Ocean-ovalin	80	S/. 6.433,60	99,86%	C
31	Ipanema-lavatorio	50	S/. 4.487,29	100,00%	C

Fuente: Elaboración Propia

Luego de analizar la clasificación ABC en el anexo 2, se concluye lo siguiente:

- En el 2016, solo 8 productos le generan a la empresa el 79.6% de las ventas totales.
- Para los artículos A, según la clasificación realizada, se debe usar un sistema de control eficiente por lo que se propone implementar un Kanban.
- Para los artículos B y C, se debe utilizar un control menos rígido por lo que se propone establecer una fabricación por órdenes de producción.

Con la finalidad de evitar sobre inventarios se determinó el número de Kanban necesario mediante la siguiente fórmula:

$$K = \frac{d \times (\varpi + \rho) \times (1 + \alpha)}{c}$$

Donde:

K = número de contenedores para una parte

d = demanda diaria esperada para la parte, en unidades

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

$\rho$  = tiempo promedio de procesamiento por contenedor, en fracciones por día

c = cantidad de piezas en un contenedor estándar

$\alpha$  = una variable de política que agrega inventario de seguridad

Así mismo se tiene en cuenta que por temas de producción y políticas de la empresa, se define lo siguiente:

- El inventario de seguridad está definido por el directorio de la empresa, el cual ha definido un 25% para One Piece (OP) y 15% para resto de piezas.
- Se tiene que tomar en cuenta el espacio para poder almacenar los productos en procesos, los recursos e insumos que entran y los productos que salen.
- El valor de c varía según la capacidad de los coches por tipo de producto que para el uso de esta herramienta se asumirá como contenedor.

En la tabla 19, se muestra el número Kanban necesario por producto terminado. Cabe resaltar que se debe consultar el anexo 3, 4 y 5 para un mejor detalle de lo obtenido.

Tabla 19. Número de Kanban

Resumen	
Par de Estaciones	Kanbans
Colaje-Secadero	37
Secadero-Pulido	37
Pulido-Esmaltado	35
Esmaltado-Horno	32
Horno-Clasificado	45
Clasificado-Ensamblado	29

Fuente: Elaboración Propia

### III. Implementar el sistema Kanban utilizando tarjetas y contenedores, entre otros.

Una vez determinado el tamaño del Kanban y la cantidad de unidades por contenedor/tarjeta, se procederá a establecer las señales visuales para el sistema Kanban.

- Contenedores: los coches de traslado de productos se considerarán como contenedores y los valores de C por tipo de producto variarán pues se debe tener en cuenta las medidas de cada producto.
- Tarjetas: Se implementarán tarjetas Kanban de tal manera que ayuden a visualizar y ordenar el Kanban, estas tarjetas se colocarán en una pizarra. En la tabla 20 se muestra la descripción de los elementos de la tarjeta y en la figura 39 se muestra una tarjeta Kanban a utilizar.
- Pizarra Kanban: Se implementarán pizarras Kanban en las áreas principales de tal manera que ayuden a visualizar y ordenar el flujo de producción, estas pizarras tienen la peculiaridad de tener un espacio para depositar las tarjetas. En la figura 40 se muestra un ejemplo de pizarra Kanban que se desea implementar.

Tabla 20. Descripción de elementos de tarjeta Kanban

N°	DESCRIPCIÓN
1	PROCEDENCIA
2	DESTINO
3	CÓDIGO DENTRO DEL SISTEMA
4	NOMBRE DEL PRODUCTO O WIP
5	NÚMERO DE TARJETA KANBAN
6	CANTIDAD DE PIEZAS POR CONTENEDOR

Fuente: Elaboración Propia

El diagrama muestra una tarjeta Kanban con el título "KANBAN: PRODUCTO O WIP" en el centro superior. A la izquierda, hay tres líneas de texto con círculos numerados: "De:" con un círculo 1, "Para:" con un círculo 2, y "N° Parte:" con un círculo 3. A la derecha, hay dos líneas de texto con círculos numerados: "Tarjeta \_\_\_ de \_\_\_" con un círculo 4 y un círculo 5, y "N° de piezas:" con un círculo 6.

Figura 39. Propuesta de tarjeta Kanban

Fuente: Elaboración Propia



Figura 40. Pizarra Kanban  
Fuente: Pizarra Semáforo (s.f.)

### 5.3 Aplicación de la herramienta: TPM

En resumen, TPM es una herramienta para el mantenimiento que optimiza la efectividad del equipo organizacional, elimina las averías y promueve el mantenimiento autónomo por los operarios a través de actividades diarias que incluyen a todo el personal y el entrenamiento de los trabajadores para participar en la responsabilidad de la inspección de rutina, limpieza, mantenimiento y reparaciones menores con el personal de mantenimiento. La aplicación de esta herramienta se enfocará en todos los procesos.

#### 5.3.1 Situación actual

##### **Ausencia de mantenimiento preventivo en los centros de trabajo.**

La empresa está en creciente renovación de máquinas automáticas o semiautomáticas para la mejora de la calidad de sus productos finales, reducción de costos a largo plazo y mayor competitividad en el mercado externo; estos objetivos conllevan un responsabilidad en el plano del mantenimiento, el cual no ha sido desarrollado óptimamente pues día a día se observan paradas de máquinas o cambios urgentes en los centros de trabajo que no habían sido previsto mediante un seguimiento continuo lo que da a entender que la empresa solo cuenta con mantenimiento correctivo mas no preventivo.

Para evitar despilfarros de dinero en adquisiciones de repuestos con urgencia o paradas de máquinas se debe cambiar la idea de mantenimiento que se



maneja en la empresa a un mantenimiento preventivo para predeterminedar y realizar seguimiento a toda la planta.

### **5.3.2 Descripción de la propuesta de mejora**

Para las causas mencionadas anteriormente se plantea la utilización de la herramienta TPM con el objetivo de disminuir, mitigar o eliminar lo descrito en la tabla 15. Por ello, se plantea la siguiente propuesta de mejora:

- Implementar mantenimiento preventivo como pilar del TPM para apoyar a un óptimo desarrollo continuo de la empresa, esta implementación consistirá en elaborar un listado de los equipos y máquinas con diferentes fuentes de desgaste. Una vez realizado lo mencionado se procederá a elaborar un análisis de criticidad de los equipos y máquinas para luego listar los críticos y evaluar un plan de monitoreo.

### **5.3.3 Metodología de la implementación del TPM: Mantenimiento Preventivo**

#### **I. Recopilar información y listar los equipos y máquinas con sus respectivas fuentes de desgaste.**

La empresa cuenta con una variedad amplia de equipos y máquinas por ello se debe realizar un filtro inicial de los equipos y máquinas esenciales para el desarrollo de la producción en la planta. Además, esta lista debe mencionar las fuentes de desgaste de los ítems con la finalidad de tener mapeado los posibles causantes de deterioro o ineficiencia de los equipos y máquinas. Posteriormente, esta lista se evaluará generar un mantenimiento preventivo de los equipos y máquinas críticos y disminuir la posibilidad de incurrir a altos gastos de este tipo de mantenimiento.

En la tabla 21, se muestra un formato del listado de equipos y máquinas que se plantea usar en la recopilación de información menciona antes. En el anexo 6, se muestra la lista llenada con lo pedido en el formato.

Tabla 21. Formato del Listado de Equipos y Máquinas

CÓDIGO	EQUIPO/ MÁQUINA	CANTIDAD	ÁREA	TIPO DE DESGASTE	FUENTE DE DESGASTE
PC - 01			COLAJE		
PS - 01			SECADERO		
PP - 01			PULIDO		
PE - 01			ESMALTADO		
PH - 01			HORNO		
PE - 01			ENSAMBLE y PH		

Fuente: Elaboración Propia

## II. Realizar un análisis de criticidad de los equipos y máquinas.

Al terminar con el listado de los equipos y máquinas, revisar anexo 6, se procede a realizar un análisis de la criticidad con la finalidad de identificar los equipos y máquinas críticos de la empresa que en el corto plazo se debe elaborar un plan de mantenimiento preventivo para generar un flujo continuo de la producción. Para esto es necesario utilizar la siguiente fórmula de Criticidad:

Criticidad = Frecuencia x Consecuencia

Donde:

Frecuencia = número de fallas que se realizan en un año dado.

Consecuencia = impactos o productos de las fallas de los equipos y máquinas.

Previo al análisis de criticidad se debe determinar los criterios para estimar la Frecuencia y la Consecuencia que se menciona en la fórmula. Por ello, en los anexos 7 y 8 se puede apreciar los criterios tomados para realizar el análisis propuesto. Cabe resaltar que se el valor de Consecuencia está determinado por la suma de dos sub-criterios los cuales son “Daños al personal” e “Impacto en la producción”. Además, en la tabla 22 se puede apreciar la Matriz de Criticidad que se utilizará para determinar un valor al valor final de Criticidad.

Luego de tener los criterios y los valores que se colocarán a los diferentes equipos y máquinas se procede a realizar el cálculo y análisis de criticidad que se puede visualizar en el anexo 9 y 10 del cual se afirma que aproximadamente el 18% de los equipos y máquinas tiene un valor de criticidad alta y el 41% tienen un valor de criticidad media.

Tabla 22. Matriz de Criticidad - Valores

Criticidad alta	A	19 ≤ criticidad ≤ 50								
Criticidad media	B	8 ≤ criticidad ≤ 18								
Criticidad baja	C	2 ≤ criticidad ≤ 7								
FRECUENCIA	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
CONSECUENCIAS										

Fuente: Elaboración Propia

### III. Listar equipos y máquinas críticos según análisis de criticidad y elaborar plan de monitoreo.

Al terminar la valorización de la criticidad se debe listar los equipos y máquinas críticos para que se elabore un plan de mantenimiento preventivo dando prioridad a lo listado en la tabla 23. Esta forma de listar facilita un mantenimiento óptimo que genere un orden y flujo continuo de la producción para luego facilitar a que la empresa sea más competitiva en el mercado y se reduzcan los costos incurridos por mantenimiento correctivo.

Tabla 23. Listado de Equipos y Máquinas Críticos

CÓDIGO	EQUIPO/ MÁQUINA	FRECUENCIA	CONSECUENCIA		CRITICIDAD	VALOR
			DAÑOS AL PERSONAL	IMPACTO A LA PRODUCCIÓN		
PC - 01	MÁQUINA COLAJE TURCA AUTOMATIZADA	3	5	5	30	A
PC - 12	MÁQUINA BUFFER DE CALEFACCIÓN	3	3	4	21	A
PS - 01	MÁQUINA DE SECADO	3	2	5	21	A
PH - 01	EQUIPO DE ENERGÍA ELÉCTRICA ALTERNA	2	5	5	20	A
PH - 02	MÁQUINA DE HORNO DE QUEMA	4	4	5	36	A
PH - 06	EQUIPO DE CONDENSADOR DE CALOR	3	4	5	27	A

Fuente: Elaboración Propia

### IV. Elaborar y aplicar registro de incidencias por fallas de equipos y máquinas.

Como parte de la filosofía de *Lean Manufacturing*, la mejora continua es esencial para que una propuesta tome mejor forma y funcione de la mejor manera generando beneficios a la empresa. Por ello, se debe elaborar un registro de incidencias semanal para que los valores dados en el análisis de criticidad de los equipos y máquinas se actualicen y ajusten.



## CAPÍTULO 5: ANÁLISIS E IMPACTO ECONÓMICO

### 6 Análisis económico

Para realizar el análisis económico de la propuesta de mejora se debe identificar los costos de inversión de la implementación.

#### 6.1 Costo de implementación: Poka-yoke

En la implementación de Poka-Yoke como primera propuesta de mejora se incurre en costos de implementación por cada paso mencionado en el capítulo anterior, el detalle de estos costos se puede apreciar en la tabla 24 que muestra un costo total de S/. 9 219.48 soles.

Tabla 24. Costos de implementación Poka-Yoke por pasos

PASO	ROLES	CANT. PERSONAS	DURACIÓN (H)	COSTO H-H	COSTO TOTAL
I	JEFE DE PLANTA	1	15	S/. 56,82	S/. 852,30
	SUPERVISOR	2	15	S/. 25,00	S/. 750,00
	PRACTICANTE	4	20	S/. 10,33	S/. 826,40
II	JEFE DE PLANTA	1	10	S/. 56,82	S/. 568,20
	SUPERVISOR	2	8	S/. 25,00	S/. 400,00
	PRACTICANTE	4	8	S/. 10,33	S/. 330,56
	OPERARIO	4	10	S/. 5,68	S/. 227,20
III	JEFE DE PLANTA	1	5	S/. 56,82	S/. 284,10
	SUPERVISOR	2	5	S/. 25,00	S/. 250,00
	PRACTICANTE	4	5	S/. 10,33	S/. 206,60
IV	JEFE DE PLANTA	1	10	S/. 56,82	S/. 568,20
	SUPERVISOR	2	6	S/. 25,00	S/. 300,00
	PRACTICANTE	4	6	S/. 10,33	S/. 247,92
	OPERARIO	60	10	S/. 5,68	S/. 3.408,00
V	PRACTICANTE	2	3	S/. 10,33	S/. 61,98
	OPERARIO	60	3	S/. 5,68	S/. 1.022,40
VI	PRACTICANTE	4	3	S/. 10,33	S/. 123,96
TOTAL					<b>S/. 9.219,48</b>

Fuente: Elaboración Propia

Adicional a lo mencionado, aplicar Poka-Yoke incurre a costos de materiales y personal adicional que afecta directamente a la propuesta, por ello en la tabla 25 se aprecia el detalle de los materiales y personal adicional necesario. Se puede mencionar que el costo total de este concepto es de S/. 15 889.20 soles.

Tabla 25. Costos de Materiales y Personal Directo - Poka-Yoke

N°	RECURSO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNIT.	COSTO TOTAL
1	DISPOSITIVOS COLAJE	150	UND	S/. 10,00	S/. 1.500,00
2	DISPOSITIVOS PULIDO	150	UND	S/. 10,00	S/. 1.500,00
3	CARPINTEROS	720	HORAS	S/. 11,36	S/. 8.179,20
4	PANELES	20	UND	S/. 15,00	S/. 300,00
5	HOJAS DE REGISTRO	1500	UND	S/. 0,10	S/. 150,00
TOTAL					<b>S/. 11.629,20</b>

Fuente: Elaboración Propia

Para resumir las tablas mostradas se puede afirmar que la implementación de Poka-Yoke necesita una inversión de S/. 25 108.68 soles.

## 6.2 Costo de implementación: Kanban

En la implementación de Kanban como segunda propuesta de mejora se incurre en costos de implementación por cada paso mencionado en el capítulo anterior, el detalle de estos costos se puede apreciar en la tabla 26 que muestra un costo total de S/. 17 577.20 soles.

Tabla 26. Costos de Implementación Kanban por fases

PASO	ROLES	CANT. PERSONAS	DURACIÓN (H)	COSTO H-H	COSTO TOTAL
I	CONSULTOR	1	30	S/. 50,00	S/. 1.500,00
	JEFE DE PLANTA	1	30	S/. 56,80	S/. 1.704,00
	SUPERVISOR	4	30	S/. 25,00	S/. 3.000,00
	PRACTICANTE	8	30	S/. 10,33	S/. 2.479,20
II	JEFE DE PLANTA	1	10	S/. 56,80	S/. 568,00
	SUPERVISOR	4	10	S/. 25,00	S/. 1.000,00
	PRACTICANTE	8	10	S/. 10,33	S/. 826,40
III	SUPERVISOR	4	10	S/. 25,00	S/. 1.000,00
	PRACTICANTE	8	15	S/. 10,33	S/. 1.239,60
	OPERARIO	50	15	S/. 5,68	S/. 4.260,00
TOTAL					<b>S/. 17.577,20</b>

Fuente: Elaboración Propia

Adicional a lo mencionado, aplicar Kanban incurre a costos de materiales y personal adicional que afecta directamente a la propuesta, por ello en la tabla 27 se aprecia el detalle de los materiales y personal adicional necesario para la aplicación óptima de Kanban. Se puede mencionar que el costo total de este concepto es de S/. 9 334.96 soles. Para un mayor detalle visualizar el anexo 11, aquí se detalla las cantidades de pintura que se necesita.

Tabla 27. Costos de Materiales y Personal Directo - Kanban

N°	RECURSO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNIT.	COSTO TOTAL
1	PIZARRA KANBAN	6	UND	S/. 400,00	S/. 2.400,00
2	TARJETAS	250	UND	S/. 5,00	S/. 1.250,00
3	CONSULTOR	720	HORAS	S/. 50,00	S/. 36.000,00
4	PINTURA AMARILLA	228,6	METRO LINEAL	S/. 3,03	S/. 692,66
TOTAL					<b>S/. 40.342,66</b>

Fuente: Elaboración Propia

Para resumir las tablas mostradas se puede afirmar que la implementación de Kanban necesita una inversión de S/. 57 141.26 soles.

### 6.3 Costo de implementación: TPM – Mantenimiento Preventivo

En la implementación del Mantenimiento Preventivo como tercera propuesta de mejora se incurre en costos de implementación por cada paso mencionado en el capítulo anterior, el detalle de estos costos se puede apreciar en la tabla 28 que muestra un costo total de S/. 5 349.48 soles.

Tabla 28. Costos de Implementación Mantenimiento Preventivo por fases

PASO	ROLES	CANT. PERSONAS	DURACIÓN (H)	COSTO H-H	COSTO TOTAL
I	JEFE DE PLANTA	1	10	S/. 56,82	S/. 568,20
	SUPERVISOR	4	10	S/. 25,00	S/. 1.000,00
	PRACTICANTE	8	10	S/. 10,33	S/. 826,40
II	SUPERVISOR	1	8	S/. 25,00	S/. 200,00
	PRACTICANTE	1	8	S/. 10,33	S/. 82,64
III	SUPERVISOR	4	4	S/. 25,00	S/. 400,00
	PRACTICANTE	8	5	S/. 10,33	S/. 413,20
IV	PRACTICANTE	8	6	S/. 10,33	S/. 495,84
	OPERARIO	40	6	S/. 5,68	S/. 1.363,20
TOTAL					<b>S/. 5.349,48</b>

Fuente: Elaboración Propia

Adicional a lo mencionado, aplicar este pilar del TPM a bajos costos de materiales adicional, por ello en la tabla 29 se aprecia el detalle. Se puede mencionar que el costo total de este concepto es de S/. 200.00 soles.

Tabla 29. Costos de Materiales Directos – TPM

N°	RECURSO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNIT.	COSTO TOTAL
1	HOJAS DE REGISTRO	1500	UND	S/. 0,10	S/. 150,00
TOTAL					<b>S/. 150,00</b>

Fuente: Elaboración Propia

Para resumir las tablas mostradas se puede afirmar que la implementación de Mantenimiento preventivo como pilar del TPM necesita una inversión de S/. 5 549.48 soles.

## **7 Impacto económico**

Para realizar el impacto económico de la propuesta de mejora se debe identificar los ahorros y ganancias de la propuesta, el costo de oportunidad de capital y determinar la VAN y TIR.

### **7.1 Ahorros de las propuestas**

Al implementar las propuestas de mejora se espera que genere efectos positivos para la empresa, por ello en este punto se explicará el ahorro monetario que se genera al implementar cada una de las propuestas. A continuación, se mencionará los ahorros por cada propuesta:

- a) Ahorro de implementar Poka-Yoke: Tras la implementación del Poka-Yoke se logrará una reducción mínima de 35% de las roturas en los procesos de Colaje y Pulido ya que los dispositivos manuales apoyarán a que se elimine o mitigue los errores por desconocimiento de los operarios; sumado a esto la implementación de los paneles favorecerán a que los mismos operarios realicen su labor de forma más eficiente y se reduzca la cantidad de rotura mensual creando un mejor ambiente de trabajo ya que al tener una mejor productividad esto se verá reflejado en el bono de producción mensual que ellos reciben. Además, al implementar Poka-Yoke se espera que los impactos que se generaban entre los procesos mencionados disminuyan en un 90% para el caso de despidos por ineficiencia, los reprocesos y las penalidades por ineficiencia por familia de producto, en un 80% para el caso de las horas extras. En el anexo 12 se puede apreciar con mayor detalle el efecto de implementar Poka-Yoke.

La tabla 30 es un resumen de los cálculos realizados en el anexo 12, se puede apreciar que el monto total que se ahorra al implementar Poka-Yoke es de S/.359 399.20 soles siendo la rotura de procesos el de mayor participación del monto total con un valor de S/. 303 851.20 soles.



Tabla 30. Ahorro de Implementar Poka-Yoke

AHORRO DE IMPLEMENTAR POKA-YOKE	MONTO TOTAL
ROTURAS EN PROCESOS: COLAJE, SECADERO y PULIDO	S/. 303.851,20
ROTURAS DE STOCK ENTRE: COLAJE - PULIDO	S/. 55.548,00
<b>TOTAL</b>	<b>S/. 359.399,20</b>

Fuente: Elaboración Propia

- b) Ahorro de implementar Kanban: Tras la implementación de Kanban se espera reducir el nivel de inventario WIP al 35% de la demanda mensual para los One Pieces y 22% para el resto de piezas, además se espera cumplir con el nivel máximo de rotura dado por el directorio de la empresa de 25% para los One Pieces y 15% para el resto de piezas. Dada esta situación, se espera regular el inventario de la empresa, generando mayor orden interno y volviendo más competitivo a la empresa en el mercado. Incluso se podrá realizar un mejor control de la producción evitando roturas no notificadas que generen altos costos de producción y mayor aprovechamiento de los recursos.

En la tabla 31 se puede apreciar que el ahorro mensual total que se genera por implementar Kanban es de S/. 5 068.71 soles reduciendo el costo de producción por tener menor WIP en riesgo de volverse merma o desperdicio. Además, se con este ahorro mensual se puede llegar a un ahorro anual de S/. 60 824,52 soles.

Tabla 31. Ahorro de Implementar Kanban

ITEM	PRODUCTO	DEMANDA PROM	INV. ACTUAL	INV. KANBAN	DIFERENCIA INVENTARIO	COSTO UNIT.	AHORRO/MES
1	OP Mediterráneo	1800	544	540	4	S/. 216,81	S/. 867,24
2	OP Buzios	2400	482	480	2	S/. 208,99	S/. 417,98
3	OP Bali	450	272	270	2	S/. 178,43	S/. 356,86
4	Aruba-taza	1700	627	612	15	S/. 56,09	S/. 841,35
5	Nueva Aruba/Cancún-tanque	2000	690	680	10	S/. 43,91	S/. 439,10
6	OP Acapulco	280	85	81	4	S/. 249,65	S/. 998,60
7	Vallarta-pedestal	2100	216	210	6	S/. 66,71	S/. 400,26
8	Quarzo-pedestal	2100	238	210	28	S/. 26,69	S/. 747,32
TOTAL							<b>S/. 5.068,71</b>

Fuente: Elaboración Propia

- c) Ahorro de implementar TPM – Mantenimiento Preventivo: Tras la implementación del Mantenimiento Preventivo como pilar del TPM se logrará reducir las revisiones a equipos y máquinas que se realizan de forma correctiva, el cual incurre a costos elevados por la urgencia de no detener el flujo de producción, por ello en la tabla 32 se puede apreciar un cantidad

óptimo de revisiones dado un mantenimiento preventivo para reducir los costos siendo el ahorro estimado de S/. 64 400.00 soles.

Tabla 32. Ahorro de Implementar TPM - Mantenimiento Preventivo

EQUIPO/ MÁQUINA	CANT	ACTUAL	PROPUESTO	REDUCCIÓN DE REPARACIONES	COSTO PROM REPARACIÓN	COSTO PROM MATERIALES	AHORRO
		MANTEN. CORRECTIVO	MANTEN. PREVENTIVO				
MÁQUINA COLAJE TURCA AUTOMATIZADA	4	12	6	6	S/. 1.500	S/. 500	S/. 12.000,00
MÁQUINA BUFFER DE CALEFACCIÓN	2	8	3	5	S/. 1.000	S/. 1.000	S/. 10.000,00
MÁQUINA DE SECADO	2	9	6	3	S/. 1.800	S/. 2.000	S/. 11.400,00
EQUIPO DE ENERGÍA ELÉCTRICA ALTERNA	2	4	3	1	S/. 1.800	S/. 1.000	S/. 2.800,00
MÁQUINA DE HORNO DE QUEMA	1	6	4	2	S/. 2.700	S/. 2.000	S/. 9.400,00
EQUIPO DE CONDENSADOR DE CALOR	1	8	4	4	S/. 2.700	S/. 2.000	S/. 18.800,00
TOTAL							S/. 64.400,00

Fuente: Elaboración Propia

## 7.2 Costo de oportunidad de capital

Previo al análisis de los indicadores del flujo de caja se debe hallar el COK, es decir costo de oportunidad de capital, para esto se debe investigar los valores de Riesgo País, Tasa Libre de Riesgo, Riesgo de Mercado y Beta Apalancado del sector Manufactura. Para hallar el valor de COK se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{COK} = \beta \times (\text{Rm} - \text{Rf}) + \text{Riesgo País} + \text{Rf}$$

Donde:

COK = costo de oportunidad de capital

Rm = Riesgo de Mercado

Rf = Tasa Libre de Riesgo

$\beta$  = beta apalancada por sector

En la tabla 33 se muestra los valores investigados y el valor final del COK, el cual se contrastará frente a lo que se obtenga en el flujo de caja de las propuestas.

Tabla 33. Cálculo del costo de oportunidad de capital

<b>RIESGO PAÍS</b>	2,09%
<b>TASA LIBRE DE RIESGO (Rf)</b>	1,75%
<b>RIESGO DE MERCADO (Rm)</b>	12,28%
<b>BETA APALANCADO</b>	1,32
<b>COK</b>	<b>17,74%</b>

Fuente: SBS (2016) - Elaboración Propia

### 7.3 Flujo de caja

Luego de analizar el costo de implementación de las propuestas, el ahorro que generan la implementación de las propuestas y el costo de oportunidad de capital. En la tabla 34, se visualiza el flujo de caja el cual se proyecta a 5 años, detallando los ingresos, basado en los ahorros de las implementaciones de las propuestas, y los egresos, basados en los costos de la implementación de las propuestas y la adquisición de materiales directos que facultan la continuidad de lo implementado. Cabe señalar que el flujo de caja incluye la implementación de las 3 propuestas de mejora con el argumento de que, si bien hay ahorros independientes de cada propuesta, no se puede negar que muchos de los ahorros es codependiente de otra propuesta, en ese sentido se plantea un flujo de caja que incluya las 3 propuestas.

Se afirma que la propuesta tiene un VAN de S/. 99 542 soles que viene a ser mayor a cero, por ello se concluye que es viable la implementación de las propuestas. Además, el TIR es de 96% que es mayor al COK (17.74%) calculado en el punto anterior, entonces se concluye que es rentable la implementación de las propuestas. De esta formase comprueba que las mejoras realizadas en esta tesis son viables económicamente. Así mismo, el B/C que es 2.45 nos da a entender que por cada sol que se invierta se retornará 145%.

Tabla 34. Flujo de caja

AHORRO DE POKA-YOKE		S/. 359.399,20				
AHORRO DE KANBAN		S/. 60.824,52				
AHORRO DE TPM - MANT. PREVENTIVO		S/. 64.400,00				
	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
<b>INGRESOS</b>						
Ingresos por ahorro de implementación	S/. -	S/. 96.924,74	S/. 96.924,74	S/. 96.924,74	S/. 96.924,74	S/. 96.924,74
<b>TOTAL DE INGRESOS</b>	<b>S/. -</b>	<b>S/. 96.924,74</b>	<b>S/. 96.924,74</b>	<b>S/. 96.924,74</b>	<b>S/. 96.924,74</b>	<b>S/. 96.924,74</b>
<b>EGRESOS</b>						
Costo de Implementación	S/. 84.268,02	S/. 12.729,20	S/. 12.729,20	S/. 12.729,20	S/. 12.729,20	S/. 12.729,20
<b>TOTAL DE EGRESOS</b>	<b>S/. 84.268,02</b>	<b>S/. 12.729,20</b>	<b>S/. 12.729,20</b>	<b>S/. 12.729,20</b>	<b>S/. 12.729,20</b>	<b>S/. 12.729,20</b>
<b>FLUJO DE EFECTIVO</b>	<b>-S/. 84.288,02</b>	<b>S/. 84.195,54</b>	<b>S/. 84.195,54</b>	<b>S/. 84.195,54</b>	<b>S/. 84.195,54</b>	<b>S/. 84.195,54</b>
<b>COK</b>	17,74%					
<b>VAN</b>	S/. 99.542					
<b>TIR</b>	96%					
<b>B/C</b>	2,45					

Fuente: Elaboración Propia

# CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 8 Conclusiones

Luego de haber realizado el desarrollo de la presente tesis, se presentan las siguientes conclusiones:

- La empresa de estudio se encuentra en una etapa de crecimiento buscando mercados externos al Perú por lo que se plantea las mejoras para que la empresa pueda responder ante cambios en el sector donde pertenece que constantemente realiza cambios volviéndolo muy competitivo.
- Mediante el diagnóstico de la empresa de estudio se determinaron diversos problemas importantes que generaban pérdidas muy significativas que llegan a ser el 33% de los ingresos anuales generando incrementos del costo de producción de los productos. Además, se realizaron análisis desde el punto de vista del cliente basado en sus requerimientos que facilitan los procesos a implementar convenientemente. Así mismo, se realizó un análisis de costos por problema identificado para realizar comparaciones y sustentar la idea de que la empresa está incurriendo a altos costos perdidos por problemas internos.
- El objetivo principal de las propuestas de mejora se centra en reducir los costos de producción mejorando el flujo de producción y aprovechando de forma eficiente y eficaz los recursos que se ingresan al sistema productiva. Además, dicho objetivo recae en la necesidad de reducir los impactos de los problemas que generan costos que no han sido abordados directamente en el diagnóstico de la empresa de estudio.
- La idea de utilizar herramientas de Lean Manufacturing recae en lo dinámico y eficiente que es esta filosofía dividida en diversas herramientas que facilita la mejora constante de un entorno dado sin importar lo complejo que sea.
- La primera herramienta propuesta es Poka-Yoke que tiene como objetivo eliminar o mitigar los errores de desconocimiento de los operarios debido a la alta rotación de personal que presenta la empresa. Además, se emplea esta herramienta para generar un mejor clima laboral pues los operarios obtendrán mejores recompensas económicas por tener una mejor productividad dado un tiempo específico. Así mismo, Poka-Yoke facilitará disminuir los costos perdidos por roturas e impactos de las roturas a lo largo de la cadena de

suministro en un 48% a pesar que solo se plantea la aplicación de esta herramienta en dos áreas de la empresa.

- La segunda herramienta propuesta es Kanban que tiene como objetivo disminuir el alto inventario acumulado entre las áreas de la empresa. Este inventario tiene la peculiaridad de ser obsoleto y convertirse en desperdicio o merma ya que los productos son frágiles o movimientos bruscos y tienen un cierto tiempo de vida si no se añade valor hasta ser convertido en pieza terminada que tiene mejores propiedades físicas y químicas. Kanban de por sí ayudará mucho a la empresa a estar preparada ante cambios de la demanda del mercado ya sea por un aumento de la producción planeado o un cambio de fechas de entrega de los pedidos. En consecuencia, se estima que el nivel de inventario se reducirá en un 37% reduciendo los costos por este problema, lo que a su vez se repercute en reducir la probabilidad de ocurrencia de rotura por acumulación de inventario.
- La tercera herramienta propuesta es un pilar del TPM conocido como Mantenimiento Preventivo el cual tiene como objetivo disminuir los costos anuales de mantenimiento y eliminar la idea de realizar mantenimiento correctivo el cual pone en peligro el flujo de producción por ende la competitividad de la empresa frente a su competencia local e internacional. Además, se recurre al uso de esta herramienta para elaborar apoyar la implementación de las otras dos propuestas mencionadas. En consecuencia, se realiza una disminución de los costos de mantenimiento en un 63%.
- La aplicación de las herramientas mencionadas faculta a que todo el personal de la empresa se comprometa a realizar mejoras pues *Lean Manufacturing* presenta un enfoque socio-técnico en donde tanto los gerentes como los operarios trabajan en conjunto para realizar mejoras constantemente.
- Los resultados de la evaluación económica de las propuestas de mejora confirman la factibilidad de su implementación en sus 3 indicadores, es decir el VAN, la TIR y el B/C (Razón Costo – Beneficio).

## 9 Recomendaciones

Luego de haber realizado el desarrollo de la presente tesis, se presentan las siguientes recomendaciones:

- El recurso humano es de suma importancia en la implementación de las propuestas de mejora, por lo que se debe realizar capacitaciones posteriores a las propuestas para crear y afianzar una filosofía de mejora continua.
- El compromiso de la gerencia de la empresa es vital para la implementación exitosa de las medidas antes propuestas ya que se requerirán inversiones en capacitaciones de los trabajadores, compra y adquisición de dispositivos y paneles adicionales, entre otros.
- La decisión de implementación de las propuestas de mejora debe realizarse en un contexto que no afecte la liquidez y solvencia de la empresa de estudio.
- La implementación de las propuestas de mejoras realizadas en la tesis se debe llevar a cabo según lo desarrollado con el fin de lograr la rentabilidad esperada.
- Existe la posibilidad de ampliar el alcance de herramientas a utilizar para complementar las herramientas desarrolladas, por ello se recomienda a la gerencia desarrollar y apostar más por aplicar la filosofía de *Lean Manufacturing* en el crecimiento de la empresa.
- Si bien se ha desarrollado solo un pilar de la herramienta TPM se recomienda continuar y mejorar lo desarrollado en la tesis para implementar a corto plazo el resto de pilares de esta herramienta como Mantenimiento Planificado y Mantenimiento Autónomo.

## BIBLIOGRAFÍA

- AMÉRICA ECONOMÍA  
*Sector construcción de Perú crecerá 1,96% en 2016.* Consulta: 23 de Junio del 2016.  
<http://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/sector-construccion-de-peru-crecera-196-en-2016>
- BARAHONA, Leandro y Jessica Navarro  
2013 *Mejora del proceso de galvanizado en una empresa manufacturera de alambres de acero aplicando metodología Lean Six Sigma.* Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial. Lima: PUCP, Facultad de Ciencias e Ingeniería. Consulta: 23 de Junio del 2016.  
[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/4925/BARAHONA LEANDRO MEJORA PROCESO GALVANIZADO EMPRESA MANUFACTURERA A LAMBRES ACERO METODOLOGIA LEAN SIX SIGMA.pdf?sequence=4&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/4925/BARAHONA_LEANDRO_MEJORA_PROCESO_GALVANIZADO_EMPRESA_MANUFACTURERA_A_LAMBRES_ACERO_METODOLOGIA_LEAN_SIX_SIGMA.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
- BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ  
Banco Central de Reserva del Perú: BCRP. *Manufactura No Primaria – Minerales No Metálicos – Productos minerales no metálicos diversos.* Consulta: 02 de diciembre del 2016  
<https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/mensuales/resultados/PN02070AM/html/2014-1/2016-9/#no-back-button>
- CABRERA, Rafael  
2011 “VSM Value Stream Mapping – Análisis de Cadena de Valor”. *Gestiopolis.* Consulta: 05 de enero del 2018.  
<https://www.gestiopolis.com/vsm-value-stream-mapping-analisis-cadena-valor/>
- CUATRECASAS, Lluís  
2000 *TPM: hacia la competitividad a través de la eficiencia de los equipos de producción.* Barcelona: Gestión.
- DE LA JARA, Paula  
2012 *Análisis y mejora de procesos en una empresa embotelladora de bebidas rehidratantes.* Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial. Lima: PUCP, Facultad de Ciencias e Ingeniería. Consulta: 23 de Junio del 2016.
- DIARIO GESTIÓN  
*FMI eleva a 3.7% su proyección de crecimiento económico del Perú para el 2016.* Consulta: 23 de Junio del 2016.  
<http://gestion.pe/economia/fmi-eleva-37-su-proyeccion-crecimiento-economico-peru-2016-2158285>
- GONZALES, George

- 2017 "Sistemas JIT/ Lean Manufacturing". Material del curso *Sistemas Integrados de Producción*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP). Consulta: 29 de octubre de 2017.
- GONZÁLES, Marvin
 

2001 *QFD: la función despliegue de la calidad: una guía práctica para escuchar la voz del cliente*. México: McGraw-Hill Interamericana, pp. 113 – 130.
  - GONZÁLEZ, A. y S.M. Velázquez
 

2012 "Mapa de la cadena de valor implementado en la empresa Agronopal ubicada en el D.F.". En *Redalyc*. Consulta: 07 de enero de 2018.  
<http://www.redalyc.org/html/467/46724109005/>
  - GUAJARDO, Edmundo
 

1996 *Administración de la calidad total: conceptos y enseñanzas de los grandes maestros de la calidad*. México, D.F.: Pax.
  - HERNÁNDEZ, Juan Carlos y Antonio Vizán
 

2013 *Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Fundación Escuela de Organización Industrial.
  - HIRANO, Hiroyuki
 

1991 *Manual para la Implementación del JIT*. Cuatro volúmenes. Madrid: Tecnologías de Gerencias y Producción.
  - JAMES, Paul
 

1997 *La gestión de la calidad total: un texto introductorio*. Madrid: Prentice-Hall.
  - JONES, Daniel y James Womack
 

2012 *Lean Thinking: Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa*. Barcelona: Gestión 2000, Grupo Planeta.
  - KOGYO, Nikkan y Hiroyuki Hirano
 

1991 *Poka-yoke: mejorando la calidad del producto evitando los defectos*. Madrid: Tecnologías de Gerencia y Producción.
  - KRAJEWSKI, Lee J.; Larry P. Ritzman y Manoj K. Malhotra
 

2008 *Administración de operaciones: procesos y cadenas de valor*. Octava edición. Naucalpan de Juárez: Pearson Educación.
  - NAKAJIMA, Seiichi
 

1991 *Introducción al TPM: mantenimiento productivo total*. Cambridge: Productivity.



- PAREDES, Francis  
2014 “Manufactura Esbelta: Just in Time y Kanban”. Material del curso-taller *Lean Manufacturing*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP). Consulta: 27 de agosto de 2016.
- PASCAL, Dennis  
2002 *Lean Production Simplified*. Segunda edición. New York: Productivity Press.
- RAJADELL, Manuel y José Luis Sánchez  
2010 *Lean Manufacturing: la evidencia de una necesidad*. Madrid: Díaz de Santos.
- REY, Francisco  
2001 *Mantenimiento total de la producción (TPM): proceso de implantación y desarrollo*. Madrid: Fundación Confemetal.
- VIZÁN, J. C.  
2013 *Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implementación*. Madrid: Fundación Escuela de Organización Industrial.
- VELASCO, Juan  
2010 *Gestión de la calidad: mejora continua y sistemas de gestión: teoría y práctica*. Segunda edición. Madrid: Pirámide.
- YAURI, Luis  
2015 *Análisis y mejora de procesos en una empresa manufacturera de calzado*. Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial. Lima: PUCP, Facultad de Ciencias e Ingeniería. Consulta: 23 de Junio del 2016.