

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DEL PERÚ**

**ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO DE  
LAVADO Y TEÑIDO DE PRENDAS DE VESTIR APLICANDO  
HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING E INVESTIGACIÓN  
DE OPERACIONES**

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

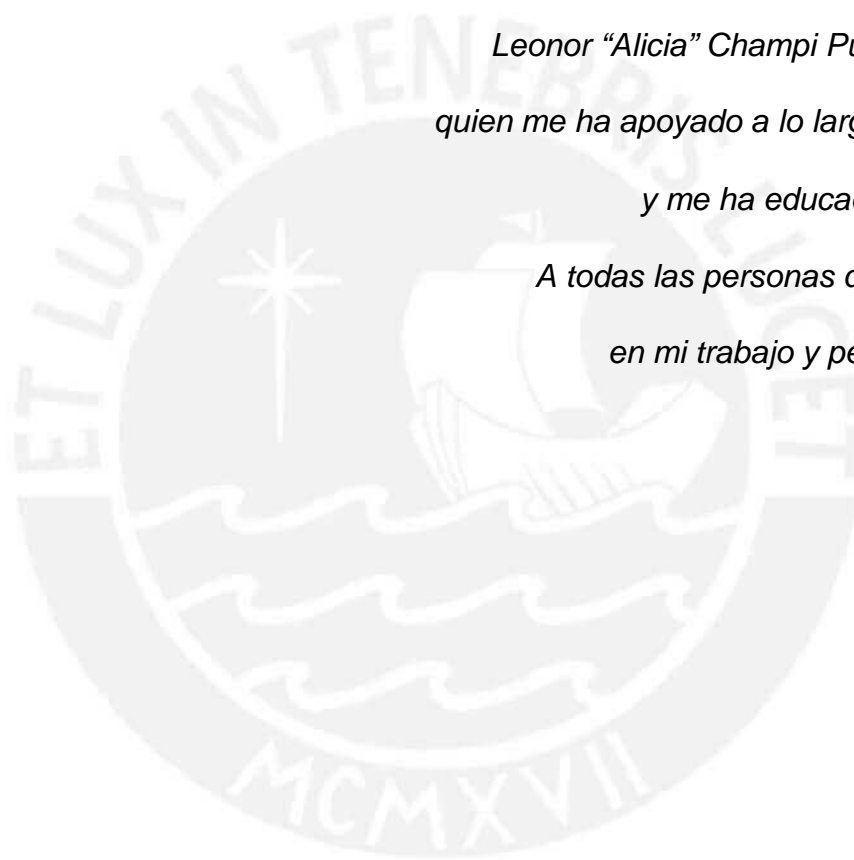
**Tatiana Margole Collantes Champi**

**ASESOR: Jonathan Edward Rojas Polo**

Lima, febrero de 2018



*A mi familia en especial a mi mamá,  
Leonor "Alicia" Champi Pumacallahue,  
quien me ha apoyado a lo largo de mi vida  
y me ha educado con amor.  
A todas las personas que confiaron  
en mi trabajo y perseverancia.*



## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres, Bernardino Collantes Chávez y Leonor Champi Pumacallahue, por su constante apoyo y esfuerzo durante mis años de estudio en la PUCP.

Agradezco a la PUCP y sus maestros por las enseñanzas compartidas a lo largo de los años. A mi asesor, el ingeniero Jonathan Rojas, por sus conocimientos brindados, su constante apoyo y paciencia durante la realización del presente trabajo. Al ingeniero Christian Cornejo por su apoyo y buenos consejos. A la organización por su disponibilidad y atención en los meses de trabajo en conjunto.



## RESUMEN

El presente estudio se desarrolló en una Pyme del sector textil, dedicada exclusivamente a los procesos de acabado de prendas de vestir.

Actualmente tanto las Pymes como Mypes representan el mayor porcentaje de organizaciones en el Perú; asimismo, el sector textil es uno de los potenciales rubros en posicionarse con mayor valor agregado en el mercado nacional e internacional; sin embargo, en los últimos años debido a la competitividad del mercado extranjero, ha ido perdiendo posicionamiento en América Latina.

La investigación tiene como objetivo optimizar los procesos de producción y los recursos en la línea de lavado y teñido mediante la elaboración de un análisis y diagnóstico de la situación actual y desarrollo de oportunidades de mejora.

Los conceptos y herramientas que se utilizaron para lograr estos objetivos son las 5S's, Kaizen, Poke Yoke e investigación de operaciones, y un enfoque con la metodología lean manufacturing. Para el desarrollo del trabajo, se realizaron visitas de jornada completa por un periodo de 2 meses, asimismo se realizaron entrevistas con los responsables de las diversas áreas para levantar la información e identificar los procesos críticos.

Con la información estructurada, se identificaron los desperdicios de los procesos productivos y su impacto económico, los de mayor alcance son: inventarios en procesamiento y reprocesos, los cuales fueron tratados con las herramientas detalladas anteriormente. Como resultado se realizaron propuestas de mejora que permiten la minimización de prendas reprocesadas, prendas falladas y tiempos muertos, asimismo incrementar la satisfacción del colaborador y del cliente, aumentar la calidad del servicio y reducir el riesgo de accidentes.

Finalmente, se realizó la evaluación económica de cada propuesta con la finalidad de determinar los beneficios en ahorro que tendrá la organización, como resultado se obtuvo un VAN de S/. 82,536.44 y una tasa de retorno (TIR) de 38.98%



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DEL PERÚ

### TEMA DE TESIS

PARA OPTAR : Título de Ingeniero Industrial  
ALUMNA : TATIANA MARGOLE COLLANTES CHAMPI  
CÓDIGO : 2010.5565.12  
PROPUESTO POR : Ing. Jonatán E. Rojas Polo  
ASESOR : Ing. Jonatán E. Rojas Polo  
TEMA : ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO DE LAVADO Y TEÑIDO DE PRENDAS DE VESTIR APLICANDO HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING E INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES  
N° TEMA : # 4334  
FECHA : San Miguel, 23 de mayo de 2017



### JUSTIFICACIÓN:

A lo largo del tiempo, el sector textil peruano se ha enfrentado a una serie de cambios, donde las pymes y mypes han sobrevivido agotadamente a la guerra de precios con sus competidores extranjeros.

La confección de prendas de vestir y elaboración de textiles, son una de las industrias más globalizadas con complejos sistemas de producción a la vanguardia de nuevas tecnologías, metodologías y técnicas que les permita liderar en calidad de producto y bajos costos.

El sector textil y confección en nuestro país es la primera división dentro de la industria manufacturera, representando el 10% del PBI manufacturero y el 27% del total de la Población Económicamente Activa, según el Ministerio de Producción (Diario El Comercio, 2013)<sup>1</sup>. Lo que refleja su nivel de empleabilidad; por lo tanto, es prioritario realizar el uso eficiente de recursos, controlar costos y mantener un ambiente laborable seguro para nuestros colaboradores.

Dentro del enfoque internacional, Unión Europea, el sector textil y confección es una industria basada en las pymes que representan más del 90% de la fuerza de trabajo y producen casi el 60% del valor agregado<sup>2</sup>; análogamente el Perú presenta una situación

<sup>1</sup> El Comercio (octubre 2013). Gladys Trivelpic: sector textil genera B/. 6.900. de valor agregado. [http://elcomercio.pe/economia/peru/gladys-trivelpic-once-textil-genera-6900-mil-vlr-agregado-noticia-15467307.html?tags=346635&traza\\_26&#title](http://elcomercio.pe/economia/peru/gladys-trivelpic-once-textil-genera-6900-mil-vlr-agregado-noticia-15467307.html?tags=346635&traza_26&#title)

<sup>2</sup> Web oficial de la Unión Europea (enero 2015). Europe en el mundo: La industria de confecciones, manufactura textil y moda. <https://europa.eu/eu/eyd2015es/fashion-revolution/postulaseurope-world-garment-textiles-and-fashion-industry>

Av. Universitaria N° 1801, San Miguel  
T: (511) 626 2000







similar, en donde las mypes y pymes representan el 99.5% del total<sup>2</sup> de la fuerza laboral, contribuyendo al aumento de empleo y al incremento del PBI.

Según el INEI, el crecimiento de la economía peruana se ha visto reflejada en la tasa de crecimiento de las pymes, donde el 26.7% del total de las empresas pertenecen al sector textil y confecciones<sup>3</sup>. Sin embargo, el sector ha perdido competitividad frente a los precios de países asiáticos, pero no es solo un tema de precios sino también de calidad. Así, los precios de las confecciones chinas oscilan entre un 20% y 25% menos que las confecciones peruanas<sup>4</sup>. Reflejado en la desaceleración de -11.05% en la confección de prendas, a pesar de que el país creció en un 2.15% durante el 2015, según reporte del INEI, todo generado por la baja demanda externa proveniente de USA por productos de algodón<sup>5</sup>; lo que evidencia que el entorno de la industria textil peruana se ve afectada por factores tanto exógenos como endógenos.

Las industrias textiles peruanas, actualmente, están en la obligación de disminuir sus costos, aumentar su calidad y mantener su presencia en el mercado ganado. Por lo tanto, deben investigar e invertir en nuevas técnicas, tecnologías y mercados para poder resurgir.

Bajo lo expuesto, la pyme investigada trabaja con dos unidades de negocio, la primera enfocada al servicio de lavado y teñido masivo de prendas de vestir y el segundo dedicado a la producción de una amplia gama de prendas de vestir especializados en pantalones drill, jeans, polos para sus propias marcas y terceros. El objetivo del estudio es optimizar sus procesos productivos y recursos, además de aumentar sus indicadores de productividad y disminuir sus ratios de reprocesamiento, enfocados en la unidad significativa momentánea.

Actualmente, las organizaciones textiles peruanas se ven en la necesidad de tener procesos efectivos que les permitan ser más competitivos y rentables en su rubro, en conjunto con la excelencia de servicio establecido en la buena calidad de producto. Por lo tanto, se aprovechará la presente investigación para desarrollar herramientas que permitan mejorar procesos críticos y sean sostenibles en el tiempo, creando un impacto positivo en los costos, la calidad del producto y el servicio al cliente; mediante la filosofía Lean Manufacturing e investigación de operaciones.

#### OBJETIVO GENERAL:

Analizar, diagnosticar y mejorar los procesos productivos en una fábrica industrial dedicada a los servicios de acabado en prendas de vestir empleando herramientas de Lean Manufacturing e investigación de operaciones.

<sup>2</sup> La República (mayo 2015). Las Pymes y la economía peruana. <http://larepublica.pe/impresa/economia/1408-las-pymes-y-la-economia-peruana>

<sup>3</sup> Empresa (septiembre 2013). INEI: 99.5% de empresas son micro, pequeñas y medianas empresas. <http://empresa.pe/inei-el-99-5-de-empresas-son-micro-pequenas-y-medianas-pero-las-grandes-concentran-el-79-de-ventas/>

<sup>4</sup> El Comercio (abril 2015). Confecciones asiáticas son 20% más baratas que las peruanas. [http://elcomercio.pe/economia/peru/confecciones-asiaticas-son-20-mas-baratas-que-peruanas-noticia-1804087ef=ilgo\\_tag\\_3529266#nota\\_35e=titulo](http://elcomercio.pe/economia/peru/confecciones-asiaticas-son-20-mas-baratas-que-peruanas-noticia-1804087ef=ilgo_tag_3529266#nota_35e=titulo)

<sup>5</sup> Instituto Nacional de Estadística e Informática (2015). Informe técnico N°3 marzo 2015. Informe de producción nacional. [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/informe-tecnico-n03\\_produccion\\_inei2015.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/informe-tecnico-n03_produccion_inei2015.pdf)



#### OBJETIVO ESPECIFICOS:

- Desarrollar el marco teórico de las herramientas de Lean Manufacturing e investigación de operaciones aplicable en el diagnóstico y propuesta de mejora.
- Describir la situación actual de la empresa y sus procesos productivos.
- Realizar un análisis y diagnóstico de la situación actual para determinar e identificar los desperdicios y procesos críticos.
- Proponer indicadores operativos y estratégicos para las áreas, procesos y la organización.
- Plantear las propuestas de mejora con la finalidad de eliminar reprocesos y aumentar la productividad de la empresa.
- Evaluación e impacto económico de las oportunidades que da las propuestas de mejora.

#### PUNTOS A TRATAR:

**a. Marco Teórico.**

Se desarrollarán las definiciones conceptuales de la filosofía Lean Manufacturing, sus principios e indicadores. Además, el desarrollo teórico de sus herramientas de aplicadas en el diagnóstico y las propuestas de mejora. También se abordarán conceptos relacionados a la metodología JIT (just in time) e investigación de operaciones.

**b. Casos de estudio.**

Se mostrarán casos aplicativos en donde las herramientas definidas teóricamente hayan sido aplicadas con éxito y evidencien soluciones factibles y sostenibles.

**c. Descripción de la empresa.**

Se describirá de forma general la empresa, su perfil organizacional y su actividad económica a la que pertenece. Además, se detallará su sistema productivo.

**d. Situación actual y diagnóstico de la empresa.**

Se definirá cada aspecto de las áreas de trabajo, recursos, procesos, insumos, producto final entre otros. Se detallará cada una de las actividades del proceso productivo, elaborándose un mapeo de la situación actual; asimismo, se identificarán las actividades que agregan y no agregan valor, y se investigará las causas raíces respecto a los problemas hallados.

**e. Propuesta de mejora.**

Se plantearán alternativas de mejora en las áreas críticas, aplicando herramientas Lean Manufacturing e investigación de operaciones, con la finalidad de disminuir reprocesos, aumentar la productividad.

**f. Evaluación económica.**

Se desarrollará un análisis de la inversión y el impacto económico de las propuestas.



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DEL PERÚ

- 4 -

g. Conclusiones y recomendaciones.

*Máximo: 100 páginas*



  
\_\_\_\_\_  
ASESOR

Av. Universitaria N° 1801, San Miguel  
T: (511) 626 2000



# INDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	i
ÍNDICE DE TABLAS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO.....	2
1.1. Lean Manufacturing.....	2
<b>1.1.1. Definición.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.2. Desperdicios o muda.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1.3 Indicadores Lean Manufacturing.....</b>	<b>5</b>
1.2. Herramientas de Manufactura Esbelta.....	7
<b>1.2.1. Metodología 5S's.....</b>	<b>7</b>
<b>1.2.2. Value stream mapping (VSM).....</b>	<b>12</b>
<b>1.2.3 Kaizen.....</b>	<b>15</b>
1.3. Método JIT.....	17
<b>1.3.1 Diseño productivo.....</b>	<b>19</b>
<b>1.3.2 Normalización de las tareas y mejora de métodos.....</b>	<b>19</b>
1.4. Investigación de operaciones.....	20
<b>1.4.1 Programación lineal.....</b>	<b>20</b>
<b>1.4.2 Programación entera.....</b>	<b>22</b>
CAPÍTULO 2: ESTUDIO DE CASOS.....	23
2.1. Primer caso de estudio.....	23
2.2. Segundo caso de estudio.....	26
2.3. Tercer caso de estudio.....	31
CAPITULO 3: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	35
3.1. Descripción de la empresa.....	35
<b>3.1.1. Antecedentes.....</b>	<b>35</b>
<b>3.1.2. Actividad económica.....</b>	<b>36</b>
<b>3.1.3. Cultura organizacional.....</b>	<b>38</b>
3.2. Organización.....	38
3.3. Descripción de sus productos.....	40
3.4. Maquinarias y equipos.....	40
3.5. Recursos Humanos.....	44
CAPITULO 4: DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA.....	45

4.1. Diagnóstico a nivel macro del sector.....	45
4.2. Diagnóstico a nivel micro .....	46
4.3. Diagnóstico a nivel de empresa .....	48
<b>4.3.1 Análisis cuantitativo a nivel macro .....</b>	<b>48</b>
4.3.1.1 Análisis de Pareto en base a los tipos de servicio .....	49
<b>4.3.2 Mapa de procesos .....</b>	<b>50</b>
<b>4.3.3 Proceso productivo .....</b>	<b>55</b>
4.3.3.1 Elaboración de receta química.....	55
4.3.3.2 Preparación mezclas químicas .....	55
4.3.3.3 Lavado .....	56
4.3.3.4 Centrifugado.....	56
4.3.3.5 Secado .....	57
4.3.3.6 Vaporizado .....	57
4.3.3.7 Planchado del tipo 1 .....	57
4.3.3.8 Planchado del tipo 2 .....	57
4.3.3.9 Acabado.....	57
<b>4.3.4 VSM actual e identificación de los desperdicios.....</b>	<b>58</b>
<b>4.3.5 Aplicación de los 5 ¿por qué? .....</b>	<b>67</b>
CAPITULO 5: PROPUESTAS DE MEJORA .....	70
5.1 Modelo para tamaño de lote óptimo en las estaciones de trabajo.....	71
5.2 Implementación de las 5S's.....	76
<b>5.2.1 Paso 1: Identificar las zonas 5S.....</b>	<b>76</b>
<b>5.2.2 Paso 2: Formar los equipos 5S .....</b>	<b>77</b>
<b>5.2.3 Paso 3: Seleccionar la zona piloto para la aplicación.....</b>	<b>78</b>
<b>5.2.4 Paso 4: Registrar la situación actual.....</b>	<b>78</b>
<b>5.2.5 Limpieza profunda inicial + 5S .....</b>	<b>78</b>
5.3 Kaizen, Poke Yoke.....	85
<b>5.4. Control y seguimiento de las oportunidades de mejora. ....</b>	<b>91</b>
CAPITULO 6: EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO .....	94
<b>6.1 Costo horario del personal administrativo y operativo .....</b>	<b>94</b>
<b>6.2 Inversión .....</b>	<b>94</b>
<b>6.2.1 Inversión 5S´s. ....</b>	<b>94</b>
<b>6.2.2 Inversión Kaizen y Poke Yoke.....</b>	<b>95</b>
<b>6.2.3 Inversión modelo de optimización.....</b>	<b>96</b>
<b>6.3 Ahorro.....</b>	<b>96</b>
<b>6.4 Indicadores Financieros (VAN, TIR, COK) .....</b>	<b>97</b>

CAPITULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	99
<b>7.1 Conclusiones</b> .....	99
<b>7.2 Recomendaciones</b> .....	99
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101



# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Peso de los parámetros de Lean Manufacturing .....	6
Tabla 2: Los principios rectores, técnicas y herramientas de la filosofía Kaizen.....	16
Tabla 3: Uso de las 5S, tipo de producto y prioridades estratégicas.....	24
Tabla 4: Uso de las 5S y los programas de calidad.....	25
Tabla 5: Uso de las 5S y el rendimiento .....	25
Tabla 6: Parámetros del sistema MSSCS .....	30
Tabla 7: Resumen de las características de la línea de ensamble .....	32
Tabla 8: Capacidad de las lavadoras industriales .....	41
Tabla 9: Capacidad de lavadoras de muestra .....	41
Tabla 10: Capacidad de las centrifugadoras industriales .....	42
Tabla 11: Capacidad de diseño de la secadora industrial .....	42
Tabla 12: Sector textil y confecciones: principales productos. Millones US\$.....	47
Tabla 13: Sector textil y confecciones: principales productos. Millones US\$.....	47
Tabla 14: Niveles de producción de prendas de vestir Oct2013 – Feb2016.....	49
Tabla 15: Ingresos (S/.) por tipo de servicio 2014 – 2016 .....	50
Tabla 16: Macro familia por línea de productos Ene 2015 – Feb 2016.....	58
Tabla 17: Cantidad mensual de prendas falladas.....	59
Tabla 18: Tiempo de cambio de producto en segundos (TCP) .....	60
Tabla 19: Frecuencia de fallas de la caldera .....	60
Tabla 20: Disponibilidad de las máquinas .....	61
Tabla 21: Días en inventario en el área de lavado .....	61
Tabla 22: Capacidad de la planta familia pantalones – tipo: jean .....	63
Tabla 23: Capacidad de la planta familia pantalones – tipo: drill .....	64
Tabla 24: Comparación entre TT y Capacidad .....	64
Tabla 25: Desperdicios por proceso .....	66
Tabla 26: Frecuencia de desperdicios por proceso .....	66
Tabla 27: Problema vs. Oportunidad de mejora .....	70
Tabla 28: Tamaño de lote (unidades) .....	72
Tabla 29: Velocidad (s/unidad) .....	72
Tabla 30: Resultados .....	75
Tabla 31: Análisis de holguras .....	75
Tabla 32: Variación de la demanda .....	76
Tabla 33: Tablero O/Pd.....	88
Tabla 34: Costo de horas hombre del personal involucrado .....	94
Tabla 35: Costos de MO anual 5S'S.....	94
Tabla 36: Costo fijo de materiales .....	95
Tabla 37: Costo de materiales Kaizen y Poke Yoke.....	95
Tabla 38: Inversión de herramientas.....	96
Tabla 39: Ahorro en el costo de devoluciones y reprocesos .....	96
Tabla 40: Ingresos adicionales por implementación de mejoras.....	97
Tabla 41: Costo de oportunidad (COK) .....	97
Tabla 42: Flujo de Caja .....	98
Tabla 43: Costo de oportunidad (COK) .....	98

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Value stream mapping .....	15
Figura 2: Diagrama de bloques del sistema de producción Toyota según Y. Monden. ....	17
Figura 3: Diagrama de bloques conduciendo al Shoninka .....	19
Figura 4: Sistema tradicional de cadena de suministro .....	26
Figura 5: Funcionamiento del sistema de producción Kanban.....	27
Figura 6: Metodología para la implementación.....	33
Figura 7: Layout de la planta nivel 1 .....	37
Figura 8: Estructura organizacional .....	38
Figura 9: Jefatura de ventas y compras. Unidad: servicios de lavado y teñido.....	39
Figura 10: Jefatura de producción y planeamiento. Unidad: servicios de lavado y teñido ....	39
Figura 11: Jefatura administrativa.....	40
Figura 12: Caldera de la planta.....	40
Figura 13: Lavadoras frontales industriales .....	41
Figura 14: Centrifugadora hidroextractora industrial.....	42
Figura 15: Secadoras industriales .....	42
Figura 16: Vaporizador industrial .....	43
Figura 17: Plancha industrial.....	43
Figura 18: Niveles de producción .....	49
Figura 19: Diagrama de Pareto con respecto a los ingresos por línea de servicio .....	50
Figura 20: SIPOC macro procesos. Unidad de negocio: lavado y teñido.....	51
Figura 21: Flujograma proceso de lavado y teñido.....	52
Figura 22: Flujograma del proceso de preparación de mezcla química .....	53
Figura 23: Flujograma proceso de lavado .....	54
Figura 24: Centrifuga industrial.....	57
Figura 25: VSM Actual .....	65
Figura 26: Aplicación de los 5 porqué para los inventarios en proceso. ....	68
Figura 27: Aplicación de los 5 porqué para los reprocesos.....	69
Figura 28: Programación en AMPL.....	74
Figura 29: Identificación de zonas 5. ....	77
Figura 30: Tablero de gestión visual para las 5S.....	77
Figura 31: Organigrama de equipo de trabajo 5S .....	78
Figura 32: Tarjeta roja básica .....	79
Figura 33: Fuentes de suciedad.....	81
Figura 34: Puntos y lugares inaccesibles .....	81
Figura 35: Checklist de inspección de limpieza .....	82
Figura 36: Ubicación de las normas de convivencia y la zona de desecho .....	83
Figura 37: Tarjeta de evaluación de limpieza .....	84
Figura 38: Identificación de insumos propuesta .....	85
Figura 39: Tarjeta Plastificada .....	86
Figura 40: Sticker de inspección.....	86
Figura 41: Flujograma propuesto del proceso de lavado y teñido.....	89
Figura 42: Flujograma propuesto de la preparación mezcla facetica .....	90
Figura 43: Flujograma propuesto del proceso de lavado.....	91



# INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de tesis tiene como objetivo evaluar mediante un diagnóstico y proponer mejoras en los procesos de lavado y teñido de una empresa que brinda los servicios de confección de prendas de vestir. Para lograr los objetivos se hará uso de conceptos Lean Manufacturing e investigación de operaciones.

La organización en estudio brinda servicios de confección y, lavado, teñido y limpieza de productos textiles de piel, en seco y en crudo. La empresa tiene aproximadamente 18 años en el mercado y actualmente cuenta con 35 colaboradores incluyendo personal administrativo y fuerzas de venta. En los últimos 3 años ha tenido un crecimiento exponencial de su demanda, por lo que no tiene una adecuada gestión de la información, inventarios en procesamiento y reprocesos.

Por lo tanto, la oportunidad de mejora se enfoca en la reducción de mermas, prendas reprocesadas, prendas falladas, reducción de tiempos de operación y reducción de inventarios en procesamiento.

En el primer capítulo, se revisará el marco teórico en donde se profundizará en los conceptos de la filosofía Lean y sus herramientas como las 5S's, Kanban, Kaizen e investigación de operaciones. Por otro lado, en el segundo capítulo, se desarrollarán los casos aplicativos en la industria tomando en cuenta el marco teórico desarrollado.

Respecto al tercer capítulo, se realizará la descripción general de la empresa, su organización y sus procesos. Mientras el capítulo cuatro abordará el diagnóstico mediante la identificación de desperdicios, factores y áreas críticas, usando herramientas como VSM y los 5 porqués.

Para el quinto capítulo, se proponen herramientas de mejora como las 5S's, sistema Kanban, Kaizen, estandarización de trabajo e investigación de operaciones; las propuestas se encuentran integradas con la finalidad de ofrecer un cambio positivo a nivel de organización, personas y procesos.

Finalmente, el sexto capítulo se evaluará el impacto económico de las propuestas y su inversión; mientras que el séptimo capítulo presentará las conclusiones y recomendaciones.

# CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo desarrollará detalladamente los modelos, metodologías y herramientas que serán empleadas en el desarrollo del proyecto como lo son Lean Manufacturing, investigación de operaciones y otros adicionales.

## 1.1. Lean Manufacturing

La implementación de la metodología Lean en los sectores de producción masiva ha sido muy popular en los últimos años, tiene como base mejorar la ventaja económica de la empresa y obtener mejores resultados haciendo uso de menos recursos, en general haciendo uso menos de todo.

### 1.1.1. Definición

La manufactura esbelta es considerada como un modelo de gestión enfocado en la identificación y eliminación, en la mayor cantidad de posible, de las actividades que no agregan valor al producto final de un proceso. A partir de las definiciones de manufactura esbelta, se podrá verificar que las razones para la implementación de esta metodología de trabajo es obtener como resultado un marco para la mejora continua en la organización con operaciones eficientes y logrando optimización en el uso de sus recursos.

Según Walter Garvín (mayo 2015), Lean Manufacturing fue desarrollado hace décadas, principalmente en Ford y Toyota, esta filosofía se ha ido perfeccionando con el tiempo por investigadores y profesionales, no hay modelo único para su implementación. La variación entre los sistemas muestra que lean no es un para un tamaño único sino para todos los sistemas. Lo ideal es entender las prácticas de ajuste fundamentales y analizar las opciones y adaptaciones para satisfacer los requisitos y objetivos específicos de la organización. Muchos expertos coinciden que para el éxito de la aplicación se requiere una amplia planificación, análisis, formación, la comunicación y, tal vez lo más importante, control continuo en cada uno de los procesos de implementados que generan los beneficios.

Según diversos autores, la implementación del lean Manufacturing se define como el proceso de aplicación de un conjunto de principios y prácticas, explorando sus sinergias y adaptándolos a las particularidades de cada empresa. Los procesos de implementación lean Manufacturing no tiene fin (Hines, Holweg y Rich, 2004), ya que se basa en la mejora continua (Shahy Ward 2007). El proceso implica evolución y

perfeccionamiento de los principios y prácticas, a través de los ciclos de Plan-Do-Check-Act de Deming.

Alberto Simboli, Rafaella Taddeo y Anna Morgane (2014) han revelado que uno de los pilares más importantes en los cuales se basa la competitividad, en diferentes momentos y distintas formas tales como reducir costos, reducir tiempos y mejorar la calidad para la maximizar las ventas.

Lean Manufacturing es el futuro de nuevos perfiles de negocios y continuará creciendo rápidamente, llegando a ser una filosofía bien conocida en muchas industrias

### **1.1.2. Desperdicios o muda**

Lean Manufacturing está basado en el sistema de desarrollo de Toyota el cual se enfoca en la eliminación del desperdicio. La palabra mura, muri, muda son tres palabras japonesas que forman parte de Kaizen, su filosofía de mejora continua, elemento clave del Sistema de Producción Toyota y del llamado pensamiento Lean.

Mura, muri, muda, conocidas como las 3 Mu, van siempre juntas y se enfocan en identificar y eliminar todo aquello que no agrega, lo que producirá, en el largo plazo, cambios organizacionales y en las prácticas de trabajo y procesos de diseño, desarrollo y manufactura de bienes o servicios hacia una mayor agilidad y eficiencia, sin errores ni defectos, capaces de responder a los requerimientos y expectativas del cliente.

Mediante la práctica de esta filosofía varias compañías esperan lograr mejoras desde sus operaciones, hasta su productividad, calidad, un mejor manejo y disminución de actividades “desperdicio” o muda (Liker, 2011).

Womack y Jones (2005) definen como una práctica de producción que los gastos en recursos que no creen valor para el producto final del cliente es un desperdicio y por lo tanto un objetivo para la eliminación.

Taichí Ohno (1988) introdujo como variable clave en la fabricación el concepto de desperdicio y estableció los siete primeros tipos de muda, luego Womack et al. (2005) relacionados a:

1. Transporte: Actividad asociado al transporte de materiales que no crea valor, pero es indispensable. No obstante, hay que destacar que cuanto más un producto se transporta, es más propenso a tener mayores costos o retrasos (tiempo), o un aumento de daños y la pérdida de la calidad.

2. Espera: Ocurre cuando los operadores están detenidos a la espera de piezas, maquinas, o de otros colegas. Las posibles causas son por lo general la falta de material en los almacenes, el fracaso de la maquinaria para el procesamiento o inadecuada sincronización de los recursos. Afectando negativamente los costos y tiempos.
3. Movimiento: personas o equipos móviles o caminatas más de lo necesario para realizar el procesamiento. Tiene efectos negativos en los costos, tiempos y puede causar daños y lesiones al operador.
4. Inventario: Se refiere a las materias primas, producto en proceso o productos terminados que se encuentran en un taller y almacén. La presencia de inventario mínimo positivo, porque permite la garantía de la continuidad del proceso de producción, si la producción es discontinua o caracterizado por un elevado número de tipo de productos. Sin embargo, el periodo de almacenamiento de productos y componentes es un tiempo que no añade ningún tipo de valor, genera costos y riesgos.
5. Sobre-procesamiento: La mayoría de los procesos por los que pasa la prenda agregan valor al producto final, no obstante, un sobre procesamiento existiría en procesos que no aportan en la valoración del producto que incluyen el uso de componentes complejos y caros, procesos que agregan valor pero que no se hacen de la manera más eficiente o procesos que sean importantes e impactantes en el producto, pero se realizan erróneamente.
6. Sobreproducción: Cuando el producto se produce más de la demanda solicitada, se relaciona con la muda en la pérdida de existencias de productos terminados.
7. Defectos: existen diversos tipos de defectos lentos de producción que aumentan los tiempos, estos pueden ocurrir reiteradas veces y representar una amenaza para la compañía. Si no existen métodos de control sistemáticos y validos en el sistema de producción, estos serán identificados y el producto podría ser procesado innecesariamente, causando altos costos para la empresa y mala calidad para el cliente.
8. Talento mal empleado: Personas que realizan trabajos innecesarios y no se usa al máximo de sus capacidades

Adicionalmente, Womack y Jones (2005) mencionan dos tipos de *muda* que pueden encontrarse en un proceso. Tipo Uno, son aquellas actividades que no crean valor para el cliente final, pero que son necesarias y aún no pueden ser eliminadas, sin embargo, estos desperdicios deben ser minimizados en lo mayor posible. Tipo Dos,

son aquellas que no agregan valor para el cliente y pueden ser tratadas de inmediato para su pronta y rápida eliminación.

Por lo tanto, se concluye que el enfoque Lean introduce como variable clave en la fabricación a los desperdicios o muda, es decir cualquier actividad que absorbe los recursos y no crea valor para el producto final del consumidor.

### **1.1.3 Indicadores Lean Manufacturing**

Durante el proceso de implementación de Lean Manufacturing es recomendable realizar un seguimiento y control (Check) mediante indicadores efectivos. Algunos autores han realizado investigaciones sobre los parámetros más adecuados que reflejen la situación de las fábricas. Se sabe que el Lean Manufacturing no es la cura inmediata a todos los problemas, sus efectos pueden ser vistos a plenitud después de un periodo de tiempo (Soriano – Meier y Forrester, 2002).

Al-Aomar (2010) presenta tres indicadores de lean que caracterizan a una organización y su sistema productivo dentro del perfil lean.

- Productividad
- Tiempo de ciclo
- Inventario en proceso

Según Gulshan Chauhan y Singh (2012), el estado de lean Manufacturing implementado en las fábricas son medidas en base a preguntas estipulados bajo los siguientes parámetros:

- Eliminación del desperdicio (EOW)
- Mejora continua (CI)
- Zero Defectos (ZD)
- Entrega a tiempo de pedidos (JIT)
- Sistema pull (PRM)
- Equipos multifuncionales (MT)
- Descentralización (DC)
- Integración de funciones (IOF)
- Sistemas de información vertical (VIS)

Cada una de ellas posee diferentes pesos (ver tabla 1) y puntajes, para la evaluación de cada ítem los puntajes son: muy bajo=1, bajo=3, medio=5, alto=7, muy alto=9. Cada uno de estos puntajes transformados de acuerdo a la escala de Likert. La escala va desde “totalmente en desacuerdo” hasta “totalmente de acuerdo” con un



punto medio de “ni acuerdo y desacuerdo”. Cada pregunta tiene siete opciones y así una nota entre el 1 al 7.

Todas las preguntas de la evaluación solo pueden ser calificadas bajo los puntajes establecidos anteriormente. Además, por cada parámetro se puede establecer “n” de preguntas. Para calcular el valor del parámetro LM a partir del cuestionario se usa la siguiente ecuación:

$$\text{Valor del parámetro } LM_i = \frac{\sum S_{ai}}{n \times S_m}$$

Donde  $\sum S_{ai}$  es la suma del puntaje de cada nota puesta en cada pregunta del parámetro i,

$$\sum S_{ai} = S_1 + S_2 + \dots + S_n$$

Donde n es el número de preguntas por parámetro, y  $S_m$  es la nota máxima posible para una pregunta, es decir el valor de 7

$$\text{Lean Manufacturing (LM)} = \sum_{i=0}^n LM_i \times WF_i$$

Donde  $LM_i$  es el valor del parámetro i de lean Manufacturing y  $WF_i$  es el peso calculado a partir de la tabla 1.

Tabla 1: Peso de los parámetros de Lean Manufacturing

Nº	Parámetro	Peso del Autor	Peso Académico	Peso de la Industria	Peso Medio	Porcentaje del Peso
1	EOW	0.3365	0.3588	0.3593	0.3515	35.15%
2	CI	0.0434	0.0462	0.0461	0.0453	4.53%
3	ZD	0.0892	0.0999	0.0999	0.0963	9.63%
4	JIT	0.178	0.2045	0.2044	0.1956	19.56%
5	PRM	0.0434	0.0462	0.0999	0.0632	6.32%
6	MT	0.178	0.0999	0.0999	0.1259	12.59%
7	DC	0.0212	0.0223	0.0222	0.0219	2.19%
8	IOF	0.0891	0.0999	0.0461	0.0784	7.84%
9	VIS	0.0212	0.0223	0.0222	0.0219	2.19%

Fuente: Measuring parameters of lean Manufacturing realization (2012)

Finalmente, de acuerdo a Gulshan Chauhan y Singh (2012), Las organizaciones con un índice mayor a 0.80 se encuentran bien posicionadas dentro del perfil de fábricas bien implementadas en Lean Manufacturing mientras las que tienen un dígito menor a 0.50 son las fábricas denominadas como pobres respecto a la implementación del Lean Manufacturing.

## 1.2. Herramientas de Manufactura Esbelta

Lean Manufacturing presenta una variedad de herramientas, a continuación, se presentarán algunas para el desarrollo y solución del presente estudio.

### 1.2.1. Metodología 5S's

5S es un sistema para reducir los desperdicios y optimizar la productividad y la calidad, mediante la realización de acciones sencillas como mantener una estación de trabajo ordenada, limpia, segura y usando señales visuales para lograr más consistencia en los resultados operacionales. Las mundialmente conocidas 5S están basadas en las siglas japonesas, seiri (Organización), seiton (orden), seiso (limpieza), seiketsu (estandarización) y shitsuke (disciplina) y se utiliza como una plataforma para el desarrollo de un sistema de gestión integrado.

Según Takashi Osada (1991), la práctica de las 5S tiene como objetivo integrar los valores de la organización, pulcritud, limpieza, estandarización y disciplina en el lugar de trabajo, por lo que en general es el primer método Lean en ser implantado a la empresa.

El entendimiento de las 5s está expandido en Japón, ya que se deriva de un enfoque que lo ve como un estilo de vida que todos los días se practica. Se ha aplicado a varios contextos sin importar el tipo o tamaño de las organizaciones, entornos como casas, colegios, comunidades, etc.

La implementación de las 5S puede ayudar a descubrir problemas que han ido pasando desapercibidos. Dentro de los beneficios de las 5S, destaca lo siguiente,

1. Seiri y Seiton: Se encargan de maximizar la eficiencia y efectividad reduciendo los errores humanos, a través de simplificar procesos.
2. Seiso y Seiketsu: Maximizan la eficacia al contribuir con la seguridad y el bienestar laboral en relación con el aumento de productividad.
3. Finalmente, Shitsuke a través del entrenamiento y la educación, se encargan de mejorar el nivel de moral que conduce al incremento de la calidad de vida y trabajo.

Una S adicional, de **Seguridad** se agrega en algunas ocasiones para reducir las lesiones en el trabajo. Algunas organizaciones adoptan 3S, otras implementan 6S, lo que puede depender del nivel de madurez de la práctica de las 5S dentro de una organización.

## Descripción de las 5S's

Como se mencionó, las 5S's se definen como Organización, Orden, Limpieza, Estandarización y Disciplina.

A continuación, se lista cada uno de estos cinco pilares de los puestos de trabajo:

### a) Organización (Seiri)

Hirano (1995) afirmó que “Esta palabra es con frecuencia malentendida. La Organización no significa simplemente alinear las cosas en filas o apilarlas ordenadamente. Todo eso es solo colocarlas en línea”. Una disposición adecuada de las cosas significa distinguir claramente elementos necesarios y guardarlos de aquellos innecesarios y que deben ser eliminados. Es difícil distinguir que es necesario y que no, por lo que Hiroyuki Hirano sugiere que “Si estás en duda, deséchalo” (2009, p. 244).

Es difícil tomar la decisión de desechar lo que no se usa tanto en las fábricas así como en las oficinas y en las casas, por lo que con esto se hace más difícil el flujo de materiales, se necesita mayor espacio para almacenar en estanterías, archivadores, etc.; un inventario extra que genera costos de almacenamiento, entre otros efectos.

### b) Orden (Seiton)

“Orden significa mucho más que una apariencia ordenada” (Hirano, 2009, p. 245).

El orden va ligado con una adecuada disposición y organización, más aún después de haber desechado, si no se ordena, no se avanza dentro del proceso de las 5S.

Orden significa estandarizar los lugares donde se guardan las cosas, es la organización de los elementos necesarios de modo que sean de uso fácil para cualquiera que desee usarlos. El orden se debe aplicar de forma paralela a la organización, por lo que una vez que todo esté organizado, se debe ordenar lo necesario.

### c) Limpieza (Seiso)

Algunos operarios y directivos piensan que la limpieza es algo doméstico y que termina en casa, por lo que piensan que para la limpieza en la empresa está el personal propio asignado a esas tareas, lo cual es un concepto erróneo, nadie conoce a los equipos, máquinas más que los propios operarios y nadie más que ellos saben que limpiar y cómo hacerlo.

La limpieza incluye buscar modos de evitar que la suciedad, polvo, virutas, grasas se acumulen en las máquinas. Así, con una correcta limpieza el trabajador se puede dar

cuenta de que algo funciona mal en la máquina o en el centro de trabajo y es el mismo operario que debe hacerse partícipe del mantenimiento de su propia máquina o centro de trabajo.

#### d) Estandarización (Seiketsu)

A diferencia de los otros tres pilares que son vistos como actividades o algo que debemos hacer, este pilar no hace referencia a una actividad sino a un estado. Los mismos trabajadores se deben plantear retos e interrogantes con el propósito de lograr mecanismos que permitan mantener la limpieza en el centro de trabajo o en las máquinas. Por ejemplo, colocar cubiertas en los tornos para evitar que caigan virutas al suelo o colocar tanques para que el refrigerante empleado en el proceso sea reutilizado.

#### e) Disciplina ( Shitsuke)

Es el pilar más importante de las 5S's y es un factor crucial para el sistema de producción como un todo. Consiste en convertir en un hábito el seguimiento y mantenimiento apropiado de los pilares anteriormente mencionados.

Se requiere de energía por parte de las directivas para el correcto cumplimiento de lo establecido en las etapas anteriores. Es la directiva que debe dar el ejemplo a seguir. El esfuerzo y el tiempo invertido en los cuatro pilares anteriormente mencionados serán en vano sino se tiene la disciplina para mantenerlo.

### **Importancia de las 5S's**

Las especificaciones de los clientes están siempre cambiando, cada día se diseñan y se fabrican nuevos productos que aparecen en el mercado para desplazar a otros. Las fábricas están desesperadas por encontrar formas de sobrevivir ante este entorno cambiante y la única forma de hacerlo es adaptándose a ello. Las 5S son introducidas para lograr el funcionamiento más eficiente y uniforme de las personas en los centros de trabajo. Pero esto no solo se aplica a la manufactura, sino también a una empresa de servicios; por ejemplo, cuánto tiempo pasa el personal de oficina buscando papeles, lapiceros, documentos que dejaron el día anterior y que por el desorden de sus oficinas no pueden encontrarlo, en este entorno es posible la aplicación de las 5S's.

De acuerdo a Hirano (1995), la implementación de las 5S's tiene una serie de beneficios directos o indirectos, los cuales son listados a continuación:

a) Beneficio 1: Cero cambios conllevan la diversificación del producto.

Para permanecer competitivas, las empresas deberían reducir a cero, el tiempo que emplean para preparar una máquina, un proceso o sistema y ser más adaptables a la diversificación de productos.

1. La disposición ordenada de matrices, plantillas elimina una importante forma de los residuos.
2. Equipos limpios y zonas de trabajo ordenadas aumentan la eficiencia.
3. Una implementación rigurosa de las 5S's hace a las fábricas simples para ser entendidas por los observadores con facilidad.

b) Beneficio 2: Cero defectos conllevan a una alta calidad

Los defectos resultan de muchas causas, incluyendo el ensamble de una pieza incorrecta, o el uso de una plantilla incorrecta. La organización (Seiri) y el orden (Seiton) previenen este tipo de errores y más allá de mantener limpios los equipos de producción, permiten equipar y reemplazar herramientas rápidamente. Además, se debe tomar en cuenta que:

1. Los defectos son más difíciles de descubrir cuando se trabaja en un lugar desordenado.
2. Un equipo limpio tiende a operar normalmente sin defectos.
3. Un lugar organizado y limpio, hace que sus trabajadores sean más consistentes de la forma en la que ellos están realizando las cosas.
4. Una adecuada inspección de las herramientas e instrumentos empleados, es un pre-requisito para cero defectos.

c) Beneficio 3: Cero desperdicios conllevan a bajo costos

Las fábricas y oficinas son almacenes de desperdicios. Se indica que las personas que pasan la mayor parte de su tiempo hablando por teléfono o llevando consigo papeles fallan al implementar Organización y Orden. Largas conversaciones y cantidades innecesarias de papeles son dos formas de desperdicios. Esto aplica a fábricas y a oficinas, por lo que se aconseja:

1. Eliminar acciones que no agregan valor (como recoger, llevar, contar, etc.)
2. Eliminar tanto desperdicios en espera, tanto en inventario en proceso, como en inventario en almacén.
3. Eliminar lugares de almacenamiento innecesarios como estantes, armarios, gabinetes, etc.



4. Eliminar residuos procedentes de escritorios (muchos lapiceros, borradores, reglas, etc.)

d) Beneficio 4: Cero retrasos conllevan a entregas confiables

Buscar sobre papeles inútiles algo importantes es un desperdicio, claramente esas personas han fallado en implementar la Organización (seiri) y el Orden (seiton) en sus mentes. Un pensamiento negligente resulta en acciones negligente.

Es ciertamente difícil, cumplir con los plazos de entrega cuando se tienen muchos pendientes, defectos, errores en la fábrica u oficina. Cuando los errores y defectos son eliminados, las entregas serán hechas a tiempo.

Otros beneficios señalan que cero lesiones mejoran la seguridad, pues las herramientas, u otros instrumentos deben ser ubicados en lugares seguros para prevenir daños; así como señalar claramente los extintores, salidas de emergencia en caso de terremotos, incendios, u otras emergencias.

Asimismo, se indica que cero fallas conllevan a un mejor mantenimiento, pues la basura, suciedad y polvo conducen a fallas de equipo y a un menor tiempo de vida con lo que se debe realizar un mantenimiento y revisión diaria del equipo para detectar las averías en su origen.

El éxito de la aplicación, no solo de las 5S sino de cualquier práctica depende con frecuencia de las características de la organización, por lo que no en todas las organizaciones aplican el mismo conjunto de prácticas, como se indicó líneas arriba.

Bayo-Moriones, Bello-Pintado y Merino-Díaz de Cerio (2010) han analizado las variables que juegan en la implementación exitosa de este sistema:

**a) Variable 1:** Características estructurales de la empresa como tamaño de la organización o el hecho de que pertenezcan a un consorcio multifuncional.

Las firmas grandes tienen los recursos humanos y económicos suficientes para introducir unas nuevas técnicas, a comparación de pequeñas empresas que se resisten a aplicar la metodología debido a las economías de escala.

Se han realizado estudios estadísticos, para encontrar una relación entre el tamaño de la empresa y el nivel de implementación de las 5S, pero sin resultados favorables. Si bien es cierto que no hay una evidencia, estudios teóricos se plantean la hipótesis de que las plantas de fabricación grandes son más propensas de utilizar 5S que las plantas pequeñas, ya que generalmente las grandes compañías están abiertas a nuevos conocimientos y a innovar en prácticas de manufactura.

Otra hipótesis señala que los miembros de una planta multifuncional son más propensos a usar 5S, u otras metodologías innovadoras para la mejoría continua.

**b) Variable 2:** Tipos de producto y las prioridades estratégicas.

El tipo de producto fabricado puede ser un factor condicionante del uso de 5S en la planta. En una situación, donde el cliente es otra empresa, esta relación exige más la calidad y la mejora continua. Pero, si los consumidores finales son los clientes, el grado de control sobre el proceso es menor ya que el producto no parte de otro proceso productivo. Se hizo un estudio en el sector automotriz y se corroboró que el 57 % de las compañías automotrices tienen un mejor entendimiento de la aplicación de las 5S respecto a las no automotrices.

Ante esto emerge una hipótesis, si las plantas manufactureras que producen bienes finales son más propensas a utilizar 5S que aquellas que producen bienes intermedios. Esto debido a que, dado los diferentes cambios en el mercado, las empresas enfatizan diferentes prioridades competitivas como costo, calidad, y flexibilidad. El uso de las 5S podría enmarcarse en el contexto de la gestión de la calidad y aquellas empresas que están enfocadas en ello, son más propensas a usar metodologías de mejora continua como las 5S.

**c) Variable 3:** El uso de las 5S en la práctica es influenciado por factores humanos que interfieren en su eficacia.

La implementación de las 5S requiere compromiso tanto de la alta dirección como de todos los trabajadores de la organización. La participación de los trabajadores es parte de las 5S y es usual para crear compromiso en los empleados hasta el final. Es así que surge la hipótesis de que las plantas manufactureras que involucran a sus trabajadores en grupos de mejora continua son más probables de usar 5S. Como se mencionó, las 5S requieren cambios en la forma de trabajo, esos cambios pueden ser negociados con sindicatos, siempre que los haya y que no se niegan a adoptar las prácticas de Lean Manufacturing como sucede en los países occidentales.

A pesar de que la metodología 5S es una de las más conocidas en el mundo manufacturero, hay poca evidencia empírica sobre su adopción, en el mundo occidental, las empresas son bastante reacias a adoptar esta herramienta.

### 1.2.2. Value stream mapping (VSM)

Es el acrónimo de Value Stream Mapping, herramienta importante de la filosofía Lean Manufacturing aplicada al diagnóstico, implementación y mantenimiento. VSM

identifica el valor adicional de las actividades y estas son consideradas como desperdicios de materiales, desperdicios de flujo de información y desperdicios de personas.

Paula Botero (2010) indica que el mapa de flujo de valor es una herramienta eficaz, desarrollada por Mike Rother y John Shook como método para identificar la muda que principalmente ayuda a visualizar los flujos del proceso, a definir la visión futura y, más importante todavía, permite ver las fuentes de desperdicio de la cadena de valor.

Según Ana Dal Forno et al. (2014), La incorrecta aplicación del VSM puede complicar la identificación de los desperdicios, generando malas interpretaciones y errores en la evaluación para futuras implementaciones de mejora. Los autores consideran que el VSM es un mapa de procesos insertado en un nivel intermedio, con la capacidad de desplegar tácticas de gestión a nivel operacional. Su función principal es identificar las oportunidades de mejora y la eliminación de los residuos con el apoyo del personal operativo. Por lo tanto, el VSM observa el material fluir desde el cliente final a la materia prima, permite visualizar las pérdidas en el proceso y mediante el uso de símbolos representarlo con mayor claridad.

Algunos beneficios del VSM son que permite una visión amplia de todo el flujo, ayuda a identificar los desechos, muestra la relación entre los materiales y la información, proporciona una simple y estandarizada forma para el tratamiento de procedimientos, forma parte de la base de un plan de acción y permite toma de decisiones más visibles para cambios y mejoras.

De acuerdo a R. Murat Tabanlı y Tijen Ertay (2013), VSM es una herramienta utilizada para crear un flujo de material e información de un proceso o proceso. Esta poderosa herramienta diseñada bajo un concepto de mapa permite trazar el flujo de productos e información desde dando pasos a atrás, a partir de la última puerta (producto terminado) hacia atrás hasta llegar a los materiales. Por consiguiente, el VSM es una colección de todas las acciones (valor añadido y sin valor añadido) hecha sobre un producto o un grupo de productos (familia de producto) utilizando los mismos recursos a través de los principales flujos, a partir de la materia prima y terminando con el cliente.

Según los autores, mencionados anteriormente, y sus estudios realizados, las fábricas industriales pueden reducir gastos generales operativos en un 25% y aumentar el rendimiento de la producción en un 50%. El objetivo de utilizar una herramienta de VSM es determinar y eliminar todos los residuos de los procesos de

producción como sobreproducción, esperas, movimientos innecesarios, inventario innecesario y productos defectuosos. Además de visualizar la línea de los procesos de trabajo para reevaluarlos y reducir los tiempos de entrega y reducir los costos de operación. Por lo tanto, VSM crea una base común para los procesos de producción proceso, facilitando así la toma de decisiones que mejoren la cadena de valor. Por medio de esta herramienta, los beneficios obtenidos son el flujo de la cadena de valor y los desechos en el flujo, visualización de todos los productos desde una perspectiva de sistema, flujo de información, materiales y valor, y priorización de actividades necesarias para lograr un estado futuro.

Lasa (2008) considera cinco pasos necesarios para realizar el VSM: la selección de la familia de productos, el mapeo estado actual, el futuro de mapeo del estado, la definición del plan de trabajo, y poner este plan en práctica. En el diseño del estado actual, se determinan para la familia de productos seleccionados, los datos de la información y los flujos físicos. El flujo de información incluye cómo llega la información de los pronósticos de venta a la unidad de la organización y la forma en que el presupuesto de venta se entrega los proveedores.

A continuación, ver figura 1, se presenta un mapa de la cadena de valor de la situación actual de una planta que describe desde el flujo de producción hasta que el producto llega al cliente. El mapa se va dibujando acorde a las zonas de líneas de producción y en cada una de las zonas detectando las mudas posibles y alguna información crítica del proceso como cantidad de personas en el proceso, eficiencias, tiempos de ciclo, entre otros. En la imagen se puede visualizar los procesos con sus respectivos tiempos de proceso y también con su lead time de producción.

Se concluye que VSM es una herramienta que permite establecer una relación entre el flujo de información y flujo físico que pasan a través de un proceso, involucrando de esta manera todas las operaciones desde que el producto sale al mercado hasta las adquisiciones de la materia prima.

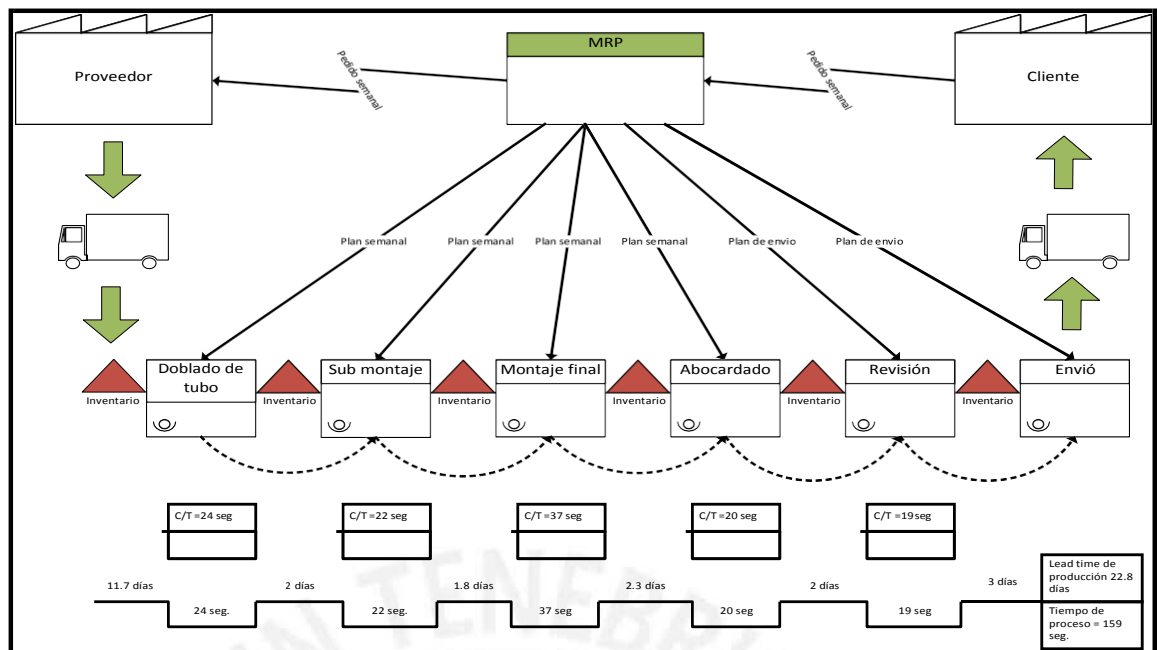


Figura 1: Value stream mapping  
Fuente: Tornos y Bruno (2008)

### 1.2.3 Kaizen

El Kaizen denominado como mejoramiento continuo solo puede ocurrir después de un proceso estable y estandarizado, su núcleo y su aprendizaje están basados en una actitud de autorreflexión e incluso autocritica del deseo de mejorar. Asimismo, para ser organización que aprende, es necesario tener estabilidad de personal, una promoción lenta y un sistema cuidadoso de sucesión para proteger los conocimientos de la organización (Liker, 2011).

Según Aoki (2008), los principios básicos del Kaizen son:

- La orientación al cliente
- Mejora continua
- Reconocimiento abierto del problema
- Creación de equipos de trabajo
- Desarrollo de la autodisciplina
- Provisión de información constante a los empleados
- Promoción del desarrollo de los empleados

Con la finalidad de seguir esos principios, se aplican una serie de técnicas y herramientas con la finalidad de mejorar el trabajo periódico. Ver tabla 2.

Existen diversos beneficios a aplicar esta filosofía principalmente evaluar y optimizar los recursos en uso, repercutiendo en una reducción de costos operativos;



comprensión del proceso productivo, reducción de tiempos y la mejora del clima laboral.

Tabla 2: Los principios rectores, técnicas y herramientas de la filosofía Kaizen

Principio Rector	Técnicas	Herramientas
<b>Principio Rector 1: Elementos Básicos</b>  Referido a la simple idea de que es lo primero que se tienen que implantar para cimentar al Kaizen	1.1 Las 5'S	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tarjetas rojas y amarillas</li> <li>- Hoja del plan de implementación</li> <li>- Check list u hoja de toma de datos antes y después de la implementación</li> <li>- Hoja del plan de seguimiento</li> <li>- Hoja de estándares de limpieza preventiva</li> </ul>
	1.2 La estandarización	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hoja del estándar operación o SOP (Standard Operation Procedure)</li> <li>- Check list de recolección de datos</li> </ul>
<b>Principio Rector 2: Mantenimiento y mejora de los estándares</b>  La mejora continua tiene como requisito fundamental el establecimiento de estándares	2.1 Aplicación del Ciclo PDCA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hoja de planes de negocio y de planes de calidad (PDCA a nivel organizacional)</li> <li>- Hoja de despliegue de políticas (Hoshin Kanri)</li> <li>- Hoja de objetivos en los tres niveles de la organizacional, de procesos e individual</li> <li>- Hoja de propósito, objetivos, e indicadores de los procesos de trabajo (PDCA a nivel de procesos)</li> <li>- Formato de ideas de mejora (PDCA a nivel individual), también conocido como mini - píldoras de mejora.</li> </ul>
<b>Principio Rector 3: Enfoque de Procesos</b>  El Kaizen centra todos sus esfuerzos de mejora en los procesos de la organización	3.1 Rediseño de Procesos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diagrama de sistemas</li> <li>- Diagramas de bloques</li> <li>- Diagramas de flujo y participantes</li> <li>- Matriz de selección del proceso</li> <li>- Matriz de indicadores de medición del proceso</li> <li>- Mecanismos y paquetes informáticos de automatización</li> </ul>
<b>Principio Rector 4: Enfoque a las personas</b>  El Kaizen centra todos sus esfuerzos de mejora con una alta participación de los empleados	4.1. Red de los Equipos de Mejora	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acuerdo de formación del equipo</li> <li>- Memoria del equipo (reglas, roles, nombre, logotipo)</li> <li>- Hoja de control de la red de equipos de mejora</li> <li>- Hoja de seguimiento de los proyectos de mejora</li> <li>- Manual de desarrollo de proyectos de mejora</li> <li>- Diagrama de afinidad o TKJ</li> </ul>
	4.2. Educación y Capacitación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Programa de formación y educación a corto, medio y largo plazo</li> <li>- Expedientes de cursos</li> <li>- Planes de carrera de cada empleado</li> </ul>
	4.3. Relación Senpai - sensei - Kohai (Maestro - Aprendiz)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Programa de reuniones y de estudio</li> <li>- Programa de formación y educación</li> <li>- Matriz de habilidades de liderazgo</li> </ul>
<b>Principio Rector 5: La Mejora Continua del Trabajo Diario</b>  El Kaizen se enfoca en una mejora constante cotidiana a través de la resolución de problemas en el lugar de trabajo (gemba) y la eliminación del MUDA (palabra japonés para desperdicio o despilfarro; cualquier actividad que consuma recursos y no cumpla con los requerimientos del cliente)	5.1. Administración de Gemba (palabra japonesa para el lugar de trabajo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Check list u hoja de recolección de datos para detectar el Muda en el lugar de trabajo</li> <li>- Hoja de análisis y resumen de las anomalías encontradas</li> <li>- Mapa de la distribución física (Layout) antes y después de lamejora</li> <li>- Protocolo de entrevista de diagnóstico (los 5 por qué)</li> <li>- Forma de observación de tiempos</li> <li>- Sistema de sugerencia de mejora (Kaizen Teian)</li> </ul>
	5.2. Talleres de Mejoras Rápidas del Kaizen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Check list u hoja de recolección de datos para detectar el Muda en el lugar de trabajo</li> <li>- Hoja de estándar operativa (SOP)</li> <li>- Hoja de análisis y resumen de las anomalías encontradas</li> <li>- Mapa de la distribución física (Layout) antes y después de lamejora</li> <li>- Protocolo de entrevista de diagnóstico (los 5 por qué)</li> <li>- Forma de observación de tiempos</li> <li>- Tabla de resumen del cambio</li> </ul>
	5.3. La Historia de la Calidad (QC Story)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Check list u hoja de recolección de datos de frecuencias de los problemas</li> <li>- Tabla de efectos de los problemas</li> <li>- Diagrama de Pareto</li> <li>- Diagrama de Ishikawa</li> <li>- Histograma</li> <li>- Diagrama de Gantt (Plan de acción de mejora)</li> </ul>

Fuente: La aplicación del Kaizen en las organizaciones mexicanas. Un estudio empírico (2011)

Tras una investigación se encontró que hay una gran cantidad de elementos que contribuyen a la implementación de Kaizen tengan éxito; entre ellos el factor humano, el compromiso de gestión y motivación del personal, por lo tanto, es importante educar y motivar al personal (Palacios, Gisbert y Pérez - Bernabéu 2015)

## 2.2. Método JIT

El concepto justo a tiempo, en inglés just in time, más conocido por sus siglas en inglés JIT, es una filosofía de gestión, creado en Toyota, cuyo objetivo es la eliminación de desperdicios y la utilización al máximo de las capacidades de los recursos.

De acuerdo con Ramón Companys y Joan B. (1989), el sistema Toyota considera los stocks como el mayor origen de problemas y dificultades; son el derroche más dañino pues disimulan los problemas y causas de los otros desperdicios. Por lo tanto, Toyota ha establecido un sistema de planificación y control de la producción propio, dentro de la cual nace el subsistema Kanban.

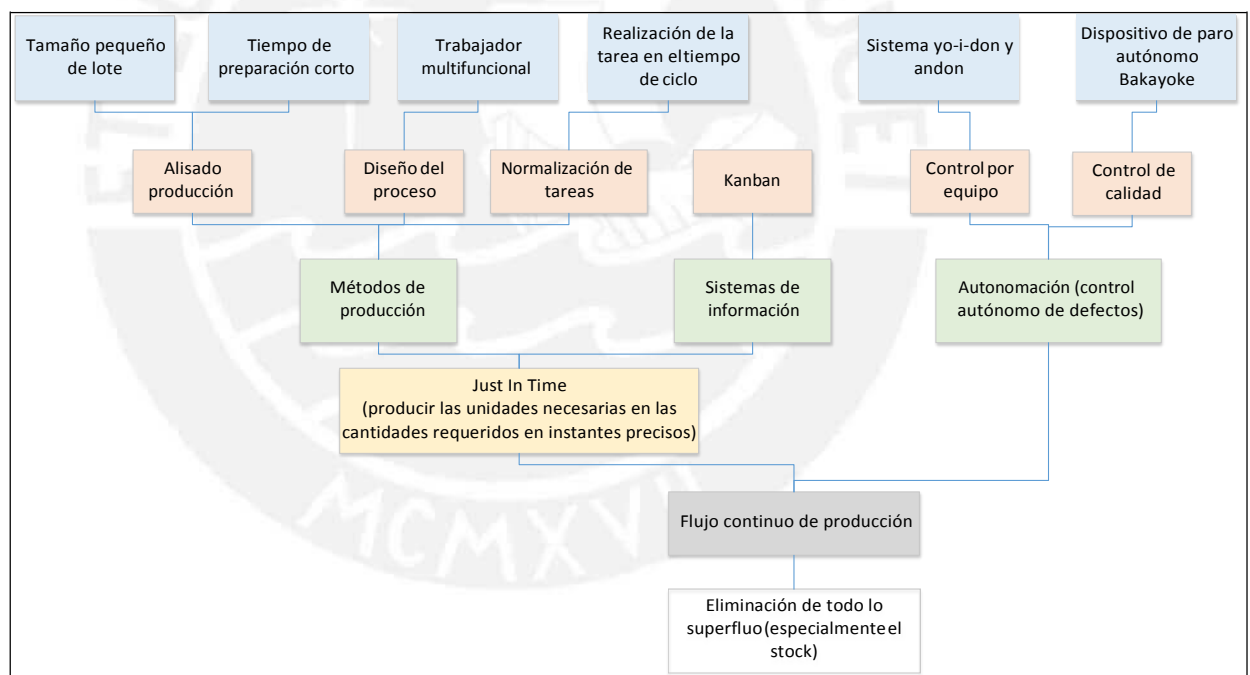


Figura 2: Diagrama de bloques del sistema de producción Toyota según Y. Monden.  
Fuente: Nuevas técnicas de gestión de stocks MRP y JIT (1989)

La idea de la filosofía JIT es producir solo artículos necesarios en cantidad, calidad y tiempo. Es decir, se trata de crear un flujo de información y artículos continuo. El sistema Toyota no solo se enfoca en la reducción de inventarios sino también en un control autónomo de defectos realizado por las propias estaciones de trabajo.

En la figura 2 muestra que la base del sistema de producción Toyota lo conforman en JIT y la autonomación (jidoka). Cada uno de estos procedimientos supone un conjunto de condiciones independientes.

Según los autores Ramón Companys y Joan B. (1989), la utilización de las técnicas del JIT ayuda a disminuir tanto los stocks en los almacenes, así como los de amortiguamiento, reduciéndose los costos de almacenamiento. Existen diversas causas que pueden originar el stock:

1. Lotificación por reagrupamiento de necesidades a partir de costos fijos y de un número adecuado de unidades, formando así los lotes económicos denominados EOQ; lo que lleva a producir más de lo que se necesita. Una de las medidas para reducir el stock por lotificación no ha sido optimizar los tamaños de lote sino reducir las causas que producen estas agrupaciones.
2. El intento de hacer frente a la incertidumbre sobre la demanda, tasas no conformes, plazos de entrega y aprovisionamiento. Asimismo, los ajustes entre la carga y la capacidad, que fomentan el adelanto de la producción, que en momentos será superior a la necesidad inmediata; para ello se suele usar un stock de seguridad que permita hacer frente a las fluctuaciones. Una medida para contrarrestarlo es adaptar las capacidades a las variaciones de la demanda, lo que implica una gran flexibilidad del sistema productivo, en especial de la mano de obra; lo que ocasionara el desplazamiento de la fuerza laboral de un puesto de trabajo a otro (permitiendo multifuncionalidad de los operarios y la distribución en la planta) y horario de trabajo variado de acuerdo a la carga laboral.

Análogamente los autores describen los principales problemas en la gestión de los sistemas:

1. Demanda generalmente muy oscilante
2. Necesidad de controlar los desfases temporales y la consiguiente fijación de las prioridades en el trabajo

Ambos autores coinciden en que el JIT y el Kanban son fundamentales en los sistemas de gestión industrial; sin embargo, estos dependen de ciertas condiciones para su buen funcionamiento como una adecuada gestión operativa como:

- El diseño de procesos
- La normalización de las tareas y mejora de métodos
- Kanban, la regularización (alisado) de la producción

### 1.3.1 Diseño productivo

El diseño de los procesos y en la distribución en la planta en Toyota no solo toma en cuenta los problemas de stocks sino también el flujo de información y al suavizado del flujo de producción, por lo que las máquinas se han aproximado y cada operario puede ser capaz de manejar tres tipos de máquina al mismo tiempo. Este concepto se conoce como multi-process holding según Joan B. realizándose la evolución de un operario a clásico a uno multifuncional; en donde se busca la eliminación de inventario entre procesos, aumenta la productividad y motivación de los obreros, permite cambios en la asignación de máquinas a los obreros en función de la tasa de producción requerida (shojinka) y permite la creación de grupos de trabajo o de ayuda entre operarios en el transcurso de trabajo. Para lograr esta colaboración, Toyota implementó un tablero luminoso (andon) situado en lo alto de fácil visibilidad, el cual se enciende cuando un operario necesita apoyo.

### 1.3.2 Normalización de las tareas y mejora de métodos

Todas las tareas normalizadas deben tener una descripción escrita en donde figuren: tiempo de ciclo, ruta de operaciones y la cantidad estándar en curso. Los operarios deben tener conocimiento de la información. Asimismo, para obtener un puesto normalizado se aplica como herramienta fundamental las 5S's. Una de las mejoras de métodos aplicadas en Toyota se refiere al SMED.

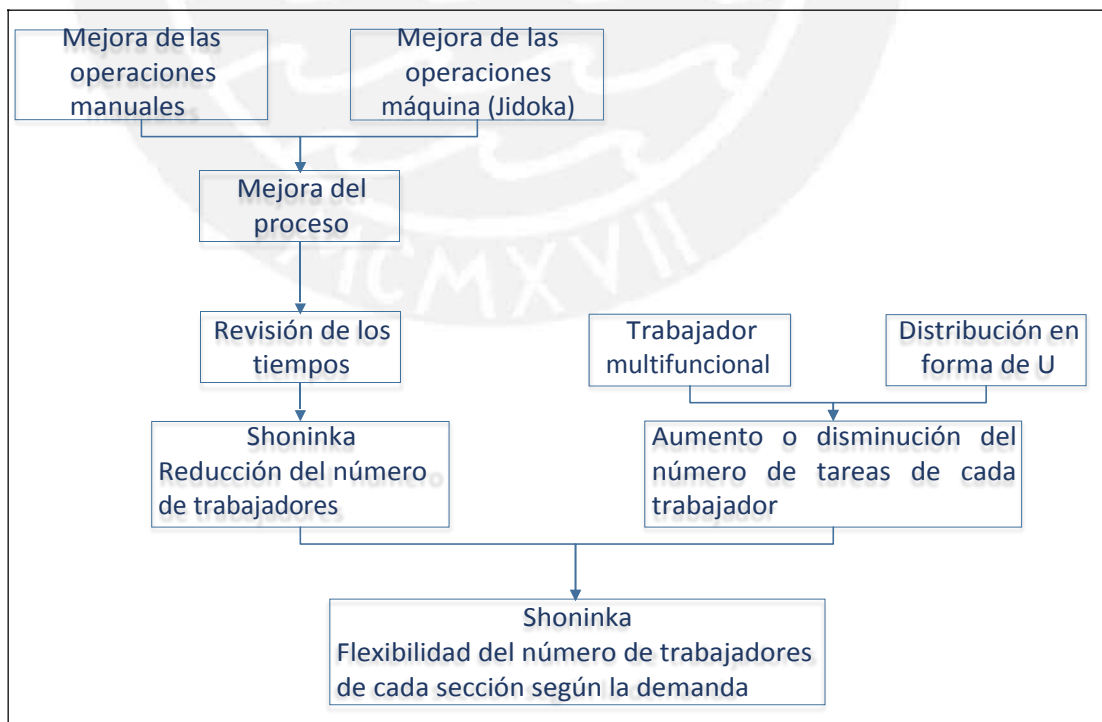


Figura 3: Diagrama de bloques conduciendo al Shoninka  
Fuente: Nuevas técnicas de gestión de stocks MRP y JIT (1989)

La flexibilidad del sistema productivo se logra mediante la asignación de trabajadores a cada sección en función de la demanda, ver figura 3.

## 1.4. Investigación de operaciones

La investigación de operaciones (IO) surgió en la búsqueda por emplear el método científico en la administración de una empresa. La IO incluye el termino investigación porque utiliza el método científico para abordar los diversos problemas y buscar la mejor solución, denominada solución óptima, para el problema en cuestión (Hillier, 2015).

Según Hillier (2015), un estudio de IO comprende las siguientes etapas:

- Definición del problema y recolección de datos relevantes
- Formulación de un modelo matemático que represente el problema
- Desarrollo de un procedimiento basado en computadora para derivar una solución para el problema a partir del modelo.
- Prueba del modelo y mejoramiento de acuerdo con las necesidades
- Preparación para la aplicación del modelo prescrito por la administración
- Implementación

Un modelo de optimización busca hallar valores a través de la satisfacción de restricciones y optimizando la función objetivo. Existen diversos tipos de modelos como:

- **Modelo lineal y no lineal:** Modelo lineal cuando la función objetivo y restricciones son lineales, es decir solo están multiplicadas por constantes y se encuentran formadas por sumas o sustracciones.
- **Modelo entera y no entera:** En un modelo entero las variables toman valores enteros mientras que en un modelo no entero las variables pueden tomar valores fraccionarios.

### 1.4.1 Programación lineal

La programación lineal (PL) es una herramienta matemática para resolver problemas de optimización mediante un sistema de ecuaciones y/o inecuaciones lineales, la cual es empleada para la toma de decisiones (Winston, 2005). La palabra programación no hace referencia a términos computacionales sino como sinónimo de planeación; es decir, la programación lineal involucra la planeación de actividades para obtener un resultado óptimo, de acuerdo al modelo matemático, entre todas las soluciones alternativas factibles (Hillier, 2015).

La programación lineal esa conformada por:



- **Variables de decisión:** Son las variables a analizar y que describen sustancialmente el modelo dentro de la función objetivo y sus restricciones.  
Ejemplo: Sea  $x_1, x_2, \dots, x_n$ .
- **Función objetivo:** es una función lineal de maximización o minimización formada por las variables de decisión y sus coeficientes.  
Ejemplo:  $\text{Max } z = C_1x_1 + C_2x_2 + \dots + C_nx_n$
- **Restricciones:** las restricciones son las limitaciones del problema pueden ser igualdades o desigualdades asociadas a funciones lineales de las variables de decisión y sus variaciones.  
Ejemplo:  
R1:  $a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n \leq k_1$   
R2:  $b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n \geq k_2$   
R3:  $d_1x_1 + d_2x_2 + \dots + d_nx_n = k_3$
- **Restricciones de existencia:** Función que especifica el signo de las variables de decisión.  
Ejemplo:  $x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$

Según Hillier (2015), existen otros supuestos que deben considerarse acerca de las actividades y datos del problema, y que representan el problema de manera satisfactoria.

- **Supuesto de proporcionalidad:** Tanto la contribución de cada variable al valor de la función objetivo  $Z$  y lado izquierdo de cada restricción es proporcional al nivel del valor de la variable.
- **Supuesto de actividad:** elimina el supuesto del producto de dos o más variables, cada función de un modelo de PL es la suma de contribuciones individuales de las variables.
- **Supuesto de divisibilidad:** indica que las variables de decisión pueden tomar cualquier valor, es decir pueden ser no enteros, siempre y cuando satisfagan las restricciones de funcionalidad y no negatividad.
- **Supuesto de certidumbre:** hace referencia a los parámetros del modelo tales como los coeficientes en la función objetivo, en las restricciones y los lados derechos, los cuales deben ser conocidos.
- **Supuesto de perspectiva:** hace referencia a las aproximaciones y simplificaciones para que el modelo se pueda manejar, es decir el modelo es una representación idealizada del modelo real, por lo tanto, lo requerido es una correlación alta entre la predicción del modelo y el modelo real.

A continuación, se detallan los tipos de soluciones en la resolución de modelos de programación lineal:

- **Solución factible:** aquella que satisface todas las restricciones.
- **Solución no factible:** solución en donde al menos una restricción no se cumple.
- **Solución óptima:** es una solución factible que proporciona el valor más próspero de la función objetivo.
- **Solución óptima múltiples:** infinitas soluciones óptimas con el mismo valor de la función objetivo.

#### 1.4.2 Programación entera.

El modelo matemático para la programación entera es sencillamente el modelo de programación lineal con la restricción adicional de que las variables deben tener valores enteros (Hillier, 2015).

Existen cierto tipo de restricciones especiales para resolver modelo de programación entera, por ejemplo:

- **Restricciones inclusivas o distributivas:** Se asegura que una o más restricciones de cierta cantidad de restricciones funcionales se cumplan.
- **Restricciones si ... entonces:** para este caso si una restricción se satisface la otra restricción también debe satisfacerse necesariamente.

#### 1.4.3 Lenguajes y Software para resolver modelos de programación lineal

De acuerdo a la complejidad del modelo se puede resolver un modelo, ya sea por el método gráfico o método simplex, si la cantidad de variables y restricciones son pocas se podrían resolver manualmente; sin embargo, cuando el modelo se complejiza se recurren a softwares especializados, por ejemplo:

- **AMPL:** A mathematical programming language, es un software basado en el lenguaje de programación algebraico (AML) que describe modelos de optimización y da soporte desde la formulación hasta su implementación, brindando resultados confiables y rápidos.

Este software integra una variedad de solvers tales como CPLEX, MINOS, CBC, entre otros, lo que permite tener una mayor ventaja en la implementación de proyectos de optimización.

## CAPÍTULO 2: ESTUDIO DE CASOS

A continuación, se presentan casos de estudio que aporten el conocimiento aplicativo de herramientas lean e investigación de operaciones para el desarrollo de la tesis.

### 2.1. Primer caso de estudio

**Uso de la herramienta 5S's en industrias manufactureras: Factores contextuales y el impacto en el desempeño operativo.**

**Autor**

Alberto Bayo Moriones, Alejandro Bello Pintado, Javier Merino Díaz de Cerio

**Fuente**

Emerald insight, International journal of quality and reliability management

**Introducción y Problema**

Takashi Osada (1991) define a las 5S como las 5 llaves para un ambiente total de calidad, es decir como un sistema que reduce los desperdicios y optimiza la productividad y la calidad; a través del mantenimiento ordenado del lugar de trabajo y el uso de señales visuales, con la finalidad de lograr mayor consistencia en los resultados operacionales.

En las rutinas diarias de trabajo de una empresa, la organización y limpieza son esenciales para un flujo continuo y eficiente de las actividades. Además de animar a los trabajadores a mejorar sus condiciones de trabajo y ayudarlos a aprender a reducir los desperdicios, tiempo no planificado, tiempo de inventario en proceso.

El presente paper investiga la relación entre el grado de aplicación de las 5S's y el rendimiento de las diversas prácticas desarrolladas. La investigación plantea las siguientes hipótesis:

1. Las plantas manufactureras que producen bienes finales terminados son menos propensas a usar 5S's que aquellas que producen bienes intermedios o de capital.
2. Las plantas que poseen como prioridad estratégica a la calidad, son más propensas a usar las 5S's.
3. Las plantas de fabricación con métodos de calidad (ISO 9000 y EFQM) son más propensas a usar 5S.
4. El uso de las 5S's se asocia con la mejora de la productividad en la planta.

La información usada en el presente paper se basa en un estudio realizado a 203 industrias manufactureras ubicadas en el Norte de España que cuentan con un total

de 20 trabajadores en sus establecimientos. Las entrevistas de campo fueron realizadas a los gerentes de la empresa y a los jefes de planta durante el 2006.

### Metodología

El grado de uso de las 5S's fue evaluado por cada uno de los gerentes de las empresas en una escala del 0 al 10 y mediante el uso de técnicas estadísticas se pusieron a prueba las hipótesis presentadas anteriormente con respecto a los factores contextuales y la productividad del uso de las 5S. En el caso de los factores contextuales (a excepción de AMT) se ha usado variables categóricas. Por lo tanto, para el análisis de la varianza (ANOVA) se ha usado la prueba de hipótesis junto con el test múltiple post hoc Ryan Einot Gabriel Welch para identificar os grupos en los que existe diferencias.

Con respecto al uso de AMT y la medida del rendimiento, se ha aplicado la correlación de Spearman con respecto al uso de las 5S.

### Resultados

El grado de aplicación de las 5S se mide en una escala de 0 a 10, donde cero significa que no se ha implementado y diez que ha sido implementado en cada uno de los establecimientos de la planta. De acuerdo a los datos recolectados del estudio se tiene que el valor de aplicación de la herramienta es de 2.09 en promedio, es decir alrededor del 68% de las plantas (donde se realizó el muestreo no aplican las 5S). En la tabla 3 se muestra los resultados asociados a la relación entre la implementación de las 5S y el producto y estrategia de la empresa. De las dos variables consideradas, solamente el tipo de producto posee una relación estadística con respecto al uso de las 5S. Las plantas dedicadas a la fabricación de productos intermedios son los que ponen mayor énfasis en el uso de esta herramienta debido a los requisitos de calidad exigidos por los clientes.

Tabla 3: Uso de las 5S, tipo de producto y prioridades estratégicas

Tipo de productos	Final 1.7159	Intermedios 2.9718	P-VALUE 0.023*
	Menos importante	Más importante	
Calidad	1.9044	2.4776	0.259
Costo	2.2442	1.8194	0.395
Flexibilidad	2.096	2.0769	0.979
Innovación	2.1272	1.9473	0.769

Fuente: International journal of quality and reliability management (2009)

Estos resultados permiten la aceptación de la hipótesis número 1. Con respecto a la relación entre las prioridades estratégicas de fabricación (hipótesis número 2) no existe ninguna relación significativa para alguno de los cuatro factores considerados.

En la tabla 4 se muestran los resultados con respecto a la relación del uso de las 5S y la participación de las empresas con algún programa de calidad. Los resultados

muestran que las empresas con certificación en ISO9001 o que trabajan bajo un modelo EFQM aplican en mayor medida las 5S.

Tabla 4: Uso de las 5S y los programas de calidad

Programa de Calidad	Promedio	p value
ISO 9001		0.002
No	0.98	
Si	2.58	
EFQM		0
No	1.65	
Si	4.1	

Nota: p value <0.01

Fuente: International journal of quality and reliability management (2009)

Finalmente, en la tabla 5, se muestra las correlaciones con respecto a las diferentes medidas de fabricación. Estas medidas son subjetivas y se reflejan en una escala del 1 al 5 con respecto a la percepción de los entrevistados sobre la evolución del rendimiento de sus plantas (1: la planta ha empeorado, 2: la planta permanece invariable, 3: hubo ligeras mejoras, 4: hubo mejoras consistentes, 5: hubo mejoras significativas). Dentro de los resultados obtenidos, los gerentes perciben que tanto la calidad como la productividad han mejorado significativamente. Este resultado implica que la implementación de una herramienta que mantiene la planta en orden conduce a una reducción del tiempo improductivo y a la reducción del número de productos defectuosos, y por lo tanto la queja de los clientes. Además, los trabajadores no tienen que pasar mucho tiempo en búsqueda de las herramientas y piezas de trabajo. Los resultados reflejan que los trabajadores pueden sentirse más cómodos, lo que repercute positivamente en los indicadores de productividad.

Tabla 5: Uso de las 5S y el rendimiento

Ítem	Correlativo de Spearman	p value
Productividad	0.163*	0.021
Calidad (porcentaje de defectos)	0.155*	0.03
Calidad (Costo de las quejas de los clientes)	0.213**	0.002
Cumplimiento de entregas	0.076	0.284
Satisfacción de los trabajadores	0.088	0.211
Lead time	0.076	0.283
Tiempo del diseño y desarrollo de nuevos productos	0.101	0.199

Nota: p<0.05\*; p<0.01\*\*

Fuente: International journal of quality and reliability management (2009)

De acuerdo a los resultados proporcionados, las empresas siguen reacias a la aplicación de las 5S debido a la poca información sobre la herramienta; por otro lado, no existe relación significativa con respecto al uso de las 5S y las estrategias de fabricación. Sin embargo, las empresas que producen bienes intermedios hacen mayor énfasis en la limpieza y orden debido a los requisitos de los clientes. Asimismo, se concluye que las 5S son requisitos previos para la implementación de una calidad



efectiva por parte de una certificación en ISO 9001 entre otros programas. Finalmente, la implementación de las 5S está ligada a un mejor rendimiento en términos de productividad y calidad. Los resultados arrojan que a pesar de la simplicidad y aplicabilidad de las 5S, existen empresas (como las PYMES) que se muestran reacias al uso de una metodología formal, por lo que se debe fomentar y promover el uso de estas herramientas para mejorar la competitividad de las PYMES peruanas.

## 2.2. Segundo caso de estudio

### Determinación de número de Kanban en un sistema de cadena de suministro mediante un algoritmo memético

#### Autor:

M. Rabbani, J.Layeged, R. Mohammad Ebrahim.

#### Introducción y problema:

El presente paper investiga un sistema de la cadena de suministro controlado por la herramienta Kanban, en conjunto con un sistema Pull y JIT, es así como mediante un algoritmo memético se busca encontrar la cantidad óptima de número de Kanban y tamaño de contenedor para la cadena de suministro descrita a continuación. Ver figura 4.

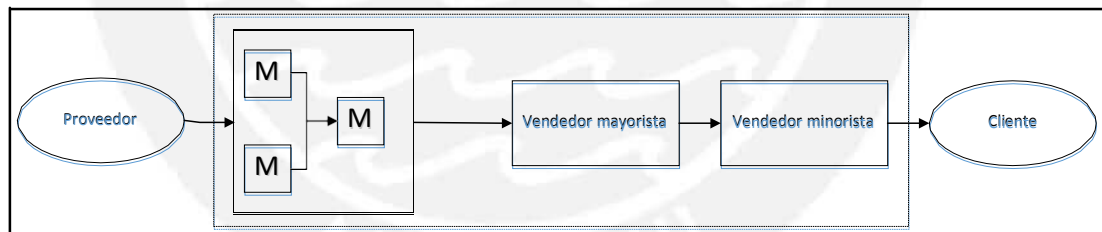


Figura 4: Sistema tradicional de cadena de suministro  
Fuente: Advances in engineering software (2009)

La cadena mostrada consta de proveedor, fabrica, vendedor mayorista, vendedor minorista, cliente. Tanto la fábrica, el vendedor mayorista y el vendedor minorista forman en conjunto un solo subsistema

Para establecer los valores óptimos, el presente artículo hará referencia a un modelo MINPL (programación no lineal entera mixta); asimismo presenta otra solución mediante un método heurístico a través de un algoritmo memético, que reduce el tiempo de solución con respecto al anterior modelo.

En el problema propuesto se tiene como escenario dos plantas adyacentes  $i$ ,  $i+1$ . Cada una posee sus propias "store", una es localizada antes de la planta para

recepccionar las partes de la planta antecesora y la otra es localizada después de la planta, en donde se encuentran las partes procesadas en la planta. En este caso el “store A” se encuentra ubicada después de la planta i y el store B se encuentra ubicado antes de la planta i+1(ver figura 5).

Cuando la planta i+1 usa uno de sus contenedores, el Kanban de retiro es soltado y colocado en el lugar asignado. En los intervalos fijos de tiempo, todas las tarjetas de retiro son recolectadas del “post” y son transportadas a la planta anterior con sus respectivas cargas. Cada Kanban de retiro usado funciona como alarma en la planta i para liderar las operaciones de producción. Al mismo tiempo los contenedores esperados son llevados al “store A”. Luego de haber pasado por su respectivo proceso productivo en la planta i, los contenedores son transportados con su respectivo Kanban a la planta i+1 y son depositados, finalmente, en el “store B”.

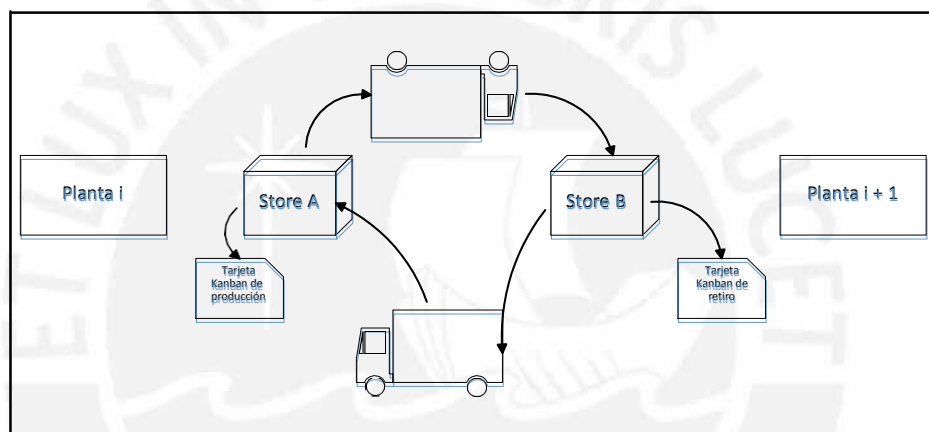


Figura 5: Funcionamiento del sistema de producción Kanban

Fuente: Advances in engineering software (2009)

El principal problema de este artículo es calcular el costo mínimo total del sistema, a través del número óptimo de Kanban y tamaños de lote. Se considera que cuando el cliente realiza la orden de pedido, cada planta es activada por el anterior hasta llegar a la primera planta.

Los supuestos del problema son los siguientes:

1. El ratio de producción de cada planta será mayor que la cantidad demandada.
2. No existe escasez de materia prima
3. La demanda es conocida
4. Para cada estación de trabajo  $p_i > p_{i+1}$ , donde  $p_i$  es el ratio de producción de la planta i.

### **Metodología: (explicación del algoritmo memético)**

El algoritmo presentado establece las variables de decisión para la determinación del número de Kanban y el tamaño del contenedor óptimo entre dos plantas.

En este trabajo se intenta modelar el sistema de cadena de suministro con respecto a los costos en producción just in time (JIT). El modelo adoptado es de programación no lineal entera mixta (MINLP) y se resuelve mediante un algoritmo memético debido a que mediante un método heurístico tomaría demasiado tiempo.

El sistema de una cadena de suministro esta usualmente compuesto de una serie de organizaciones dependientes o independientes, que posee diversos enfoques entre centros de distribución, proveedores, vendedores entre otros. Un adecuado SCS posee las siguientes características:

1. Producción de alta calidad
2. Bajos costo
3. Entrega a tiempo

Asimismo, existen dos tipos de cadena de suministro:

1. Sistema de la cadena de suministro de una sola etapa (SSSCS): solo dos plantas
2. Sistema de la cadena de suministro de múltiples etapas (SSSCS): más de dos plantas

Para controlar el sistema de cadena de suministro, el presente paper hace uso del sistema Kanban. La herramienta busca desarrollar y adecuar un flujo de información continuo, para ello cada planta envía una señal a la planta predecesora sobre sus partes necesitadas, el sistema Kanban inicia su funcionamiento con la demanda del cliente presentado en la última estación. Las estaciones de trabajo son localizadas a lo largo de toda la cadena de producción y solo envían o producen componentes cuando reciben una tarjeta, de esta forma se busca un flujo continuo de información y materiales.

El modelo matemático presentado de optimización combinatoria es complejo por lo que su solución toma mayor tiempo para contrarrestar estos inconvenientes se hace uso de métodos como B & B (Branch and Bound). El uso del método heurístico no garantiza una solución exacta; sin embargo, puede encontrar una solución cercana a la óptima en un período de tiempo más corto.

El problema planteado en el paper es resuelto a través de un algoritmo memético, que está basado en un método meta heurístico y B&B.

## Solución:

El siguiente algoritmo considera los siguientes índices:

$i$  = número de plantas, donde  $i = 1, 2, \dots, N$

$f$  = cantidad de tipos de productos terminados

$r$  = cantidad de tipos de insumos

Sean los parámetros:

$P_i$  = ratio de producción de la estación  $i$ ,  $\frac{\$}{\text{unidad} \times \text{mes}}$

$D$  = demanda mensual,  $\frac{\text{unid}}{\text{mes}}$

$C$  = costo de un producto,  $\frac{\$}{\text{unidad}}$

$H_r$  = Costo de espera por materia prima en inventario,  $\frac{\$}{\text{unid} \times \text{año}}$

$H_{wi}$  = Costo de espera del inventario de productos en proceso,  $\frac{\$}{\text{unid} \times \text{año}}$

$H_f$  = Costo de espera del inventario de productos terminados,  $\frac{\$}{\text{unid} \times \text{año}}$

$A_r$  = Costo de ordenar,  $\frac{\$}{\text{orden}}$

$A_{si}$  = Costo de preparación de la estación  $i$ ,  $\frac{\$}{\text{lote}}$

$A_{wi}$  = Costo de envío a la estación  $i$ ,  $\frac{\$}{\text{envío}}$

$A_f$  = Costo de envío a la estación  $N+1$ ,  $\frac{\$}{\text{envío}}$

$I(t)$  = nivel de inventario, unidades

$I_{ave}$  = inventario promedio, unidades

$T$  = tiempo de ciclo, año

$TC_r$  = costo de la materia prima en inventario,  $\frac{\$}{\text{año}}$

$TC_{wi}$  = costo de inventario en proceso en la estación  $i$ ,  $\frac{\$}{\text{año}}$

$TC_f$  = costo de productos terminados en inventario,  $\frac{\$}{\text{año}}$

$TC$  = costo total del sistema de la cadena de suministro,  $\frac{\$}{\text{año}}$

También se definen las siguientes variables:

$Q$  = Cantidad total de productos terminados producidos dentro de un periodo  $T$ ,  $\frac{\text{unid}}{\text{año}}$

$Q_r$  = Tamaño del contenedor de las ordenes,  $\frac{\text{unid}}{\text{orden}}$

$Q_{wi}$  = Tamaño del contenedor de los productos en proceso de la estación  $i$ ,  $\frac{\text{unid}}{\text{envío}}$

$Q_f$  = Tamaño del contenedor de los productos terminados,  $\frac{\text{unid}}{\text{envío}}$

$K_i$  = Número de Kanban por estación de trabajo  $i$

$n_o$  = Número de órdenes de materia prima en inventario

$m_i$  = Número de envíos realizados durante el tiempo de producción de la estación  $i$

n = Número de envíos colocados en el final de planta (productos terminados)

Para obtener el costo total del sistema, se divide el costo en tres partes:

- Costo de la materia prima: este costo será dado por costo de ordenar y el costo de espera de la materia prima en inventario.

$$TC_r = A_r \left(\frac{D}{Q}\right) \left(\frac{Q}{Q_r}\right) + H_r \frac{Q_r}{2} \left(1 - \frac{p_1}{p_0}\right)$$

- Costo de inventario en proceso (WIP): considera el costo de inventario en espera, costo de preparación para el producto, costo de transbordo al contenedor. Tal como se muestra en la figura 7, la planta i trabaja con un ratio de producción pi y llena el store A. Luego el contenedor lleno es llevado a la siguiente planta y se coloca en el store B para ser usado y trabajado en un ratio de pi+1. El costo de espera es para ambos store A y B.

$$TC_{wi} = \frac{D}{Q} [A_{si} + A_{wi} \times K_i] + Q \left[ \frac{B_{1i}}{K_i} + B_{2i} \right]$$

- Costo de productos terminados: relacionado al costo de la estación N es decir este costo es obtenido exclusivamente de la planta N y la planta N+1 (cliente), el ratio de consumo del cliente es D, por lo tanto se concluye que PN+1= D. Mientras que el costo de producto terminado es similar que el costo WIP y PN+1 = D = N en esta estación.

$$TC_{wf} = \frac{D}{Q} [A_{sf} + A_{wf} \times K_i] + Q \left[ \frac{B_{1N}}{K^N} + B_{2N} \right]$$

Para calcular el costo total del SCS se usará la siguiente notación  $x_0, x_1, \dots, x_N, AS_N, AW_w$  que reemplazará a  $n_0, K_1, \dots, K_N, A_{sf}, A_{wf}$  respectivamente, de esta forma se podrá formular de manera general el costo total para una cadena MSSCS. Finalmente se obtendrá lo siguiente:

$$TC = \frac{D}{Q} \left[ \sum_{i=1}^N A_{si} + (\sum A_{wi} \times x_i) + A_r \times x_0 \right] + Q \left[ \sum_{i=1}^N \frac{B_{1i}}{x_i} + \sum_{i=1}^N B_{2i} + \frac{H_r (1 - \frac{p_1}{p_0})}{2 \times x_0} \right]$$

## Resultados:

Tabla 6: Parámetros del sistema MSSCS

Ratio de producción	Costo de preparación	Costo de envío	Costo de espera
Po = 7000			
P1 = 6500	As1 = 300	Ar = 110	Hr = 45
P2 = 6000	As2 = 250	Aw1 = 100	Hw1 = 30
P3 = 5500	As3 = 300	Aw2 = 80	Hw2 = 45
P4 = D = 5000		Aw3 = 120	Hw3 = 25

Fuente: Advances in engineering software (2009)

Las soluciones arrojadas por el algoritmo son un costo total de 25802.59 dólares por año para un sistema de cadena de suministro de dos plantas (tal como se muestra en la tabla 6). Asimismo:



Cantidad optima de órdenes de materia prima en el almacén de insumos = 2

Cantidad optima de Kanban en la Planta 1 = 5

Cantidad optima de Kanban en la Planta 2 = 8

Cantidad optima de envíos colocados en el almacén de productos terminados = 5

Se concluye que el uso de un sistema Kanban puede reducir considerablemente los costos de un sistema de cadena de suministro de una sola etapa, para este caso; debido a que el modelo analiza costos de espera, inventario, preparación y envío de la materia prima, productos en proceso y productos terminados.

Finalmente, se obtuvo como resultado, un costo total de \$ 25802.59 por año, así como el tamaño de contenedor óptimo del store A es 5 y para el store B es 8. Asimismo, el número óptimo de Kanban para el almacén de materia prima y productos terminados es de 2 y 5 respectivamente.

### **2.3. Tercer caso de estudio**

**Análisis de los beneficios de las herramientas Lean: Caso de estudio en una empresa manufacturera de molinos de mesa.**

**Autor:**

D. Rajenthirakumar, R. Gowtham Shankar.

**Introducción y problema:**

El presente caso es sobre una empresa manufacturera mediana que produce molinos de mesa y necesita mejorar sus operaciones en la línea de montaje. El estudio se centra en la implementación de herramientas lean y en el desarrollo de diversas estrategias para la eliminación de desperdicios, asimismo también se evalúa las métricas de las herramientas lean: tasa de ahorro y lead time.

El proceso de ensamble del producto está compuesto por dos principales ensambles de partes: la base y la cubierta, adicionalmente otros sub ensambles. La línea de producción está compuesta por 16 estaciones. Cada estación está compuesta por un trabajador, quienes operan manualmente.

A través de una lluvia de ideas y estudios anteriores se identificaron las siguientes actividades que no agregan valor:

- Elevado lead time

- Elevada acumulación de inventario, aproximadamente ocupaba el 40% del espacio en la superficie.
- Flujo innecesario de material
- Fatiga del personal en la manipulación del material (10% del lead time)
- Mano de obra subutilizada
- Pobre gestión de inventarios

Tabla 7: Resumen de las características de la línea de ensamble

Nº	Descripción	Información
1	Naturaleza del sistema de producción	Producción en lotes
2	Transporte de material	manual
3	Nº horas por turno (MO)	16 horas por día
4	Nº de turnos	1 por día
5	Distancia de traslado de material	22 pies
6	Nº de estaciones involucradas	16
7	Espacio ocupado	83 pies 2

Fuente: Annals of faculty engineering Hunedoara – International Journal of Engineering (2011)

### Metodología

En conjunto con otras áreas se acordó que el principal objetivo es reducir el nivel de las actividades que no agregan valor a través de la implementación de herramientas lean como:

- Balance de línea
- Incremento de la producción en línea en un 20%
- Mejorar el flujo de material
- Reducir el traslado de material en 10 pies
- Reducir el trabajo de la MO en un 25%
- Implementar las 5S

La metodología para conseguir los resultados expuestos anteriormente se detalla en la figura 6.

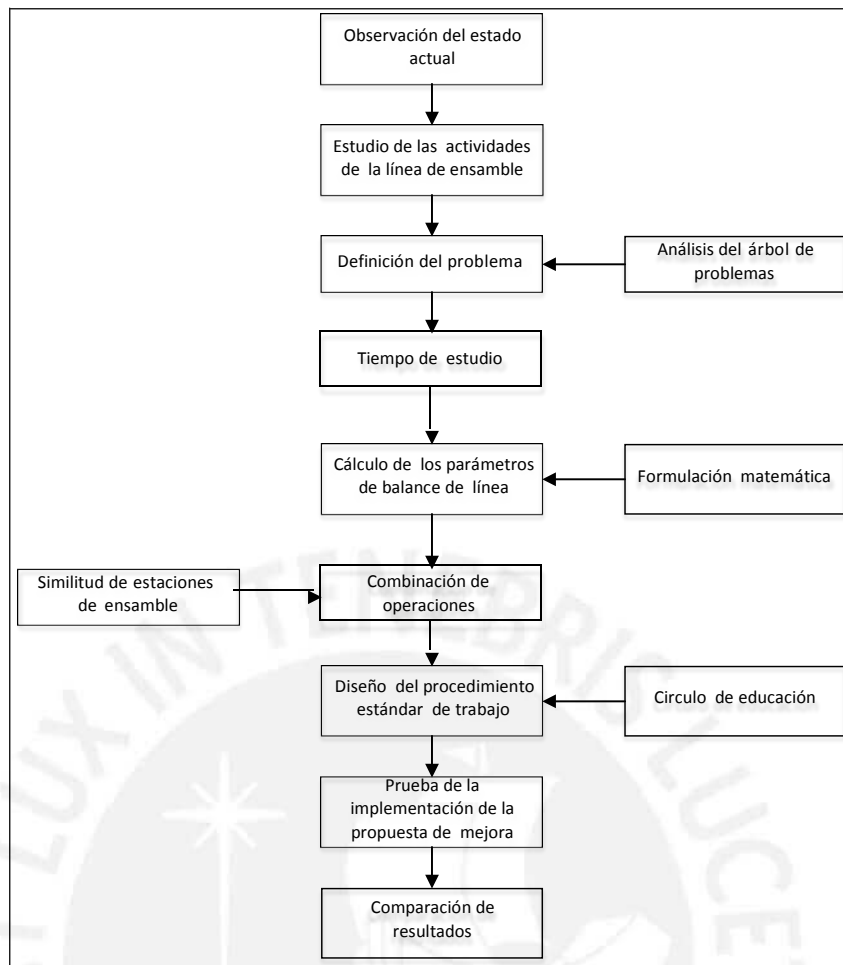


Figura 6: Metodología para la implementación

Fuente: Annals of faculty engineering Hunedoara – International Journal of Engineering (2011)

### Solución:

Con la finalidad de visualizar las actividades que no agregan valor se elabora un VSM actual en donde se incluyen todas las estaciones de trabajo, tiempo de ciclo, tiempo de cada proceso, inventario, tiempo de cambio de herramienta, tiempo de preparación de la máquina, número de trabajadores, entre otros. El VSM arrojó que el lead time era de 634 segundos, mientras que solo 198 segundos pertenecían al tiempo que si agregaba valor frente a los 438 segundos que no agregaban valor, con una demanda de 300 piezas por día.

Posteriormente se realizó un análisis del balance de línea, en donde se combinaron operaciones con la finalidad de aumentar la eficiencia en la línea de ensamble, dejando como resultado una reducción de 16 a 11 estaciones. Además, se elaboraron un conjunto de procedimientos secuenciales y distintos para el trabajo en cada etapa de acuerdo a la complejidad actual. Finalmente, la eficiencia aumento de un 40% a un 72%.

Por otro lado, el diseño actual de la empresa tiene una baja utilización de la superficie, con el fin de mejorar este escenario se introdujo el concepto del sistema bin; los materiales se mantendrán en el almacén respectivo en un espacio calculado. De esta manera, se reduce la superficie ocupada por el inventario en proceso de 1875 a 1228 pies<sup>2</sup>.

Asimismo, la implementación de las 5S's que ha dado inicio a nuevos proyectos de mejora.

### **Resultados:**

Los resultados obtenidos por la utilización de las herramientas lean son:

- Tackt time reducido en un 26%
- Tiempo de ciclo reducido en un 8%
- Aumento de la de la producción en línea en un 23%
- Aumento del ratio Lean de un 31% a un 43%
- Aumento del indicador 5S
- Reducción de transportes y uso innecesario del espacio en la superficie

Este caso evidencia las verdaderas ventajas de las herramientas lean para las empresas manufactureras. Lean manufacturing no solo te permite mejorar sino también analizar y diagnosticar la situación actual. Asimismo, las efectividades de sus técnicas radican en su implementación sistemática y su control bajo indicadores.

## CAPITULO 3: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

En el presente capítulo, describirá de forma general la empresa e ilustrará el proceso productivo para poder identificar y analizar los problemas.

### 3.1. Descripción de la empresa

La empresa en la cual se basará el estudio pertenece al rubro textil desde hace 18 años, conformado por dos unidades de servicio, el primero enfocado en el lavado, teñido y limpieza de productos textiles, de piel, en seco y en crudo y el segundo dedicado a la confección de prendas de vestir.

Las entidades que son parte de este negocio familiar son los siguientes:

1. Clientes: Son quienes reciben el servicio por parte de la empresa, esperando que sus necesidades sean satisfechas a plenitud.
2. Proveedores: Son quienes abastecen de insumos químicos, tintes y otros materiales a la empresa.
3. Colaboradores: Es el equipo de trabajo administrativo y operativo que vela por el crecimiento de la empresa.

La organización crece con la misión de ser líderes en su rubro, buscando entregar productos y servicios de buena calidad a tiempo. Sus fortalezas se basan en su infraestructura y la experiencia de su equipo profesional.

En general, la organización pretende proporcionar un servicio integral y de calidad, en base a precios competitivos y una estrategia de mejora continua.

#### 3.1.1. Antecedentes

Inicialmente la organización empezó como un proyecto familiar encargada de la producción y comercialización de prendas de algodón, como polos en diferentes calidades algodón 20/1<sup>1</sup> y 30/1<sup>2</sup>, modelos y tallas. Posteriormente, debido a la situación económica se retiraron del mercado.

A mediados del año 2000, iniciaron con la elaboración de prendas jean, dirigiendo así dos marcas independientes, una exclusiva para damas y otra para caballeros. Actualmente, la empresa cuenta con 6 comercializadoras en Lima y 2 al interior del país ubicadas en Piura.

---

<sup>1</sup> Espesor 20/1: equivalente a 20 longitudes de hilo para que pese 1 libra.

<sup>2</sup> Espesor 30/1: equivalente a 30 longitudes de hilo para que pese 1 libra.



A partir del 2004 iniciaron las actividades de servicio a terceros, realizando servicios de confección de todo tipo, desde camisetas deportivas hasta uniformes escolares, de acuerdo al requerimiento del cliente por campaña sin dejar de lado la producción interna para su cadena de marcas propias.

En octubre del 2006 iniciaron sus actividades como una empresa aparte dedicada exclusivamente a la prestación de servicios de lavado y teñido de prendas; lo que permitió, un aumento en sus ingresos. En los últimos años, su mayor enfoque ha sido refinar sus procesos de acabado para obtener un mejor servicio.

La agrupación ha sabido adecuarse a los cambios de la demanda a lo largo de los años, actualmente se encuentran bien posicionados en su rubro, asimismo implementaron el servicio de recojo y entrega de prendas como ventaja competitiva.

Para el presente estudio nos enfocaremos en la unidad de negocio de lavado y teñido, por ser la actividad que se ha venido realizando periódicamente y genera mayores ingresos.

### **3.1.2. Actividad económica**

La empresa pertenece a la CIUU 9301, es una planta industrial ubicada en la zona Pro industriales, San Martín de Porres. Posee una dimensión de 895.32 m<sup>2</sup>, de la cual aproximadamente el 351.8 m<sup>2</sup> le pertenece al área administrativa y el 543.52 m<sup>2</sup> le pertenece la zona de producción.

La planta posee tres niveles. En el primer nivel se encuentran la oficina de gerencia, la caseta de seguridad, almacenes, la zona de bordado y la zona de lavandería y teñido, dentro de la zona productiva se encuentran ubicadas el pozo de agua y la caldera industrial; en el segundo piso se encuentran el área de tendido de tela, corte, diseño, acabado y oficinas administrativas, en el tercer nivel se encuentra la zona de confección; cada uno de los niveles cuenta con sus respectivos servicios higiénicos. A continuación, se presenta el Layout de la planta del primer nivel, en donde se centrará el estudio. Ver figura 7.

En el anexo 1, se muestra un modelo de simulación donde se visualiza el flujo actual del proceso de lavado y teñido de prendas de vestir.



### 3.1.3. Cultura organizacional

De acuerdo a las entrevistas realizadas con todo el personal y gerencia, se ha podido rescatar lo siguiente respecto a su cultura.

#### 3.1.3.1. Misión

“Satisfacer las necesidades y expectativas de nuestros clientes con el mejor servicio, mediante la realización de un trabajo comprometido y un perfecto control de calidad.”

#### 3.1.3.2. Visión

“Obtener el reconocimiento como una de las mejores lavanderías en el Perú, llegar a ser líderes gracias a los excelentes servicios ofrecidos y el compromiso de cada uno de nuestros colaboradores”.

### 3.2. Organización

El organigrama general de la empresa se encuentra basado en la coordinación con todos sus entes y en la supervisión de las mismas; no existe un organigrama oficial sin embargo se ha recopilado y organizado la formación actual. Ver figura 8.

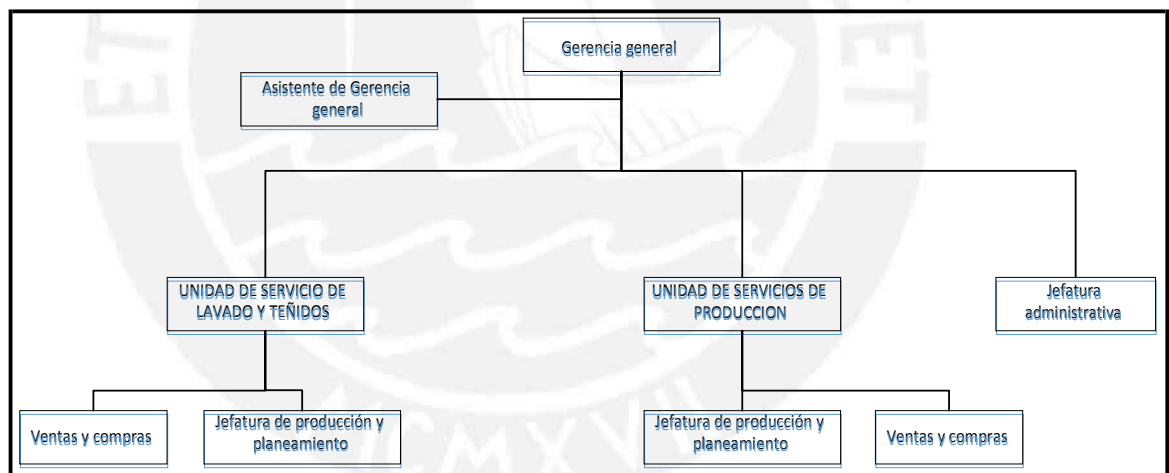


Figura 8: Estructura organizacional  
Elaboración propia

Al ser una Pyme, la cabeza está a cargo de un gerente general, quien es apoyado, estratégicamente, por un asistente; de esta forma gerencia toma medidas junto con las otras unidades de negocio, que son retroalimentadas al resto de jefaturas. La empresa posee dos unidades de negocio que se identifican visiblemente en su estructura organizacional; concluyéndose que cada uno posee independientemente sus propias jefaturas para los controles y mejoras de sus unidades.

Tal como se puede observar en la figura 9 dentro de la unidad de servicios de lavado y teñidos, se tiene al departamento de ventas y compras, que tiene bajo su cargo y apoyo a los asistentes de costos de venta y costos de compra.

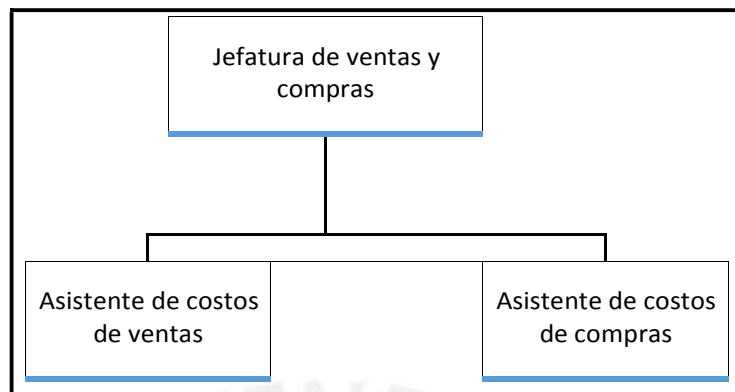


Figura 9: Jefatura de ventas y compras. Unidad: servicios de lavado y teñido  
Elaboración propia

En la figura 10, se presenta a la jefatura de producción y planeamiento, que está a cargo del ingeniero de producción, quién a su vez supervisa a los operarios y al asistente de mantenimiento.

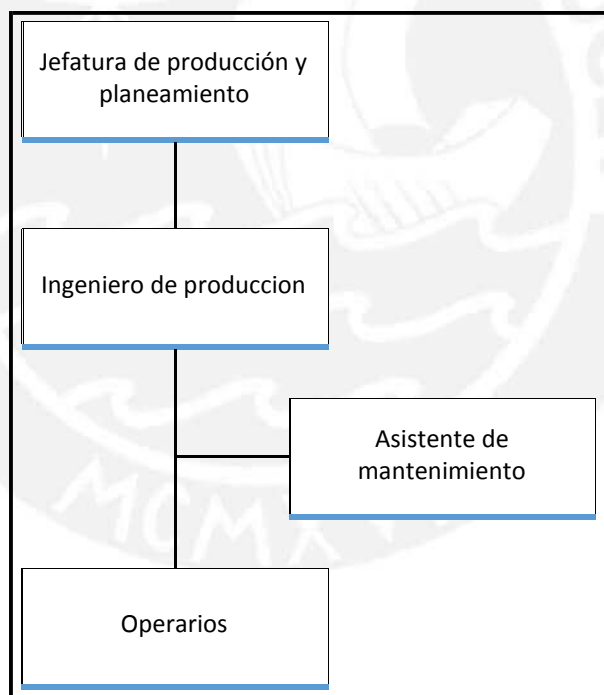


Figura 10: Jefatura de producción y planeamiento. Unidad: servicios de lavado y teñido  
Elaboración propia

Finalmente, en la figura 11 se presenta a la jefatura administrativa, que es independiente de las unidades, no obstante, maneja y supervisa los datos de ambas con respecto a los departamentos de contabilidad, tesorería y recursos humanos.

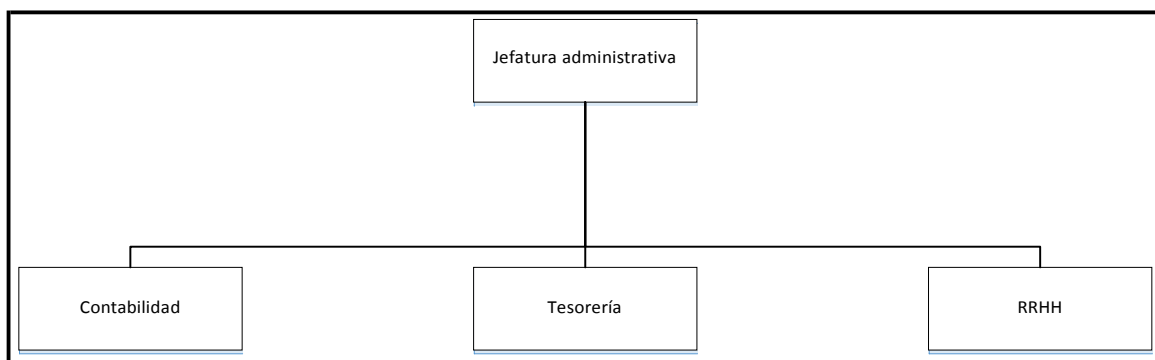


Figura 11: Jefatura administrativa  
Elaboración propia

Cada una de las secciones mencionadas anteriormente, está conformada por una persona.

### 3.3. Descripción de sus productos

Dentro del servicio de lavado y teñido, la compañía posee diferentes procesos de acabado, que son de acuerdo al requerimiento del cliente.

En el anexo N°2, se describe cada uno de los servicios de lavado, teñido y acabado que la empresa ofrece a sus clientes.

### 3.4. Maquinarias y equipos

Actualmente, la unidad de negocio cuenta con una variedad de máquinas, equipos de apoyo y utensilios de uso diario en las jornadas.

- **Caldera piro tubular horizontal:** Se cuenta con una caldera de cilindro horizontal que funciona con aceite quemado como combustible. Esta caldera es el corazón de la planta. Ver figura 12.



Figura 12: Caldera de la planta  
Fuente: La empresa

- **Lavadoras industriales frontales:** Se tiene 7 lavadoras de este tipo; sin embargo, solo 5 se encuentran funcionando y en uso. Ver figura 13.





Figura 13: Lavadoras frontales industriales  
Fuente: La empresa

En la tabla 8 se detallan las capacidades actuales que manejan cada una de las lavadoras.

Tabla 8: Capacidad de las lavadoras industriales

Máquina	Tipo	Capacidad (Kg)	Capacidad (Unid.)
Lavadora industrial horizontal frontal	L2	70 kg	100
	L3	20 kg	50
	L4	120 kg	200
	L5	20 kg	50
	L6	70 kg	100

Elaboración propia

- **Lavadoras de muestra:** De menor capacidad. La empresa posee 2 máquinas y hace uso de ellos cuando existen colores nuevos, aún no probados, solicitados por el cliente y que la empresa no ha trabajado.

En la tabla 9, se detalla de forma genérica la capacidad de diseño de las lavadoras de muestra.

Tabla 9: Capacidad de lavadoras de muestra

Máquina	Cantidad	Capacidad
Lavadora de muestras	2	12 kg

Elaboración propia

- **Centrifugadora hidroextractoras industriales:** Se tiene 2 máquinas centrífugas que se encargan de separar el líquido de las prendas mediante una fuerza centrífuga. Ver figura 14 y tabla 10.



Figura 14: Centrifugadora hidroextractora industrial  
Fuente: La empresa

Tabla 10: Capacidad de las centrifugadoras industriales

Máquina	Tipo	Capacidad (Kg)	Capacidad (Unid.)
Centrifuga industrial	C1	70 kg	100
	C2	120 kg	200

Elaboración propia

- **Secadoras industriales:** Poseen 5 secadoras industriales; sin embargo, solo se encuentran en funcionamiento 4. Estas máquinas se encargan de acortar el tiempo del proceso de secado, mediante la circulación de aire caliente dentro del tambor mientras va rotando las prendas internamente. Ver figura 15 y tabla 11 para mayor detalle.



Figura 15: Secadoras industriales  
Fuente: La empresa

Tabla 11: Capacidad de diseño de la secadora industrial

Máquina	Tipo	Capacidad (Kg)	Capacidad (Unid.)
Secadora industrial	S0	70 kg	100
	S1	70 kg	100
	S2	120 kg	200
	S3	70 kg	100

Elaboración propia

- **Vaporizadores:** Se cuenta con 3 vaporizadores, en uso solo 2, también denominadas pretinadoras. La máquina se encarga de darle un planchado

consistente y rápido a zonas específicas como las pretinas y bolsillos, su uso es manual. Ver figura 16.



Figura 16: Vaporizador industrial  
Fuente: La empresa

- **Planchas industriales:** Se tiene cuatro planchas, modelo mesas horizontales. Se hace uso de estas máquinas, en su mayoría, para realizar el proceso de planchado en la zona de las piernas de la prenda. Ver figura 17.



Figura 17: Plancha industrial  
Fuente: La empresa

- **Máquina de rasgado:** La empresa posee dos máquinas. La primera solo se encarga de hacer pequeñas pinzas en el pantalón, mientras que la otra se encarga de realizar roturas y desgarros en la tela mediante una fuerza ejercida manualmente.
- **Ablandador de agua:** Estos cilindros poseen filtros que permiten la realización de una purga al agua que ingresará a la caldera.

- **Mesas de despacho:** Son mesas de grandes dimensiones, en donde se colocan las prendas secas, planchadas o ya listas para despachar.
- **Mesas de soporte:** son mesas de dimensiones medianas que realizan un papel de soporte al operario, es decir permite que el operario se suba a la mesa y pueda realizar el proceso de lavado. También permite que los galones de insumos preparados se ubiquen más cerca del operario en la estación de trabajo.
- **Carritos móviles:** carritos que permiten trasladar la mercadería a través de toda la línea productiva.
- **Barriles y galones de plástico:** envases de diferentes tamaños, en donde se encuentran el combustible de la caldera, los insumos químicos, agua potable entre otros.

### 3.5. Recursos Humanos

La empresa cuenta con 32 trabajadores de los cuales 9 pertenecen al área administrativa mientras que los 23 restantes pertenecen al área de producción de los cuales 14 pertenecen a la unidad de negocio de lavados y teñidos. Los horarios en los que los colaboradores realizan sus tareas es la siguiente:

- Área de producción: un solo turno de lunes a viernes desde las 8 a.m. hasta 7p.m. y los sábados de 8 a.m. hasta 1p.m.
- Área administrativa: de lunes a viernes de 8 a.m. hasta 5 p.m. y los sábados de 8a.m hasta 1 p.m.

(\*) Hora de refrigerio: 12 p.m. hasta 1 p.m.

## CAPITULO 4: DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA

### 4.1. Diagnóstico a nivel macro del sector

La industria textil, actualmente viene siendo golpeada por factores exógenos y endógenos en diferentes partes del mundo, que afectan de manera indirecta el desarrollo de las actividades productivas en el sector textil peruano.

En Europa occidental, la demanda de textiles para la elaboración de prendas de vestir continúa siendo baja debido a que el presupuesto para ropa en los hogares sigue disminuyendo, una de las razones es la tasa de desempleo que ha venido descendiendo en los últimos meses pero que aún continúa siendo elevada. Además, el sector textil y confecciones en Europa tiene un mayor alcance y enfoque en los jóvenes entre 15 y 24 años, quienes representan el 22.21% de la tasa de desempleo según informe anual de la COFACE<sup>3</sup> (enero 2016).

Por otro lado, durante el 2014 la Eurozona presentó una recuperación en el sector tras dos años de caída, con un incremento del 2,4% en su actividad, según lo indicó Euratex<sup>4</sup> (The European Apparel and textile Confederation, 2015).

Las principales economías europeas por lo tanto han vuelto lentamente a comprar confección. Por lo tanto, la zona europea mantiene un riesgo medio respecto al sector textil, ya que depende de la crisis económica.

En las zonas de Asia, nuevos mercados emergentes, la demanda de productos textiles se mantiene de forma activa. Acorde con el informe de la COFACE (2016), durante el 2014 el mercado del algodón ha sufrido una variación y es que las autoridades chinas anunciaron la reducción de sus importaciones de algodón con la finalidad de dar un mayor empuje a sus reservas nacionales, por esta razón aplicaron impuestos a las importaciones. Gracias a sus medidas aplicadas, en la actualidad, China sigue siendo líder como productor y proveedor de algodón a nivel mundial. Asimismo, China debe lidiar con la competitividad de costos debido a que en otras zonas asiáticas urbanas la producción es igual de dinámica; sin embargo, ellos mantienen aún el liderazgo en menor costo de mano de obra. Durante el 2014, las exportaciones chinas crecieron en un 22.16% según el blog de economía de la Embajada de la República Popular China en la República de Colombia (2015); en

---

<sup>3</sup> COFACE : Compagnie Française d'Assurance pour le Commerce Extérieur (Compañía de seguros francés de comercio exterior)

<sup>4</sup> EURATEX: The European Apparel and textile Confederation (Confederación europea de textiles y ropa de vestir)



donde indicaron que las exportaciones hacia USA y la UE aumentó en un 9.7%. Por otro lado, las exportaciones para otros países del mismo continente tales como Japón, Hong Kong, Corea del Norte aumentaron en 28.38%.

Para el lado de América, la producción de algodón, la tercera más importante del mundo, se enfrenta a la desaceleración de la demanda china debido a las restricciones en las importaciones. Estados Unidos era uno de los principales proveedores de China; no obstante, sus exportaciones al país asiático han disminuido considerablemente a pesar de haber tenido una muy buena cosecha en 2015; por lo tanto, se prevé una caída del 15% de la producción de algodón entre el 2015 - 2016, según el informe anual de la COFACE (2016). Asimismo, la demanda de productos del sector textil se mantiene movilizada en los Estados Unidos gracias a la mejora del mercado laboral. Por otro lado, en Canadá la disminución en la velocidad de las actividades en el sector energético está afectando de forma negativa a la economía, ocasionando un aumento en la tasa de desempleo que puede repercutir en los ingresos de los hogares y por lo tanto reducir el gasto en ropa.

Se concluye que la demanda de las economías emergentes asiáticas sigue siendo fuerte y activa, pero la tasa de crecimiento ha venido disminuyendo significativamente en los últimos periodos. Además, las tensiones en el mercado chino, la caída de la competitividad de los costos y sus políticas de importación, están provocando una sensación de riesgo empresarial en el sector. En las economías desarrolladas, la Unión Europea está retomando lentamente su liderazgo en el sector confección, mientras que, en Norte América, el sector está empezando su ascenso.

## **4.2. Diagnóstico a nivel micro**

En enero del 2015, alrededor de 579 empresas pertenecientes al sector textil exportaron 335 productos a 66 mercados en el mundo. A partir de estas exportaciones, se obtuvo un total de \$115 millones el primer mes del año; no obstante, las exportaciones cayeron en 13.5%; provocado por la actuación del mercado venezolano que impacto negativamente en las ventas peruanas, suponiendo que no se considere el impacto que tuvo la disminución de las exportaciones a Venezuela, las exportaciones peruanas hubiesen caído en un 4.7%, acorde a lo especificado por el informe mensual de exportaciones (PromPeru 2015). Ver tabla 12.

Tabla 12: Sector textil y confecciones: principales productos.  
Millones US\$

Producto	Ene. 2014	Ene. 2015	Var. % Ene. 15/14	Part. % Ene. 2015
Estados Unidos	59	51	-13.4	44
Venezuela	21	9	-59.5	8
Brasil	3	6	78.6	5
Ecuador	5	5	-3.1	4
Alemania	4	5	35.4	4
Los demás	41	39	-2.7	34
<b>Total</b>	<b>133</b>	<b>115</b>	<b>-13.5</b>	<b>100</b>

Fuente: Sunat. Elaboración: PromPeru.

De acuerdo al informe mensual elaborado por PromPeru, el producto estrella con mayor crecimiento en las exportaciones han sido los calzoncillos para hombres (US\$ 137 mil / 987,7% de variación), abrigos, chaquetones y capas para damas (US\$ 130 mil / 312,3%) y prendas de vestir para bebés (US\$ 168 mil / 280,3%), todo lo contrario, para las prendas denim que no figuran en la lista (PromPeru 2015). Ver tabla 13.

Tabla 13: Sector textil y confecciones: principales productos. Millones US\$

Mercado	Ene. 2014	Ene. 2015	Var. % Ene. 15/14	Part. % Ene. 2015
T-shirts de algodón	33	27	-17.7	23
Polo Shirt de algodón para caballeros	16	14	-11.3	13
Suéteres, pullovers, chalecos y artículos similares	5	4	-28.0	3
Camisas y blusas de algodón para damas	4	3	-11.0	3
Prendas de vestir de punto de algodón para bebés	2	3	-47.3	2
Los demás	73	64	-12.5	56
<b>Total</b>	<b>133</b>	<b>115</b>	<b>-13.5</b>	<b>100</b>

Fuente: Sunat. Elaboración: PromPeru.

Asimismo, la ciudad de Lima mantuvo su liderazgo como la región más importante para las exportaciones sectoriales (71% del total), seguido de Arequipa (14%), Ica (8%), Callao (5%). Las regiones que aumentaron las exportaciones de textiles, en enero de 2015, fueron Arequipa (48,5% de variación) y El Callao (2,8%). Del total de empresas mencionadas inicialmente, 579 compañías que exportaron productos en enero del 2015, el 78% fueron microempresas exportadoras (exportaciones menores a US\$ 100 mil) y el 17% fueron pequeñas empresas, con exportaciones entre US\$ 100 mil y US\$ 1 millón (PromPeru 2015).

De acuerdo a un reportaje realizado (El comercio 2015) el sector textil y de confecciones ha perdido su brillo, tanto así que ha venido siendo reemplazado por la industria centro americana. A partir del 2008, las exportaciones han bajado considerablemente y perdiendo posicionamiento frente a USA.

En un reportaje (El Comercio 2014), el director de la cámara de comercio de Lima (CCL) Carlos Posada expresó que los peruanos empiezan a ser desplazados por un

tema de precio y afirmó que la industria peruana no está siendo competitiva, lo que causaría, peligrosamente, una recesión exportadora.

Se sabe que USA paga por una pieza nicaragüense US\$2,17; por una hondureña, US\$2,56; por otra de origen salvadoreño, US\$2,80, mientras que por una peruana paga US\$6,18. Un gran contraste que actualmente no se ve sustentado con la calidad del algodón peruano, el acabado de la prenda, ni por su mano de obra calificada (El Comercio 2014).

Con todo lo anterior se puede afirmar que la disminución en las exportaciones se debe a diversas variables externas tanto como internas tales como inestabilidad en el mercado, la falta de apoyo del estado peruano, la falta de internacionalización del sector, los altos costos laborales.

En el XI foro textil exportador “Desarrollando la competitividad de los sectores textiles y prendas de vestir” realizado en mayo del 2016, se establecieron ciertas medidas con el objetivo de retomar el crecimiento del sector textil. Las claras tendencias desarrolladas durante el foro fueron la implementación obligatoria de nuevas herramientas tecnológicas para procesos de productivos y logísticos eficientes.

### **4.3. Diagnóstico a nivel de empresa**

En base a las diversas herramientas dentro del marco teórico y acorde a la información recopilada en campo, se establece el siguiente análisis.

#### **4.3.1 Análisis cuantitativo a nivel macro.**

Los niveles de producción, del servicio de lavado y teñido de las prendas de vestir, en general, ha sido variable en los últimos años.

Dentro de la tabla 14, se podrá observar el total de cantidades de prendas en pantalones, casacas, faldas, shorts, ojales, entre otros en diversos modelos, telas y acabados procesados.

En base a estos datos, podemos afirmar que los ingresos de esta unidad de negocio son significativos y que poseen un mayor auge en el mes de Diciembre (ver figura 18) y que ha ido incrementando, considerablemente, en los últimos años.

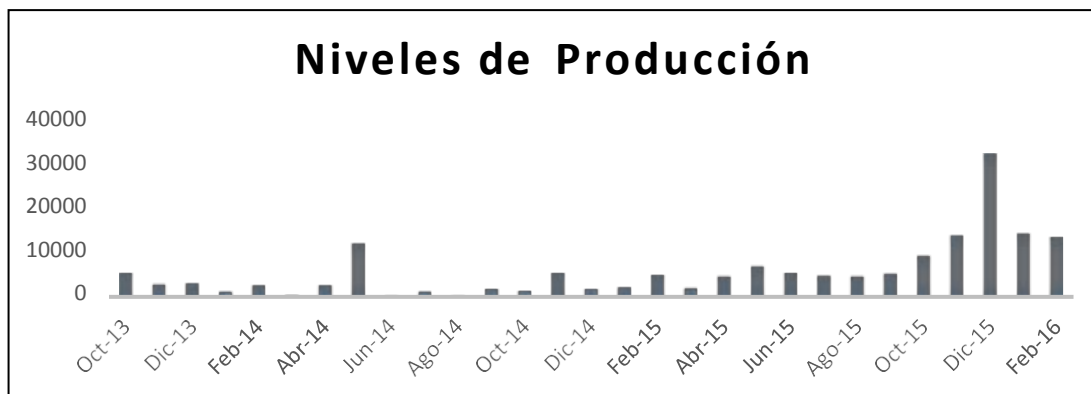


Figura 18: Niveles de producción  
Elaboración propia

Se visualiza que en diciembre del 2015 sobrepasaron cuantiosamente sus niveles de producción respecto a otros meses y años; debido a las campañas navideñas, lo que refleja la dependencia de la unidad de negocio acorde a la demanda del cliente.

Tabla 14: Niveles de producción de prendas de vestir Oct2013 – Feb2016

NIVELES DE PRODUCCIÓN			
Mes	Cantidad (prendas)	Mes	Cantidad (prendas)
Oct-13	5483	Ene-15	2141
Nov-13	2727	Feb-15	5024
Dic-13	3023	Mar-15	1952
Ene-14	1040	Abr-15	4600
Feb-14	2615	May-15	6950
Mar-14	300	Jun-15	5448
Abr-14	2609	Jul-15	4832
May-14	12155	Ago-15	4584
Jun-14	56	Set-15	5258
Jul-14	1113	Oct-15	9356
Ago-14	72	Nov-15	13988
Set-14	1770	Dic-15	32738
Oct-14	1330	Ene-16	14387
Nov-14	5482	Feb-16	13636
Dic-14	1736		

Fuente: La empresa

#### 4.3.1.1 Análisis de Pareto en base a los tipos de servicio.

Existen diversos servicios de acabado que se le puede dar a las prendas. A continuación, en la tabla 15 se muestra los ingresos en soles por tipo de servicio durante el periodo 2014 - 2016.

Tabla 15: Ingresos (S/.) por tipo de servicio 2014 – 2016

Tipo de servicio	Costos de servicios	% Acumulado
Lavado + teñido	S/. 179,348.98	78.35%
Lavado + teñido + Foc.	S/. 36,388.30	94.25%
Lavado + teñido + Foc. + Mot.	S/. 4,756.00	96.33%
Lavado + teñido + Foc. + Raz.	S/. 3,542.20	97.88%
Lavado	S/. 3,345.00	99.34%
Lavado + teñido + Foc. + Raz. + Mot.	S/. 760.00	99.67%
Lavado + teñido + Mot.	S/. 560.00	99.91%
Lavado (Suavizado)	S/. 196.50	100.00%
<b>Total</b>	<b>S/. 228,896.98</b>	

Fuente: La empresa.

A partir de la tabla 15 y sus valores porcentuales acumulados, se elabora el diagrama Pareto, ver figura 19, que refleja al servicio de lavado y teñido como su servicio estrella, ya que representa más del 80% del total de servicios.



Figura 19: Diagrama de Pareto con respecto a los ingresos por línea de servicio  
Elaboración propia

Partiendo de la premisa anterior, el enfoque del presente estudio será en la línea de lavado y teñido.

#### 4.3.2 Mapa de procesos

En el diagrama SIPOC (Supplier, Inputs, Process, Outputs, Customers) se muestran los procesos a nivel macro de la unidad de negocio de lavandería.

El proceso inicia con el requerimiento del cliente, luego procesan la guía de pedido y validan la solicitud del cliente; si es que no han realizado anteriormente un pedido similar, se solicita al cliente una ficha de prototipo. Una vez que todos los requerimientos han sido analizados y validados, planifican la orden de producción.



La orden de producción ingresa a planta y se realiza el pedido; posteriormente se distribuye y entrega al cliente, quién debe dar la conformidad de su pedido (si el cliente no está conforme, se realizan los respectivos reprocesos). Finalmente se procesa la liquidación de la guía de pago.

En todo el servicio de acabado, los agentes claves son los colaboradores, los proveedores de insumos químicos y los clientes, quienes mueven la cadena productiva. Ver figura 20.

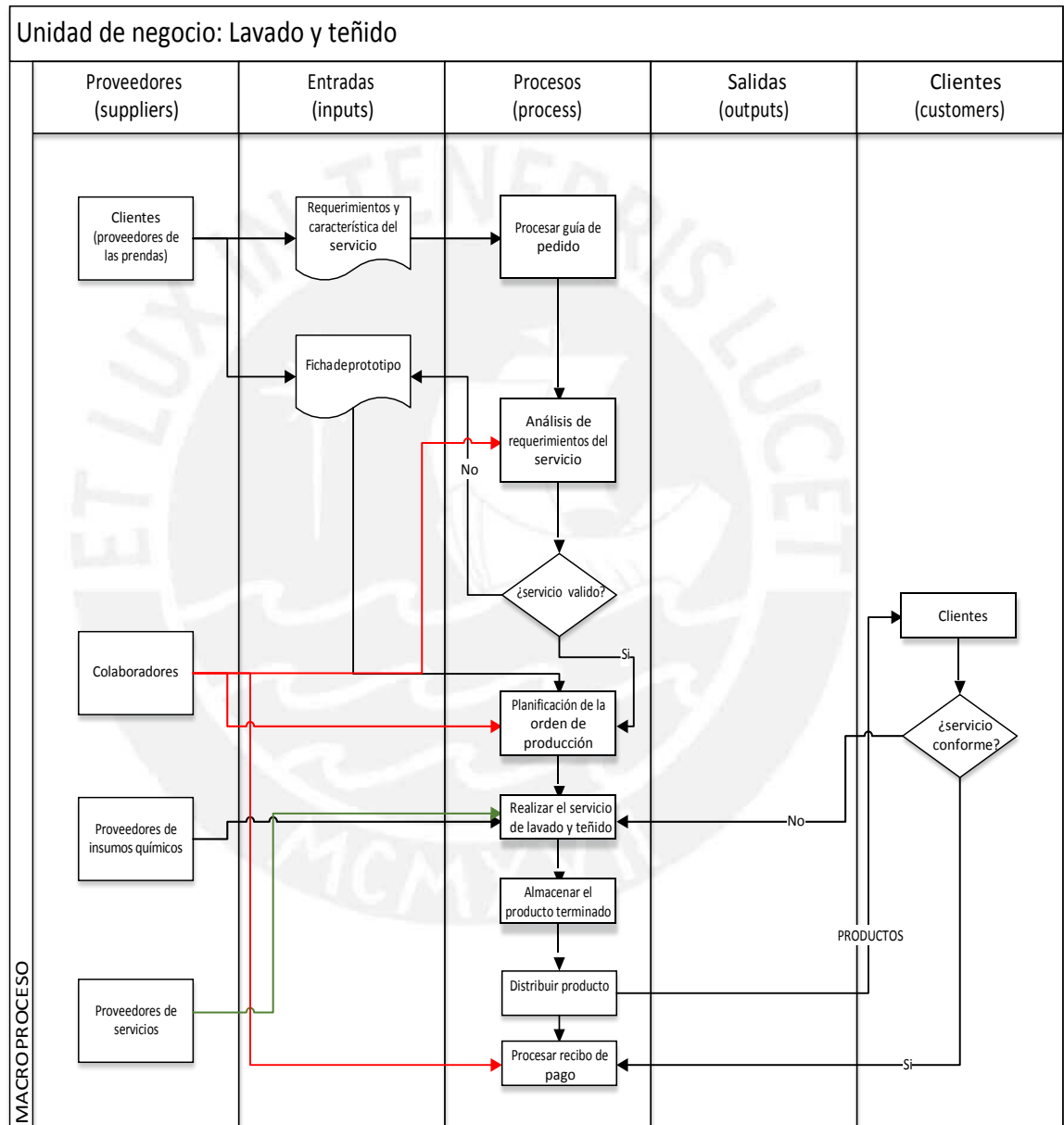


Figura 20: SIPOC macro procesos. Unidad de negocio: lavado y teñido  
Elaboración propia

La figura 21, presenta el flujograma del servicio estrella. El proceso inicia con la elaboración de la receta química a cargo del ingeniero de producción, quién se

encarga de redactar la receta de acuerdo a las cantidades de prendas mostradas en la orden de producción. Luego elabora las mezclas de los tintes u otros insumos y controla la inspección y conteo de prendas. Finalmente, los operarios se encargan de los procesos productivos en sus respectivas áreas.

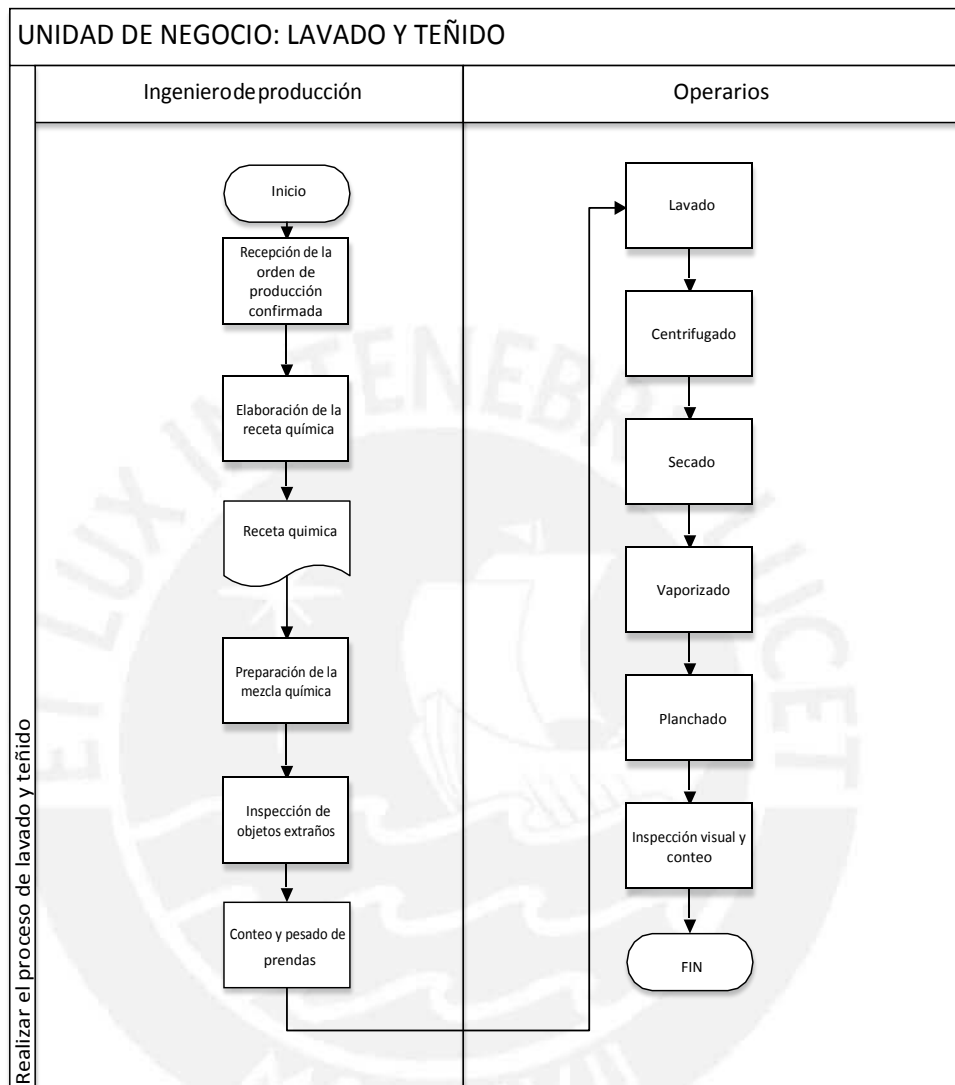


Figura 21: Flujograma proceso de lavado y teñido  
Elaboración propia

En la figura 22 se desarrolla el sub proceso de preparación de la mezcla química en actividades. El presente sub proceso es uno de los más importantes, y críticos para un correcto lavado y teñido, porque aquí inicia la cadena productiva.

El ingeniero de producción es el único capacitado para el trabajo; sin embargo, si su carga laboral es alta, se designa la actividad al operario líder del área de lavado (situación que sucede frecuentemente).

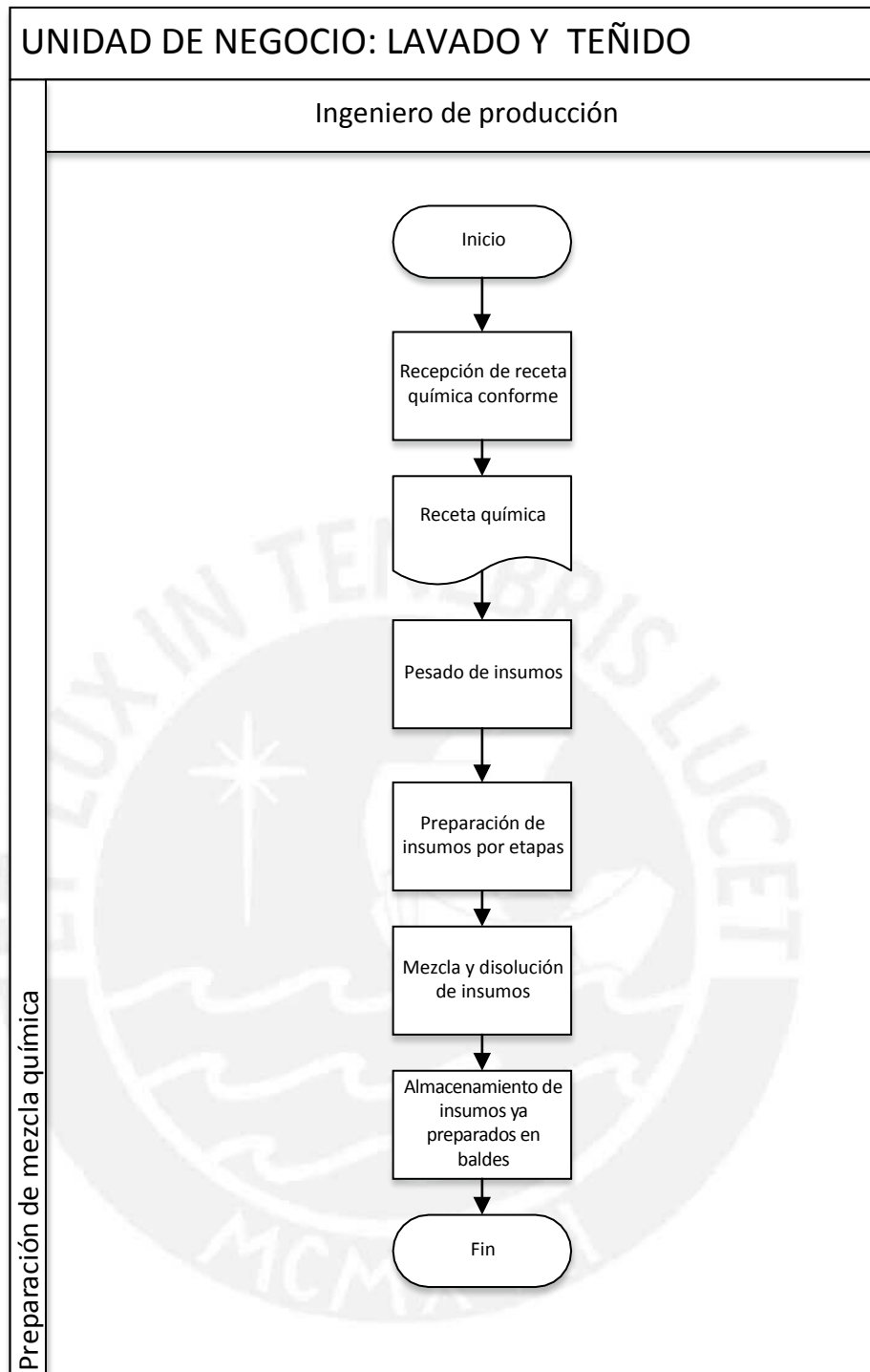


Figura 22: Flujograma del proceso de preparación de mezcla química  
Elaboración propia.

Posteriormente, en la figura 23 el sub proceso de lavado y teñido varía, ligeramente en algunas fases de acuerdo al tipo de tela, sin embargo, sus actividades son casi similares.

Además, se sabe que un operario puede estar a cargo de tres lavadoras industriales como máximo, dos de mediana capacidad (50 – 100 prendas) y una de gran capacidad (100 – 200 prendas).

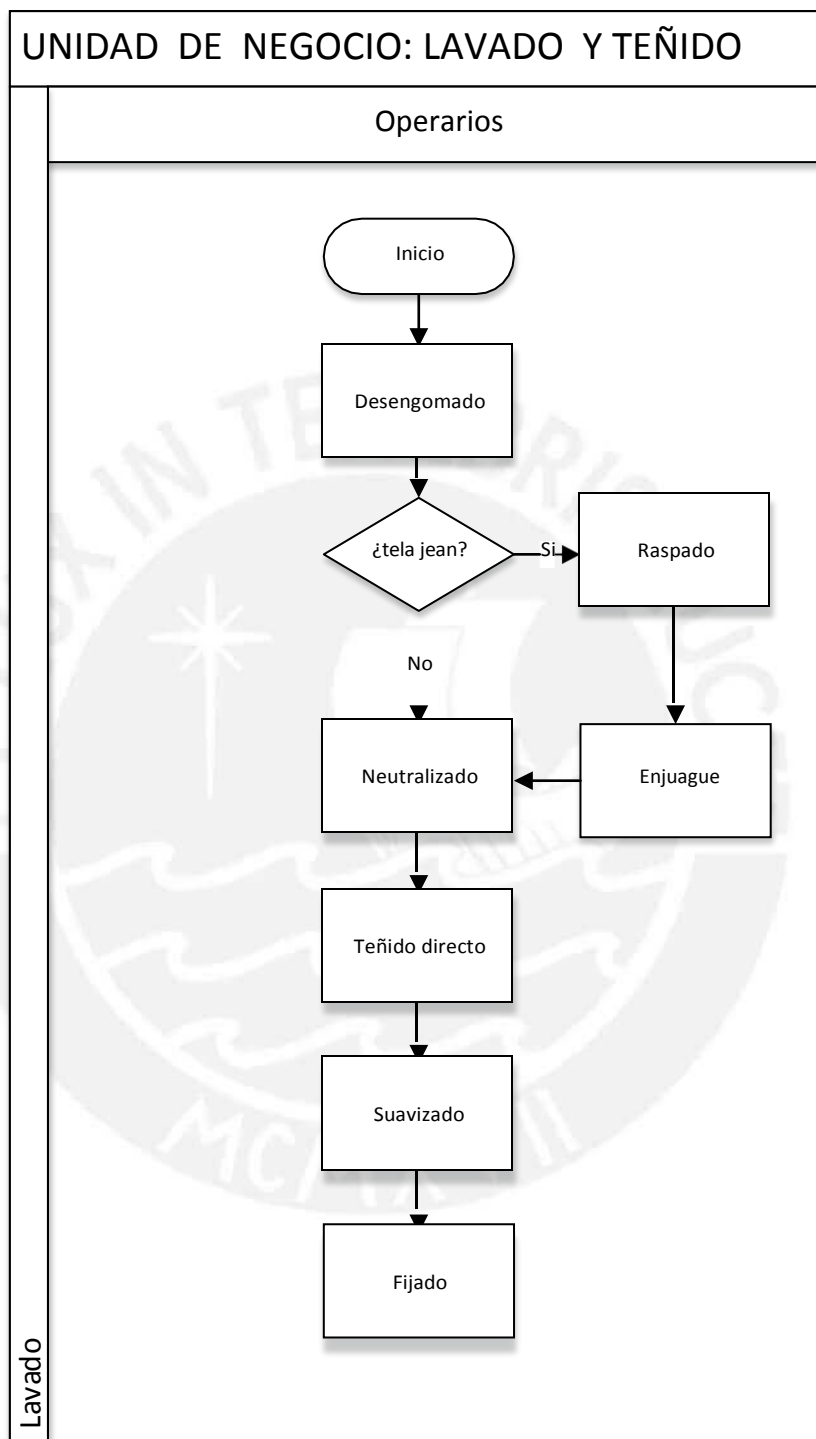


Figura 23: Flujograma proceso de lavado  
Elaboración propia

### 4.3.3 Proceso productivo

La empresa, actualmente, busca optimizar sus recursos, tener procesos eficientes, disminuir reprocesos; con la finalidad de impactar positivamente en sus costos y calidad de servicio.

#### 4.3.3.1 Elaboración de receta química

El proceso se inicia con la revisión de la muestra en la cartilla de color, de esta forma, el ingeniero de planta podrá saber el color requerido por el cliente. Paralelamente se procede a costear el servicio acorde al acabado, color, peso, cantidad e insumos involucrados.

En el anexo N°3 se muestran los insumos más usados y requeridos en los procesos de acabado.

Una vez identificado los materiales y las cantidades en uso, se procede a redactar la receta. Para habilitar la orden de producción, se debe llenar el formato, ver anexo N°4, con los siguientes datos:

- Cantidad de prendas en unidades a procesar
- Cantidad de prendas en kilogramos a procesar
- Lista de insumos a usar en el servicio
- Cantidades de insumos a usar por fase
- Tiempos de cada fase de lavado y teñido
- Temperatura en cada fase
- Tipo de servicio
- Detalle del color de teñido
- Cliente
- Tipo o codificación máquina usada.

Una vez que la receta ha sido completada correctamente, se habilita la orden de producción por el ingeniero de planta y se inicia con la preparación de los insumos.

#### 4.3.3.2 Preparación mezclas químicas

De acuerdo a la receta, el encargado del proceso se traslada al almacén de insumos, en dónde gestiona los materiales y prepara las mezclas, a veces lo hace para cada etapa otras veces lo hace solo para la etapa momentánea; por otro lado, hay mezclas como el suavizante y el antiqiebre que ya se encuentran previamente preparadas, desde días anteriores, porque son las de mayor; su almacenamiento es en bidones de 50 litros. Según el personal de planta, la



disolución de tintes se debe realizar, de preferencia, momentáneamente a su vertido.

#### 4.3.3.3 Lavado

Antes de que las prendas ingresen a las lavadoras, un operario se encarga de verificar que todos los pantalones estén de reverso, es decir por la cara posterior y que los cierres estén subidos.

Para el proceso se requieren de las siguientes fases: desengomado, raspado, teñido directo, fijado, suavizado. En cada una de las etapas es fundamental el uso de agua en cantidades acorde al peso del lote, la relación de agua en uso es por cada kilogramo de prenda, 10 litros de agua. Es primordial el seguimiento meticuloso de la receta, ya que una infracción en las cantidades, ingredientes u otro parámetro puede llegar a dañar un lote completo.

A continuación, se procederá a detallar las fases del proceso de lavado.

1. **Desengomado:** Elimina los compuestos engomados en las hebras y el tejido de la prenda, es una manera de lavar y limpiar profundamente la tela. Temperatura de fase: 80°C.
2. **Raspado:** Etapa dedicada a darle efecto a la tela, ayuda a la habilitación rápida del color del teñido. Temperatura de fase: 80°C - 95°C.
3. **Teñido directo:** Durante esta fase, los colorantes deben estar correctamente disueltos para su vertido a la lavadora. De tal forma que las prendas vayan tomando el color requerido por el cliente. Temperatura de fase: 80°C.
4. **Fijado:** Esta fase se encarga de plasmar fijamente en la tela el tinte, es así que, a lo largo del tiempo y su uso, la prenda no se decolorará. Temperatura de fase: 50°C.
5. **Suavizado:** Después de varias etapas, la tela del jean se siente tosca. Por lo tanto, al final se le aplica un suavizante y se deja enjuagar por 15 minutos. Temperatura de fase: 40°C.

#### 4.3.3.4 Centrifugado

Durante el proceso de centrifugado se escurre todo el líquido de las prendas; el agua saliente se retira por una pequeña cañería que va directamente al piso hasta llegar al desagüe, tal como observa en la figura 24.



Figura 24: Centrifuga industrial  
Fuente: La Empresa

#### 4.3.3.5 Secado

Posteriormente cada lote de prendas ingresa a las secadoras industriales alrededor de 1 hora aproximadamente, el tiempo varía acorde a la cantidad y peso. Las prendas son secadas a temperaturas ligeramente mayores que la de ambiente.

En el caso de las prendas de tela drill, luego del secado estas reingresan nuevamente a la secadora, pero volteadas por la cara frontal, para el roció de la silicona que le da un brillo especial a la prenda.

#### 4.3.3.6 Vaporizado

Las pretinas y bolsillos de las prendas son vaporizadas para que no se deformen, ya que estas zonas son delicadas y tienden a desfigurarse rápidamente. Previamente a este proceso se separa cada uno de los jeans, debido a que salen entreverados uno con otros de la secadora; si es que aun las prendas no han sido puestas al reverso (para el lado de la cara), se procede con la actividad.

#### 4.3.3.7 Planchado del tipo 1

Tanto para el planchado tipo 1 y tipo 2 se usa el mismo tipo de máquina, solo varía la forma de uso. Para el tipo 1, la prenda es puesta en forma horizontal; con la finalidad de desarrugar las zonas de la rodilla para arriba.

#### 4.3.3.8 Planchado del tipo 2

Para el tipo 2, la prenda es puesta en orientación vertical; con la finalidad de planchar el largo de toda la zona de las piernas.

#### 4.3.3.9 Acabado

Al finalizar los procesos productivos se inicia el conteo de las prendas salientes y se corrobora con la cantidad de prendas que ingresaron. Durante ese proceso de conteo se realiza una inspección rápida de los pantalones, además el doblado de

las prendas por la mitad y su empaquetamiento de 10 en 10 con pábilo. Si se encuentra alguna falla igual es enviado. Finalmente se deja en la mesa de despacho ya contabilizadas para su traslado en la minivan.

#### 4.3.4 VSM actual e identificación de los desperdicios

Para obtener un correcto VSM se debe seguir sistemáticamente etapas, la primera inicia con la identificación de la familia de productos, la cual puede ser escogida por diferentes criterios (tipo de producto, mercado, clientes, volumen de venta, tipo de proceso, características de productos, etc.); luego la segunda etapa, consiste en mapear el estado actual de la empresa.

##### 4.3.4.1 Definir la familia de productos a analizar.

Para la elección del flujo a analizar se consideraron los siguientes criterios:

- **Tipo de servicio (Volumen de ventas)**

El primer criterio para delimitar la familia de productos ha sido el volumen de ventas. El servicio de “lavado + teñido” representa el 77.93% (en volumen de ventas) de prendas procesadas de este servicio con respecto al total. Por lo tanto, el enfoque será únicamente en este servicio.

- **Tipo de productos**

Para identificar la macro familia de productos dentro del servicio de lavado y teñido, se analizará el criterio “tipo de productos”, en donde cada familia la pueden conformar productos de la misma gama, línea o tipo.

En esta investigación se identificaron seis macro familias en donde cada una posee diversos productos que varían por material, el color de teñido y modelo.

Tabla 16: Macro familia por línea de productos Ene 2015 – Feb 2016

Macro familia	Cantidad de prendas (unid.)	Monto total (S/.)
Pantalones	23306	77765
Bermudas	22921	64978.6
Faldas	6545	13334.6
Sniker/chavos	477	1335.6
Ojal	1504	1670.2
Atraque	1154	243.18

Elaboración propia

- **Para escoger la macro familia a evaluar se tuvo en cuenta el volumen de prendas y su impacto económico en la empresa.**

Se puede observar en la tabla 16 que la familia de bermudas son los que se procesan en mayor cantidad; sin embargo, en términos monetarios ocupan el segundo lugar; en el caso de los pantalones, ocupan en cantidad el segundo lugar por un margen de 1.68%, pero son los que, finalmente, generan mayor

impacto económico. Por tanto, se concluye que la familia de productos a analizar es la compuesta por la variedad de modelos, materiales y colores de la línea de **pantalones**.

- **Se tuvo en cuenta la familia de productos que poseen mayor cantidad de reprocesos, reclamos y fallas.**

Paralelamente al análisis por tipo de producto y volumen de ventas, se procedió a identificar las macro familias con mayor tasa de fallas, es decir aquellas que tienen mayor cantidad devoluciones y reprocesos. En la tabla 17, se visualizan las cantidades de prendas falladas por macro familia. Cabe detallar que las prendas reprocesadas son aceptadas finalmente por el cliente, después que el producto ha sido nuevamente teñido; mientras que una prenda devuelta no tiene solución con el reproceso, probablemente ha sido dañada externamente durante el proceso productivo por rotura o desgaste; para este caso, el cliente hace uso de su derecho de devolución de dinero.

Tabla 17: Cantidad mensual de prendas falladas

Prendas falladas mensualmente			
Macro familia	Cantidad de reprocesos (unid.)	Cantidad de devoluciones (unid.)	Monto total de devolución (S/.)
Pantalones	2620	9	S/.270.00
Bermudas	1750	5	S/.132.00
Faldas	0	0	S/.0.00
Sniker/chavos	1350	0	S/.0.00
Ojal	0	0	S/.0.00
Atraque	0	0	S/.0.00

Elaboración propia

Cuando las prendas son devueltas, se pintan de negro con la finalidad de ser vendidas como saldo, mediante esta práctica se pretende contrarrestar el costo de las devoluciones. Cabe señalar que, de acuerdo al criterio de tasa de fallas, la macro familia escogida son los pantalones.

Después de analizar cada uno de los criterios, la macro familia evaluada en el VSM actual serán **los pantalones de diversos materiales, colores y modelos dentro del servicio de lavado y teñido**.

#### 4.3.4.2 Métricas del VSM

Dentro del VSM se han desarrollado y tenido en cuenta los siguientes indicadores:

- **Tiempo de cambio de producto (TCP):** Es la cantidad de tiempo que toma adaptarse al cambio de un producto y reemplazarlo con otro que cumpla con las mismas especificaciones. Durante la elaboración del VSM se observó que

las operaciones de siliconado, pretinado, planchado 1, planchado 2 son los que demandan un mayor tiempo de cambio; debido a que se debe de limpiar las máquinas para que no manche a la nueva prenda debido al cambio de color o tipo de tela, a la vez los operarios se retiran a asear sus manos y brazos para no manchar el nuevo producto. Ver tabla 18.

Tabla 18: Tiempo de cambio de producto en segundos (TCP)

Área / Proceso	Operaciones	TCP (s)
Secado	Siliconado	257
Planchado	Pretinado	822
	Planchado 1	1534
	Planchado 2	1757

Elaboración propia

- **Tiempo de funcionamiento (TF):** Es la disponibilidad de los equipos que indica la probabilidad de que una máquina esté funcionando o lista para funcionar. Según Juanes (2005), la disponibilidad se calcula a partir de la confiabilidad (R) y la mantenibilidad (M). La primera definida por la probabilidad de la máquina en realizar sus funciones satisfactoriamente en un determinado periodo de tiempo. Mientras que la mantenibilidad se define como la probabilidad de la máquina en ser reparada en un periodo de tiempo. Actualmente las máquinas usadas se encuentran en correcto funcionamiento. Sin embargo, la caldera presenta fallas periódicas generando paradas, ver tabla 19.

Tabla 19: Frecuencia de fallas de la caldera

N.º	Falla	Duración de falla (días)	Tiempo de reparación (días)
Semana 1			
Semana 2			
Semana 3	x	2	0.5
Semana 4			
Semana 5			
Semana 6			
Semana 7			
Semana 8			
Semana 9			
Semana 10	x	1	0.5
Semana 11			
Semana 12			
Semana 13			
Semana 14	x	1	0.5
Semana 15	x	1	0.5
Semana 16			
Semana 17			
Semana 18			
Semana 19			
Semana 20	x	1	0.5
Total	5	6	2.5

Elaboración propia

- MTBF: Tiempo total de operación/N.º de fallas
- MTTR: Tiempo total para restaurar/N.º de fallas



- Disponibilidad:  $MTBF/(MTBF+MTTR)$

Tabla 20: Disponibilidad de las máquinas

<b>MTBF (horas/falla)</b>	226.8
<b>MTTR (horas/repación)</b>	13.2
<b>Disponibilidad</b>	94.50%

Elaboración propia

En la tabla 20 se puede observar que la disponibilidad de la caldera es de un 94.50% por lo tanto la disponibilidad de las máquinas de la zona de lavandería y teñido será de 94.50%, se puede realizar la siguiente afirmación debido a que durante el estudio realizado no se encontraron paradas de máquinas que sean independientes del funcionamiento de la caldera.

- **Set up de las máquinas:** Se ha identificado que el tiempo de preparación de la caldera, es decir el tiempo que toma prender, calentar y llenar de combustible, es de 60 minutos aproximadamente. Además, el tiempo de preparación de las máquinas varían entre media a una hora, cada una es realizada como actividades en paralelo.
- **Tiempo disponible (TD):** Es la cantidad de tiempo disponible durante el turno de trabajo sin considerar la hora de almuerzo, reuniones, descanso entre otros. Para el presente estudio se consideraron las siguientes premisas
  - El turno de trabajo es de 11 horas de lunes a viernes y sábados de 5 horas.
  - El tiempo de refrigerio es de 1 hora de lunes a viernes.
- **Cantidades y días de inventario:** La presente definición hace referencia a la cantidad de días y cantidad de productos que se encuentran en espera para ser procesadas. Dentro de la organización existen elevados y varios puntos de almacenamiento en proceso debido a los cuellos de botella generados por las operaciones. De la tabla 21 se desprende la cantidad de prendas en inventario y se halla la cantidad de los días de inventario en la estación de lavado, con mayor índice de días con 0.72 día. Bajo el mismo criterio se hallaron los días de inventario de las estaciones restantes.

Tabla 21: Días en inventario en el área de lavado

Modelo de prenda de vestir	Cantidad de prendas en espera	Prendas/día	Días en inventario
Pantalón drill negro caballero modelo clásico	900	<b>Demanda diaria:</b> 2040 prendas (incluye prendas en reproceso)	1460/2040
Pantalón jean celeste caballero modelo clásico	360		<b>0.72 días</b>
Pantalón jean negro grafito caballero modelo clásico	200		
<b>Total</b>	<b>1460</b>		

Elaboración propia.

- **Tiempo de valor agregado (VA):** Es la cantidad de tiempo que agrega valor a tu producto de acuerdo al requerimiento del cliente. En esta ocasión el tiempo de valor agregado es de 10265.812 segundos que son 2.85 horas.
- **Lead time (LT):** Por otro lado, se tiene el tiempo total desde que los proveedores traen los insumos hasta la salida del producto, denominado lead time. En el presente estudio se tiene que el lead time es de 2.276 días, mucho mayor al tiempo que agrega valor al producto.

#### 4.3.4.3 Cálculo del Tack time y Pitch time

Se han identificado los indicadores que se muestran en el VSM actual y con los que se procederá a calcular el Tack time.

El **Tack Time (TT)** es la velocidad con la que el cliente demanda las prendas lavadas y teñidas, es decir es el ritmo al que la planta debe trabajar (personas, máquinas, flujo, etc.).

A continuación, se muestra su cálculo:

$$\text{Turno de trabajo: } 11\text{horas} \times 60\text{min} \times 60\text{s} = 39600\text{s}$$

$$\text{Refrigerio: } 1\text{hora} \times 60\text{min} \times 60\text{s} = 3600\text{s}$$

$$\text{Tiempo set up: } 60\text{min} \times 60\text{s} = 3600\text{s}$$

$$\text{Tiempo de producción disponible: } 39600 - (3600 + 3600) = 32400$$

Entonces, el **tiempo de producción disponible es 32400 segundos por día** dentro de semana, para el caso de los sábados son 5 horas laborales es decir **18000 segundos**. A continuación, se obtendrá el tiempo disponible por semana, recordemos que se trabaja los días sábados solo hasta el mediodía:

$$\text{Demanda promedio diario} = 2040 \frac{\text{prendas}}{\text{diario}}$$

Finalmente, el tiempo Tack time será calculado como:

$$\text{Tack Time (TT): } \frac{32400}{2040} = 15.88 \frac{\text{seg}}{\text{prenda}}$$

Se concluye que el cliente está comprando pantalones jean y drill teñidos a un ritmo de 15.88 segundos.

Actualmente la organización envía las prendas en paquetes (10 en 10) atados con rafias. Esta modalidad ha sido adquirida a solicitud de los clientes.

El **Pitch Time (PT)** es el tiempo en el cual los clientes demandan el lote estándar o los paquetes estándar del producto. Este indicador es una cantidad de piezas por unidad de tiempo, basado en el Tackt time, es decir es el Tackt time de las cantidades de unidades en un paquete o lote estándar de despacho.

El pitch time se calcula como:  $TT \times Cant. de prendas = PT$

De acuerdo a los datos obtenidos y reemplazando en la formula anterior, se concluye que:

**Pitch Time (PT):**  $15.88 \times 10 = 158.8 \text{ segundos}$

Por lo tanto, el tiempo solicitado por los clientes es de 158.8 segundos para cada paquete (1 paquete = 10 prendas) de pantalones lavados y teñidos en tela jean o drill en tonalidades oscuras.

Cabe recordar que el análisis precedente fue realizado en los meses pico de producción (mayo, julio, noviembre, diciembre)

#### 4.3.4.4 Capacidad de la planta

Durante el estudio se evidenció que el lavado y teñido de una prenda jean toma mayor tiempo en comparación que una prenda drill, debido a su peso; lo que genera que las cantidades manejadas en un lote de prendas jean sea menor que un lote de prendas drill. En la tabla 22 y 23, se muestra la capacidad de planta para la línea de pantalones jean y drill. La menor capacidad indicará el cuello de botella en su respectiva línea.

Cabe detallar que, para las operaciones manuales, los tiempos se mantienen iguales entre ambos tipos de prendas.

Tabla 22: Capacidad de la planta familia pantalones – tipo: jean

Pantalón tela jean									
N.º	Descripción de operación	T. estándar (s/pr.)	T. estándar final (s/pr.)	T. estándar (h/pr.)	T. estándar (pr./h)	N.º pr.	Capacidad (pr./h)	T. disp. (h)	Capacidad por turno (prendas/turno)
1	Conteo de prendas	0.67	0.67	0.0002	5397.30	1	5397.30	10	53973.01
2	Cerrado de cierre	0.83	0.83	0.0002	4326.92	1	4326.92	10	43269.23
3	Lavado	73.68	14.74	0.0041	244.29	1	244.29	10	2442.86
4	Centrifugado	20.57	10.29	0.0029	350.00	1	350.00	10	3500.00
5	Secado	52.29	13.07	0.0036	275.41	1	275.41	10	2754.10
6	Ordenado	0.86	0.86	0.0002	4176.33	1	4176.33	10	41763.34
<b>7</b>	<b>Pretinado</b>	<b>39.43</b>	<b>19.72</b>	<b>0.0055</b>	<b>182.58</b>	<b>1</b>	<b>182.58</b>	<b>10</b>	<b>1825.84</b>
8	Planchado 1	39.25	19.62	0.0055	183.46	1	183.46	10	1834.60
9	Planchado 2	32.93	16.47	0.0046	218.63	1	218.63	10	2186.29
10	Doblado	16.20	16.20	0.0045	222.22	1	222.22	10	2222.22

Elaboración propia

Las operaciones sombreadas son aquellas que varían de acuerdo al tipo de material de la prenda y su respectivo peso; por otro lado, el resto de operaciones poseen ratios independientes del peso de la prenda.

Para el caso de los jeans la cantidad de operaciones son en total 10; mientras que para el drill suman un total de 12.

Tabla 23: Capacidad de la planta familia pantalones – tipo: drill

Pantalón tela drill									
N.º	Descripción de operación	T. estándar (s/pr.)	T. estándar final (s/pr.)	T. estándar (h/pr.)	T. estándar (pr. /h)	N.º pr.	Capacidad (pr. /h)	T. disp. (h)	Capacidad por turno (prendas/turno)
1	Conteo de prendas	0.67	0.67	0.0002	5397.30	1	5397.30	10	53973.01
2	Cerrado de cierre	0.83	0.83	0.0002	4326.92	1	4326.92	10	43269.23
3	Lavado	56.00	11.20	0.0031	321.43	1	321.43	10	3214.29
4	Centrifugado	11.25	5.63	0.0016	640.00	1	640.00	10	6400.00
5	Secado	33.60	8.40	0.0023	428.57	1	428.57	10	4285.71
6	Vertido de prenda	8.51	8.51	0.0024	423.03	1	423.03	10	4230.32
7	Siliconado	47.14	11.79	0.0033	305.45	1	305.45	10	3054.55
8	Ordenado	0.86	0.86	0.0002	4176.33	1	4176.33	10	41763.34
9	<b>Pretinado</b>	<b>39.43</b>	<b>19.72</b>	<b>0.0055</b>	<b>182.58</b>	<b>1</b>	<b>182.58</b>	<b>10</b>	<b>1825.84</b>
10	Planchado 1	39.25	19.62	0.0055	183.46	1	183.46	10	1834.60
11	Planchado 2	32.93	16.47	0.0046	218.63	1	218.63	10	2186.29
12	Doblado	16.20	16.20	0.0045	222.22	1	222.22	10	2222.22

Elaboración propia

En conclusión, de acuerdo a lo analizado, la capacidad de la planta es de **1825.84 prendas/turno**, marcada por el cuello de botella de la operación de pretinado.

Tabla 24: Comparación entre TT y Capacidad

Tackt Time (TT)	Cuello de Botella
15.88 s/prenda	19.72 s/prenda

Elaboración propia

Según la tabla 24, los clientes solicitan prendas a un ritmo de 15.88 segundos; sin embargo, la planta tiene la capacidad para procesar las prendas a un ritmo de 19.72 segundos por prenda. Esto refleja que la planta no tiene la capacidad para cumplir con los pedidos a tiempo. Por otro lado, la planta no aprovecha su capacidad al máximo por las mala prácticas y falta de personal capacitado.

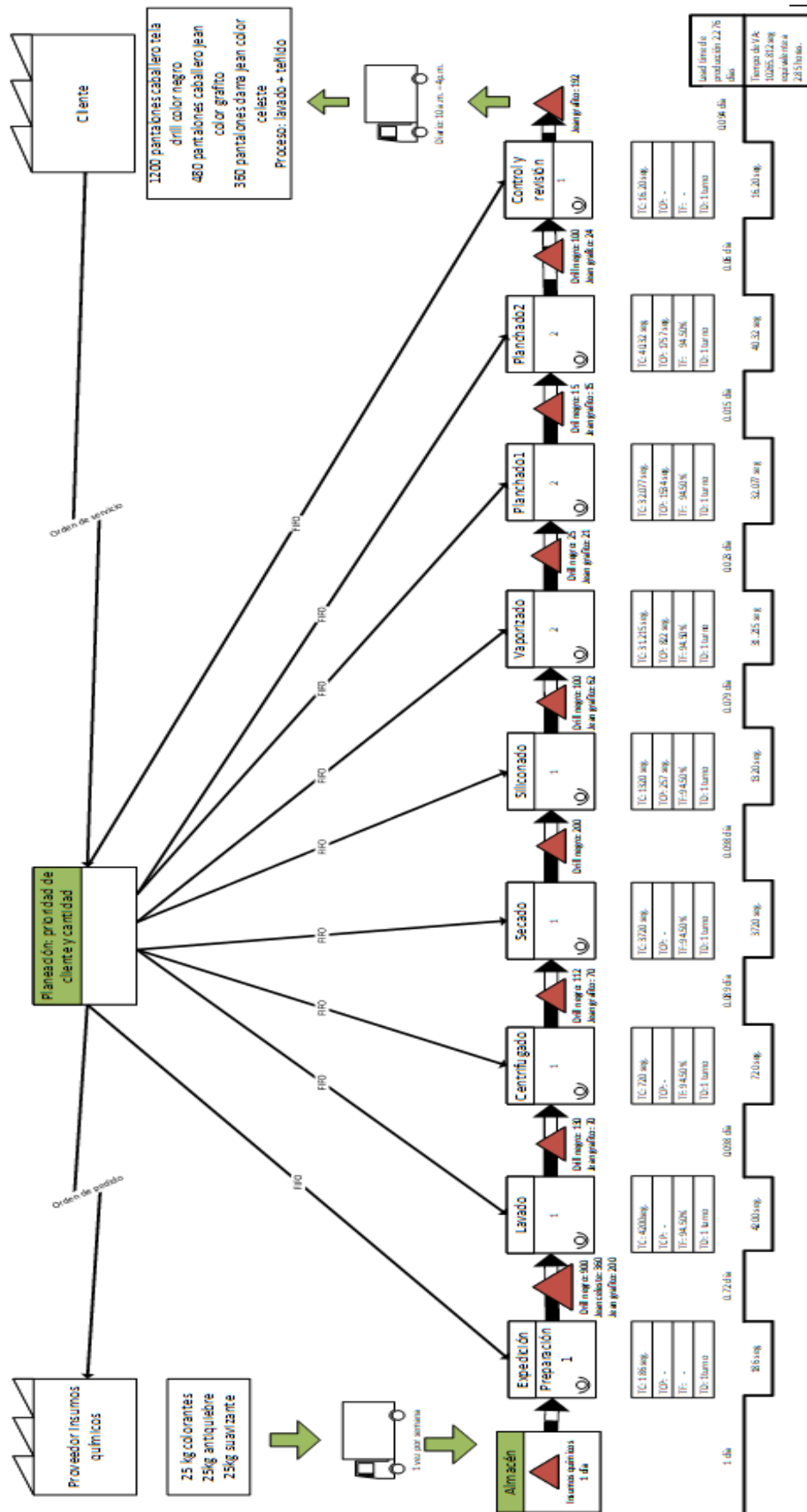


Figura 25: VSM Actual  
Elaboración propia



#### 4.3.4.5 Priorización de desperdicios

Para controlar o eliminar las operaciones que no agregan valor en el servicio de “lavado + teñido” se evaluará cada uno de los tipos de mudas. En el desarrollo del VSM, ver figura 25, se evidencian claros **inventarios en procesamiento** siendo los más elevados en el área de lavado, secado, siliconado y centrifugado.

Paralelamente al mapeo se ha podido observar que dentro del área de lavado existen **movimientos innecesarios** que no generan valor al producto, evidenciados en la manipulación de las lavadoras, debido a que los operarios deben estar continuamente subiendo y bajando de una mesa para vigilar el proceso y vaciar los ingredientes. Además, debido a los errores del personal, bajos controles de calidad (casi nulos), entre otros se tienen una elevada cantidad de **reprocesos**, quejas y reclamos por parte los clientes.

En la tabla 25 se muestran los desperdicios relevantes y se han identificado por proceso.

Tabla 25: Desperdicios por proceso

Procesos Desperdicios	Lavado	Centrifugado	Secado	Pretinado	Planchado	Acabado
Espera		x				x
Procesamiento Inadecuado				x	x	
Inventarios	x	x	x	x	x	x
Movimientos Innecesarios	x			x	x	
Reprocesos	x	x	x	x	x	

Elaboración propia

Para establecer las prioridades principales de los desperdicios que impactan en mayor magnitud a la organización se realizará un diagrama Pareto. La tabla 26 muestra una tabla resumen de las frecuencias de los desperdicios por procesos.

Tabla 26: Frecuencia de desperdicios por proceso

Procesos Desperdicios	Frecuencia	Frecuencia acumulada	% Acumulado
Inventarios	7	7	31.82%
Reprocesos	6	13	59.09%
Movimientos Innecesarios	4	17	77.27%
Procesamiento Inadecuado	3	20	90.91%
Espera	2	22	100.00%

Elaboración propia

De esta información se desprende que los principales desperdicios a controlar son los inventarios en procesamiento que representa el 31.82% de los desperdicios totales. El segundo desperdicio que debe ser controlado son los reprocesos que son el 59.09% de los desperdicios totales.

Para la realización del VSM se usó como metodología de trabajo una observación continua a cada uno de las operaciones en diferentes días, luego una entrevista con los trabajadores y el ingeniero de planta.

En el anexo N°5 se muestra el diagrama de operaciones.

#### **4.3.5 Aplicación de los 5 ¿por qué?**

Como se ha identificado anteriormente los desperdicios prioritarios son los inventarios en procesamiento y los reprocesos. A continuación, se analizarán sus causas.

Inventarios en el proceso: En la figura 26 se muestran la variedad de causas raíces que desencadenan la abundancia de prendas en la línea de producción.

Reprocesos: En la figura 27 se muestran las causas raíces que generan reprocesos y reclamos por partes de los clientes.

- Inventarios en procesamiento: En el proceso de lavado y teñido existe una desincronización total de la producción y de las estaciones de trabajo, debido a que no existe una programación de la producción, falta criterio de atención de pedidos, ni la disposición de los recursos, asimismo existe un desorden en la línea de producción.
- Reprocesos: Se sabe que la mayoría de los reprocesos suceden por la falta de limpieza en la planta que origina errores en la identificación de materiales y malas mediciones, además el desorden en la línea de producción origina confusión en los pedidos de los clientes. La falta de conocimiento de los procesos productivos y la falta de motivación en los operarios, también repercute en la calidad del producto.

El diagnóstico explicado anteriormente servirá para la elaboración de unas adecuadas propuestas de mejora que serán desarrolladas en el siguiente capítulo. La tesis pretende proponer mejoras con un positivo impacto económico, evaluado en el capítulo 6.

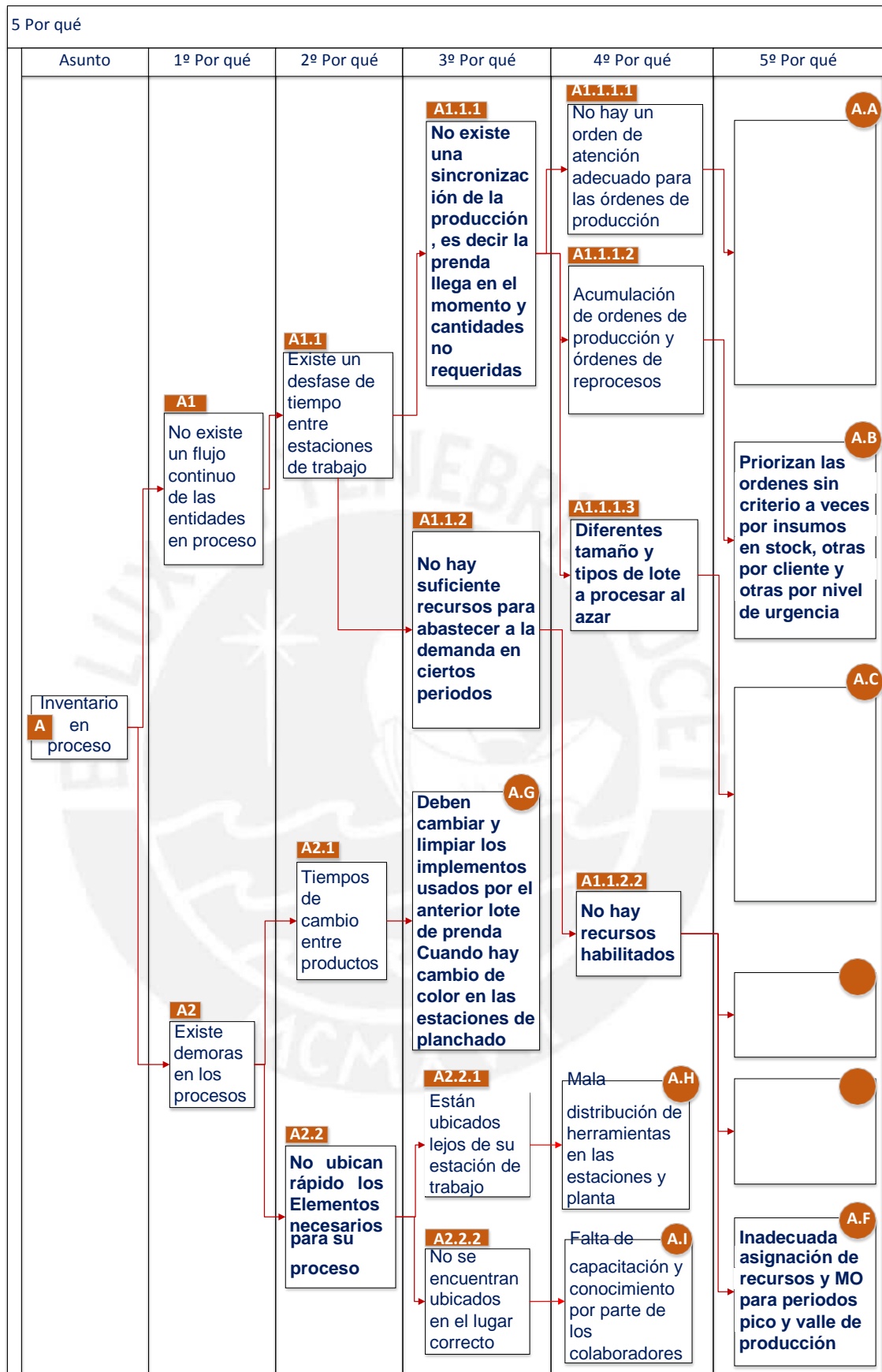


Figura 26: Aplicación de los 5 por qué para los inventarios en proceso.  
Elaboración propia

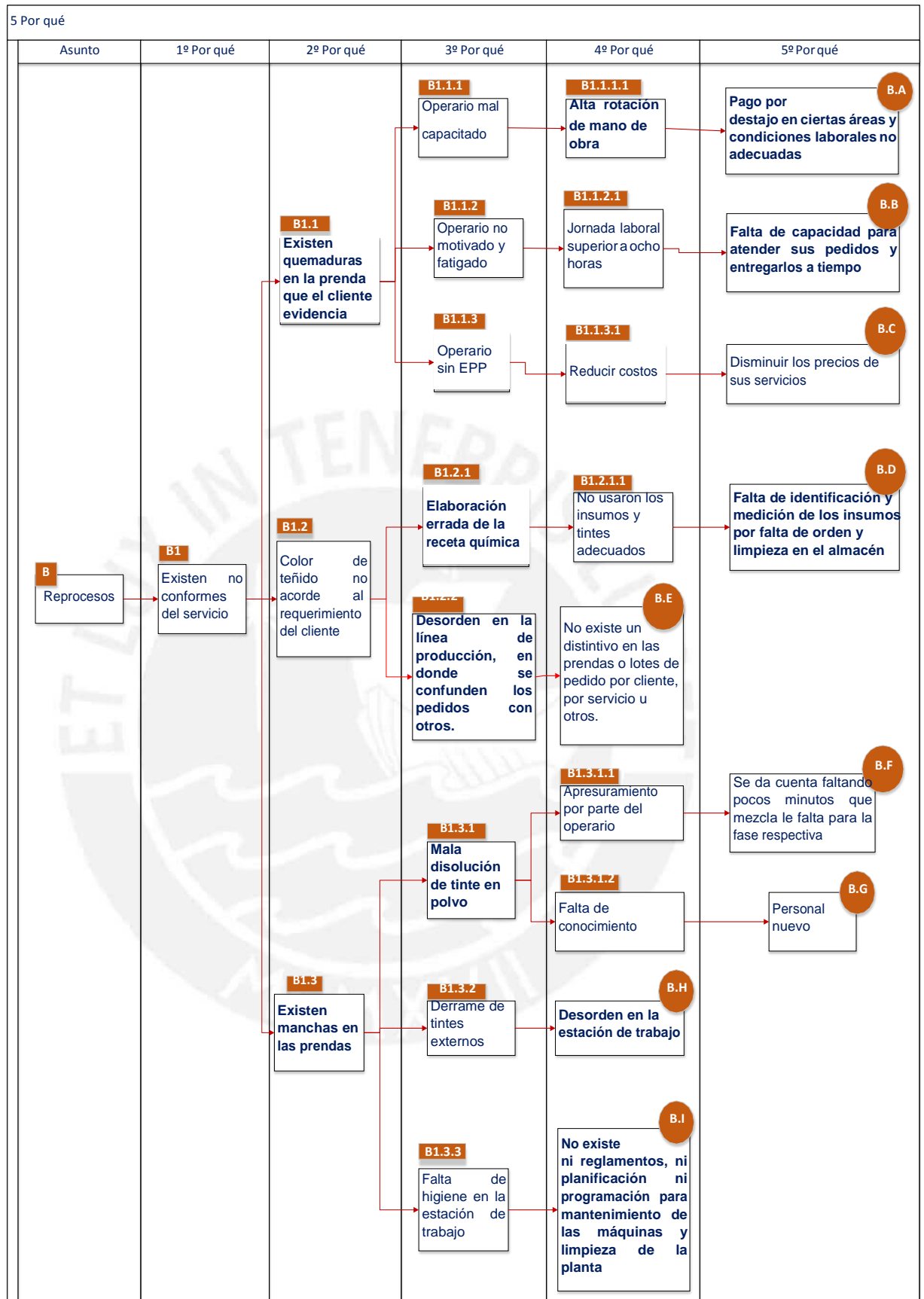


Figura 27: Aplicación de los 5 por qué para los reprocesos Elaboración propia.

## CAPITULO 5: PROPUESTAS DE MEJORA

Las oportunidades de mejora integrales desarrolladas más adelante pretenden ser de fácil aplicabilidad y bajo costo. Para que una Pyme pueda desarrollarse y llegue a ser una empresa madura debe orientarse en su organización, en las personas y en los procesos.

En la tabla 27 se muestran las oportunidades de mejora a desarrollar para cada uno de los problemas identificados

Tabla 27: Problema vs. Oportunidad de mejora

Código	Problema	Oportunidades de mejora
A.A	- No existe una programación de la producción por parte de la administración, que permita visualizar su trabajo diario a realizar para los colaboradores	A.A - A.B Tablero de gestión visual
A.B	- Priorizan las ordenes sin criterio a veces por insumos en stock, otras por cliente y otras por nivel de urgencia	
A.C	- Se procesan prendas de acuerdo a la capacidad de diseño de todas las máquinas y de acuerdo al tamaño global del pedido del cliente	A.C - A.F - B.B Modelo "tamaño de lote óptimo en las estaciones de trabajo"
A.F	- Inadecuada asignación de recursos y MO para periodos pico y valle de producción.	
B.B	- Falta de capacidad para atender sus pedidos y entregarlos a tiempo	
A.D	- Falta de mantenimiento	A.D - A.H - A.I - B.D - B.H - B.I 5S
A.H	- Mala distribución de herramientas en las estaciones y planta.	
A.I	- No se encuentran ubicados en el lugar correcto	
B.D	- Falta de identificación y medición de los insumos por falta de orden y limpieza en el almacén	
B.H	- Desorden en la estación de trabajo	
B.I	- No existe ni reglamentos, ni planificación ni programación para mantenimiento de las máquinas y limpieza de la planta	
A.G	- Deben cambiar y limpiar los implementos usados por el anterior lote de prenda	A.G - A.J - B.D - B.E - B.F Kaizen
A.J	- Cada una trabaja independiente sin darse en cuenta el lote del producto en línea, mezclan ordenes de trabajo con la finalidad de producir más rápido	
B.D	- Falta de identificación y medición de los insumos por falta de orden y limpieza en el almacén	
B.E	- No existe distintivo en las prendas o lotes de pedido por cliente, servicio u otro.	
B.F	- Se da cuenta faltando pocos minutos que mezcla le falta para la fase respectiva	

Elaboración propia.

1. **Organización:** El enfoque de este pilar está delimitado por la gestión estratégica. Se recomienda que las Pymes elaboren un plan estratégico, establezcan una visión y acorde a ello desarrollen actividades estratégicas que permitan alcanzar objetivos.
2. **Personas:** Los colaboradores de toda organización son la base del crecimiento de la empresa, por lo tanto, un adecuado clima laboral, adecuados beneficios y



un ambiente laboral ergonómico y seguro fomenta el compromiso de los trabajadores para su labor. Así mismo, forman una adecuada sinergia entre las necesidades socio-psicológicas y técnicas de los colaboradores orientadas a las metas de la organización generando mejoras en la calidad de vida en el trabajo. Una de las metodologías que aborda la integración entre los sistemas técnicos y sociales es el sistema de enfoque socio técnico (G. Fischer y Herman, 2011).

- 3. Procesos:** Las Pymes deben avocar parte de su esfuerzo en obtener procesos productivos óptimos, eficientes, ergonómicos y seguros con la finalidad de que puedan desarrollar, a largo plazo, un flujo continuo de materiales, información y personas, lo que caracteriza a una industria de clase mundial (WCM: World Class Mundial).

## 5.1 Modelo para tamaño de lote óptimo en las estaciones de trabajo.

Tal como se evidencio en el diagnóstico existe una elevada cantidad de inventarios en proceso. Mediante la programación lineal se calculará la cantidad de lotes óptimos en cada una de las estaciones con la finalidad de planificar la producción por turno, evaluar la disponibilidad de las máquinas para procesar otro tipo de prendas y no generar atoramientos en la cadena productiva a lo largo de la jornada laboral. En el anexo N°6, se muestra el flujo actual y las maquinas en funcionamiento.

El modelo propuesto considera habilitar una secadora, un vaporizador y adquirir dos planchas adicionales.

Sean las siguientes variables a usar en el modelo:

Variables de decisión:

Xip: Número de lotes a procesar del tipo de prenda "p" en la lavadora "i". Donde "i" = 1, 2, 3, 4, 5.

Yjp: Número de lotes a procesar del tipo de prenda "p" en la centrifugadora "j". Donde "j" = 1, 2.

Zkp: Número de lotes a procesar del tipo de prenda "p" en la secadora "k". Donde "k" = 1, 2, 3, 4, 5.

Sea "p" definido como: 1 = jean, 2 = drill.

Sean los siguientes parámetros en las tablas 28 y 29 respectivamente:

Tabla 28: Tamaño de lote (unidades)

	1=jean	2=drill
$TL_1$	75	100
$TL_2$	40	50
$TL_3$	150	200
$TL_4$	40	50
$TL_5$	75	100
$TC_1$	75	100
$TC_2$	150	200
$TS_1$	75	100
$TS_2$	150	200
$TS_3$	75	100
$TS_4$	75	100
$TS_5$	75	100

Elaboración propia

Tabla 29: Velocidad (s/unidad)

	VX	VY	VZ	VS	VV	VP1	VP2
1=jean	73.68	20.57	52.29		39.43	39.25	32.93
2=drill	56	11.25	33.60	47.14	39.43	39.25	32.93

Elaboración propia

Capacidad (horas): 10 horas.

La demanda diaria ha sido tomada como dato del VSM:

Demanda jean: 840

Demanda drill: 1200

La función objetivo del modelo es maximizar la cantidad de lotes en cada uno de los procesos (1).

$$\text{Max} (\sum_{i=1}^5 \sum_{p=1}^2 X_{ip} + \sum_{j=1}^2 \sum_{p=1}^2 Y_{jp} + \sum_{k=1}^5 \sum_{p=1}^2 Z_{kp}) \quad (1)$$

La restricción de igualdad entre prendas de ingresadas y salientes de una estación a otra (2), (3), (4) y (5).

$$\sum_{i=1}^5 TL_{ia} \times X_{ia} \leq \sum_{i=1}^5 TC_{ia} \times Y_{ia} \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^5 TL_{ib} \times X_{ib} \leq \sum_{i=1}^5 TC_{ib} \times Y_{ib} \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^2 TC_{ia} \times Y_{ia} \leq \sum_{i=1}^5 TS_{ia} \times Z_{ia} \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^2 TC_{ib} \times Y_{ib} \leq \sum_{i=1}^5 TS_{ib} \times Z_{ib} \quad (5)$$

Restricción delimitada por la demanda de los clientes (6) y (7).

$$\sum_{i=1}^5 Z_{ia} \times TS_{ia} \leq \text{Demanda}_a \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^5 Z_{ib} \times TS_{ib} \leq \text{Demanda}_b \quad (7)$$

Restricción delimita por la capacidad de cada una de las estaciones, condicionada a su velocidad por estación, tamaño de lote a procesar y el número de lotes.

Estación de lavado: (8), (9), (10), (11) y (12).

$$\sum_{p=a}^b VX_p \times TL_{1p} \times X_{1p} \leq 3600 \times CT \quad (8)$$

$$\sum_{p=a}^b VX_p \times TL_{2p} \times X_{2p} \leq 3600 \times CT \quad (9)$$

$$\sum_{p=a}^b VX_p \times TL_{3p} \times X_{3p} \leq 3600 \times CT \quad (10)$$

$$\sum_{p=a}^b VX_p \times TL_{4p} \times X_{4p} \leq 3600 \times CT \quad (11)$$

$$\sum_{p=a}^b VX_p \times TL_{5p} \times X_{5p} \leq 3600 \times CT \quad (12)$$

Estación de centrifugado: (13) y (14)

$$\sum_{p=a}^b VY_{1p} \times TC_{1p} \times Y_{1p} \leq 3600 \times CT \quad (13)$$

$$\sum_{p=a}^b VY_{2p} \times TC_{2p} \times Y_{2p} \leq 3600 \times CT \quad (14)$$

Estación de secado: (15), (16), (17) y (18)

$$\sum_{p=a}^b (VZ_p) \times (TS_{1p} \times Z_{1p}) + (VS_b) \times (TS_{1b} \times Z_{1b}) \leq 3600 \times CT \quad (15)$$

$$\sum_{p=a}^b (VZ_p) \times (TS_{2p} \times Z_{2p}) + (VS_b) \times (TS_{2b} \times Z_{2b}) \leq 3600 \times CT \quad (16)$$

$$\sum_{p=a}^b (VZ_a) \times (TS_{3a} \times Z_{3a}) + (VS_b) \times (TS_{3b} \times Z_{3b}) \leq 3600 \times CT \quad (17)$$

$$\sum_{p=a}^b (VZ_a) \times (TS_{4a} \times Z_{4a}) + (VS_b) \times (TS_{4b} \times Z_{4b}) \leq 3600 \times CT \quad (18)$$

Estación de vaporizado y planchado: (19), (20) y (21)

$$(VV/3) \times (\sum_{p=a}^b \sum_{i=1}^5 TS_{ip} \times Z_{ip}) \leq 3600 \times CT \quad (19)$$

$$(VP1/3) \times (\sum_{p=a}^b \sum_{i=1}^5 TS_{ip} \times Z_{ip}) \leq 3600 \times CT \quad (20)$$

$$(VP2/3) \times (\sum_{p=a}^b \sum_{i=1}^5 TS_{ip} \times Z_{ip}) \leq 3600 \times CT \quad (21)$$

A continuación, la figura 28 muestra la programación del modelo matemático detallado líneas arriba en el software AMPL y desarrollado en el solver cplex.

```

set LAV:= 1.5; #i
set VP:= 1.3; #j
set CEN:= 1.2;
set SECADORA:= 1.5; #k
set PRENDA:= 1.2; #p
var X {LAV, PRENDA} integer >= 0;
var Y {CEN, PRENDA} integer >= 0;
var Z {SECADORA, PRENDA} integer >=0;
param VX {PRENDA};
param VY {PRENDA};
param VZ {PRENDA};
param CT:= 10; #considerando 1 turno de trabajo rotativo;
param conversion:= 3600;
param TL {LAV, PRENDA};
param TC {CEN, PRENDA};
param TS {SECADORA, PRENDA};
param VS:= 47.14;
param VV:= 39.43;
param VP1:= 39.25;
param VP2:= 32.93;
param DEMAN {PRENDA};

#Función objetivo maximizar PRODUCCIÓN DE LOTES;
maximize produccion:
sum {i in LAV, p in PRENDA} X[i,p] + sum {j in CEN, p in PRENDA} Y[j,p] +
sum {k in SECADORA, p in PRENDA} Z[k,p];

#Restricción de demanda;
subject to DEMANDA {p in PRENDA}:
sum {k in SECADORA} Z[k, p]*TS[k,p]<=DEMAN[p];

#Balanceo de nodos;
subject to BALANCE1 {p in PRENDA}:
sum {i in LAV} TL[i,p]*X[i,p] = sum {j in CEN} TC[j,p]*Y[j,p];

subject to BALANCE2 {p in PRENDA}:
sum {j in CEN} TC[j,p]*Y[j,p] <= sum {k in SECADORA} TS[k,p]*Z[k,p];

```

```

subject to BALANCE2 {p in PRENDA}:
sum {j in CEN} TC[j,p]*Y[j,p] <= sum {k in SECADORA} TS[k,p]*Z[k,p];

#Capacidad por horas totales de turno;
subject to CAPACIDAD_HORASL{i in LAV}:
sum {p in PRENDA} VX [p]*TL[i,p]*X[i,p] <= CT*conversion;

subject to CAPACIDAD_HORASC{j in CEN}:
sum {p in PRENDA} VY [p]*TC[j,p]*Y[j,p] <= CT*conversion;

subject to CAPACIDAD_HORASS{k in SECADORA}:
sum {p in PRENDA} VZ [p]*TS[k,p]*Z[k,p]
+ (VS)*TS[k,2]*Z[k,2] <= CT*conversion;

subject to CAPACIDAD_HORASV:
(VV/3)*sum {k in SECADORA, p in PRENDA} Z[k,p]*TS[k,p] <= CT*conversion;

subject to CAPACIDAD_HORASP:
(VP1/3)*sum {k in SECADORA, p in PRENDA} Z[k,p]*TS[k,p] <= CT*conversion;

subject to CAPACIDAD_HORASPP:
(VP2/3)*sum {k in SECADORA, p in PRENDA} Z[k,p]*TS[k,p] <= CT*conversion;

```

Figura 28: Programación en AMPL  
Elaboración propia.

En la tabla 30, se visualiza los resultados para un día de trabajo en donde se deban producir lotes de prendas jean como drill; después de realizar variaciones en el

modelo, se muestran los resultados de la cantidad de prendas y lotes a procesar por día de acuerdo al tipo de prenda.

Tabla 30: Resultados

Variable	Mixto	
<b>X</b>	Jean (1)	Drill (2)
1	6	0
2	0	12
3	0	0
4	0	12
5	5	0
<b>Y</b>	Jean (1)	Drill (2)
1	11	12
2	0	0
<b>Z</b>	Jean (1)	Drill (2)
1	3	3
2	0	0
3	5	2
4	3	3
5	0	4
<b>Total de prendas</b>	825	1200

Elaboración propia.

Tabla 31: Análisis de holguras

MIXTO		
Nombre de la restricción	Restricción	Holgura
Demanda (unidades)	Jean	15
	Drill	0
Capacidad de la estación lavadora (hrs.)	Lavadora 1	0.79
	Lavadora 2	0.67
	Lavadora 3	10
	Lavadora 4	0.67
	Lavadora 5	3.48
Capacidad de la estación centrifugado (hrs.)	Centr.1	1.54
	Centr.2	10
Capacidad de la estación secado (hrs.)	Secadora 1	0.0035
	Secadora 2	10
	Secadora 3	0.0068
	Secadora 4	0.0035
	Secadora 5	1.028
Capacidad de la estación vaporizado (hrs.)	Vap.1	0.87
	Vap.2	0.87
	Vap.3	0.87
Capacidad de la estación P1 (hrs.)	Plancha 1	0.88
	Plancha 2	0.88
	Plancha 3	0.88
Capacidad de la estación P2 (hrs.)	Plancha 1	1.28
	Plancha 2	1.28
	Plancha 3	1.28

Elaboración propia



De acuerdo a los resultados, si en un día se produjera tanto prendas drill como jean se tendrá un total de 2025 prendas.

Las holguras presentadas en cada uno de los modelos permiten evidenciar la estación crítica y también la cantidad de horas sobrantes en otras estaciones.

En la tabla 31 se observa las horas sobrantes de las máquinas, así como su disponibilidad. Existe una capacidad promedio del 9.6% no usada que será usado para la limpieza de las estaciones. La capacidad del sistema está delimitada por 2025 prendas, se realizó variaciones en la demanda tomando en cuenta un horizonte de tiempo de 10 horas, donde las máquinas a usar, según la tabla 32, son la siguientes:

Tabla 32: Variación de la demanda

DEMANDA DIARIA		MÁQUINAS											
		L1	L2	L3	L4	L5	C1	C2	S1	S2	S3	S4	S5
Jean	Drill												
825	500												
625	650												
825	0												
0	1200												
800	950												
100	1800												
1750	250												

Horizonte de tiempo: 10 horas

Elaboración propia.

Se evidencia que las máquinas como la lavadora N°3, centrifugadora N°2, secadora N°2 son las que con menor frecuencia se usan por tener gran capacidad de procesamiento. Estas lavadoras guardaran reposo o serán usadas en caso el servicio finalice en el secado y no sea necesario el proceso de vaporizado o planchado, que representan el cuello botella por ser una operación manual.

## 5.2 Implementación de las 5S's

Se implementará cada una de las "5S's" secuencialmente, de tal forma que para pasar a la siguiente "S" se deberá pasar por una evaluación; con la finalidad de validar su correcta aplicación.

### 5.2.1 Paso 1: Identificar las zonas 5S

A continuación, se presenta un Layout con las dos zonas, en dónde se identifican las áreas de aplicación 5S's, ver figura 29.



Figura 29: Identificación de zonas 5.  
Elaboración propia

Posteriormente, se procederá a preparar un tablero de gestión visual, ver figura 30, ubicado en el área B, sector oficina.

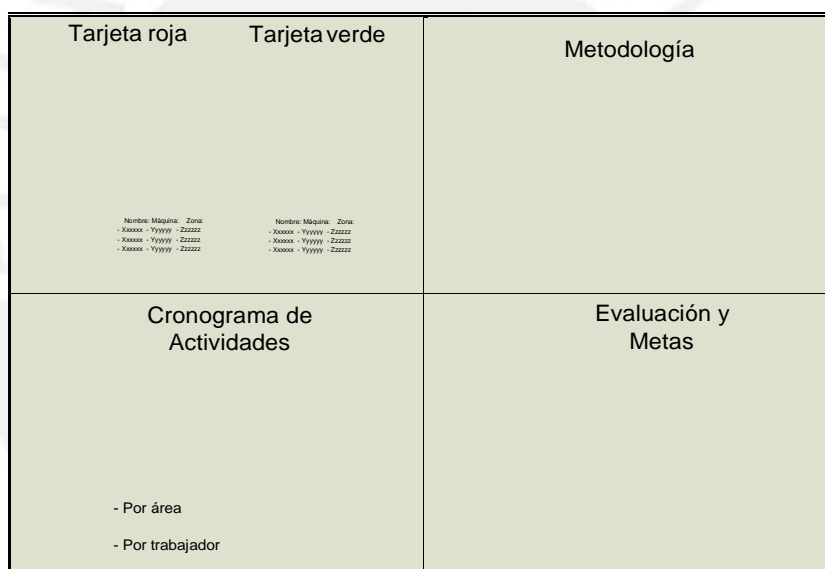


Figura 30: Tablero de gestión visual para las 5S.  
Elaboración propia

El tablero contará con 4 paneles; los cuales tendrán diferentes enfoques, el primero mostrará responsables por zona y/o máquina, el segundo enseñará la metodología y casos de éxito, el tercero ubicará el cronograma de actividades. Finalmente, el último expondrá indicadores, las metas y los objetivos.

### 5.2.2 Paso 2: Formar los equipos 5S

Se iniciará con la formación de equipos de trabajo liderados por el consultor junior en lean. Tal como se muestra en la figura 31, debajo de la gerencia se encuentran los auditores, quienes serán representados por el ingeniero de planta, el consultor,

gerente general y asistente de gerencia. Debajo de ellos se tiene al ingeniero de planta liderando a su equipo de operarios líderes.

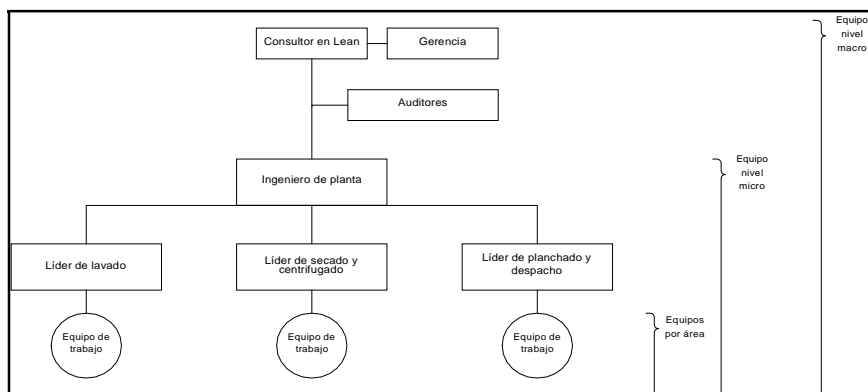


Figura 31: Organigrama de equipo de trabajo 5S.  
Elaboración propia

### 5.2.3 Paso 3: Seleccionar la zona piloto para la aplicación

La primera zona de aplicación será el almacén de materia prima, ya que es una zona crítica y de gran impacto. Posteriormente, se iniciará con la implementación de las 5S's en la zona productiva. Cabe resaltar que no todas las áreas de la zona productiva tendrán la misma intensidad en la aplicación de la herramienta.

### 5.2.4 Paso 4: Registrar la situación actual

La situación actual tanto para la zona de insumos y la zona productiva queda reflejada mediante fotografías mostradas en el anexo N°7

### 5.2.5 Limpieza profunda inicial + 5S

Se iniciará con una limpieza y luego el desarrollo de cada una de las fases.

#### 1.2.5.1 Limpieza Profunda

Cada zona estará a cargo de un operario líder y su equipo responsable. Ver anexo N°8 para la tabla de materiales necesarios para la limpieza.

Se habilitará en las oficinas administrativas, ubicadas en el segundo piso, un espacio para almacenar la mercadería procesada y sin procesar, mientras acabe la limpieza.

#### 1.2.5.2 Fase 1: Clasificar (Seiri)

Con respecto a esta fase se debe mantener lo necesario y desechar lo innecesario, para ello se desarrollará una tabla con los materiales por área y se evaluará su frecuencia de uso.

En el anexo N°9 se muestra la clasificación de objetos en el área de almacén de insumos en donde se ve que materiales ubicados en el almacén de insumos, se encuentran en mal estado, dañados, sucios, rotos, rajados, caducados y

descompuestos. Por lo tanto, los materiales que no tienen uso y los que no pueden ser recuperados deben ser retirados. Aquellos que si son de uso, pero se encuentran en mal estado, serán denunciados con una tarjeta roja para su acción correctiva. Paralelamente, la tarjeta también será usada para desechar productos que no puedan ser reparados o estén sin uso. El modelo de las tarjetas rojas, figura 32, están basadas en el libro de desperdicios y 5S's (Hiroyuki Hirano, 2009).

TARJETA ROJA		
Categoría:	1. Equipos 2. Plantillas y herramientas 3. Instrumentos de medición 4. Materiales 5. Partes 6. Inventario en proceso	7. Cuasi productos 8. Productos terminados 9. Cuasi materiales 10. Productos de oficina 11. Lapiceros, lapices, papeles, etc.
Nombre del producto:		
Nº Fabricación		
Cantidad:	Unidades:	Valor: S/.
Razón:	1. Innecesario 2. Defectuoso 3. Innecesario pronto	4. Material chatarra 5. Uso conocido 6. Otros
Eliminado por:	Zona/ Área/ Estación/ Otros:	
Método de eliminación	1. Descarte 2. Regreso 3. Mover a la zona de obser 4. Otros:	Eliminación completa: (FIRMA)
Fecha de hoy:	Fecha de observación:	Fecha de eliminación:
Nº de expediente de tarjeta roja:		

**Nombre del objeto:**  
\_\_\_\_\_

**Cantidad:**  
\_\_\_\_\_

**Fecha:**  
\_\_\_\_\_

**Razón:**  
\_\_\_\_\_

**Nº 00001**

Figura 32: Tarjeta roja básica  
Fuente: Hiroyuki Hirano (2009)

Durante la implementación de las 5S's, se usará las tarjetas rojas para clasificar y ordenar de manera rápida todos los elementos en buen y mal estado. Inicialmente se procederá a usar la tarjeta roja básica, para todos los elementos que se encuentren en malas condiciones y tengan como destino la zona de desecho; posteriormente durante las capacitaciones se explicará el uso de la tarjeta roja, con la finalidad de que no solo los elementos puedan ir al desecho sino también a una zona de reparación y otras observaciones a tener en la tarjeta. Paralelamente, se aperturará un file, donde se les dará un seguimiento a los elementos que serán observados y desechados en la tarjeta.

#### 1.2.5.3 Fase 2: Ordenar (Seiton)

Durante esta fase se le asignará un lugar a cada cosa dentro de su área, se debe tener en cuenta que los objetos de mayor frecuencia de uso deben estar a la vista del operario y bajo un orden específico; bajo estas condiciones, los operarios podrán ubicar rápidamente sus implementos, además mejorarán la imagen de su estación de trabajo. En el anexo N°10 se muestra la ubicación de objetos en donde cabe resaltar que ningún elemento de la zona de insumos será ubicado en espacios que obstaculicen el tránsito de las personas, tales como pasillos.

Por otro lado, respecto a la notación “colocar cerca de la persona” hace referencia a que la herramienta debe ser colocado dentro de su cinturón de herramientas para cosas pequeñas y para cosas grandes dentro de las gavetas habilitadas por máquinas. Para la notación “colocar cerca al área de trabajo” hace referencia que por estación de trabajo existirá una zona para colocar los elementos importantes o cerca de la zona productiva (si el volumen del elemento es amplio)

Con estas indicaciones se ahorrará un espacio aproximadamente de 8m<sup>2</sup> en el almacén de insumos, metros ganados que pueden ser usados para habilitar un área de repuestos para las máquinas. Actualmente la zona posee 35.93m<sup>2</sup> (7.10m x 5.06m).

#### 1.2.5.4 Fase 3: Limpiar (Seiso)

Dentro del almacén de insumos, se debe mantener una continua limpieza. Durante esta fase el operario debe identificar lugares de difícil acceso y eliminar toda fuente de suciedad.

Se sugiere pegar en las paredes fotos de las zonas críticas, ver figura 33, para que los operarios visualicen las fuentes, de manera más gráfica, y tomen conciencia sobre el aseo en su zona de trabajo.





Figura 33: Fuentes de suciedad  
Elaboración propia

Paralelamente, se deben mantener las estaciones de trabajo en buen estado; cada operario debe hacerse responsable de sus herramientas de trabajo, cuando realice la limpieza e inspección debe detectar anomalías<sup>5</sup>, en caso hubiera.



Figura 34: Puntos y lugares inaccesibles  
Elaboración propia

Durante las capacitaciones y reuniones, se hará énfasis sobre la correcta ubicación de los objetos con el propósito de no obstruir visualizaciones, controles, limpieza e inspección en áreas pequeñas.

Cabe señalar que en la tercera S para la zona productiva se tendrá el siguiente formato de inspección de limpieza, figura 35. En donde se usará los planos técnicos de las máquinas, para señalar los neumáticos críticos que deben ser revisados constantemente. La siguiente tabla ha sido adaptada para la empresa en la estación de centrifugado.

<sup>5</sup> Problemas que demanden restauración a las condiciones originales y mejoras para prevenir las repeticiones.


CheckList de inspección de limpieza							
Puntos de inspección de limpieza	Nombre de la máquina:	Mes:	ZONA PLANTA /				
	CENTRIFUGADORA	NOVIEMBRE	CENTRIFUGADO				
Vista Horizontal /Vista Frontal	Fecha	Inspector	1	2	3	4	5
	Vie 01						
	Sáb 02						
	Dom 03						
	Lun 04						
	Mat 05						
	Mie 06						
	Jue 07						
	Vie 08						
	Sab 09						
	Dom 10						
	Lun 11						
	Mat 12						
	Mie 14						
	.....						

Figura 35: Checklist de inspección de limpieza  
Fuente: Fuente: Hiroyuki Hirano (2009).

#### 1.2.5.5 Fase 4: Estandarizar (Seiketsu)

Una de las formas para mantener y controlar las 3S's iniciales es mediante la estandarización y el control visual. En el anexo N°11, se muestra un formato sobre la correcta realización de limpieza en el almacén de insumos. El formato permite identificar anomalías, de tal forma que pueda ser comunicado instantáneamente al supervisor.

Para el almacenamiento de los tintes, existirá dentro del andamio una clasificación por intensidad de color; es decir, las primeras filas tendrán colores más intensos y las últimas tendrán menor intensidad.

#### 1.2.5.6 Fase 5: Disciplina (Shitsuke)

Se considerará los siguientes ítems para la última S.

- Realizar capacitaciones relámpagos constantemente, para recordar las normas de convivencia a todo el personal.
- Los líderes de línea y el ingeniero de planta deben impartir con el ejemplo, ellos son el mejor aliado de la metodología.
- Deben existir carteles con las normas de convivencia, ubicados en zonas visibles como la zona de ingreso. Ver figura 36.

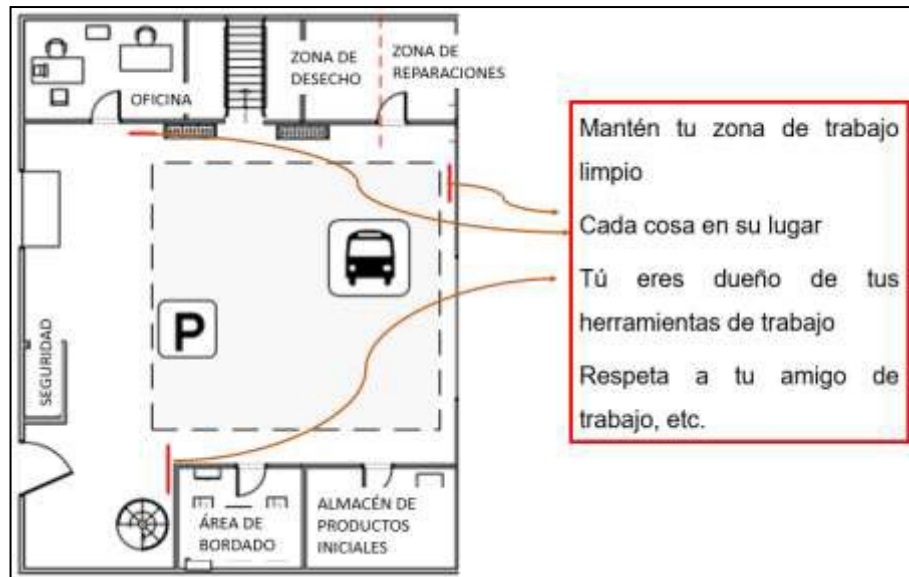


Figura 36: Ubicación de las normas de convivencia y la zona de desecho  
Elaboración propia.

Con este tipo de carteles, se busca que el trabajador se identifique y se haga responsable de su zona y equipo de trabajo; y que, finalmente, todos puedan seguir las 5S de la forma más adecuada y menos engorrosa.

A continuación, se presentan medidas que pueden aportar al correcto funcionamiento de las 5S's, orden y limpieza en la planta.

- Se propone colocar fotos del antes y después en las paredes de las estaciones de trabajo; si la zona no fuese visible, podría colocarse las fotografías en el tablero de gestión visual.
- Se establecerán reuniones quincenales para evaluar el desempeño de los colaboradores, en donde se mostrarán los indicadores de progreso.
- Se implementará un sistema de inspección continuo en donde cada persona supervisará su zona de trabajo, pero a la vez supervisará a sus compañeros de trabajo. Sin embargo, existirán rangos de supervisión, para el control en las inspecciones; se establecerá que los líderes de línea supervisen a los operadores, mientras que el ingeniero de planta supervisará a los líderes de línea.
- La herramienta que apoyará las supervisiones serán las tarjetas de evaluación de limpieza, ver figura 37, las cuales permitirán dar seguimiento a la ejecución de las 5S's. El objetivo es identificar las zonas y los trabajadores que no cumplen con la implementación, de tal forma que puedan ser motivados.

TARJETA DE EVALUACIÓN DE LIMPIEZA		
Fecha	_____	Ejecutor
Turno	_____	
Hora	_____	
Zona	_____	
CUMPLE		ACTIVIDADES
SI	NO	
		Materiales en lugar asignado
		Mesa de trabajo limpia
		Piso limpio y sin derrames
		Maquina limpia

Figura 37: Tarjeta de evaluación de limpieza  
Elaboración propia

- Dentro de la zona de almacén de insumos, los objetos que tenían como destino “apartar”, deben ser ubicados en una bodega muerta, es decir en un espacio exclusivo para objetos obsoletos, fuera de uso, que en un futuro serán desechados. Este archivo muerto albergará todos los objetos sin valor de la empresa, el espacio será habilitado en el primer piso en el almacén de útiles sin uso.
- Cabe señalar que es importante el uso de etiquetas para cada envase que contenga algún tipo de insumo. Adicionalmente, para evitar errores en el uso de tintes, cada envase de tinte tendrá una muestra disuelta pegada, ver figura 38. Asimismo, los andamios que contengan a los tintes estarán clasificados por tonalidades/estante de tal forma que en el primer nivel se encontraran los colores oscuros mientras que las tonalidades claras se encontrarán en la parte superior. Cada balde de tinte contará finalmente con una muestra disuelta, una etiqueta con su descripción y tipo de conversión.
- En el caso de los insumos químicos como sales, aceites, ácidos entre otros se encontrarán ubicados en un andamio exclusivo dentro del área; sus envases tendrán únicamente su respectiva tarjeta.
- Tanto la mesa, escritorio y andamios son necesarios para la ubicación de los elementos, por lo tanto, se mantendrá su permanencia en la zona.



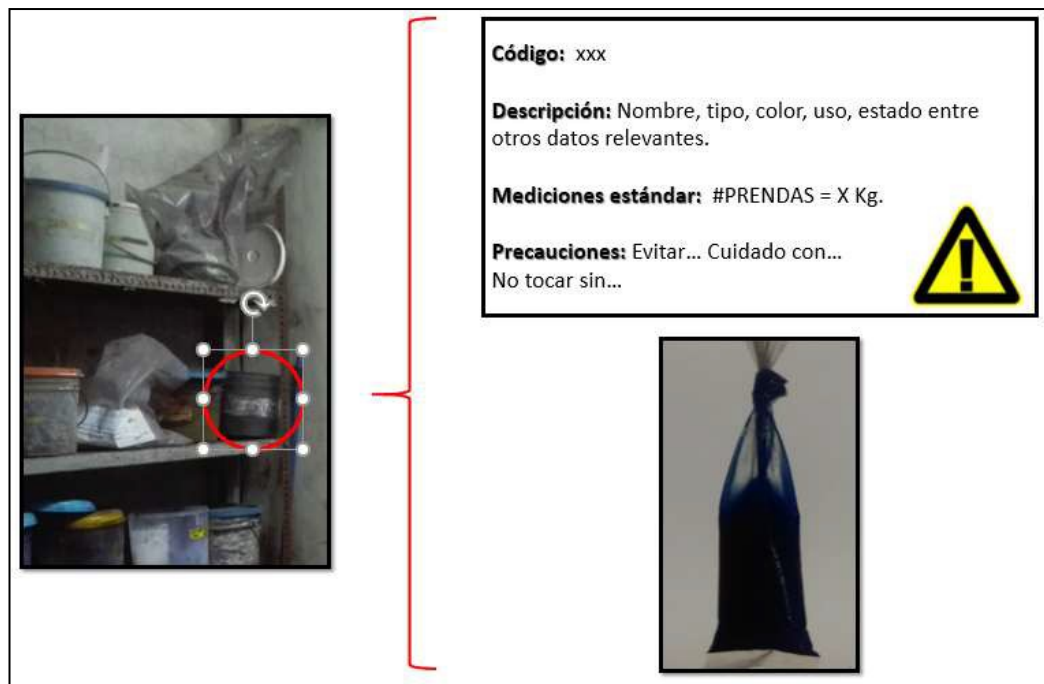


Figura 38: Identificación de insumos propuesta  
Elaboración propia

### 5.3 Kaizen, Poke Yoke

Dentro del diagnóstico se evidenció una serie de problemas, los cuales pueden solucionarse mediante medidas sencillas y de baja - media complejidad.

Se desarrollarán a continuación diversas oportunidades de mejora que aportarán significativamente a la organización; así mismo, se pretende fomentar una cultura de mejora continua en todos los trabajadores, de tal forma que ellos mismos busquen soluciones a problemas diarios.

Uno de los problemas identificados consiste en la mezcla de órdenes de trabajo causando prendas perdidas, reprocesos por teñidos inconformes respecto al pedido.

Una de las oportunidades de mejora identificadas es colocar una tarjeta plastificada de color visible con datos claves en los carros móviles, ver figura 39, a partir que la orden de producción ha sido habilitada. Actualmente la planta cuenta con 5 carros móviles. Asimismo, el operario de calidad se encargará de colocar en el tablero de gestión visual el código del lote a ingresar en la línea de producción asignada. Y lo comunicará a todo el personal mediante un megáfono.





Figura 39: Tarjeta Plastificada  
Elaboración propia

Asimismo, de acuerdo al código establecido se pegará pequeños stickers dentro de los bolsillos de las prendas para que no existe confusiones de lote después que las prendas han sido secadas, además será evidencia del control de calidad respectivo (Ver figura 40). El operario de calidad verificará que todas las prendas tengan un sticker y vaya acorde al código establecido en su carro móvil asignado.



Figura 40: Sticker de inspección  
Elaboración propia.

Como se mencionó existirán puntos de control, el primero se ubicará en el ingreso de las prendas en la primera estación; y la segunda será ubicada después del ingreso a la estación de secado. En el anexo N°12 se muestra el formato de los puntos de control.

Si en los puntos de control se encontrará alguna prenda que no corresponda a su lote en procesamiento se tocará la alarma para parar la línea de producción.

Con los sticker codificados se pretende no solo un control de calidad sino también la trazabilidad del producto, el cual vendrá acompañado por registros de productos – maquinas.

Otra propuesta de mejora es añadir la operación de tamizado con la finalidad de asegurar correcta disolución del tinte y no queden motitas.

Además, los vasos de medición tendrán marcas estándares (realizado con plumón indeleble) como el ratio “por cada kg de prenda”, con el objetivo de no errar las cantidades para la mezcla química.

Asimismo, en los insumos de mayor frecuencia de uso se pretende colocar en bolsitas el polvo con las medidas estándar, así su uso será más rápido y práctico, solo consistirá en verter el producto.

Respecto a la metodología Poke Yoke, a veces los colaboradores no pueden tener las mezclas preparadas a tiempo en las fases respectivas, y deben ir a buscarlas con el tiempo en contra. Otros no saben en qué instante vaciar cada tipo de mezcla o en qué fase del lavado se encuentran. Una de las oportunidades de mejora propuestas es programar alarmas virtuales (referido a alarmas colocadas en la laptop de la planta) con 10 min (+/- 2.5 min) de anticipación con sonidos diferentes por lavadora. Estas alarmas serán programadas por el jefe de planta apenas ingrese la orden de producción a la estación de lavado. De este modo los colaboradores sabrán con minutos previos de anticipación que mezcla deben preparar, traer y vaciar. La alarma será programada para cada inicio de fase. Y ellos podrán ser partícipes e identificar que mejoras realizar a mayor detalle en cada una de las fases de lavado. Ver tabla 39.

Se implementará un tablero de órdenes de producción denominado tablero O/Pd, en donde se identificarán los pedidos por parte del cliente, este tablero estará ubicado en la oficina del ingeniero.

Dentro de la tabla general O/Pd, ver tabla 33, los trabajadores podrán observar tres columnas, la primera de “Pedidos” referido a las órdenes de servicio solicitadas por los clientes; así mismo, se considerará como un pedido a los reprocesos que exijan los clientes. El plan de atención de las órdenes será por orden de llegada, sin embargo, los reprocesos tendrán mayor prioridad sobre las órdenes de pedido. La segunda columna denominada “Proceso” hará referencia a todas las órdenes que estén en la línea de producción. Finalmente, la tercera columna que hace referencia a las órdenes “Atendidos”, figurarán las órdenes culminadas.

En el siguiente ejemplo se tiene 4 pedidos (O/P-LT01, O/P-LT02, O/P-LT03, O/P-LT05) y un reproceso (O/R-LT04). Para ese instante de tiempo una orden se encuentra en procesamiento y otra ha sido atendida. Dentro del tablero se tacha las órdenes de servicio ya atendidas. Estos códigos serán los que figurarán en el carné de descripción de los carros móviles, los números en color rojo son el número de sticker que identificará a las prendas internamente. El tablero O/Pd tendrá columnas

en donde se plasmarán las horas de ingreso de cada pedido, las programaciones de las alarmas. La duración de cada fase y la identificación de la lavadora. Una vez que se tenga la lavadora identificada se sabrá porque ruta de máquinas continuo, así se aportará a la trazabilidad del producto.

Tabla 33: Tablero O/Pd

Tablero de órdenes de producción															
Pedido	En Proceso	Hora de ingreso	Horas de programación de inicio (Alarma con 10 min de anticipación)										Hora de salida	N° Mq.	Atendido
			Desengomado		Raspado		Teñido		Fijado		Suavizado				
O/P-LT01		09:10 a.m.	09:15 a.m.	15'	09:20 a.m.	10'	09:30 a.m.	30'	10:00 a.m.	10'	10:10 a.m.	15'	01:55 p.m.	2	O/P-LT01
O/P-LT02															
O/P-LT03															
O/R-LT04	O/R-LT04	08:42 a.m.	08:47 a.m.	10'	08:47 a.m.	5'	08:52 a.m.	30'	09:22 a.m.	10'	09:32 a.m.	20'		4	
O/P-LT05															

Elaboración propia

Con el tablero se busca identificar los pedidos en espera de una manera más rápida y tomar medidas correctivas, lo que permitirá la comunicación al cliente del estado de su pedido y la priorización del trabajo en planta. Si no ha sido establecida una fecha de entrega, el tablero brindará un apoyo para establecer una fecha estimada de entrega de acuerdo al tráfico de pedidos.

Finalmente, los colaboradores contarán con un cinturón de herramientas multiusos en donde podrán colocar sus principales insumos para su trabajo, ver anexo N°13. Asimismo, se propone levantar información y elaborar los siguientes documentos con la finalidad de estandarizar el trabajo más adelante:

- Diagramar la combinación de trabajo estandarizado
- Diagrama del trabajo estandarizado
- Instrucciones de trabajo estandarizado

Los cuales servirán de apoyo en la elaboración de manuales, serán didácticos e incluirán imágenes, diagramas, mapas etc. El manual será entregado y expuesto en las inducciones.

Inicialmente se pretende levantar información, es decir fotos, diagramas, descripciones, colaboradores, funciones, tips, métodos, tiempos entre otros. Luego se desarrollarán manuales e instructivos para cada proceso y tipo de servicio. Asimismo, se manejarán formatos de trazabilidad, ver anexo N°14.

Por todo lo expuesto al inicio, el operario tendrá la oportunidad de definir y mejorar su trabajo, tanto el manual como los documentos mencionados anteriormente serán:

- Base para entrenamiento
- Control de variabilidad
- Línea base para la mejora continúa

Finalmente, para el correcto funcionamiento de las propuestas se deben seguir las siguientes recomendaciones:

- Cada trabajo debe ser realizado en la secuencia dada.
- Todo problema identificado en planta deber ser notificado al supervisor y ser solucionado inmediatamente.

Acorde a todas las modificaciones, propuestas de mejora y nuevos puntos de control colocados, se graficarán los flujogramas propuestos. En la figura 41 se observa el flujograma general de la línea de lavado y teñido en donde se ha añadido las nuevas operaciones e inspecciones (recuadro rojo).

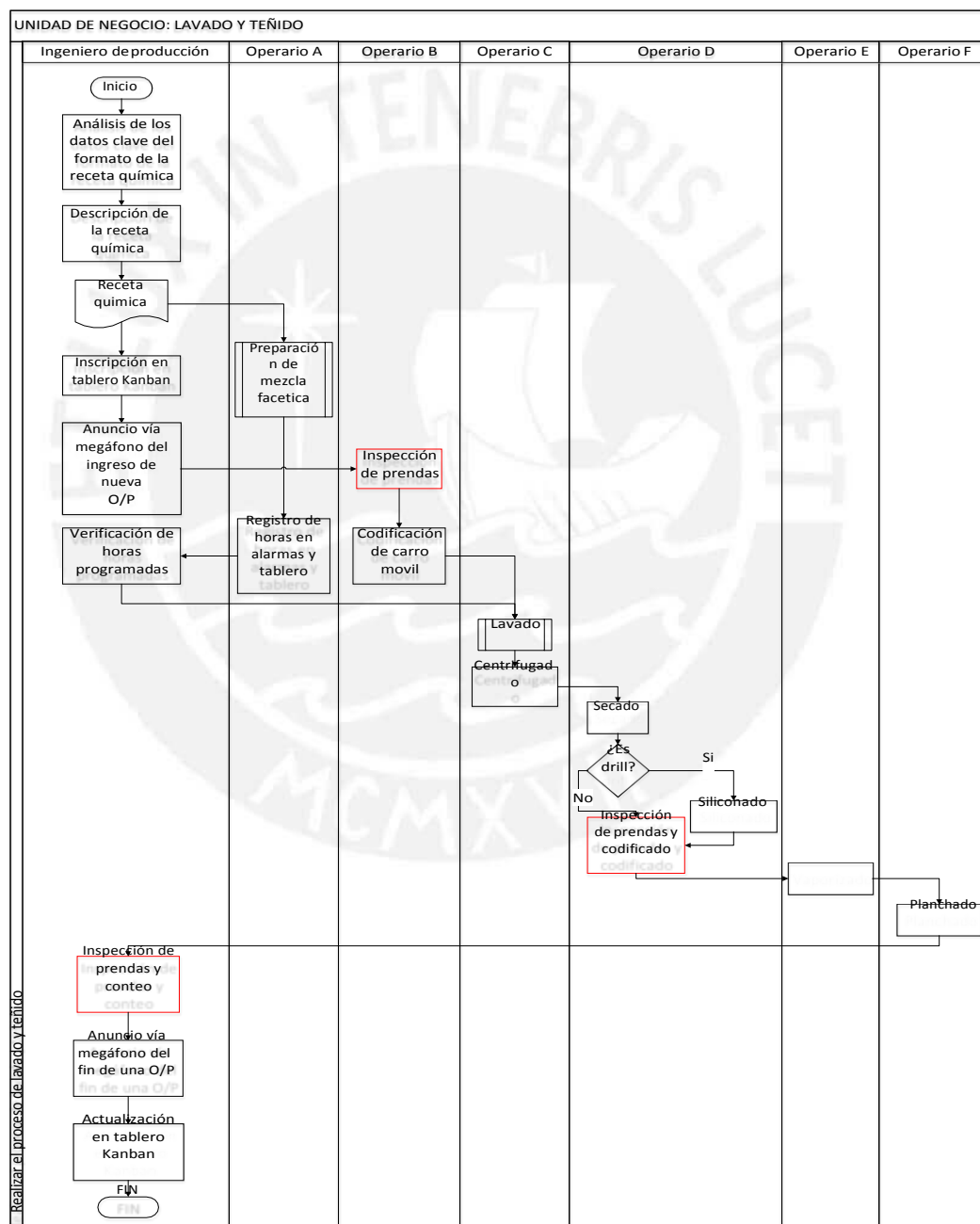


Figura 41: Flujograma propuesto del proceso de lavado y teñido  
Elaboración propia.

Para la figura 42 se detalla la preparación de la mezcla facetica, para este proceso se ha añadido la operación de tamizado sin embargo hay operaciones que han sido retiradas por no agregar valor.

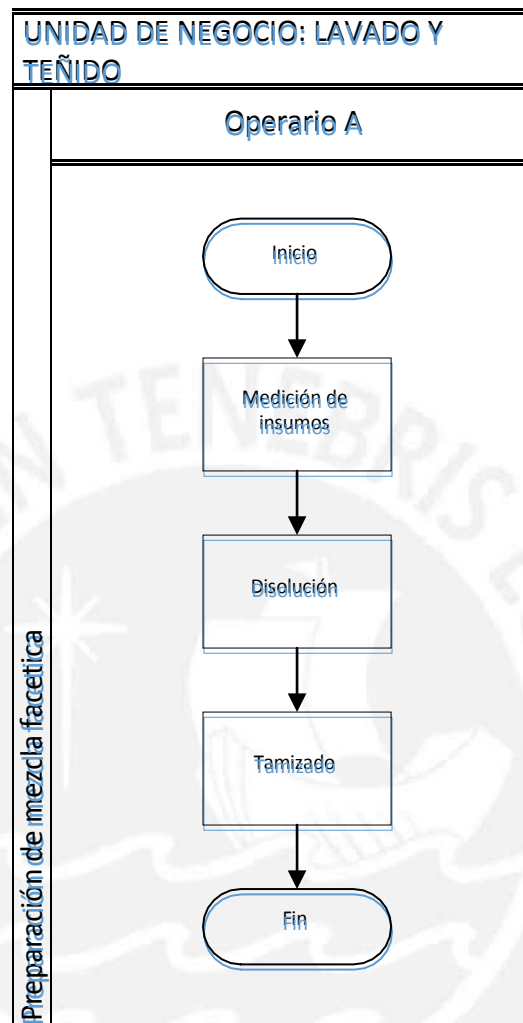


Figura 42: Flujograma propuesto de la preparación mezcla facetica  
Elaboración propia

En la figura 43 se detalla el proceso de lavado en donde existen cambios en ciertas operaciones por ejemplo se ha añadido el proceso de preparación de la mezcla como antecedente en ciertas fases porque estas deben ser instantáneas. Sin embargo, existen otras fases en donde los insumos se encuentran disponibles y se vierten rápidamente.



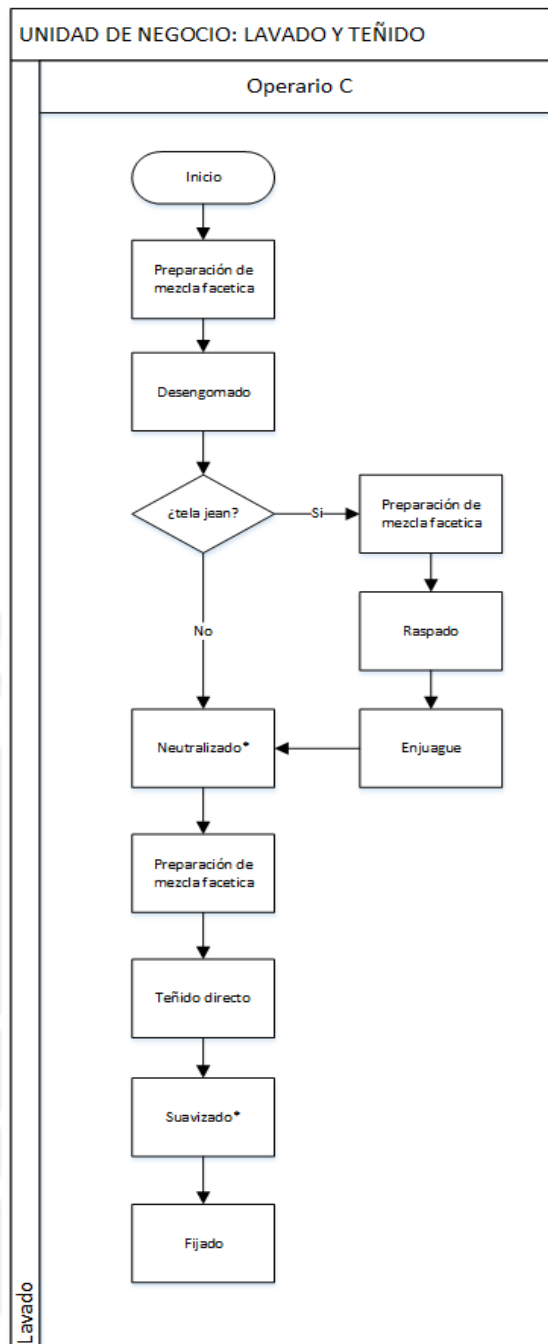


Figura 43: Flujo de trabajo propuesto del proceso de lavado  
Elaboración propia

#### 5.4. Control y seguimiento de las oportunidades de mejora.

Para las oportunidades de mejora continua se realizará un seguimiento mediante indicadores que reflejan los beneficios de cada una de las herramientas a implementar. El seguimiento y control se encontrarán bajo la metodología PDCA, de tal forma que se puedan establecer objetivos, plazos de cumplimiento y responsables.

Para el caso de las 5S's existen diversos beneficios que son visibles y pueden ser cuantificados mediante los siguientes indicadores:

- **Tiempo de ciclo (h):** Para el servicio de lavado y teñido el tiempo de ciclo, el tiempo que agrega valor, es de 2.85 horas, si es que se implementa las 5S's junto con el apoyo de otras herramientas Lean dentro de los siguientes períodos se pretende obtener, una reducción del tiempo de ciclo en un 6.67%; es decir el nuevo tiempo de ciclo será de 2.659 horas; por otro lado se pretende disminuir potencialmente el Lead time de 2.276 días, inicialmente, en un 30% arrojando un nuevo valor de 1.60 días. Lo que, finalmente, traerá un impacto positivo en los plazos de entrega.
- **Espacio (m<sup>2</sup>):** Actualmente la empresa cuenta con un área productiva de 543.52 m<sup>2</sup>, durante la aplicación de las 5S se realizará una reingeniería de las zonas de trabajo, ahorrando y disponiendo así de nuevos espacios. Se pretende ahorrar durante la implementación de la primera y segunda "S", alrededor de 18.19% de espacio. Es decir, la planta contaría con un ahorro de espacio de 98.866 m<sup>2</sup>, que fácilmente pueden ser destinados para otro uso.
- **Calidad (porcentaje de defectos):** Mensualmente se tiene aproximadamente 5720 pantalones reprocesados, se pretende eliminar totalmente todos los reprocesos mediante la aplicación de herramientas Lean.
- **Calidad (porcentaje de quejas de los clientes):** Si bien no se tiene un porcentaje elevado de devoluciones, existen una gran cantidad de reclamos por parte de los clientes debido a que muchas veces las prendas llegan polvudas y sucias. De acuerdo, a las entrevistas con los dueños y representantes de ventas aproximadamente el 70% de los clientes presentan quejas. Se pretende eliminar todas las quejas con la implementación de todas las herramientas LM.

Se sabe que el costo anual de mantener stocks varía entre el 20% - 40% de su valor, que finalmente afectan el 9% del total de las ventas.

- **Inventarios en proceso:** Tal como se evidencio en el VSM, la organización mantiene un gran número de prendas a lo largo del flujo en espera. Se pretende tener 0 inventarios en procesamiento al final del día, en la actualidad se tiene 2404 prendas por día en las diversas estaciones como inventario en procesamiento.
- **Costos de stock:** Las prendas en stock generan baja calidad, fallas, reprocesos, personal a cargo extra, seguros, entre otros. Estos costos no han sido

cuantificados por la organización sin embargo no se pretende incurrir en ellos. El único stock que se propone es del almacén de pedidos y de producto terminado.

- **Espacio (m<sup>2</sup>):** Las prendas en procesamiento ocupan espacio en los alrededores de las estaciones de trabajo. Se ha registrado que ocupan 5m<sup>2</sup> o 7m<sup>2</sup> en la estación de lavado, para el resto de estaciones ocupan tramos de 4m<sup>2</sup> o 2m<sup>2</sup> ocupados, en donde las prendas se encuentran regadas en el piso.

Asimismo, otros indicadores LM a evaluar dentro de la organización serán: productividad, eliminación de desperdicios, entrega a tiempo de pedidos, Zero defectos, satisfacción del cliente, integración de funciones y cantidad de propuestas de mejora por parte de los colaboradores.



## CAPITULO 6: EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO

En este capítulo se analizará y evaluará el impacto económico de cada una de las oportunidades de mejora detalladas en el capítulo precedente.

### 6.1 Costo horario del personal administrativo y operativo

En la tabla 34 se detallan los pagos de MO, en la mayoría de casos los operarios nuevos reciben pago por destajo en base al sueldo mínimo y otros el sueldo básico.

Tabla 34: Costo de horas hombre del personal involucrado

	Operarios	Mecánico de mantenimiento	Ingeniero de planta	Secretaria	Gerencia General
Sueldo	S/. 900.00	S/. 2,000.00	S/. 2200.00	S/. 1500.00	S/. 7200.00
Horas/día (L-V)	10*	10*	10*	8*	8*
Horas/día (sáb.)	5	5	5	5	5
Costo H-H (S/.)	4.09	9.09	15.91	8.33	40

Elaboración propia.

(\*) No se considera la hora de almuerzo

### 6.2 Inversión

Las inversiones generadas para la implementación de las oportunidades de mejora recaen en mayor monto en las capacitaciones por parte del especialista en Lean.

#### 6.2.1 Inversión 5S's.

En los costos para la implementación de las 5S's involucran costo de personal y materiales.

Tabla 35: Costos de MO anual 5S'S

Ítem	Costo mensual de HH			Sub total
	H-H diarias	Frecuencia mensual (días)	Precio Unitario	
Gerencia	3	5	S/. 40.00	S/. 600.00
Ingeniero de planta	2	8	S/. 15.91	S/. 254.56
Operarios	2	8	S/. 4.09	S/. 65.44
Secretaria	2	8	S/. 8.33	S/. 133.28
TOTAL				S/. 1053.28

Elaboración propia

En un mes de implementación los costos en mano de obra serán S/. 1053.28 nuevos soles, en un horizonte de 12 meses de implementación continua la oportunidad estará valorizada en S/. 12639.36 nuevos soles. Ver tabla 35.

Para el caso del especialista Lean, su paquete de asesoría tiene un costo de S/. 5000.00 nuevos soles mensuales con una frecuencia de tres horas semanales, el

especialista Lean no solo será consultado para las 5S's sino también será apoyo para la implementación del resto de oportunidades de mejora, cabe detallar que el paquete mensual de contrato con el especialista puede ser tomada en la frecuencia más accesible para la empresa. Dentro del horizonte de tiempo de un año, su inversión sería S/. 60,000.00 nuevos soles.

Por otro lado, los costos de los materiales usados para la limpieza profunda 5S's y las recomendaciones de apoyo a esta metodología se detallan en la tabla 36.

Tabla 36: Costo fijo de materiales.

Ítem	Cantidades (unid.)	Costo unitario (S/. /unid)	Sub total (S/.)
Útiles de aseo	-	-	S/. 1,157.00
Tarjetas rojas	12	S/. 0.035	S/. 0.42
Tarjetas de evaluación	12	S/. 0.035	S/. 0.42
Formatos y registros	3	S/. 0.35	S/. 1.05
Tableros de gestión visual	1	S/. 250.00	S/. 250.00
Etiquetas descriptivas	120	S/. 0.12	S/. 14.40
Carteles	2	S/. 0.75	S/. 1.50
Impresiones fotos	12	S/. 1.00	S/. 12.00
TOTAL			S/. 1,423.29

Elaboración propia.

Todos los costos suman un presupuesto aproximado de S/. 74,062.65 nuevos soles.

### 6.2.2 Inversión Kaizen y Poke Yoke.

El especialista Lean elaborará sus entregables y tomará la información recopilada durante el año de contrato. Finalmente, los entregables serán los registros de trazabilidad, manual de operaciones e instructivos.

En el caso de las oportunidades de mejora bajo la metodología Poke Yoke y Kaizen serán cotizadas bajo el criterio del material directo incurrido, tabla 37.

Tabla 37: Costo de materiales Kaizen y Poke Yoke

Kaizen - Poke Yoke			
Ítem	Cantidades	S/. / Unid	Total
Tarjetas plastificadas	5	S/. 0.12	S/. 0.60
Megáfono	1	S/. 40.00	S/. 40.00
Stickers internos	12 paquete <sup>6</sup>	S/. 2.50	S/. 30.00
Tamiz	2	S/. 30.0	S/. 60.00
Mini parlantes	2	S/. 20.00	S/. 40.00
Laptop	1	S/. 1,200.00	S/. 1,200.00
Tablero Kanban	1	S/. 250.00	S/. 250.00

Elaboración propia.

<sup>6</sup> Un paquete contiene 100 unidades



En total se incurrirá en un costo directo de aproximadamente S/. 1620.60 nuevos soles. Las horas invertidas en la implementación de la mejora tendrá un costo de S/. 3159.84 nuevos soles.

### 6.2.3 Inversión modelo de optimización.

Si bien el modelo no consta de un costo, los valores propuestos en el modelo para la adquisición de nuevas máquinas y la reparación de otras genera una inversión. Ver tabla 38.

Tabla 38: Inversión de herramientas

Descripción	Cant.	Precio Unit.	Valor neto
Funcionamiento de vaporizador	1	S/. 850.00	S/. 850.00
Adquisición nueva de plancha	2	S/. 2,000.00	S/. 4,000.00

Elaboración propia.

Finalmente, el costo fijo total es de S/. 4,850.00 nuevos soles.

## 6.3 Ahorro

Mediante la implementación de las diversas herramientas se mejorarán los tiempos y ratios de producción; asimismo, se eliminarán las prendas falladas y reprocesadas.

### Costos asociados a las devoluciones y reprocesos de producción.

Sobre ese punto se evaluó los datos promedio de la cantidad de mermas, reprocesos y devoluciones mensuales de las prendas. Ver tabla 39.

Tabla 39: Ahorro en el costo de devoluciones y reprocesos

Prenda	Actual				
	Reprocesos mensuales	S/. Por prenda reprocesada	Subtotal (S/.)	Devoluciones mensuales	Monto total de devolución (S/.)
Pantalones	2620	S/. 4.50	S/. 11,790.00	9	S/. 270.00
Bermudas	1750	S/. 4.50	S/. 7,875.00	5	S/. 132.00
Faldas	0	S/. 4.50	S/. 0.00	0	S/. -
Sniker / chavos	1350	S/. 4.50	S/. 6,075.00	0	S/. -
Ojal / Atraque	0	S/. 4.50	S/. 0.00	0	S/. -
<b>Total</b>	<b>5720</b>		<b>S/. 25,740.00</b>	<b>14</b>	<b>S/. 402.00</b>

Elaboración propia.

Considerando que la tasa promedio de reprocesamiento precedente se tendría un ahorro anual promedio de S/. 36,180.00 nuevos soles, considerando solo a la familia de pantalones.

### Costos asociados al inventario en procesamiento.

Se sabe que toda prenda en inventario genera un costo adicional, ver tabla 45; de acuerdo a la investigación realizada se tendrá una programación de la producción,

de tal forma que se disminuya el costo de inventarios en procesamiento y se tenga la cantidad óptima y necesaria por estación de trabajo.

Dentro de una semana laboral se tiene alrededor de 2744 prendas en inventario considerando que se trabajan 4 semanas al mes se tiene un total de 10976 prendas mensuales en inventario, la cuales ocupan 25 m2 aproximadamente en la zona productiva, generando nuevos espacios. Asimismo, el hecho de no tener inventario en procesamiento aporta a la eliminación de reprocesos y defectos.

### Ingresos por ahorro en tiempos de producción.

Para estos instantes se pretende trabajar de acuerdo a la demanda máxima arrojada por el modelo el cual es de 2025 prendas si bien el TT hace referencia a una demanda de 2268 prendas, actualmente se pretende trabajar con el óptimo establecido anteriormente, para no sobrecargar los recursos ni personal; ya que este ritmo de producción usualmente se presenta en las temporadas de campaña comercial.

Finalmente, en promedio se obtendrá un ingreso extra anual de S/. 50,189.44 nuevos soles. Ver tabla 40.

Tabla 40: Ingresos adicionales por implementación de mejoras.

<b>Capacidad actual (prenda/turno)</b>	<b>Capacidad propuesta (prenda/turno)</b>
1826	2025
<b>Tackt time</b>	
15.88 s/prenda = 2268 prenda/turno	
<b>Prendas adicionales (prenda/turno)</b>	199 unidades
<b>Ingreso adicional mensual (S/.)</b>	S/. 16,729.812

Elaboración propia.

## 6.4 Indicadores Financieros (VAN, TIR, COK)

Para la evaluación económica del proyecto, es necesario estimar el costo promedio ponderado del capital (WACC); sin embargo, se utilizarán los recursos propios por lo tanto se asumirá que el WACC es igual al COK.

Para hallar el COK (Costo de oportunidad) de acuerdo al CAPM, Capital Asset Pricing Model, ver tabla 41.

Tabla 41: Costo de oportunidad (COK)

<b><math>COK = R_f + \beta (R_m - R_f) + R_p</math></b>				
<b>Rf: Tasa libre de riesgo</b>	<b>B: Coeficiente de riesgo específico</b>	<b>Rm - Rf: Prima de riesgo promedio del mercado</b>	<b>Rp: Riesgo país</b>	<b>COK</b>
1.72%	1.02	11%	1.12%	12.53%

Elaboración Propia.

Con el flujo de caja detallado en la tabla 42 y utilizando los datos del costo de oportunidad calculado, se obtienen los resultados mostrados en la tabla 43.

Tabla 42: Flujo de Caja

Flujo de caja económico	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingreso de dinero adicional		S/. 50,189.44	S/.50,189.44	S/.50,189.44	S/.50,189.44	S/.50,189.44
Ahorro		S/. 36,180.00	S/.36,180.00	S/.36,180.00	S/.36,180.00	S/.36,180.00
Inversión	S/. 78,912.65	S/. 66,959.16	S/.19,539.36	S/.50,712.65	S/.22,699.20	S/.19,539.36
Implementación 5S's	S/.14,062.65	S/. 12,639.36	-	-	-	-
Capacitación de personal		S/. 12,639.36	S/.12,639.36	S/.12,639.36	S/.12,639.36	S/.12,639.36
Materiales 5S's				S/. 1,173.29		
Propuestas Kaizen - Poke yoke		S/. 4,780.44	-	-	S/. 3,159.84	
Analista de mejora continua		S/. 3,500.00	S/. 3,500.00	S/. 3,500.00	S/. 3,500.00	S/. 3,500.00
Practicante		S/. 1,000.00	S/. 1,000.00	S/. 1,000.00	S/. 1,000.00	S/. 1,000.00
Modelo de optimización	S/. 4,850.00	-	-	-	-	-
Mantenimiento de las máquinas		S/. 2,000.00	S/. 2,000.00	S/. 2,000.00	S/. 2,000.00	S/. 2,000.00
Depreciación de las máquinas		S/. 400.00	S/. 400.00	S/. 400.00	S/. 400.00	S/. 400.00
Asesor Lean	S/. 60,000.00	S/. 30,000.00		S/.30,000.00		
<b>Flujo de caja económico</b>	<b>-S/. 78,912.65</b>	<b>S/. 19,410.28</b>	<b>S/.66,830.08</b>	<b>S/.35,656.79</b>	<b>S/.63,670.24</b>	<b>S/.66,830.08</b>

Elaboración propia

Tabla 43: Costo de oportunidad (COK)

Ratio	Valor Calculado
VAN	S/. 82,536.44
TIR	38.98%

Elaboración propia.

De los resultados arrojados el VAN es mucho mayor que cero por lo tanto el proyecto es rentable. Asimismo, realizando una comparación entre el TIR y el COK, se observa que el primero es mucho mayor que el segundo respectivamente, por lo tanto, se concluye que el proyecto es factible.

# CAPITULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 7.1 Conclusiones

Según los resultados obtenidos en el trabajo, a continuación, se detallan las conclusiones.

- Actualmente el sector textil se encuentra en recesión, evidenciado en el cierre de plantas textiles por baja demanda y en el corte de suministro de energía que actualmente registran.
- Para el caso de organizaciones que tercerizan servicios, como la presente Pyme, se ha registrado un aumento en ingresos debido a que las empresas productoras del bien final (haciendo referencias a otras Pymes) les resulta costoso implementar el área de lavado y teñido porque las máquinas son costosas y finalmente no les sale rentable por el bajo nivel de las ventas.
- La presente organización cuenta con capacidad en máquinas para ir acorde al Tackt time; sin embargo, su reducido personal en el área de planchado limita su capacidad dejando maquinas sin uso.
- Con el modelo matemático se puede identificar el límite de prendas a producir en la planta siempre y cuando se haga un uso eficiente de los recursos. Para el caso de una producción mixta se tiene 1200 prendas drill y 825 prendas jean.
- Las herramientas Lean manufacturing aplicadas deberán ser medidas cuantificablemente, ya que la inversión en las 5S's debe impactar positivamente en la tasa de reprocesos, fallas y tiempos de entrega.

## 7.2 Recomendaciones

Adicionalmente, de acuerdo al trabajo realizado y a las visitas de campo se recomienda:

- Un único proveedor de insumos químicos ya que los precios entre tintes varían considerablemente, de esta manera se establece un contrato a mediano plazo con el vendedor en donde ambos se beneficien en conjunto, a través del precio justo, tiempos de entrega adecuado y calidad del material.
- La aplicación de un sistema con enfoque socio técnico en la empresa, con la finalidad de aumentar la motivación y permanencia de sus colaboradores.
- El desarrollo e implementación de un programa de seguridad ocupacional y mantenimiento preventivo, con la finalidad de evitar accidentes en planta y

paradas de máquina respectivamente. También, se sugiere un sistema de protección medio ambiental que ayude a la adecuada gestión de residuos químicos.

- Considerar la implementación de un sistema de enfriamiento de aguas residuales, ya que después del proceso de lavado y centrifugado las aguas contaminadas a altas temperaturas van directamente al desagüe afectando así a los tubos de drenaje de públicas.
- La realización auditorías internas, por lo menos 1 veces al año, de manera integral involucrando a todas las áreas de la organización.
- Desarrollar un programa de seguimiento y control, en donde se verifique el cumplimiento de las acciones correctivas identificadas en las auditorías internas.
- Capacitar a los operarios para concientizar el desarrollo de su trabajo; además, desarrollar un plan de inducción para el personal nuevo.
- Desarrollar un ERP básico, a través de MS ACCESS en donde interactúen diversas tablas para órdenes de compra de materiales, órdenes de servicio, planificación y producción de órdenes de trabajo con la finalidad de gestionar, adecuadamente, la información total de la organización.
- Se sugiere fomentar el servicio de lavado y teñido a través de redes sociales, promociones, un buen servicio que sea recomendable por el mismo cliente, permitiendo el aumento de la demanda durante todo el año.





## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alberto Bayo Moriones, Alejandro Bello Pintado, Javier Merino Diaz de Cerio (2009). Uso de la herramienta 5S's en industrias manufactureras: Factores contextuales y el impacto en el desempeño operativo. Emerald insight, international journal of quality and reliability management.

Alberto Simboli, Raffaella Taddeo and Anna Morgante (Julio 2014). Value and Wastes in Manufacturing. An Overview and a New Perspective Based on Eco-Efficiency.

Al – Aomar, R. (2010). Handling multi - lean measures with simulation and simulated annealing. Journal of Franklin Institute, Vol 348 No. 7, pp. 1506 – 22.

Ana Julia Dal Forno & Fernando Augusto Pereira & Fernando Antonio Forcellini & Liane M. Kipper (2014). Value Stream Mapping: a study about the problems and challenges found in the literature from the past 15 years about application of Lean tools. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. Vol 72, pp. 779 – 790.

Aoki K. (2008) "Transferring Japanese Kaizen activities to overseas plants in China" Int J Oper Prod Manag 28 (6):518-539.

Bayo-Moriones, A., Bello-Pintado, A., & de Cerio, J. (2010). 5S use in Manufacturing plants: Contextual factors and impact on operating performance. International Journal of Quality And Reliability Management, 27(2), 217-230.

C. Sendil Kumar, R. Panneerselvam (2007). Literature review of JIT- Kanban system. International journal of advanced manufacturing technology, 32, 393-408.

Chumpitaz Ignacio, Luis Enrique (2014). "Análisis y diseño e implementación de una aplicación para gestionar proyectos de Lean Six Sigma de mejora de procesos"

Cody R. Cox (2015). Lean Manufacturing: An Analysis of Process Improvement Techniques

D. Rajenthirakumar, R. Gotwman Shankar (2011). Análisis de los beneficios de las herramientas Lean: Caso de estudio en una empresa manufacturera de molinos de mesa. Annals of faculty engineering Hunedoara – International Journal of Engineering.

El sector textil de confecciones ha perdido su brillo. El comercio. Lima, 3 de noviembre del 2014. <http://elcomercio.pe/economia/peru/sector-textil-confecciones-peruano-ha-perdido-su-brillo-noticia-1768522>

Euratex, The European Apparel and textile Confederation (Enero 2015). Reporte annual 2014.

[http://euratex.eu/fileadmin/user\\_upload/documents/Library/Annual\\_Report/new-uratex-annual-report-2014-LR.pdf](http://euratex.eu/fileadmin/user_upload/documents/Library/Annual_Report/new-uratex-annual-report-2014-LR.pdf)

Garvin, W. (2015). Lean in six steps. Industrial Engineer: IE, 47(5), 42-45.

Gerard Fisher, T. H (2011). Socio - Technical Systems - A Meta - Design Perspective. Life Long Learning & Design, 1-34.

Gestión. “Riesgo país de Perú bajo un punto básico en 1.12 porcentuales”. Lima, 17 diciembre 2017. <https://gestion.pe/economia/mercados/riesgo-pais-peru-punto-basico-1-12-puntos-porcentuales-222617>

Gulshan Chauhan T.P. Singh, (2012), Measuring parameters of lean manufacturing realization. *Measuring Business Excellence*, Vol. 16 Iss. 3 pp. 57 – 71.

Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2015). *Investigación de operaciones*. México, D.F: McGraw-Hill.

Hines, P., Holwe, M., & Rich, N. (2004). Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking. *International Journal Of Operations & Production Management*, 24(10).

Hirano, H. (1995), in Talbot, B. (Ed.), *Five Pillars of the Visual Workplace: The Sourcebook for 5S Implementation*, Productivity Press, New York, NY

Hirano, H. (2009). *JIT Implementation Manual - The Complete Guide to Just-In-Time Manufacturing (Vol. 2 Waste and the 5S's)*. (C. Press, Ed.) New York: Productivity Press.

Juanes Bruno (2005). *Lean Sigma*. Lima. Consulta: S/f. <http://www.cellogistica.org>

Juarez Chambi, Jhonny Walker; Ramírez CajaLeon, Kelly Johana (2017). Estudio de prefactibilidad de una concesionaria de quioscos saludables para colegios en Lima metropolitana. Tesis (Lic. IngIndustrial) Lima, Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de Ciencias e Ingeniería.

Lasa Serrano Ibon., Carlos Ochoa, L., & Rodolfo de Castro, V. (2008). An evaluation of the value stream mapping tool. *Business Process Management Journal*, 14(1), 39.

Liker, J. K (2011). Toyota: Como el fabricante más grande del mundo alcanzó el éxito, pp 335.

Liker, J. K., & Morgan, J. (2011). Lean Product Development as a System: A Case Study of Body and Stamping Development at Ford. *Engineering Management Journal*, 23(1), 16-28.

Manuel F. Suárez-Barraza, José-A. Miguel-Dávila, Ileana Castillo-Arias (2011). La aplicación del Kaizen en las organizaciones mexicanas. Un estudio empírico.

M. Rabbani, J. Layeged, R. Mohammad Ebrahim (2009). Determinación de número de Kanban en un sistema de cadena de suministro mediante un algoritmo memético. *Advances in engineering software*.

Ohno, T. (1988). *El sistema de producción Toyota*. Tokyo: Productivity.

Palacios Guillem María, Gisbert Soler Víctor, Pérez – Bernabéu Elena. (2015). *Sistemas de gestión de la calidad: Lean Manufacturing, Kaizen, Gestión de Riesgos (UNE-ISO 31000) e ISO 9001*. 3C Tecnología (Edición núm. 16) Vol. 4 – Nº4. Pp. 176-188.

Pathumnakul, S., & Nakrachata-Amon, T. (2015). The applications of operations research in harvest planning: A case study of the sugarcane industry in Thailand. *Journal Of Japan Industrial Management Association*, 65(4E), 328-333.

Paula Andrea Gómez Botero (2010). Lean Manufacturing: flexibilidad, agilidad y productividad.

PromPeru. Lima. Consulta. Sin fecha. <https://www.promperu.gob.pe/>

R. Murat Tabanlı & Tijen Ertay (2013). Value stream mapping and benefit–cost analysis application for value visibility of a pilot project on RFID investment integrated to a manual production control system (a case study).

Ramón Companys Pascual, & Joan B. Fonollosa i Guardiet (1989). Nuevas técnicas de gestión de stocks: MRP y JIT.

Sector textil del Perú. Centrum PUCP. Lima 27 de setiembre del 2010.

<http://centrum.pucp.edu.pe/adjunto/upload/publicacion/archivo/burkenroadsectortextil.pdf>

Shah, R., & Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal Of Operations Management*, 25785-805.

Soriano – Meier, H. y Forrester, P. L. (2002). “A model for evaluating the degree of leanness of Manufacturing firms”, *Integrated Manufacturing Systems*, Vol. 13 No. 2, pp. 104-9.

Suárez-Barraza, M.F.; (2007), “El Kaizen: la filosofía de Mejora Continua e Innovación Incremental detrás de la Administración por Calidad Total”, Panorama Editorial, México. Pp. 91

Tabanlı, R.M. & Ertay, T. Value stream mapping and benefit – cost analysis application for value visibility of a pilot project on RFID investment integrated to a manual production control system – a case study (2013). *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Vol. 66, issue 5, pp 987 – 1002.

Takashi Osada (1991). The 5S's: five keys to a total quality environment.

Tornos, I. y Bruno, J. (2008). Identificar el despilfarro: el mapa del flujo de valor. Socios directores del Grupo Galgano.

Wang H, Wang H-P (Ben) (1999) Optimun number of Kanban between two adjacent workstations in JIT systems. *Int J Prod 52. Econ 22: 179-188.*

Winston, W. L. (2005). *Investigación de operaciones: Aplicaciones y algoritmos*. México, D.F.: Thomson.

Womack, J., & Jones, D. (2005). *Lean thinking: Cómo utilizar el pensamiento lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa*. Barcelona: Gestión 2000.

Yang, G., Li, X., Wang, J., Lian, L., & Ma, T. (2015). Modeling oil production based on symbolic regression. *EnergyPolicy*, 8248-61.

XI foro textil exportador “Desarrollando la competitividad de los sectores textiles y prendas de vestir”. Noticias Universidad de Lima. Lima, 25 de mayo del 2015.

<http://www.ulima.edu.pe/ulima/noticias/desafios-y-experiencias-del-sector-textil-y-de-confecciones>

**Otros:**

<[http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/Betas.html](http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html)>