

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

**OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS EN LA FABRICACIÓN DE
TERMAS ELÉCTRICAS UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE
LEAN MANUFACTURING**

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

Baluis Flores, Carlos André

ASESOR: Corrales Riveros, César Augusto

Lima, Octubre de 2013

RESUMEN

El caso de estudio presenta los principales problemas que padece una empresa del sector metal mecánico (dedicado a la fabricación de termas eléctricas y comercialización de calentadores instantáneos), así como las propuestas de mejora utilizando las herramientas del *Lean Manufacturing*.

En la primera parte del presente trabajo, se explican las principales herramientas del *Lean Manufacturing*, luego se delimita el caso de estudio a la fabricación de tanques de termas eléctricas, esto como consecuencia del análisis de los tiempos de ciclo y la identificación de los desperdicios a lo largo del proceso productivo de la fabricación de una terma eléctrica, siendo la fabricación de tanques el proceso con la capacidad más restrictiva, (problema crítico de la gestión del sistema productivo). Luego de delimitar el estudio, se realiza el diagnóstico utilizando el *Value Stream Mapping (VSM)* en el cual se presentan los principales indicadores a analizar y controlar, entre estos tenemos, los tiempos de ciclo de los procesos, los días de inventarios entre procesos en fábrica, los tiempos de cambio de molde y la disponibilidad de máquinas.

Posteriormente, una vez analizado el *VSM* y los indicadores *Lean* se procede a proponer las herramientas *Lean* para mitigar los desperdicios encontrados. Entre los principales problemas encontrados se encuentran: un desbalance de carga de trabajos para la línea de fabricación de tanques de termas eléctricas, problemas de sobreinventarios entre los procesos y problemas con tiempos de *setup* de máquinas altos. Por tanto, se propone implementar un balance de línea, que ayude a nivelar la carga de trabajo; un sistema *Kanban*, que ayude a controlar los niveles de inventario, y la implementación del sistema *SMED*, para disminuir los tiempos de cambio de moldes.

Finalmente, se evalúa la viabilidad de la implementación de las mejoras propuestas por separado, siendo justificadas cada una con un VAN positivo y una TIR por encima del 20% (rentabilidad mínima esperada por la empresa).

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por estar siempre conmigo y haberme guiado a lo largo de mi carrera.

Le agradezco a mi asesor el Ing. Cesar Corrales por su disposición para apoyarme en la realización del presente trabajo y por los consejos transmitidos para la culminación del mismo.

Le doy gracias a mis padres Artemio Baluis y Teresa Flores por haberme apoyado en todo momento y por haberme dado la oportunidad de recibir una excelente educación en esta gran casa de estudios la PUCP.

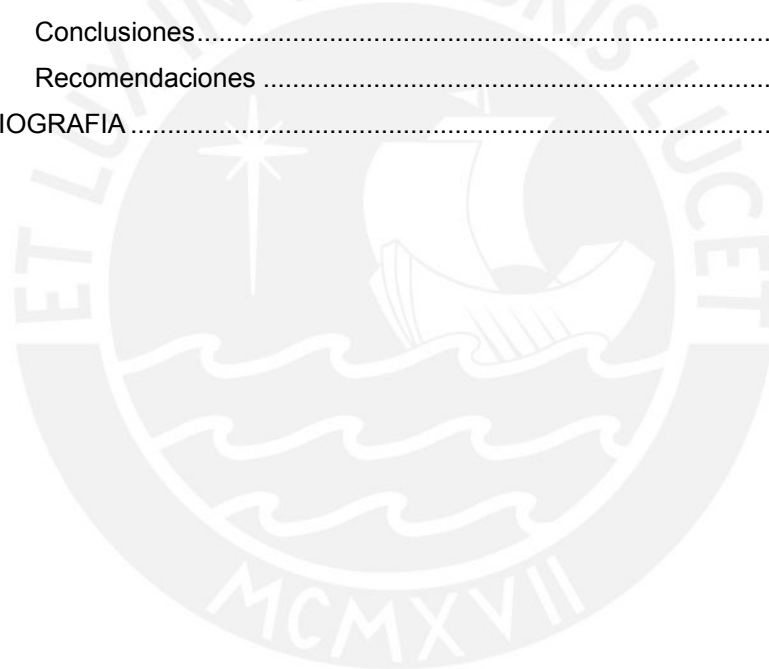
A mi hermana Vanessa Baluis por ser siempre un ejemplo de desarrollo profesional y por su apoyo constante para salir airoso en mis objetivos trazados.

Finalmente, agradezco al Ing. Jaime Luján Jefe de Planta de la empresa en estudio por el apoyo brindado con la información requerida para la realización y culminación del presente trabajo.

INDICE

INDICE DE FIGURAS	III
INDICE DE TABLAS	IV
INTRODUCCION	1
1. FILOSOFÍA LEAN MANUFACTURING	2
1.1 Historia y antecedentes del Lean Manufacturing	2
1.2 Desperdicios	3
1.2.1 Sobreproducción	4
1.2.2 Espera	4
1.2.3 Transporte innecesario	4
1.2.4 Sobreprocesamiento	4
1.2.5 Inventarios	5
1.2.6 Movimiento innecesario	5
1.2.7 Productos defectuosos o retrabajos	5
1.3 Principios de la filosofía Lean	5
1.3.1 Definir qué agrega valor para el cliente	5
1.3.2 Definir y hacer el mapa del proceso	6
1.3.3 Crear flujo continuo	6
1.3.4 Lograr que el consumidor “jale” lo que requiere	7
1.3.5 Esforzarse por la excelencia y alcanzar la perfección	7
1.4 Herramientas del sistema <i>Lean</i>	7
1.4.1 El Mapeo Flujo de valor (VSM)	8
1.4.2 Las 5S's	12
1.4.3 Controles visuales	17
1.4.4 Mantenimiento Productivo total – TPM	18
1.4.5 Cambios Rápidos – <i>SMED</i>	22
1.4.6 <i>Poka Yoke</i>	24
1.4.7 <i>Just in time</i> – JIT	25
1.4.8 <i>Kanban</i>	26
1.4.9 <i>Kaizen</i>	27
2. ESTUDIO DE CASO	29
2.1 Descripción de la empresa	30
2.2 Productos	30
2.2.1 Termas de acumulación de agua	31
2.2.2 Termas de acumulación a gas	33
2.2.3 Termas de Acumulación Solares	35
2.2.4 Termas de Paso continuo eléctricas	35
2.3 Clientes	37
2.4 Descripción del sistema productivo de la planta	38

2.4.1	Procesos productivos.....	38
2.5	Análisis y diagnóstico del sistema productivo.....	44
2.5.1	Metodología a utilizar en el proyecto.....	44
3.	PROPUESTAS DE MEJORA.....	62
3.1	Aplicación de las herramientas <i>Lean Manufacturing</i>	62
3.1.1	Aplicación del balance de línea.....	62
3.1.2	Implementación del <i>Kanban</i>	68
3.1.3	Implementación del <i>SMED</i>	75
	Aplicación de las fases del sistema <i>SMED</i>	76
4.	EVALUACION DEL IMPACTO ECONOMICO.....	82
4.1	Implementación del balance de línea – impacto económico.....	83
4.2	Implementación del sistema <i>Kanban</i> – impacto económico.....	86
4.3	Implementación del sistema <i>SMED</i> – impacto económico.....	90
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	93
5.1	Conclusiones.....	93
5.2	Recomendaciones.....	94
6.	BIBLIOGRAFIA.....	95



INDICE DE FIGURAS

Figura 1 – 5 pasos del Lean Manufacturing.....	6
Figura 2 – Los tres niveles del Lean Manufacturing.....	9
Figura 3 – Simbología del VSM.....	10
Figura 4 – Value Stream Mapping.....	11
Figura 5 – Las 5 S's.....	13
Figura 6 – Tarjeta Roja.....	13
Figura 7 - El proceso de Clasificación.....	14
Figura 8 - El proceso de ordenar.....	15
Figura 9 - Fases conceptuales para mejora preparaciones.....	25
Figura 10 - Terma eléctrica Byn.....	32
Figura 11 - Terma eléctrica Dby.....	33
Figura 12 - Termotanque de Alta Recuperación.....	34
Figura 13 - Termotanque Residencial.....	34
Figura 14 –Terma Solar Byn.....	35
Figura 15 - Modelo WH 9119.....	36
Figura 16 - Modelo Slimax 700 E.....	37
Figura 17 - DOP - Tanque de una Terma Eléctrica Byn.....	43
Figura 18- Metodología a emplear en el proyecto.....	44
Figura 19 - Tiempo de Ciclo por Áreas.....	46
Figura 20 - Los siete desperdicios.....	49
Figura 21 – VSM ACTUAL.....	56
Figura 22 – Análisis de tipo de desperdicio.....	58
Figura 23 – Análisis de tiempos de ciclo.....	59
Figura 24 – VSM FUTURO.....	61
Figura 25- Balance de Línea.....	63
Figura 26 – Diagrama de precedencias - soldado.....	64
Figura 27 – Diagrama de precedencias - Probado.....	65
Figura 28 - Balance de línea preliminar.....	67
Figura 29 - Balance de línea.....	67
Figura 30 - Control visual.....	73
Figura 31 – Pizarra Kanban.....	74
Figura 32 – Tarjeta Kanban.....	75
Figura 33- Diagrama de Spaguetti – Prensa eléctrica.....	77
Figura 34 - Hoja de reducción de cambios rápidos – Sistema SMED.....	78
Figura 35 – Porcentaje de tiempo de actividades – Cambio de moldes.....	79
Figura 36 – Hoja de trabajo – Sistema SMED.....	81
Figura 37 - Metodología a emplear en la evaluación del impacto económico.....	83

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Modelo de termas eléctricas.....	31
Tabla 2 - Marca - Código de los productos.....	31
Tabla 3 – Modelos de Calentadores Instantáneos	36
Tabla 4 - Nivel de valorización (N.V)	45
Tabla 5 - Matriz Producto - Proceso	47
Tabla 6 - Demanda anual de termas por capacidad.....	48
Tabla 7 - Tiempos de Ciclo por áreas para termas de 50 L	48
Tabla 8 - Nivel de valorización - Tiempo de ciclo	48
Tabla 9 - Ponderación de necesidad de mejora - Desperdicios	49
Tabla 10 - Análisis del punto crítico	50
Tabla 11 – Desperdicios por proceso	57
Tabla 12 – Frecuencias de los desperdicios por proceso	57
Tabla 13 - N° de operarios por proceso.....	59
Tabla 14 – Análisis de precedencias de actividades para el área de soldado	64
Tabla 15 – Análisis de precedencias para el área de probado.....	66
Tabla 16 – Eficiencia y RB del Balance de Línea.....	67
Tabla 17 - Clasificación ABC	70
Tabla 18 – N° de Kanban.....	1
Tabla 19 – Descripción de los elementos de la tarjeta Kanban.....	74
Tabla 20 – Costo Hora-Hombre.....	82
Tabla 21 - Costo de inversión del Balance de línea	84
Tabla 22 – Ahorro anual - Balance de línea	85
Tabla 23 - Flujo de caja implementación del balance de línea.....	85
Tabla 24 - Costo de implementación de fases de Kanban	87
Tabla 25 - Costo de materiales directos	88
Tabla 26 - Ahorro de la implementación del sistema Kanban	89
Tabla 27 - Flujo de caja implementación Sistema Kanban.....	90
Tabla 28 – Recursos a utilizar para la implementación del SMED.....	91
Tabla 29 - Flujo de caja implementación Sistema SMED.....	92

INTRODUCCION

El sector construcción ha mostrado un gran dinamismo en los últimos años en el Perú. Dicho dinamismo ha generado una buena percepción para las empresas que se dedican a ofrecer confort para el hogar con el objetivo de equipar las viviendas. Por tanto, este crecimiento ha hecho que el mercado de termas eléctricas se vuelva cada vez más competitivo donde las empresas no solo buscan captar y fidelizar a sus clientes estableciendo diferentes estrategias competitivas, sino también buscando optimizar sus recursos.

El objetivo principal del presente trabajo es optimizar los procesos productivos que se traduzcan en rentabilidad para la empresa, a partir de la implementación de las herramientas *Lean Manufacturing*. A continuación se presentan los capítulos abordados en el presente trabajo:

En el primer capítulo, se realiza una breve descripción de las principales herramientas *Lean* que permitan disminuir los posibles desperdicios que padece la empresa.

Posteriormente, en el segundo capítulo, se realiza la descripción de la empresa y se transmite el estado actual de la empresa mostrando los principales desperdicios a controlar: la sobreproducción, altos inventarios y movimientos innecesarios.

En el tercer capítulo, se proponen las herramientas *Lean Manufacturing* que hacen posible controlar los problemas identificados en el capítulo 2, entre estos tenemos: establecer un balance de línea, implementar un sistema *Kanban* e implementar un sistema *SMED*.

Finalmente, en el cuarto capítulo, se evalúa la viabilidad del proyecto de mejora estableciendo un margen mínimo de rentabilidad igual al 20% por política de la empresa, dicha evaluación se sustenta haciendo uso de las herramientas financieras: VAN y TIR.

1. FILOSOFÍA LEAN MANUFACTURING

En este capítulo se realiza una breve descripción sobre el origen, objetivos y beneficios que lleva la aplicación de la filosofía *Lean*, la cual servirá de fundamentos conceptuales para el desarrollo de la presente tesis.

1.1 Historia y antecedentes del Lean Manufacturing

Según Villaseñor (2007) la historia inicia con Sakichi Toyoda, visionario e inventor, parecido a Henry Ford. En 1924, *Toyoda* inicia la fabricación de telares manuales, el precio de estos era más cómodo, pero se requería demasiado trabajo. Es cuando comienza a trabajar en la creación de una máquina de tejer. Al realizar este trabajo, de prueba y error, género del *Toyota Way*, el *genchi genbutsu* (ir/observar/entender). Luego, él fue quien fundó la compañía *Toyoda Automatic Loom Works*, empresa que todavía forma parte de la corporación Toyota.

Uno de sus primeros inventos fue un mecanismo especial que detenía de manera automática el telar cuando un hilo se rompía, este invento se convirtió en uno de los pilares del Sistema de producción Toyota, llamado *Jidoka* (automatización con toque humano).

Posteriormente, en 1894 Sakichi Toyoda tuvo su hijo (Kiichiro Toyoda) con el que posteriormente empezaría la construcción de *Toyota Motor Company*, Sakichi, hizo estudiar a su hijo Kiichiro en la prestigiosa Universidad Imperial de Tokio la carrera de ingeniería mecánica.

Así pues, Kiichiro construyó Toyota con la filosofía de su padre, donde él agregó sus propias innovaciones como el sistema *Poka yoke* (aprueba de errores) y *Just in time*.

Finalmente, fue Eiji Toyoda, quien también en la Universidad Imperial de Tokio, sobrino de Sakichi y primo de Kiichiro, quien terminó de construir la compañía desarrollando el *Just in time*.

Del sistema Toyota lo más resaltante fue sin duda el “sistema jalar”, el cual fue retomado de los supermercados en Norteamérica, lo que significa no se debe hacer nada (abastecer), hasta que el próximo proceso utilice lo que originalmente había surtido, esto es conocido como el *Kanban*. Sin este

sistema jalar, no sería posible el JIT, uno de los pilares del Sistema de producción Toyota.

Para los años sesenta, el sistema de producción Toyota era una filosofía muy poderosa que todo negocio debería aprender. Toyota dio los primeros pasos para esparcir sus principios a sus proveedores clave.

Las líneas anteriores, es sólo una parte de lo que ha hecho Toyota para ser lo que hoy en día es. Según Villaseñor (2007) no fue sino hasta 1990 cuando el término de “producción esbelta” fue inventado, dentro del libro *The Machine That Changed The World* (la máquina que cambió el mundo).

1.2 Desperdicios

Es todo aquello que no añade valor al producto. Es decir, es todo aquello que nos cuesta tiempo, capital o recursos que nuestro cliente no está dispuesto a pagarlo. En otras palabras, es todo lo adicional a lo mínimo necesario de recursos (materiales, equipos, personal, tecnología, etc.) para fabricar un producto o prestar algún servicio. A las actividades que no agregan valor Womack (2005) les denomina MUDA.

Cabe resaltar, que no todos los desperdicios pueden ser eliminados en su totalidad, sin embargo, siempre se podrá mejorar la situación actual.

El objetivo de eliminar estos desperdicios es hacer más con menos (menos inversión en capital, menos espacio ocupado, menos esfuerzo de operarios, menos mano de obra directa e indirecta, menos inventario, menos tiempo total de procesamiento).

De acuerdo con Villaseñor (2007), existen siete tipos de desperdicios, los cuales se muestran a continuación:

1.2.1 Sobreproducción

Esto como consecuencia de producir artículos para los que no existen órdenes de producción; es decir producir antes de que el consumidor lo requiera, lo que contribuye a que los productos sean almacenados y se incremente el inventario, y por ende el costo de mantenimiento.

Algunas de las razones por las que se puede detectar este tipo de desperdicio puede ser debido a falencias en las previsiones de ventas, un deficiente planeamiento, producción al máximo de la capacidad para aprovechar las capacidades de producción, problemas de producción.

1.2.2 Espera

Este tipo de desperdicio se puede apreciar cuando los operadores esperan observando las máquinas trabajar o esperan por algún otro motivo externo a la producción como esperar por herramientas, piezas para continuar un procesamiento; otros ejemplos de esperas son el tiempo de cola para un procesamiento, pérdida de tiempo por labores de reparaciones o mantenimientos, tiempos de espera de órdenes, tiempos de espera de materia primas o insumos. Todos estos tiempos dan lugar a un bajo nivel de productividad.

1.2.3 Transporte innecesario

Se le considera desperdicio de este tipo a todo movimiento innecesario de los insumos, materiales, productos en proceso durante la producción. A partir de este transporte innecesario se puede generar daños al producto o a las partes, lo que generaría retrabajos.

1.2.4 Sobreprocesamiento

Este tipo de desperdicio se presenta cuando no se tienen claros los requerimientos de los clientes, lo que causa que en la producción se creen procesos innecesarios, los cuales en vez de agregar valor al producto, en realidad se logra inflar los costos.

1.2.5 Inventarios

Los desperdicios de este tipo se pueden observar en los excesivos almacenamientos de materias primas, productos en procesos y productos terminados. Así mismo, el exceso de estos inventarios causa largos tiempos de entrega, obsolescencia de productos, productos dañados, costo de almacenamiento y de transportes. Este tipo de desperdicio oculta problemas en la empresa, como producción desnivelada, entregas retrasadas por parte de los proveedores, defectos, tiempos caídos de los equipos y largos tiempos de *set-up*.

1.2.6 Movimiento innecesario

Cualquier movimiento que el operario realice muy aparte de generar valor al producto. Este tipo de desperdicio se puede evidenciar cuando el operario mira, busca, acumula partes, herramientas, escoge, se agacha, etc.

1.2.7 Productos defectuosos o retrabajos

La producción de partes y productos defectuosos, genera reparaciones o retrabajos, reemplazos en la producción e inspección lo que significan manejo, tiempo y esfuerzo desperdiciado.

1.3 Principios de la filosofía Lean

Según Villaseñor (2007) el *Lean Manufacturing* consta de un proceso de 5 pasos. En la figura 1 se observa los 5 pasos.

1.3.1 Definir qué agrega valor para el cliente

En esta parte del proceso se identifica y define, desde la perspectiva del cliente, qué es lo que realmente agrega valor con la finalidad de eliminar los desperdicios que le adicionan costos al producto. Se puede decir que lo único que agrega valor en cualquier tipo de proceso es la transformación física o informativa de los productos, servicios o actividades que pueda requerir el cliente; es por eso que esta filosofía se inicia con el cliente, ya que él es quien hace posible la estabilidad y crecimiento de un negocio.

1.3.2 Definir y hacer el mapa del proceso

Esta etapa consiste en realizar por medio de un mapa el flujo de información y de materiales (mapear la cadena de valor), y por medio de indicadores *Lean* identificar oportunidades de mejoras y eliminar los desperdicios.

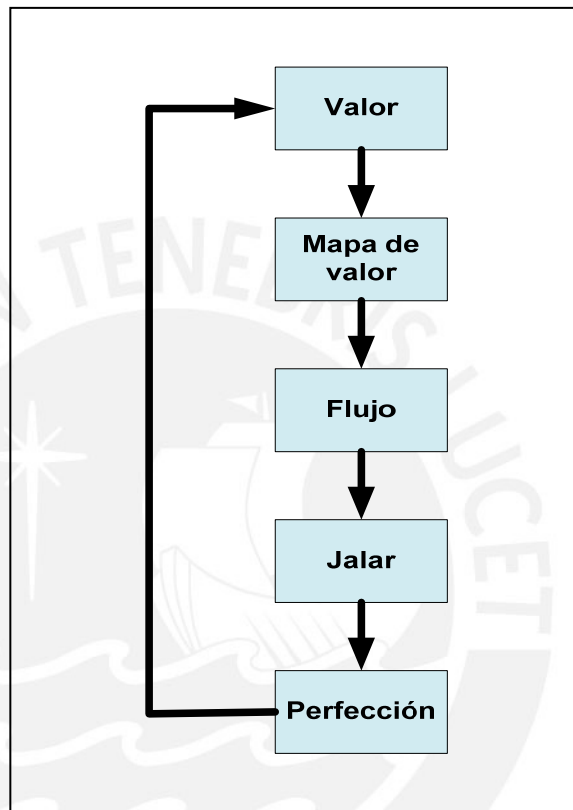


Figura 1 – 5 pasos del Lean Manufacturing
Fuente: Manual de Lean Manufacturing (2007)

1.3.3 Crear flujo continuo

En esta tercera etapa, se debe tener en cuenta el crear un flujo continuo en el proceso para que la información y materiales fluyan de manera más rápida y para que los problemas puedan visualizarse. El objetivo de este principio es hacer fluir el flujo de valor uniformemente y continuamente sin ninguna interrupción. Este concepto se puede resumir con la siguiente frase: “mover uno, hacer uno”.

Así mismo, para este principio se debe tener en cuenta que en el flujo continuo todo funciona o nada funciona, así pues al implementar un flujo

continuo conllevará a establecer una política de prevención y corrección de la calidad, mantenimiento y de la logística.

1.3.4 Lograr que el consumidor “jale” lo que requiere

Quiere decir establecer un sistema que jale de las estaciones de trabajo anteriores, desde el inicio del proceso productivo y continuando con las estaciones de trabajo anteriores (producir justo a tiempo). Al adoptar un *sistema Pull* se reducen los inventarios y se evita la sobreproducción.

El lema de jalar es: No haga nada hasta que el cliente lo pida y, luego hágalo todo rápidamente.

1.3.5 Esforzarse por la excelencia y alcanzar la perfección

El último paso del *Lean Manufacturing* es el mejoramiento continuo (*Kaizen*), esto como consecuencia de la famosa frase siempre es posible hacer mejor las cosas. Esta filosofía engloba los conceptos de la mejora continua sin aumentar el dinero, personas, equipos grandes, inventario y espacios.

1.4 Herramientas del sistema *Lean*

Villaseñor (2007) describe las 3 etapas de análisis para la implementación del *Lean Manufacturing* de la siguiente manera:

A. Demanda:

En esta etapa lo que se busca es entender las necesidades del cliente por los productos, con los detalles de información como la cantidad, calidad, el Lead Time y el precio.

B. Flujo:

En esta etapa lo que se busca es que el cliente obtenga el producto que desea en el tiempo, cantidad y con la calidad deseada, para esto se establece un flujo continuo de producción a través de toda la empresa.

C. Nivelación:

Finalmente, en esta etapa se intenta distribuir uniformemente el trabajo (por volumen y la variedad) para aminorar los inventarios y poder trabajar con lotes menores.

Se recomienda implementación de estos niveles en el orden descrito.

Las herramientas *Lean* que se recomiendan usar en cada uno de los 3 niveles se aprecian en la figura 2.

1.4.1 El Mapeo Flujo de valor (VSM)

Según Marín (2011) el VSM es una herramienta de diagnóstico y control para la mejora continua. La cual nos permite representar con un dibujo las actividades de una familia de productos o servicios de una empresa en cuanto al flujo de materiales y flujo de información.

Así mismo, realizar el mapeo flujo de valor conlleva a trabajar en el gran conjunto (no sólo en los procesos individuales), mejorando el todo (no sólo optimizando las partes).

Los beneficios de realizar el mapeo flujo de valor son los siguientes:

- Ayuda a visualizar fuentes de desperdicio y cuellos de botella (*bottlenecks*).
- Proporciona un lenguaje común para hablar acerca de los procesos.
- Herramienta de comunicación altamente efectiva.
- Base para el plan de implementación.
- Muestra el enlace entre el flujo de información y el de material.

En la figura 3 y 4 se observa la simbología utilizada en el *value stream mapping* y un ejemplo de su aplicación respectivamente.



Figura 2 – Los tres niveles del Lean Manufacturing
Fuente: Manual de Lean Manufacturing (2007)

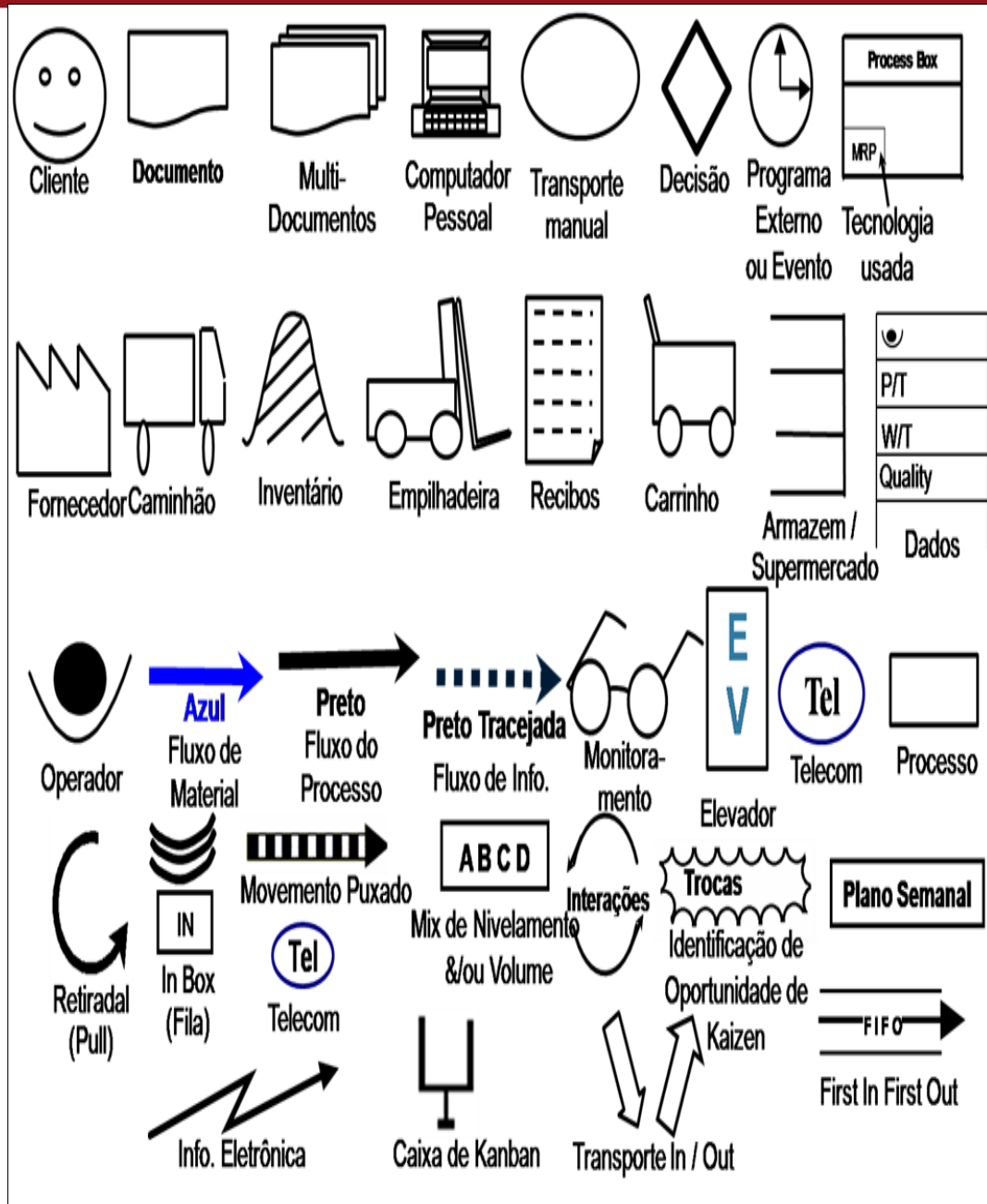
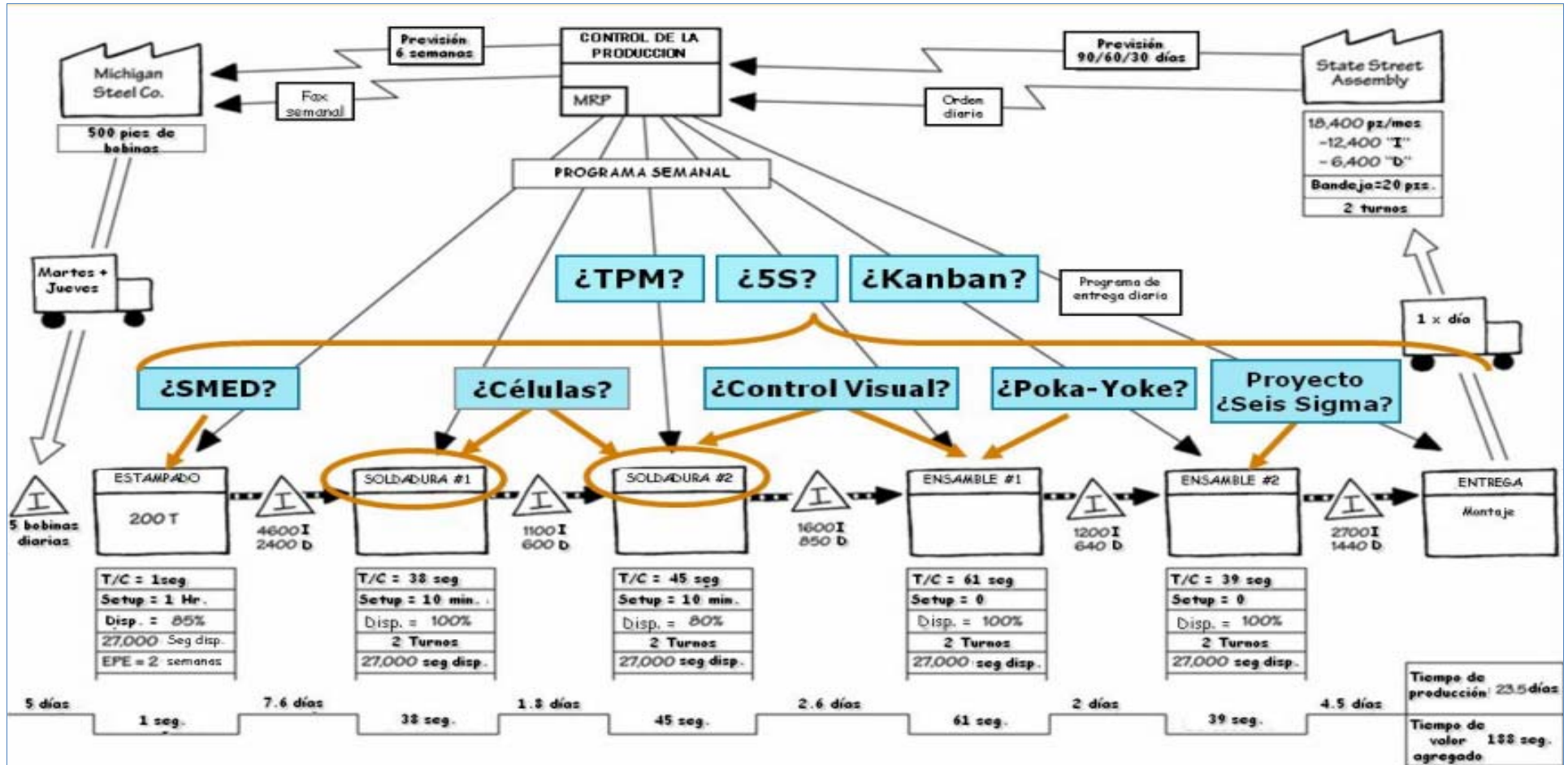


Figura 3 – Simbología del VSM
Fuente: Mapeo de la cadena de valor (2010)



11

Figura 4 – Value Stream Mapping
 Fuente: Introducción al Lean Manufacturing: Iniciando la Gestión del Flujo Valor (2009)

1.4.2 Las 5S's

Según León (2009) las 5 S's Plus, como él las llama, es una metodología que utiliza cinco palabras japonesas que empiezan con la letra S, esta metodología sirve como herramienta de la mejora de la calidad y la productividad, el cual permite iniciar y mantener un lugar de trabajo más limpio y organizado. Los objetivos de esta metodología son:

- Desarrollar la mentalidad de la Mejora Continua (*Kaizen*) del personal en los diferentes puestos de trabajo.
- Fomentar el trabajo en equipo y el compromiso de todo el personal.
- Desarrollar en los Administradores y Supervisores el Liderazgo práctico.
- Preparar la plataforma base para el desarrollo de la Calidad en la organización.

En la figura 5 se muestra las 5 etapas para la implementación de las 5 S's:

A continuación se detalla cada una de las etapas de la metodología 5S's:

A. Clasificar – *Seiri*

En esta etapa consiste en separar lo necesario de lo innecesario, posteriormente los materiales que no deben estar cerca de los lugares analizados (lo innecesario) deben ser eliminados, ya que entorpecen la producción y/o el trabajo de los trabajadores.

Las personas que determinarán la clasificación de los materiales serán las personas que realizan las tareas y son solo ellas quienes saben cómo y con qué hacen las cosas, por lo que son las más indicadas para determinar la utilidad.

En la implementación de esta primera S se utiliza la estrategia de las tarjetas rojas. Estas tarjetas de este color permiten denunciar que en el sitio de trabajo analizado existen materiales innecesarios y debe tomarse una medida correctiva. Ver figura 6.

En la figura 7 se presenta el proceso adecuado para la implementación de la primera S.

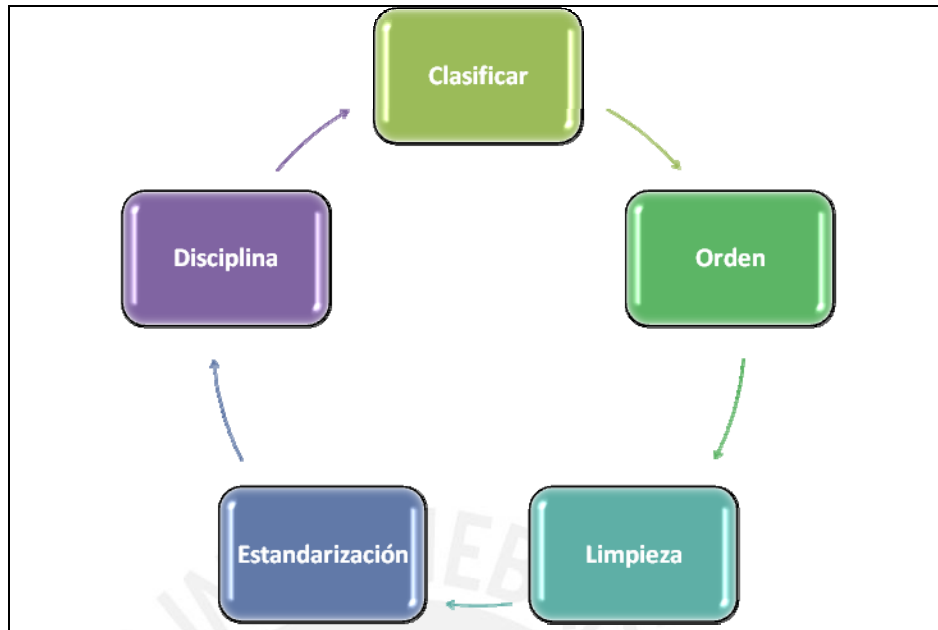


Figura 5 – Las 5 S's
Elaboración propia

Tarjeta Roja			
NOMBRE DEL ARTICULO		FOLIO N° 0001	
CATEGORIA	1. Maquinaria 2. Accesorios y herramientas 3. Instrumental de Medición 4. Materia Prima. 5. Refacción 6. Inventario en Proceso 7. Producto Terminado 8. Equipo de Oficina 9. Librería y papelería 10. Limpieza o pesticidas		
FECHA	LOCALIZACIÓN	TIPO DE COORDENADA	
CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR \$	
RAZÓN	1. No se necesitan 2. Defectuoso 3. No se necesita pronto 4. Material de desperdicio 5. Uso desconocido 6. Contaminante 7. Otro		
Consideraciones especiales de almacenaje			
<input type="checkbox"/> Ventilación especial	<input type="checkbox"/> En camas de		
<input type="checkbox"/> Frágil	<input type="checkbox"/> Máxima altura	cajas	
<input type="checkbox"/> Explosivo	<input type="checkbox"/> Ambiente a	°C	
ELABORADA POR	Departamento o sección		
FORMA DE DESECHO	1. Tirar	2. Vender	3. Otros
	4. Mover áreas de tarjetas rojas		Desecho completo
	5. Mover otro almacén		
	6. Regresar proveedor int o ext		Firma autorizada(s)
FECHA DE DESECHO	Firma de autorización		FECHA DE DESPACHO
Vender o tirar			
Nombre:	Fecha:	FOLIO	N° 0001
			Tarjeta R MINI-PLANTA

Figura 6 – Tarjeta Roja
Fuente: Manual de las 5 S's (2005)

B. Ordenar – *Seiton*

En esta segunda etapa, se pretende ubicar los elementos necesarios en lugares donde se puedan hallar fácilmente y puedan ser guardados.

Al aplicar esta segunda S, se mejorará la identificación y marcación de controles de las maquinarias a utilizar, aquellos elementos críticos para el mantenimiento.

Así mismo, permite la ubicación de materiales y herramientas de forma rápida, mejora el ambiente de trabajo, mejora el control de stock de repuestos y materiales como la coordinación para la ejecución de trabajos.

La falta de orden en el espacio de trabajo genera pérdidas de tiempos en búsqueda de elementos y en movimientos para ubicarlos.

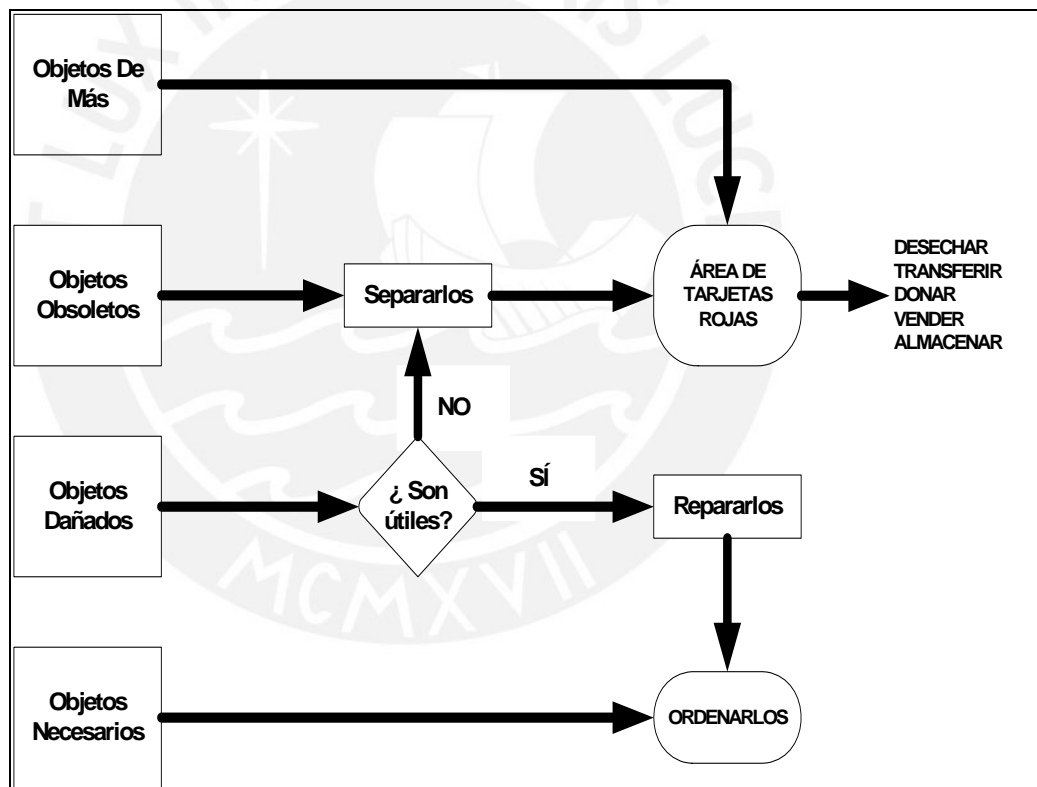


Figura 7 - El proceso de Clasificación
Fuente: Material de Clase de Manufactura Esbelta (2007)
Elaboración Propia

En la figura 8 se presenta el proceso adecuado para la implementación de la segunda S.

En el proceso de analizar la situación actual se pone mayor énfasis a los movimientos de materiales, piezas y personal; para lo cual se analizan los tiempos y/o distancias involucradas en las actividades de los procesos producción.

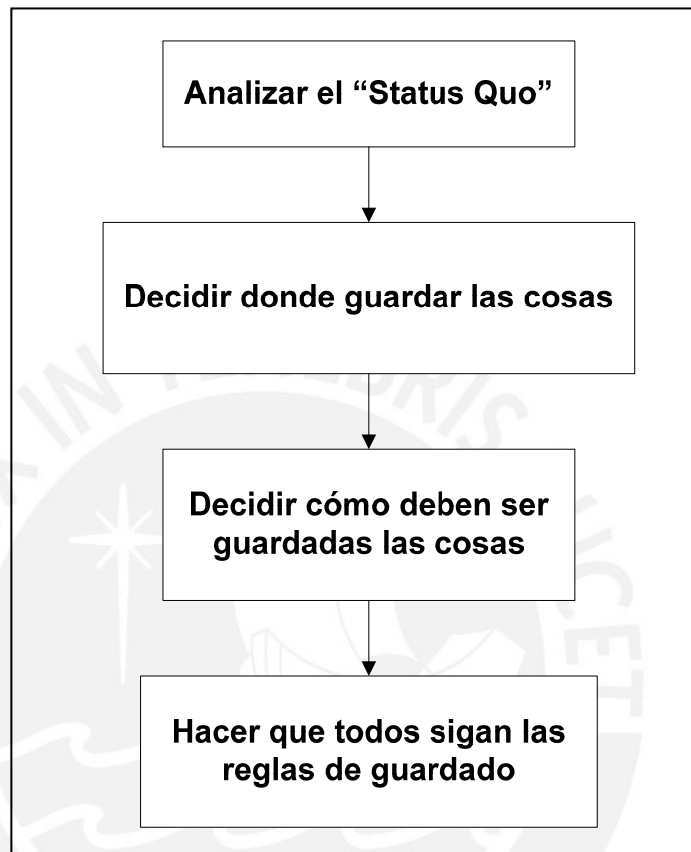


Figura 8 - El proceso de ordenar
Fuente: Material de Clase de Manufactura Esbelta
Elaboración Propia

C. Limpiar – *Seiso*

En esta tercera etapa de la implementación de las 5S's, se pretende crear un lugar de trabajo impecable, de manera que se pueda realizar un trabajo eficiente. Por tal motivo, los puestos de trabajo como las máquinas deberán estar limpios de tal forma que no haya suciedad en ninguna parte.

Para conseguir, implementar esta tercera S, es muy importante el compromiso de todo el personal.

A continuación se muestran los tres pasos para la implementación eficiente de la tercera S:

Paso 1: Campaña o jornada de limpieza:

Es muy frecuente que una empresa realiza una campaña de orden y limpieza como un primer paso para implantar las 5S. En esta jornada se eliminan los elementos innecesarios y se limpia el equipo, pasillos, armarios, almacenes, entre otros. Se trata sólo de un buen inicio y preparación para la práctica de la limpieza permanente.

Paso 2: planificar el mantenimiento de la limpieza:

Se debe asignar responsables para cada tipo de trabajo de limpieza en la planta. Esta asignación se debe registrar en un gráfico en el que se muestre la responsabilidad de cada persona.

Paso 3: Preparar el manual de limpieza:

Este manual debe incluir además del gráfico de asignación de áreas, la forma de utilizar los elementos de limpieza, tales como detergentes, desengrasantes, jabones, agua, entre otros; así como también, la frecuencia y tiempo promedio establecido para dichas labores.

Para concluir la parte teórica del *Seiso*, cabe resaltar algunos puntos importantes de este como los siguientes: para limpiar se debe emplear los cinco sentidos y de esta manera se podrá detectar anomalías, la limpieza es inspección y la inspección es descubrir anomalías.

D. Estandarizar – *Seiketsu*

Es la cuarta etapa y significa limpieza estandarizada. Para mantener y controlar las 3S's se debe colocar estándares en un lugar visible y este debe ser fácil de entender por todos.

En esta etapa es que se utilizan los controles visuales, un control visual es cualquier medio de comunicación que permite informarnos de cómo debe realizarse un trabajo.

E. Disciplina – *Shitsuke*

Esta etapa es la más difícil de alcanzar e implementar, ya que por naturaleza humana es que exista renuencia al cambio; esta etapa consiste en convertir

las 4S en una forma natural de actuar, es considerado por muchos como el inicio de la mejora continua, para esto se necesita mucha disciplina, practicar y sobre todo compromiso.

Para la implementación de la quinta S, se considerará el hábito de mantener correctamente los procedimientos apropiados. Para promover el hábito de mantener correctamente los procedimientos apropiados se tiene que establecer procedimientos estándares de trabajo, asegurar el entendimiento de los estándares, aprender pero haciendo y predicar con el ejemplo.

1.4.3 Controles visuales

Los controles visuales son estándares que se representan mediante un elemento gráfico o físico, de color o numérico.

Según Shingo (1990) una aplicación de estos controles visuales son el *Kanban* y el *andon* (paneles de control iluminados). Además, afirma que la finalidad de los controles visuales es informar si las operaciones se están realizando de acuerdo a los estándares establecidos, de esta manera se podrá identificar si estas operaciones se realizan de manera normal o anormalmente.

Se utiliza para informar de una manera fácil entre otros los siguientes temas:

- Lugar donde se encuentran los elementos.
- Frecuencia de lubricación de un equipo, tipo de lubricante y sitio donde aplicarlo.
- Estándares sugeridos para cada una de las actividades que se deben realizar en un equipo o proceso de trabajo.
- Dónde ubicar los elementos de aseo, limpieza y residuos clasificados.
- Sentido de giro de los motores.
- Conexiones eléctricas.
- Sentido de giro de botones de actuación, válvulas y actuadores.
- Flujo del líquido en una tubería, marcación de esta, etc.
- Franjas de operación de manómetros (estándares).

- Dónde ubicar los instrumentos de trabajo como calculadora, lapiceros, etc.

1.4.4 Mantenimiento Productivo total – TPM

El TPM se orienta a crear un sistema corporativo que maximiza la eficiencia de todo el sistema productivo, estableciendo un sistema que previene las pérdidas en todas las operaciones de la empresa. Esto incluye “cero accidentes, cero defectos y cero fallos” en todo el ciclo de vida del sistema productivo. Se aplica en todos los sectores, incluyendo producción, desarrollo y departamentos administrativos. Se apoya en la participación de todos los integrantes de la empresa, desde la alta dirección hasta los niveles operativos. La obtención de cero pérdidas se logra a través del trabajo de pequeños equipos.

De acuerdo a Nakajima (1991), la meta del TPM es las cero averías y cero defectos. Cuando se eliminan las averías y defectos, las tasas de operación del equipo mejoran, los costes se reducen, el stock puede minimizarse y esto da como resultado un aumento de la productividad de los trabajadores. Este sistema japonés de mantenimiento industrial presenta las siguientes características:

- Acciones de mantenimiento en todas las etapas del ciclo de vida del equipo.
- Participación amplia de todas las personas de la organización.
- Estrategia global de empresa, en lugar de un sistema para mantener equipos.
- Orientado a la mejora de la efectividad global de las operaciones, en lugar de prestar atención a mantener los equipos funcionando.
- Intervención significativa del personal involucrado en la operación y producción en el cuidado y conservación de los equipos y recursos físicos.
- Procesos de mantenimiento fundamentados en la utilización profunda del conocimiento que el personal posee sobre los procesos.

Así mismo, para la implementación del TPM existe una metodología disciplinada, potente y efectiva, esta metodología son Pilares del TPM que

servirán de apoyo para la implementación de un sistema de producción ordenado.

A continuación se mencionan los pilares del TPM según Susuki (1995):

Pilar 1: Mejoras Enfocadas – *Kaizen*

El objetivo de las mejoras enfocadas es maximizar la efectividad global de equipos, procesos y plantas a través de la continua eliminación de pérdidas y la mejora de rendimientos; todo esto a través de un trabajo organizado en equipos multidisciplinarios, empleando una metodología específica y concentrando su atención en la eliminación de los despilfarros que se presentan en las plantas industriales.

Las pérdidas pueden ser:

- Fallas en los equipos principales
- Cambios y ajustes no programados
- Fallas de equipos auxiliares
- Ocio y paradas menores
- Reducción de Velocidad
- Defectos en el proceso
- Arranque

Pilar 2: Mantenimiento Autónomo - *Jishu Hozen*

El objetivo del mantenimiento autónomo es conservar y mejorar el equipo con la participación del usuario u operador. Este pilar está compuesto por un conjunto de actividades que se realizan diariamente por todos los operarios en los equipos que trabajan, incluyendo inspección, lubricación, limpieza, intervenciones menores, cambios de herramienta y piezas, estudiando posibles mejoras, analizando y solucionando problemas del equipo y acciones que conduzcan a mantener el equipo en las mejores condiciones de funcionamiento. Dichas actividades se debe realizar a partir de estándares creados previamente con la colaboración de los propios operarios. Estos operarios deben ser entrenados para que puedan dominar el equipo con el que trabajan.

El mantenimiento autónomo puede prevenir:

- Contaminación por agentes externo
- Rupturas de ciertas piezas
- Desplazamientos
- Errores en la manipulación

Pilar 3: Mantenimiento Planificado – *Keikaku Hozen*

El objetivo del mantenimiento planificado es lograr mantener el equipo y el proceso en condiciones óptimas (necesidad de avanzar gradualmente hacia la búsqueda de la meta, cero averías), este pilar es uno de los más importantes en la búsqueda de beneficios en una organización industrial.

Pilar 4: Capacitación y entrenamiento

El objetivo de este pilar es eliminar pérdidas producidas por la falta de conocimientos y habilidades como por la ineficiencia de los sistemas de capacitación y entrenamiento. Este pilar considera todas las acciones que se deben realizar para el desarrollo de habilidades para lograr altos niveles de desempeño de las personas en su trabajo.

Pilar 5: Gestión Temprana

Este pilar busca mejorar la tecnología de los equipos de producción. Es fundamental para aquellas empresas que compiten en sectores de innovación acelerada, ya que en estos sistemas de producción la actualización continua de los equipos, la capacidad de flexibilidad y funcionamiento libre de fallos; son factores casi siempre críticos.

Pilar 6: Mantenimiento de la Calidad – *Hinshitsu Hozen*

El objetivo de este pilar es tomar acciones preventivas para obtener un proceso y equipo cero defectos.

Las acciones del mantenimiento de calidad buscan verificar y medir las condiciones cero defectos regularmente con la finalidad de que la operación de los equipos no genere defectos de calidad.

Pilar 7: Mantenimiento en Áreas Administrativas

Este pilar busca tener como propósito reducir las pérdidas que puedan darse en las oficinas con respecto a los trabajos manuales. El mantenimiento productivo en las áreas administrativas permite evitar pérdidas de información, coordinación, precisión de la información, etc. La implementación de este pilar consiste en emplear técnicas de mejora enfocada, 5S's, acciones de mantenimiento autónomo, capacitación y entrenamiento.

Pilar 8: Gestión de Seguridad, Salud y Medio Ambiente

El objetivo de este pilar es crear y mantener un sistema que garantice un ambiente libre de accidentes y contaminación.

Lo importante es tener un ambiente de trabajo confortable y seguro, así pues este pilar contribuye a prevenir riesgos que podrían afectar la integridad de las personas y el medio ambiente.

De acuerdo con Nakajima (1991), hay doce pasos involucrados en el desarrollo:

1. Comunicar el compromiso de la alta gerencia para introducir el TPM. Se debe hacer una declaración del ejecutivo de más alto rango en la cual exprese que se tomó la resolución de implementar TPM en la empresa.
2. Campaña educacional introductoria para el TPM. Para esto se requiere de la impartición de varios cursos de TPM en los diversos niveles de la empresa
3. Establecimiento de una organización promocional y un modelo de mantenimiento de máquinas mediante una organización formal. Esta organización debe estar formada por gerentes de planta, gerentes de departamento y sección, supervisores y personal.
4. Fijar políticas básicas y objetivos. Las metas deben ser escrito en documentos que mencionen que el TPM será implantado como un medio para alcanzar las metas. Primero se debe decidir sobre el año en el que la empresa se someterá a auditoría interna o externa. Fijar

- una meta numérica que debe ser alcanzada para cada categoría en ese año.
5. Diseñar el plan maestro de TPM. La mejor forma es de una manera lenta y permanente, teniendo que planear desde la implantación hasta alcanzar la certificación (premio a la excelencia de TPM).
 6. Lanzamiento introductorio. Involucra a las personas de nivel alto y medio, quienes trabajan en establecer los ajustes para el lanzamiento, ya que este día es cuando será lanzado TPM con la participación de todo el personal.
 7. Mejoramiento de la efectividad del equipo. En este paso se eliminan las 6 grandes pérdidas consideradas por el TPM (Fallas en los equipos, paros menores, pérdida de velocidad, tiempo de *Set-Up*, *Scrap* y defectos y retrabajos).
 8. Establecimiento de un programa de mantenimiento autónomo para los operadores.
 9. Preparación de un calendario para el programa de mantenimiento. El propósito del programa es mejorar las funciones de: conservación, prevención, predicción, corrección y mejoramiento tecnológico.
 10. Dirigir el entrenamiento para mejorar la operación y las habilidades del mantenimiento.
 11. Desarrollo de un programa inicial para la administración del equipo.
 12. Implantar completamente y apoyar los objetivos.

1.4.5 Cambios Rápidos – *SMED*

Los cambios de útiles en minutos de un solo dígito se conocen popularmente como el sistema *SMED*. Según Shingo (1990), el término se refiere a la teoría y técnicas para realizar las operaciones de preparación en menos de diez minutos. Aunque se sabe que el término de preparación no pueda estrictamente completarse en menos de diez minutos, ese será el objetivo. El desarrollo del concepto *SMED* es el resultado del examen concienzudo tanto de aspectos teóricos como prácticos de la mejora de proceso de preparación de máquinas.

Los beneficios de la aplicación de esta herramienta son los siguientes:

- Producir en lotes pequeños.
- Reducir inventarios.
- Procesar productos de alta calidad.
- Reducir costos.
- Tiempos de entrega más cortos.
- Ser más competitivos.
- Tiempos de cambio más confiables.
- Carga más equilibrada en la producción diaria.

Shingo (1990) define dos tipos de preparación: la interna (IED) y la externa (OED), donde las operaciones internas son aquellas preparaciones que se pueden realizar con la máquina parada (como montar o desmontar dados, que pueden realizarse sólo cuando una máquina está parada), mientras que las operaciones externas son aquellas que se realizan con la máquina en marcha (como transportar los dados usados al almacén o llevar los nuevos hasta la máquina, que pueden realizarse mientras la máquina se encuentra operando).

El objetivo de la aplicación de este sistema es convertir aquellas operaciones internas a externas. Una vez conseguido esto, todos los aspectos de la preparación se pueden alcanzar en cada una de las etapas del proceso que se detallan a continuación (Shingo 1990):

Fase preliminar: No están diferenciadas las preparaciones interna y externa

En las operaciones de preparación tradicionales, se confunde la preparación interna con la externa y lo que puede realizarse externamente se hace internamente, permaneciendo, como consecuencia, las máquinas paradas, durante grandes períodos de tiempo.

Por esta razón, se debe realizar un análisis de producción continuo llevado a cabo con un cronómetro, estudio del trabajo por muestreo, entrevistas a los trabajadores de la empresa o la grabación en video de la operación, considerado por Shingo esta última el mejor método.

Fase 1: Separación de la preparación interna y externa

El paso más importante en la realización del sistema SMED, es diferenciar entre la preparación interna y la externa. El dominar la distinción entre la preparación interna y externa es el pasaporte para alcanzar el SMED, Shingo (1990).

Fase 2: Convertir la preparación interna en externa

Esta segunda etapa comprende dos conceptos importantes:

- Reevaluación de operaciones para si algunos pasos están erróneamente considerados como internos.
- Búsqueda de formas para convertir esos pasos en externos.

Algunas operaciones que se consideran como internas pueden a menudo ser convertidas a externas al examinar su verdadera función.

Fase 3: Perfeccionar todos los aspectos de la operación de preparación

Aunque el nivel de los diez minutos se puede alcanzar, simplemente convirtiendo la preparación interna en externa, no es así en la mayoría de los casos.

En la Figura 9 se muestra un resumen las fases conceptuales para mejora preparaciones.

1.4.6 *Poka Yoke*

El nombre de esta herramienta viene de las palabras japonés “*Poka*” (error inadvertido) y “*Yoke*” (prevenir) que significa a prueba de errores. *Poka Yoke* es un sistema o procedimiento destinado a evitar cualquier error durante la gestión del pedido o en la fabricación (Shingo 1990). Esto mejorará la satisfacción y fidelidad de los clientes.

La finalidad de esta herramienta es eliminar los defectos (tener cero defectos), ya sea previniendo o corrigiendo los errores que se presenten cuanto antes.

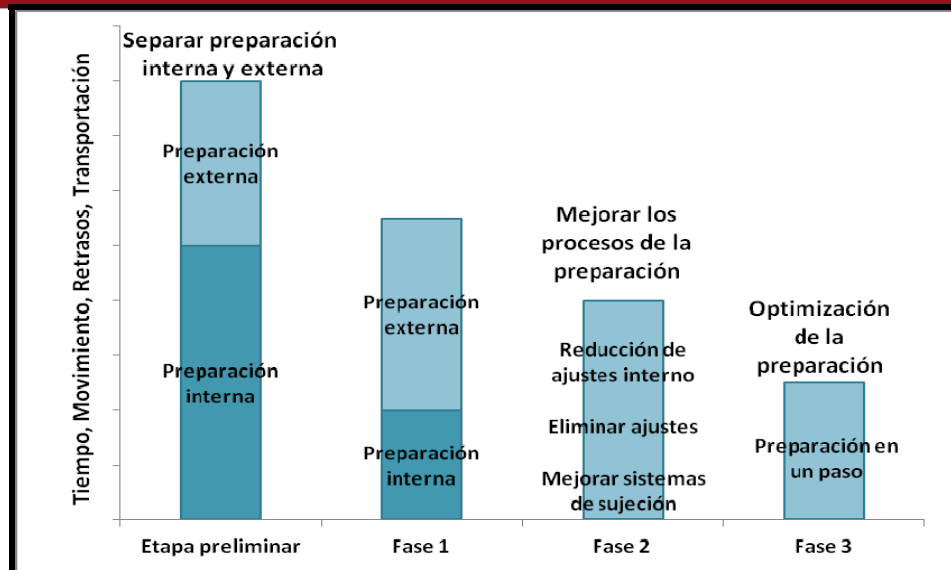


Figura 9 - Fases conceptuales para mejora preparaciones

Fuente: Shingeo, S. (1990)

Elaboración Propia

Para obtener cero defectos (una eliminación completa de los defectos) se debe realizar una inspección al 100 por ciento, ya que al realizar la inspección por muestreo aún se obtendrían defectos. A raíz de esto, es que surge esta herramienta, para prevenir los errores antes de que sucedan, o los hacen que sean muy obvios para que el trabajador se dé cuenta y lo pueda corregir a tiempo.

1.4.7 *Just in time* – JIT

Justo a tiempo (JIT) significa fabricar un producto indicado en el momento requerido y en la cantidad exacta. Todo exceso de producción es considerado desperdicio.

Según Hirano (1989), la esencia del JIT es hacer que el valor fluya de manera que el cliente pueda jalarlo.

La señal que impulsa la acción puede ser un contenedor vacío o una tarjeta *kanban* o cualquier otra señal que permita dar la orden de producir, mientras no se dé la orden de producir es preferible según Shingo (1990) que el operario no produzca nada ya que generará desperdicios.

1.4.8 *Kanban*

Kanban significa en japonés etiqueta de instrucción, la función principal del *Kanban* es contener información que sirva como orden de trabajo, en otras palabras un dispositivo que permite la dirección automática que da información acerca de qué producir, en qué cantidad, mediante qué medios y cómo transportarlo. Así pues, se entiende que del *Kanban* se desprenden dos funciones: el control de la producción y la mejora de procesos.

El *Kanban* tiene cuatro propósitos:

1. Prevenir la sobreproducción de materiales entre todos los procesos de producción
2. Proporcionar instrucciones específicas entre los procesos, basadas en los principios de surtido. Esta herramienta logra esto mediante el control del tiempo del movimiento de materiales y la cantidad de materiales que se transporta.
3. Servir como una herramienta de control visual para los supervisores de producción y para determinar cuándo la producción va por debajo o por encima de lo programado (ver si el material y la información están yendo acorde a lo planeado).
4. Cada *Kanban* representa un contenedor de inventario en el mapa de proceso, conforme se vaya reduciendo los *Kanbans* se irán reduciendo los inventarios y por ende el tiempo de entrega para los consumidores.

A continuación se muestra los tipos de *Kanban*:

Los *Kanban* de producción (*Kanban* para hacer) y *Kanban* de retiro (*Kanban* para mover), la diferencia entre estos dos *Kanban* es que el primero es una señal para realizar algo, mientras que el segundo es una señal de que algo necesita ser retirado del inventario (señal para surtir) y transportar a los procesos anteriores. Cabe resaltar, que cada uno de estos dos tipos de *Kanban* tiene dos subdivisiones:

Kanban de producción:

Este tipo de *Kanban* es utilizado en líneas de ensamble y otras áreas donde el tiempo de *set-up* (preparación de máquinas y cambio de herramientas) es cercano a cero. Contiene la orden de producción, el tipo de parte, la máquina por la que es procesada esa parte, y donde debe ser llevada o almacenada posteriormente. Las etiquetas pueden ser pegadas al material o colgadas cerca del lugar de tratamiento de acuerdo a la secuencia dentro del proceso.

Kanban de señalador:

Se coloca la etiqueta *Kanban* señalador en ciertas posiciones en los lugares de almacén, y especificando la producción del lote; la etiqueta señalador *Kanban* funcionará de la misma manera que un *Kanban* de producción. Indican al proveedor que traslade de su almacén un contenedor al almacén de materias primas del cliente. El sistema exige una coordinación interna de los elementos internos, que se consigue a través de la motivación (grupos de trabajo). Se conseguirá darle más responsabilidad a esas personas y por lo tanto más satisfacción en su trabajo.

Kanban de urgencia:

Emitido cuando hay escasez de un componente o cuando a causa de componentes defectuosos, averías de las máquinas, trabajos especiales o tiempo extra, se producen circunstancias especiales y es necesario surtir ese componente en el punto de uso de la línea de ensamble.

Kanban de proveedor:

Es usado entre el proveedor y el fabricante. La manufactura esbelta requiere rápidas entregas y para lograr esto, muchos fabricantes requieren de sus proveedores que entreguen los materiales justo a tiempo. Por lo tanto, los proveedores deben ajustarse desde tamaños de lote grandes a tamaños de lotes pequeños. Este tipo de *Kanban* es entregado en tiempos predefinidos del fabricante al proveedor.

1.4.9 *Kaizen*

Término japonés que significa mejoramiento en marcha que involucra a todos.

Kaizen es una filosofía que está orientado hacia el proceso y la innovación, así mismo activo más importante de una organización y se lleva a la práctica por medio del trabajo en equipo y se emplean para ello una serie de técnicas.

Premisas del *Kaizen*

Kaizen y gerencia:

La gerencia debe preocuparse tanto del mantenimiento de los estándares establecidos, como así también de lograr de manera sistemática la mejora en los niveles de calidad, productividad, costos, servicios y entrega. La búsqueda permanente de los Siete Ceros debe ser un objetivo primordial: Cero Inventarios, Cero Fallas, Cero Averías, Cero Tiempos de Espera, Cero Accidentes, Cero Papelería y Cero Contaminación.

Dar prioridad a los Procesos en lugar de los resultados:

El *Kaizen* fomenta el pensamiento orientado a los procesos, ya que los procesos deben perfeccionarse para que mejoren los resultados. El hecho de no lograr los resultados planeados indica una falla en el proceso.

Anteponer en primer lugar la calidad:

De las metas primarias y estratégicas de calidad – costo – entrega, la calidad ocupa siempre una prioridad muy alta. La empresa no podrá competir si el producto o servicio carece de calidad

Hablar por medio de los datos:

Kaizen es un proceso de solución de problemas. Para dar solución a dichos problemas éstos deben ser previamente reconocidos, reuniéndose a los efectos de su posterior análisis los datos relevantes.

El proceso siguiente es el cliente:

Sea éste interno o externo. Todo trabajo es una serie de procesos, y cada proceso tiene su proveedor y su cliente. Dentro de ésta tónica, el siguiente

proceso debe ser siempre considerado como un cliente, sean estos internos (dentro de la empresa) o externos (fuera de ella). La mayoría de las personas que trabajan en una organización tratan con clientes internos. Esta comprensión debe conducir al compromiso de no entregar nunca partes defectuosas o informaciones inexactas a las personas del proceso siguiente.



2. ESTUDIO DE CASO

2.1 Descripción de la empresa

El caso de estudio pertenece a una empresa privada industrial, comercial y de servicios que está en el negocio del confort para el hogar desde hace 60 años. Dicha empresa se dedica a la fabricación y comercialización de calentadores eléctricos utilizando tres elementos importantes: tecnología intermedia, insumos de la más alta calidad y lo más importante, mano de obra peruana experimentada, proporcionando confort, ahorro y una mejor calidad de vida a sus clientes más exigentes; de esta manera procura generar una rentabilidad razonable para su organización.

Las entidades que son parte del modelo del negocio de la empresa son los siguientes:

- Clientes: Son quienes adquieren nuestros productos como usuarios finales, esperando que nuestro producto cubran sus expectativas.
- Distribuidores: son todas las tiendas que distribuyen nuestros productos.
- Proveedores: Son quienes nos abastecen de insumos y materia prima.
- Colaboradores: Es el equipo de trabajo productivo conformado con el objetivo de velar por el progreso y bienestar de nuestra organización.

2.2 Productos

Los productos que ofrece la empresa van desde lo simple y manual hasta los sistemas totalmente automáticos; estos productos han sido diseñados para elevar los niveles de eficiencia.

Los productos que se ofrecen se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Termas de acumulación de agua.
- Termas de acumulación a gas.
- Termas de acumulación solares.
- Termas de paso continuo eléctricas.

A continuación se detallan los productos que se encuentran dentro de estas clasificaciones:

2.2.1 Termas de acumulación de agua

✓ **Termas Eléctricas – Calentadores Eléctricos:**

En la tabla 1 se muestra los modelos de termas eléctricas.

Tabla 1 - Modelo de termas eléctricas

MODELO	CODIG	AISLAMIENTO	CAPACIDAD (Lt)
VERTICAL DE COLGAR	SL	LANA DE VIDRIO	50, 80, 110, 150
	SP	POLIURETANO	
VERTICAL DE PISO	HBL	LANA DE VIDRIO	50, 80, 110, 150, 200, 250, 300, 500
	HBP	POLIURETANO	
HORIZONTAL DE COLGAR	HSL	LANA DE VIDRIO	50, 80, 110, 150
	HSP	POLIURETANO	
HORIZONTAL DE PISO	BL	LANA DE VIDRIO	50, 80, 110, 150, 200, 250, 300, 500
	BP	POLIURETANO	

Fuente: La Empresa

Así mismo, los productos son comercializados bajo diferentes marcas entre ellas pueden ser: Termas Dby, Termas Byn, Termas Ko, Termas Rgi, Termas Crl y Termas Oag.

A continuación se presenta un cuadro resumen. Ver tabla 2

Tabla 2 - Marca - Código de los productos

MARCA	CÓDIGO
Ko	KHO
Oag	ORG
Rgi	REG
Crl	CAR
Dby	DEB
Byn	SL, SP, BL, BP, HBL, HBP, HSL, HSP, EL, EP

Elaboración Propia

Las Termas eléctricas Byn y Dby son las más representativas de la empresa y estas pueden tener dos tipos de aislamiento:

Poliuretano:

Es un aislamiento compacto que no presenta porosidades ni espacios sueltos, por lo que la duración de la temperatura del agua se prolonga más tiempo. Es ecológico.

Lana de Vidrio:

Es un aislamiento donde presenta porosidad, ya que no es compacto, por lo que la conservación del agua caliente es menos prolongada con relación al del poliuretano.

En las figuras 10 y 11 se muestra la terma Byn y la terma Dby respectivamente:

Termas Byn 50SP:



Figura 10 - Terma eléctrica Byn
Fuente: La Empresa

Termas Dby MOD - 50SP:



Figura 11 - Terma eléctrica Dby
Fuente: La Empresa

2.2.2 Termas de acumulación a gas

✓ Termotanques:

Entre los termotanques que ofrece la empresa podemos observar a dos tipos:

A. Los termotanques de alta recuperación:

Su novedoso sistema permite que el artefacto sea más compacto y ocupe así menos espacio en la sala de máquinas o lavadero, menos espacio que un sistema tradicional. Su cuádruple sistema de seguridad incluye sensor de apagado de llama, sensor de sobre temperatura, piloto analizador de oxígeno y válvula sobrepresión.

Estos termotanques se presentan en diferentes capacidades a partir de 55Lt lo que equivale a 2 duchas en simultáneo, termotanques de 88Lt lo que equivale a 3 duchas en simultaneo y termotanques de 136Lt lo que equivale a 3 duchas más un jacuzzi o lo que aproximadamente a 4 duchas en simultáneo. En la figura 12 se observa un termotanque de alta recuperación.



Figura 12 - Termotanque de Alta Recuperación
Fuente: La Empresa

B. Los termotanques Residenciales:

Estos termotanques no necesitan ventilación ni consume oxígeno, se instala en cualquier ambiente, es más práctico ya que posee llave con indicador luminoso de encendido, se conecta a la red eléctrica convencional y posee aislación térmica alta densidad.

Estos termotanques están disponibles en capacidades de 55Lt, 88Lt y 136 Lt. Son resistentes por su enlozado ecológico y protección anticorrosiva. Es apto para gas natural o envasado.

En la figura 13 se puede observar un termotanque residencial de 136 Lt.



Figura 13 - Termotanque Residencial
Fuente: La Empresa

2.2.3 Termas de Acumulación Solares:

Es un termotanque de acero inoxidable y tuberías con contorno de aluminio. Posee un Colector Solar de cobre y aluminio. Su aislamiento es a base de Poliuretano rígido “Ecológico”.

En la figura 14 se observa una terma solar.



Figura 14 –Terma Solar Byn
Fuente: La Empresa

2.2.4 Termas de Paso continuo eléctricas:

A estos productos también se les conoce como los Calentadores Instantáneos, estos son comercializados, importados desde Malasia.

En la tabla 3 se muestra los distintos modelos de termas de paso continuo eléctricas.

A continuación se muestra en la figura 15 y 16, el calentador Zillanium y el calentador Slimax respectivamente:

Tabla 3 – Modelos de Calentadores Instantáneos

Nº	NOMBRE	MODELO
1	Cosi Blue	Slimax SH300
2	Solid Silver Black	Slimax SH700E
3	Solid Blue	Slimax SH700E
4	Solid Gold	Slimax SH700E
5	Aqua super	CWH 707E
6	Premier	WH 8009E
7	Generation	M777E
8	Zillanium	WH9119
9	Aqua spri	CWH 606

Fuente: La Empresa


 Figura 15 - Modelo WH 9119
 Fuente: La Empresa



Figura 16 - Modelo Slimax 700 E
Fuente: La Empresa

2.3 Clientes

La empresa tiene como potenciales clientes a las principales tiendas comerciales del Perú. Entre ellas tenemos:

Maestro Home Center: La empresa provee de termas eléctricas por acumulación tanto de los modelo Byn como la marca creada por la misma tienda Maestro Home Center, nos referimos a la terma Ko. Cabe recalcar, que Maestro trabaja con DINET (operador logístico inteligente), quien se encarga de recepcionar, almacenar y distribuir los productos hacia las diferentes tiendas de Maestro Home Center ubicados en Lima.

Hiraoka: La empresa provee directamente a esta tienda, tanto de calentadores por acumulación de la marca Byn como los famosos calentadores instantáneos (Termas de paso continuo eléctricas).

Sodimac: La empresa provee de termas eléctricas de la marca Byn y de los calentadores instantáneos a Sodimac. Para agilizar su operaciones logística, Sodimac trabaja con una empresa de bodegaje: Bodega San Francisco.

Homecenters: La empresa se encarga de proveer de termas eléctricas a esta tienda tanto las termas Byn como las termas de la misma tienda, Termas Orange.

Otros clientes: La empresa cuenta con tiendas en Camacho, Marsano, Mall Plaza y Canadá en las cuales se pueden encontrar los productos que fabrican y comercializan (sólo las marcas Byn, Dby y Crl).

2.4 Descripción del sistema productivo de la planta

La empresa actualmente se encuentra en un proceso de mejoras, donde se está buscando optimizar los recursos de tal manera que los costos se vean reducidos sin dejar de brindar los productos de calidad que sobrepasen las expectativas del cliente.

2.4.1 Procesos productivos

A continuación se describe el proceso productivo para la fabricación de Termas Eléctricas:

➤ **Línea de Tanques y Tapas:**

a) Tanque:

- **Marcado y cortado:** La materia prima que ingresa a este proceso es una plancha de 1200x2400 mm², la cual es primero marcado con un punzón el cual delimitará el área a cortar por el siguiente proceso. Posteriormente se realiza el corte con una cizalla manual.

En el anexo 1 se muestra el puesto de trabajo donde se realizan estos dos procesos.

- **Troquelado:** El proceso de troquelado se realiza en el cuerpo del tanque de la terma para colocar la resistencia y el ánodo de magnesio. En el anexo 1 se aprecia las planchas troqueladas.
- **Rolado:** Luego de obtener el cuerpo del tanque es necesario darle la forma cilíndrica por que el material cortado pasa por el proceso de rolado. En el anexo 1 se aprecia la roladora eléctrica y las planchas roladas.

b) Tapa superior e inferior:

- **Marcado:** La materia prima que ingresa a este proceso es una plancha de 1200x2400 mm², la cual es primero marcada con un punzón el cual delimitará el área a cortar por el siguiente proceso.
- **Cortado:** Luego de que la plancha ha sido marcada por el punzón se realiza el corte con una cizalla manual.
- **Discado:** Luego la plancha cortada (corte cuadrado) es discada (corte circular). Este proceso se realiza con una discadora eléctrica que se aprecia en el anexo 1.
- **Troquelado:** El proceso de troquelado será diferente para las dos tapas; para la tapa inferior se realizará tres troquelados para la entrada de los tres tubos (tubo de ingreso de agua fría, salida de agua caliente y el tubo desagüe); mientras que para la tapa superior solo se realizará un troquelado, para el ingreso del zinc en el proceso de galvanizado o zincado, luego del soldado. El troquelado se realiza con una troqueladora eléctrica. Ver anexo 1.
- **Embutido:** En este proceso la plancha discada ingresa a una prensa, donde la plancha discada es embutida o bombeada. Este proceso se realiza con una prensa eléctrica. En el anexo 1 se muestra las tapas bombeadas o embutidas.

➤ **Área de Tubos:**

a) Tubo de salida de agua caliente y desagüe:

- **Cortado:** En este proceso se realiza el corte tanto para el tubo de salida de agua caliente como para el de desagüe. Este proceso se realiza en una máquina eléctrica.

b) Tubo de ingreso de agua fría:

- **Cortado:** En este proceso se realiza el corte al tubo. Este proceso se realiza en una máquina eléctrica.
- **Doblado:** Posteriormente al cortado, el tubo pasa por una prensa manual en la cual es doblado (en forma de bastón), para luego agujerear la parte superior doblada contribuyendo al sistema sifón (sistema anti retorno del agua fría).
En el anexo 2 se muestra la máquina de corte y la máquina dobladora de tubos.

➤ **Área de Soldado:**

- **Soldado:** En este proceso, se realizará el soldado por etapas estandarizadas; primero, se suelda el cuerpo del tanque (plancha rolada) luego se suelda la tapa inferior junto con los tres tubos de ingreso agua fría, salida de agua caliente y tubo de desagüe; finalmente se suelda la tapa superior y la unión para realizar el ensamble de las resistencia y ánodo (este ensamble de resistencia y ánodo se realiza en otro proceso llamado ensamblado).

➤ **Galvanizado:**

Este proceso es tercerizado, el cual es realizado por la empresa Técnica Metálicas S.A.C. Luego del galvanizado (con un lead time promedio de 3 días) el tanque vuelve a pasar por el área de soldado en donde es parchado (se coloca un parche en el troquelado que sirvió para el ingreso de zinc en el proceso de galvanizado). Ver anexo 3.

➤ **Área de Probado de Tanque:**

En este proceso se realiza la prueba del tanque que almacenará el agua, este tanque pasa por una inspección la cual consiste en la verificación del tanque a una temperatura de 100°C de llenado de agua caliente y finalmente se realiza una prueba de presión a 180 psi. Ver anexo 4.

➤ **Línea de Funda:**

a) Funda:

- **Marcado:** La materia prima que ingresa a este proceso es una plancha de 1200x2400 mm², la cual es primero marcada con un punzón el cual delimitará el área a cortar en siguiente proceso. Este proceso se realiza tanto para el cuerpo de la funda como para el parche.
- **Cortado:** Luego de que la plancha ha sido marcada por el punzón se realiza el corte con una cizalla manual.
- **Parchado 1:** En este proceso se coge el parche y suelda con la funda (un extremo), esta operación se realiza con la soldadora de punto.
- **Rolado:** Luego, para dar la forma cilíndrica, la plancha parchada pasa por una roladora eléctrica.
- **Parchado 2:** Finalmente se realiza el último parchado en la cual se podrá obtener la funda terminada.
- **Pestañado:** se realiza el pestañado en los bordes extremos de la funda.

b) Puerta funda:

- **Cortado:** Se realiza el cortado de la plancha en una cizalla manual.
- **Embutido:** Se realiza el bombeado o embutido en una prensa eléctrica.
- **Lijado:** Se realiza el lijado de las esquinas de la puerta funda para un mejor acabado.

c) Tapas funda:

Cabe resaltar que las tapas para las fundas son fabricadas por una empresa externa (Seresol S.A), y a estas solo se le agrega valor realizando el proceso de pestañado respectivo. En el anexo 5 se muestra el área de fundas.

➤ **Área de pintura:**

- **Decapado:** Los elementos que conforman la funda, los soportes, pie de apoyo pasan por un decapado para eliminar el óxido y poder aplicar el pintado electrostático en el siguiente proceso.

- **Pintado:** En este proceso se realiza el pintado con pintura en electrostática.
- **Horneado:** finalmente, una vez pintado se coloca los elementos de la funda a un horno en el cual se tendrá que esperar a que la temperatura llegue a los 180 - 200 °C para que la pintura se adhiera de manera adecuada a las superficies pintadas.

En el anexo 6 se observa al lado izquierdo la cámara de pintura y al lado derecho el horno de pintar.

➤ **Área de Armado y/o Inyectado:**

En este proceso se realiza el armado del tanque con el termostato, los cables eléctricos previamente cortados, así mismo, se coloca el aislante térmico al tanque que puede ser poliuretano (proceso de inyectado) o recubrimiento con el otro aislante: lana de vidrio. Ver anexo 7.

➤ **Área de Embalado:**

En este proceso la terma es decorada con sus stickers característicos, logo de la empresa y luego es embolsada para finalmente ser embalada en su respectiva caja. Ver anexo 8.

En las figuras 17 se muestra el diagrama de operaciones del proceso para la fabricación de una terma eléctrica Byn.

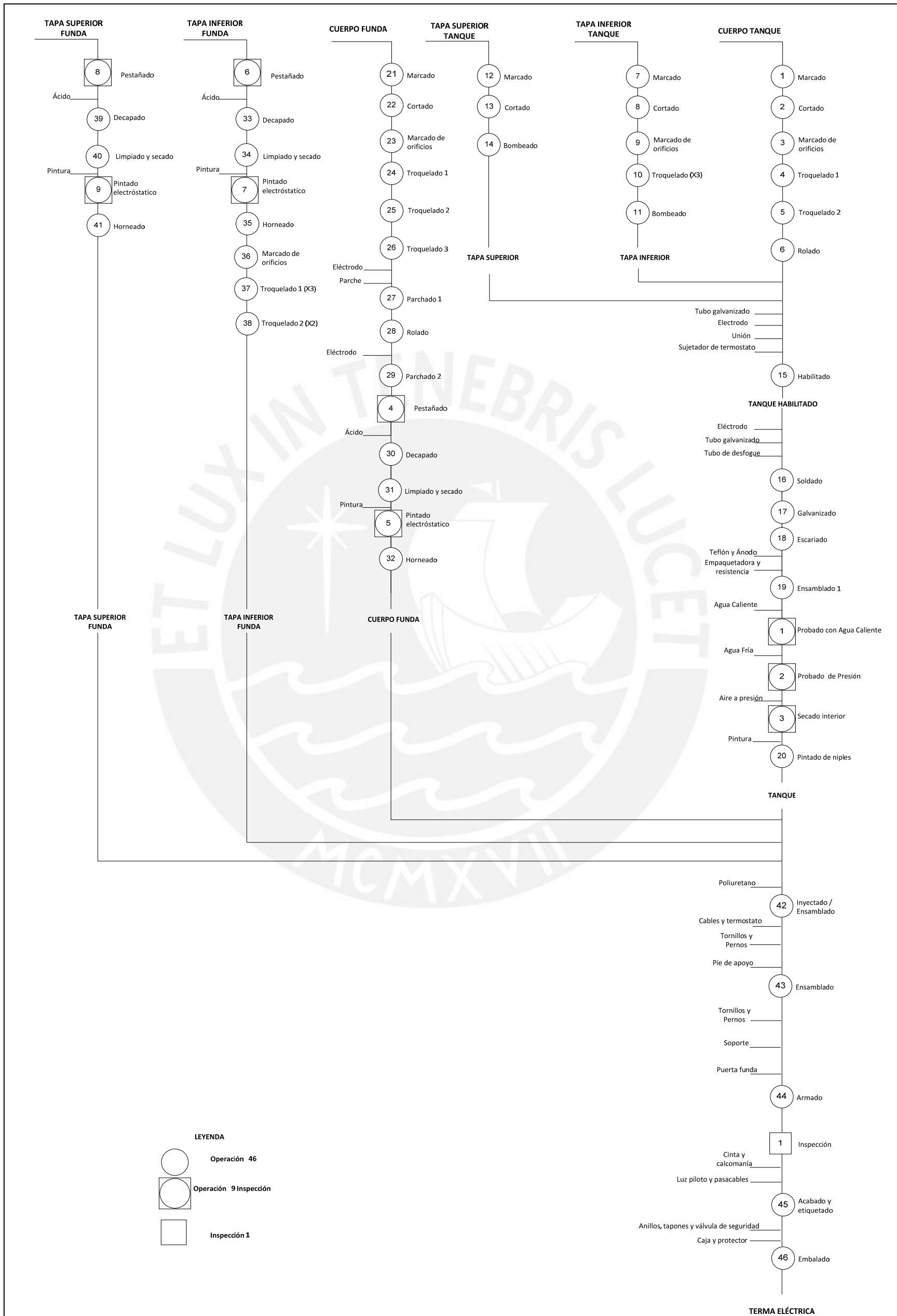


Figura 17 - DOP - Tanque de una Terma Eléctrica Byn
Elaboración Propia

2.5 Análisis y diagnóstico del sistema productivo

El análisis y diagnóstico tiene por objetivo identificar los problemas que existen en los procesos productivos de la empresa, así como también seleccionar las herramientas para revertir estos problemas de tal manera que se puedan controlar o eliminar.

2.5.1 Metodología a utilizar en el proyecto

La metodología a emplear para realizar el análisis y diagnóstico del sistema productivo en la fabricación de termas eléctricas se aprecia en la figura 18.

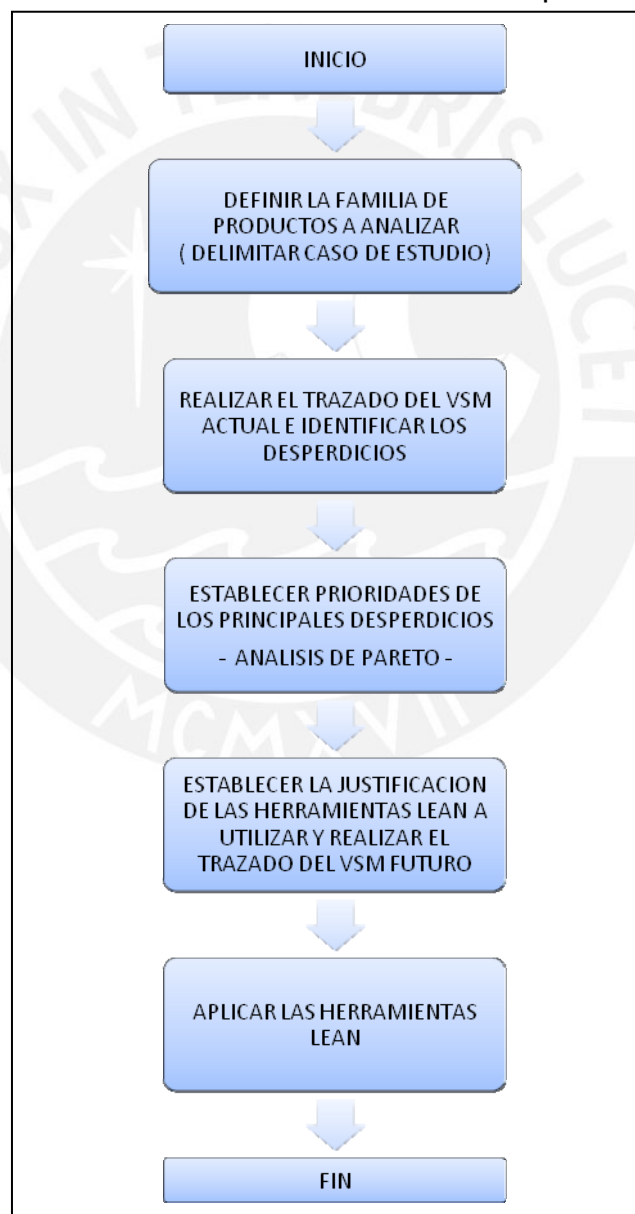


Figura 18- Metodología a emplear en el proyecto
Elaboración Propia

A continuación se realiza los primeros 4 pasos de la metodología a seguir:

A. Definir la familia de productos a analizar

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

- *Se tuvo en cuenta la familia de productos a través de la matriz Producto - Proceso,*

En la tabla 5 se muestra la matriz Producto – Proceso donde los productos a fabricar se encuentran las filas y los proceso en las columnas. Esta matriz indica cada proceso si es que el producto requiere de ese proceso.

De la tabla 5 se concluye que los modelos de termas eléctricas siguen, en general, los mismos procesos por lo que el estudio se realizará para todos ellos.

- *Se tuvo en cuenta la línea o área cuyo sistema productivo presenta problemas críticos, esta identificación se realizará bajo una matriz de ponderación,*

La identificación del punto crítico se realizará a través del análisis de los tiempos de ciclo y los desperdicios en todo el sistema productivo. Para tal fin, se considerará tres niveles de valorización, los cuales se presentan en la tabla 4.

Tabla 4 - Nivel de valorización (N.V)

BAJO	1
MEDIANO	3
ALTO	5

Elaboración propia

A continuación se realizará el análisis de los factores a considerar para identificar al área crítica a controlar y, de esta manera, mejorar el flujo de producción del área escogida:

A) Análisis de tiempo de ciclo:

El análisis se realizará en base a los tiempos de ciclo por áreas de producción. Considerando que los tiempos de ciclo de los modelos a fabricar presentan el mismo comportamiento. En este caso, se analizará los tiempos de ciclo de la fabricación de termas eléctricas de 50L siendo estos los que presentan una mayor demanda como se muestra en la tabla 6.

En la tabla 7 y en figura 19 se presenta los tiempos de ciclo por áreas para la fabricación de termas eléctricas de 50L, como se aprecia, el problema de mayor importancia a controlar son los tiempos de ciclo para la fabricación de un tanque de una terma eléctrica, el cual representa el 51% del tiempo de ciclo total (N.V=5), el segundo problema a ser controlado son los tiempos de ciclo de acabado y embalado (N.V.=3), los cuales representan un 75 % del tiempo de ciclo total (N.V=1). En la tabla 8 se muestra los niveles de valorización para los tiempos de ciclo presentados.

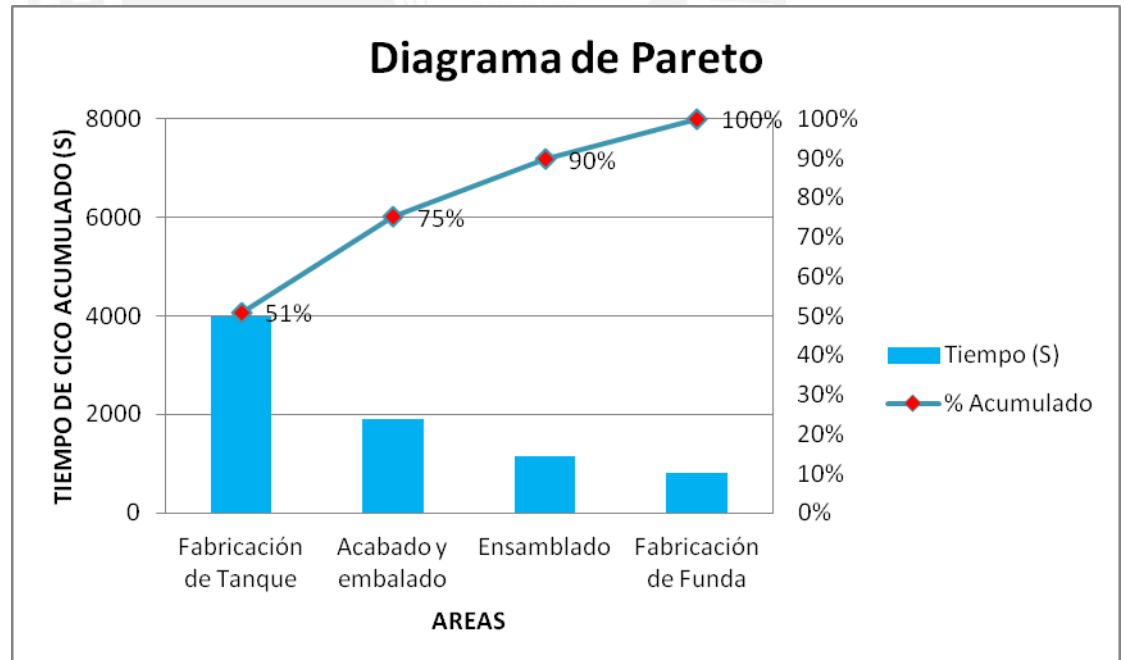


Figura 19 - Tiempo de Ciclo por Áreas
Elaboración Propia

Tabla 5 - Matriz Producto - Proceso

	FABRICACIÓN DE TANQUE								FABRICACIÓN DE FUNDA				ENSAMBLADO		DESPACHO		
	TROQUEL.	ROLADO	DISCADO	EMBUT.	HABILIT.	SOLD.	GALV.	PROBADO	CORTADO	TROQUEL.	ROLADO	PESTAÑADO	PINTADO	ARMADO	INTECT.	ACAB.	EMBAL.
KHO-50	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		X	X
REGG-50	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		X	X
DEB-50	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
SL-50	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
SP-50	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
BL-50	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
BP-50	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
HBL-50	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
HBP-50	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
HSL-50	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
HSP-50	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
KHOR-80	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		X	X
DEB-80	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
SL-80	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
SP-80	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
BL-80	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
BP-80	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
HBL-80	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
HBP-80	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
HSL-80	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
HSP-80	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
SL-110	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
SP-110	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
BL-110	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
BP-110	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
HBL-110	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
HBP-110	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
HSL-110	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
HSP-110	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
SL-150	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
SP-150	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
BL-150	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
BP-150	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
HBL-150	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
HBP-150	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
HSL-150	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
HSP-150	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
BL-200	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
BP-200	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
HBL-200	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
HBP-200	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
BL-300	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
BP-300	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
HBL-300	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
HBP-300	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
BL-500	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
BP-500	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X

Elaboración propia

Tabla 6 - Demanda anual de termas por capacidad

TERMAS	D. ANUAL 2011	% DEMANDA	% ACUMULADO
Termas de 50Lt	5893	64.5%	64.5%
Termas de 80Lt	2340	25.6%	90.1%
Termas de 110Lt	821	9.0%	99.1%
Termas de 150Lt	45	0.5%	99.6%
Otras termas: 200Lt, 250Lt y 500Lt	41	0.4%	100.0%

Elaboración Propia

Tabla 7 - Tiempos de Ciclo por áreas para termas de 50 L

AREAS	Tiempo (S)	Tiempo Acumulado (S)	% Acumulado
Fabricación de Tanque	3990	3990	51%
Acabado y embalado	1909	5899	75%
Ensamblado	1146	7045	90%
Fabricación de Funda	811	7856	100%

Elaboración propia

Tabla 8 - Nivel de valorización - Tiempo de ciclo

AREA	TC (S)	N.V. 1
Línea de tanque	3990	5
Línea de funda	811	1
Área de ensamblado	1909	3
Área de acabado - embalado	1146	1

Elaboración propia

B) Análisis de los desperdicios:

El análisis se realizará en base a los desperdicios identificados en el sistema productivo y en base al comportamiento de los siete desperdicios que no agregan valor al proceso de manufactura según Toyota, los cuales se aprecia en la figura 20. En el anexo 9 se aprecia la identificación de los desperdicios en el sistema productivo y su nivel de valorización.

Luego de identificar los desperdicios, en la tabla 9 se presenta la matriz de ponderación de necesidad de mejora considerando los factores de la figura 20.

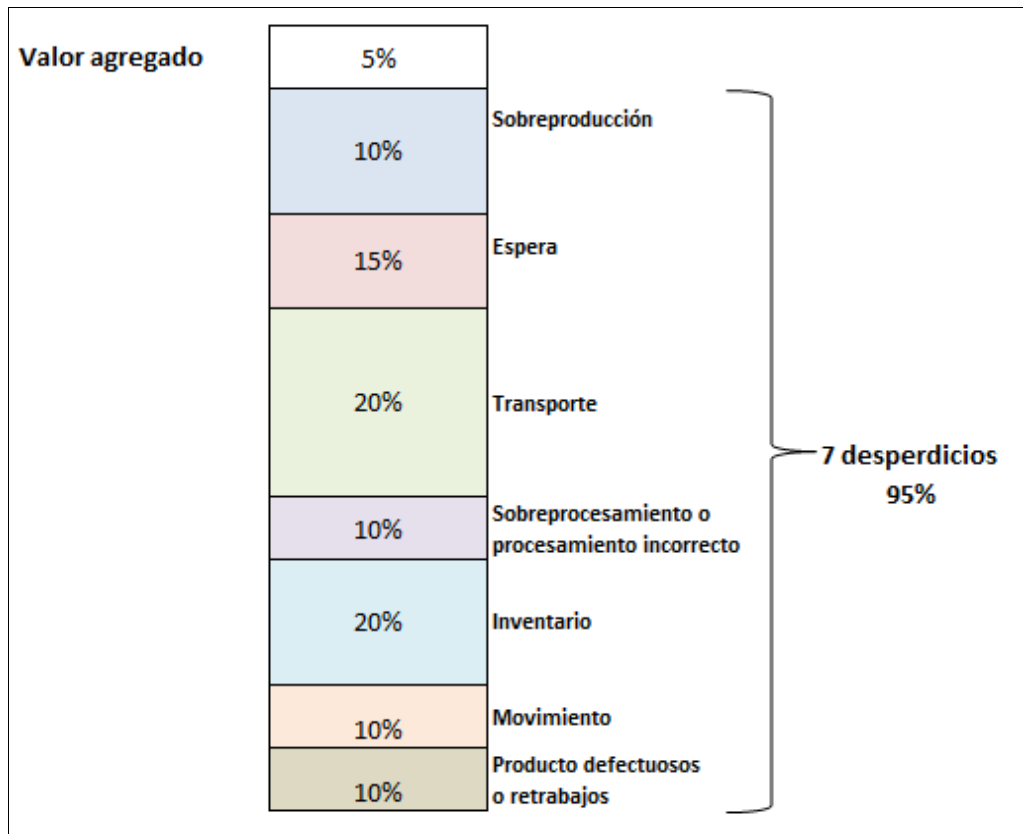


Figura 20 - Los siete desperdicios
Fuente: Manual de Lean Manufacturing (2007)

Tabla 9 - Ponderación de necesidad de mejora - Desperdicios

AREA	FACTORES A CONSIDERAR								POND.
	5%	10%	15%	20%	10%	20%	10%	10%	
	V. AGREGADO	SOBRE-PROD.	ESPERA	TRANS. INNECES.	SOBREPROCES.	INVENTARIO	MOV. INNECESARIO	PROD. DEFECTUOSOS	
Línea de tanque	3	5	3	1	3	5	5	3	3.40
Línea de funda	3	3	1	3	1	3	5	3	2.70
Área de ensamblado	3	1	3	1	1	1	5	1	1.80
Área de acabado - embalado	3	1	3	1	3	1	3	1	1.80

Elaboración Propia

De la tabla 9 se aprecia que la línea de tanque sería el punto crítico a controlar con una ponderación igual a 3.4, seguido de la línea de funda con una ponderación igual a 2.7 y finalmente el área de ensamble y acabado con una ponderación de 1.8 cada una.

Finalmente, se considerará el análisis del nivel de valoración del tiempo de ciclo y la ponderación de necesidad de mejora a través del análisis de desperdicios. En la tabla 10 se muestra los resultados de este análisis en conjunto.

Tabla 10 - Análisis del punto crítico

AREA	FACTORES		SUMA
	TIEMPO CICLO	DESPERDICIO	
Línea de tanque	5	3.40	8.40
Línea de funda	1	2.70	3.70
Área de ensamblado	3	1.80	4.80
Área de acabado - embalado	1	1.80	2.80

Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 10, se realizará el estudio al principal componente de una terma eléctrica: el tanque, ya que su proceso de producción es el más crítico (8.40), en comparación al proceso de producción de una funda (3.70), el proceso de ensamblado (4.80) y acabado y embalado (2.80).

Cabe resaltar que para la segmentación del estudio se tuvieron en cuenta las entrevistas con el jefe de planta, asistente de producción, supervisor de líneas de producción y operarios.

B. Trazado del VSM actual e identificación de los desperdicios

Para controlar o eliminar aquellas operaciones que no agregan valor (desperdicios) en los procesos incurridos en la fabricación de un tanque de una terma eléctrica, se realizará el mapeado de los procesos utilizando la herramienta *Value Stream Mapping* (VSM).

Para realizar el VSM actual se tuvo en cuenta los siguientes indicadores:

➤ **El tiempo de ciclo total:**

El tiempo de ciclo total es la cantidad de tiempo que se requiere para completar el proceso considerando entre estas el transportar, esperar, almacenar, inspeccionar, entre otros.

Considerando los diversos modelos de termas eléctricas que fabrica la empresa consideraremos el tiempo de ciclo de los modelos estándar.

Así mismo, se hallará un nuevo tiempo de ciclo considerando los tiempos de ciclo de la fabricación de tanques de 50L, 80L y 110L, ya que estos representan el 99% de la demanda total como se aprecia en la tabla 5.

A continuación se muestra el cálculo del tiempo de ciclo para los procesos:

$$\text{Nuevo tiempo de ciclo} = \sum_{i=1}^8 TC_i \times \%D_i$$

Donde:

TC_i: Tiempo de ciclo para los tanques i

%D_i: Porcentaje de demanda de tanques i

i: 50L, 80L y 110L

En el anexo 10 se muestra el porcentaje de demanda de tanques, a partir de lo mostrado en la tabla 6, y los tiempos de ciclo de 50L, 80L y 110L así como el nuevo tiempo de ciclo calculado.

➤ **Disponibilidad:**

Según, Juanes (2005) la disponibilidad es un indicador de gestión de equipos que indica la probabilidad, en cualquier instante dado, de que alguna máquina esté operando o listo para operar satisfactoriamente. Para hallar esta disponibilidad se debe calcular la confiabilidad y mantenibilidad de las máquinas. La confiabilidad (R) es la probabilidad de que una máquina realice satisfactoriamente las funciones requeridas, bajo las condiciones específicas en un determinado periodo de tiempo, es llamado también el tiempo promedio entre fallas; mientras que la mantenibilidad (M) es la probabilidad de que una máquina pueda ser reparada satisfactoriamente en un tiempo determinado, es llamado también el tiempo promedio entre restauraciones.

La confiabilidad ha sido calculado mediante el *MTBF (Mean Time Between Failure)* y la mantenibilidad mediante el *MTTR (Mean Time to Repair)*.

A continuación se detalla las fórmulas relacionadas al cálculo:

- $MTBF = \text{Tiempo total de operación} / N^\circ \text{ de fallas}$
- $MTTR = \text{Tiempo total para restaurar} / N^\circ \text{ de fallas}$
- Disponibilidad: $MTBF / (MTBF + MTTR)$

➤ **Días de inventarios en fábrica:**

Es una manera de medir la eficiencia en el empleo de los inventarios, sólo que ahora no se representa en número de inventarios si no como la cantidad de días que durará en el almacén o como producto en proceso.

➤ **Setup de las máquinas:**

Es el tiempo que se invierte en el proceso de preparación de las máquinas para poder procesar el primer producto.

Una vez identificados los indicadores con los que se trabajará, se calculará el *Takt time*:

El cálculo del *Takt time*, es la velocidad con la cual el cliente nos solicita una cierta cantidad de termas eléctricas, se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Takt time} = \text{Tiempo} \frac{\text{disponible}}{\text{Demanda}} \text{ diaria promedio}$$

Para el cálculo del tiempo disponible se tuvo en cuenta la siguiente información proporcionada por la empresa:

- El turno de trabajo son 9 horas diarias.
- Tiempo de refrigerio: 1 hora
- Tiempo de preparación de máquinas (*set up*): 3480 s
- Se considera 22 días y 12 meses de trabajo al año.
- Se considera una demanda anual de 9054 termas eléctricas considerando la demanda de termas eléctricas de 50L, 80L y 110L de capacidad. Ver tabla 5.

A continuación se muestra el cálculo del *takt time*:

Turno de trabajo = 9 horas x 60 min x 60 s = 32 400 s

Refrigerio = 1 hora x 60 min x 60 s = 3 600 s

Tiempo de set up = 3 480 s

Tiempo de producción disponible = 32 400 – (3 600+3 480)

Tiempo de producción disponible= 25 320 s.

Demanda promedio anual = 9 054 termas eléctricas

Demanda promedio diaria = 34 termas eléctricas

$$\text{Tiempo Takt} = \frac{25\,320\text{ s}}{34\text{ termas eléctrica}} = 744.7 \frac{\text{segundos}}{\text{terma. eléctrica}}$$

Para este caso el tiempo disponible es 25 320 s con una demanda diaria de 34 termas eléctricas, lo que nos da un tiempo *Takt* igual a 744.7 s/terma eléctrica.

Así mismo, para el cálculo del inventario en proceso se dividirá el total del inventario en proceso entre la demanda diaria promedio y de esta manera se calculará los días de inventarios que existe en promedio entre un proceso y otro. Estos días de inventario se muestran en la línea de tiempo del VSM actual.

Una vez trazado el VSM actual procederemos a analizar los indicadores *lean*:

- **El tiempo de ciclo total:** El mayor tiempo de ciclo, que representa el cuello de botella en la fabricación de tanques, es producido por el proceso de probado, seguido por el proceso de soldado.
- **Disponibilidad:** En el VSM actual se puede apreciar que la disponibilidad de máquina no es un problema siendo la máquina con

mínima disponibilidad de 88.1% (Roladora eléctrica) y máxima disponibilidad 92.7% (Cizalla manual). Cabe resaltar que la empresa realiza un mantenimiento preventivo programado. Se tomó como base el promedio de disponibilidad de las de las máquinas de las semanas 32 a la 45 del año 2011 correspondientes a los meses de Agosto, Septiembre y Octubre. Ver anexo 11.

- **Días de inventarios en fábrica:** En el VSM actual se aprecia que el inventario en proceso es muy alto, esto esconde aquellos problemas de altos tiempos de set up y problemas de cuellos de botella. El proceso que genera mayores días de inventario es el proceso de soldado (10.5 días) seguido por el proceso de cortado y discado (8.3 días), esto guarda relación con que el primer proceso, ya que tiene un tiempo de ciclo alto mientras que el segundo presenta un tiempo de ciclo menor al tiempo *takt* (existe un desbalance de cargas). Otro proceso que genera altos inventarios es el proceso de bombeado de tapas (7.7 días), esto guarda relación considerando que presenta un tiempo de *set up* igual a 33 min.
- **Setup de las máquinas:** En el VSM actual se aprecia los tiempos de *set up* de las máquinas: Troquelado y bombeado (para la fabricación de tapas y cuerpos de tanque), estas son las únicas máquinas en las que se necesita un tiempo de *set up* para fabricar los diversos modelos de tanques de termas eléctricas en estudio. El tiempo de set up mayor (33 min) es representado por los cambios de molde para el proceso de bombeado de tapas.

En la figura 21 se muestra el VSM actual y a partir de esta herramienta se procederá a realizar un análisis a los desperdicios que atacan directamente a los indicadores *lean*.

- ✓ **Sobreproducción:** Producir partes o tanques de termas eléctricas para los que no existen órdenes de producción, si no que son producidas sólo porque hay personal y máquinas disponibles; da como resultado el incremento del inventario. Este tipo de desperdicio se aprecia al final de

los procesos de troquelado, embutido, rolado, habilitado, soldado y probado. Siendo el más crítico los días de inventarios provenientes del proceso de soldado con 10.5 días de inventario, seguido por los días de inventario provenientes de los proceso de cortado y discado igual a 8.3 días. Ver figura 21.

✓ Espera:

Los operarios en el área de probado esperan a las máquinas trabajar, en este caso en particular los tanques luego de ser soldados, pasan por el área de probado donde se realiza una prueba de fuga con agua caliente para lo cual, los operarios colocan una manguera para el ingreso de agua caliente al tanque y luego esperan a que el tanque sea llenado, el tiempo estimado de llenado es de 497 s. Cabe resaltar que para el llenado de tanque con agua caliente se cuenta con cuatro salidas de llenado.

✓ Sobreprocesamiento o procesamiento incorrecto:

El procesamiento innecesario (trabajo que no agrega valor), esto se observa en el área de probado, donde los operarios realizan un proceso llamado escariado en las uniones soldadas para el ensamble del termostato y la resistencia, así mismo, se coloca pabito en los extremos de los tubos (ingreso de agua fría, salida de agua caliente y tubo de desagüe) para la finalmente colocar las válvulas para el probado con agua caliente.

✓ Inventarios: Este tipo de desperdicio oculta problemas como producción desnivelada, defectos, largos tiempos de preparación, etc. Este tipo de desperdicio se aprecia en troquelado, embutido, rolado, habilitado, soldado y probado.

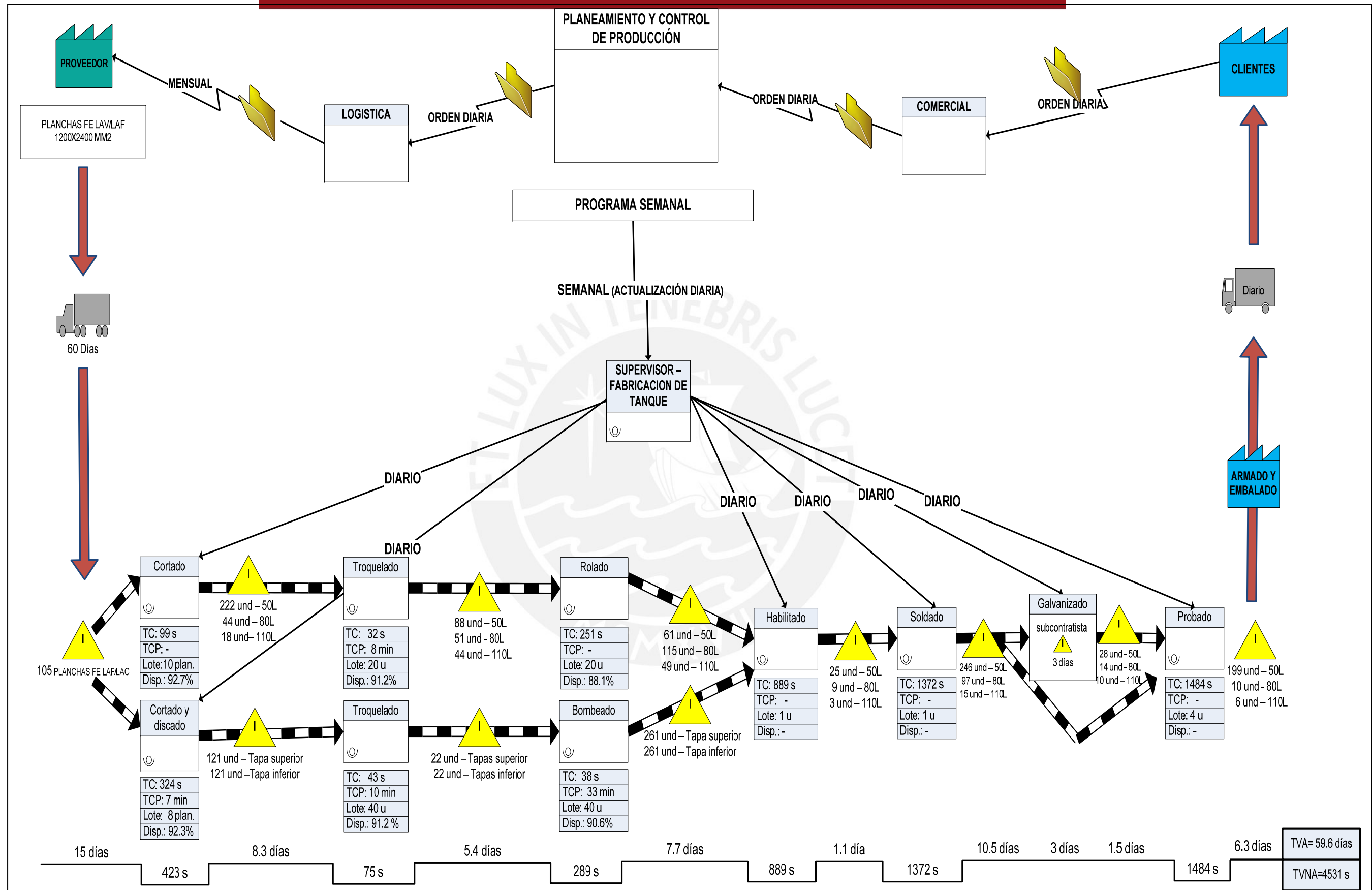


Figura 21 – VSM ACTUAL
Elaboración propia

- ✓ **Movimiento innecesario:** Este tipo de desperdicio considera cualquier movimiento innecesario hecho por los operarios durante sus actividades, tales como mirar, buscar, acumular partes, herramientas, etc. Esto se aprecia en la línea de tanque, en la prensa eléctrica, donde el operario gasta tiempo en movimientos innecesarios desde buscar trapos, herramientas, limpiar, dichas actividades que no agregan valor.

En la tabla 11 se muestra una tabla resumen de la identificación de desperdicios por procesos.

Tabla 11 – Desperdicios por proceso

Desperdicios/ Procesos	Troquelado	Bombeado	Rolado	Habilitado	Soldado	Probado
Sobreproducción	X	x	x	x	x	x
Inventario	X	x	x	x	x	x
Movimiento innecesario	X	x				
Espera						x
Sobreprocesamiento						x
Productos defectuosos					x	

Elaboración propia

C. Establecer prioridades de los principales desperdicios

Para establecer las prioridades de los principales desperdicios se realizará un análisis de Pareto. Ver figura 22.

En la tabla 12 se muestra la frecuencia de los desperdicios de acuerdo a cada proceso.

Tabla 12 – Frecuencias de los desperdicios por proceso

DESPERDICIOS	Abreviatura	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	% ACUMULADO
Sobreproducción	S	6	6	35%
Inventario	I	6	12	71%
Movimiento innecesario	MI	2	14	82%
Espera	E	1	15	88%
Sobreprocesamiento	SP	1	16	94%
Productos defectuosos	PD	1	17	100%

Elaboración propia

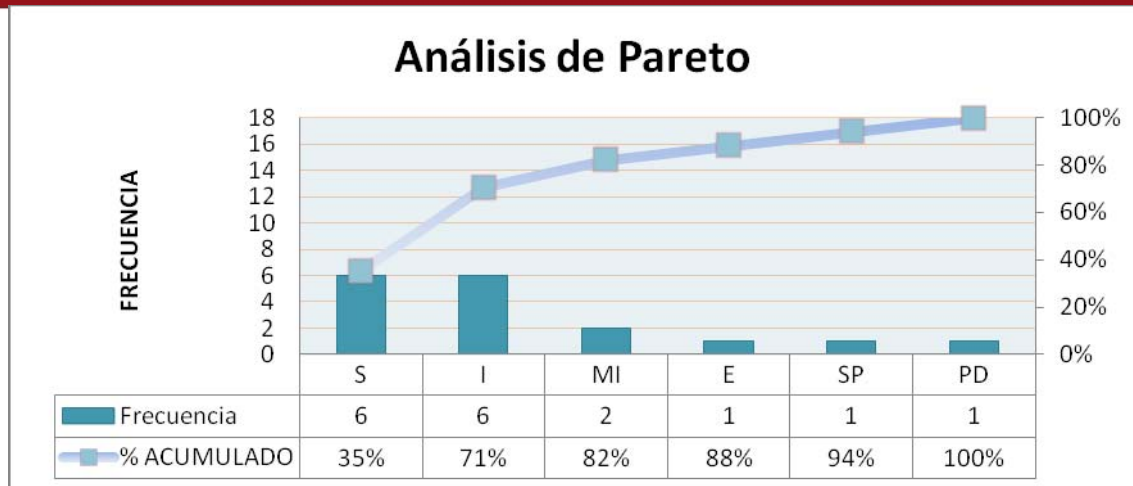


Figura 22 – Análisis de tipo de desperdicio
Elaboración propia

De la figura 22 se aprecia que los principales desperdicios a controlar son la sobreproducción el cual representa el 35% de los desperdicios totales. El segundo desperdicio que tiene que ser controlado son los inventarios, esto representa el 71% de los desperdicios totales. El tercer desperdicio a ser controlado son los movimientos innecesarios los cuales representan el 82% de los desperdicios totales. Finalmente, entre otros desperdicios se encuentran la espera, sobreprocesamiento y productos defectuosos los cuales representan el 100% del total de desperdicios.

D. Establecer la justificación de las herramientas a utilizar y Trazar el VSM Futuro

❖ Sobreproducción:

Se analizará si existe un flujo continuo de proceso. En la figura 23 se muestra los tiempos de ciclo por procesos.

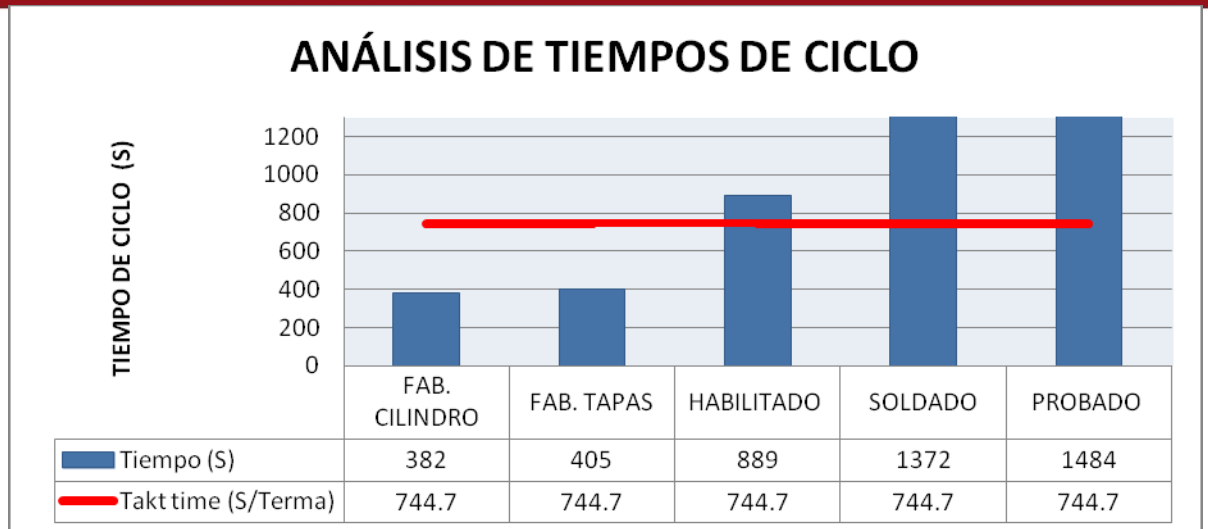


Figura 23 – Análisis de tiempos de ciclo
Elaboración Propia

Tabla 13 - N° de operarios por proceso

PROCESO	N° DE OPERARIOS
FABRICACION PLANCHA ROLADA	1
FABRICACION TAPAS	1
HABILITADO	2
SOLDADO	2
PROBADO	2

Elaboración Propia

Como se muestra en la figura 23, no existe un flujo continuo de proceso, lo que originan sobreinventarios (desperdicios). Los procesos de cortado de cuerpo de tanque y tapas, discado de tapas, troquelado de cuerpo de tanque y tapas, bombeado de tapas y rolado son rápidos (fabricación de cilindro y fabricación de tapas) en comparación a los tiempos de ciclo de los procesos de habilitado, soldado y probado. Si incorporamos dentro de un flujo continuo, se podría desacelerar esos tiempos de ciclos para, de esa manera, acercarse al *takt time*. En la tabla 13 se muestra que para la fabricación de un tanque de terma eléctrica la empresa utiliza 8 operarios.

Para disminuir este tipo de desperdicio se aplicará un balance de línea.

❖ Inventario:

De acuerdo al VSM Actual, existe problema de inventario al final del proceso de troquelado, bombeado, rolado, habilitado, soldado y probado.

Para disminuir este tipo de desperdicio, se propone implementar un sistema *Kanban* para controlar inventarios y así controlar el nivel de stock necesario.

❖ Movimiento innecesario:

Este tipo de desperdicio se aprecia en los procesos de cambio de molde de la prensa eléctrica para realizar el bombeado de tapas (*set up* de 33 min), en las máquinas troqueladoras (*set up* de 8 y 10 min) y discadora (*set up* de 7 min). Para este caso en particular se pondrá atención a los tiempos de cambio de molde de la prensa eléctrica para realizar el bombeado de tapas, ya que su tiempo de *set up* es el más crítico con respecto al *set up* de las otras máquinas.

Para minimizar este tipo de desperdicio, se propone implementar el sistema *SMED*.

En la figura 24 se muestra el VSM Futuro, donde se aprecia las herramientas a utilizar, siendo estas: Balance de línea, *Kanban* y *SMED*.

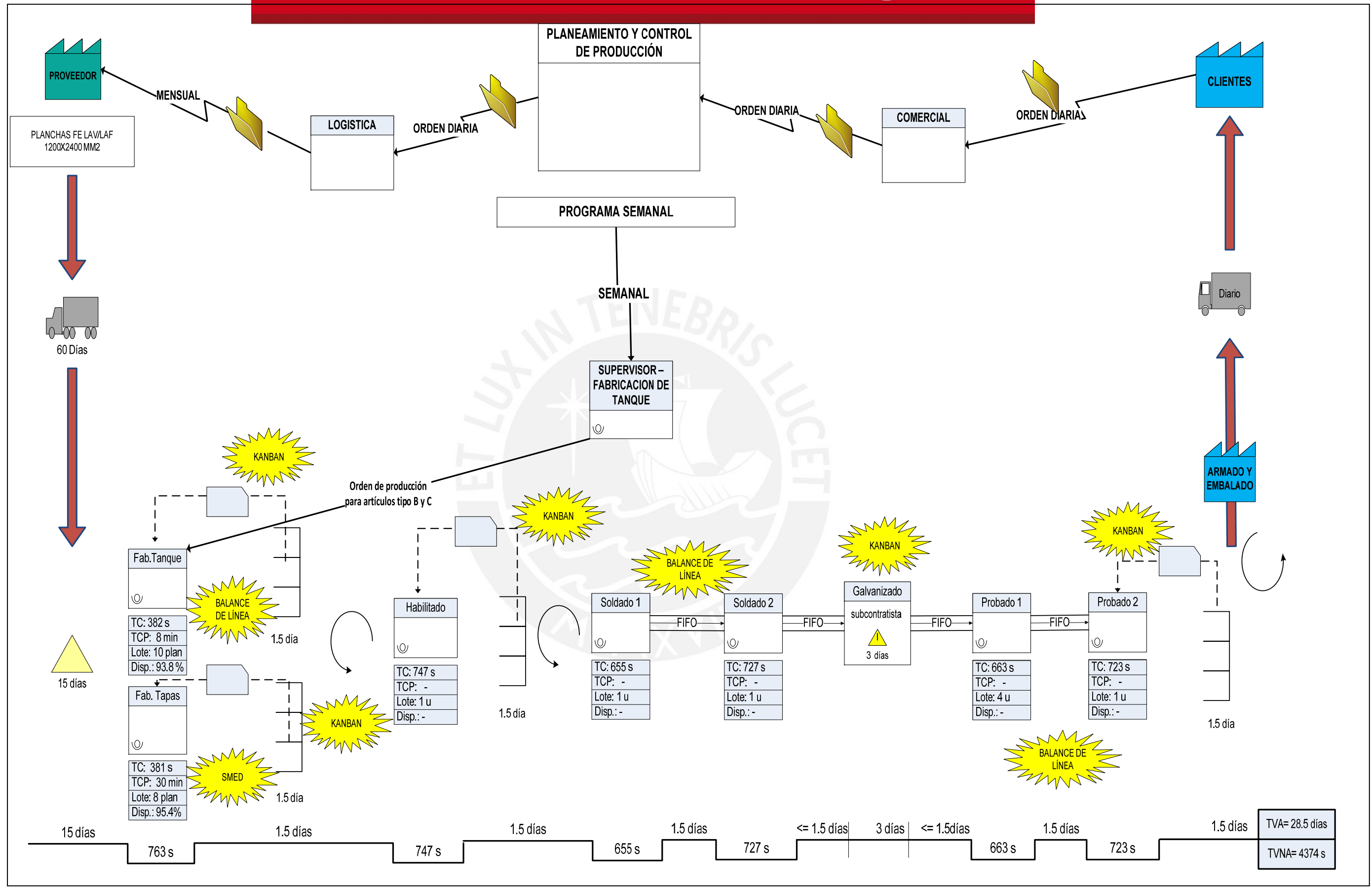


Figura 24 – VSM FUTURO
Elaboración propia

3. PROPUESTAS DE MEJORA

3.1 Aplicación de las herramientas *Lean Manufacturing*

Para la implementación de las propuestas de mejora, utilizando las herramientas del *Lean Manufacturing*, es necesario tener en cuenta lo siguiente:

- ❖ La línea de fabricación de tanques de termas eléctricas se encuentra en un proceso de implementación de las 5 S's, por lo que esta herramienta no se utilizará como propuesta de mejora.
- ❖ Es necesario que antes de implementar las propuestas de mejora se concluya la implementación de las 5 S's, para que de esta manera exista orden, limpieza y se pueda eliminar los desperdicios que atenten contra el flujo óptimo de los materiales.

Siguiendo con la metodología planteada en capítulo anterior se procederá a realizar las propuestas de mejora, entre ellas tenemos: la implementación del balance de línea, la implementación del sistema *Kanban* y finalmente la implementación del sistema *SMED*.

3.1.1 Aplicación del balance de línea

Para controlar el tipo de desperdicio de sobreproducción se realizará un balance de línea, de esta manera se creará un flujo continuo de proceso entre las áreas de línea de tanque, habilitado, soldado y probado.

Para balancear el número de operarios de los procesos, se sumará el tiempo ciclo total actual para cada proceso. Los tiempos de ciclo de los procesos de cortado, discado, troquelado, bombeado y rolado están muy distantes del tiempo *Takt*, sin embargo, los tiempos de ciclo de habilitado, soldado y probado están por encima del tiempo *Takt*.

Así mismo, dividiendo el trabajo total de cortado, discado, troquelado, bombeado, rolado, habilitado, soldado y probado para el tiempo *Takt* (4531 s dividido entre 744.7 s/tanque) refleja que 6.1 operarios pueden ser necesarios para realizar los procesos mencionados en un flujo continuo al tiempo *takt*.

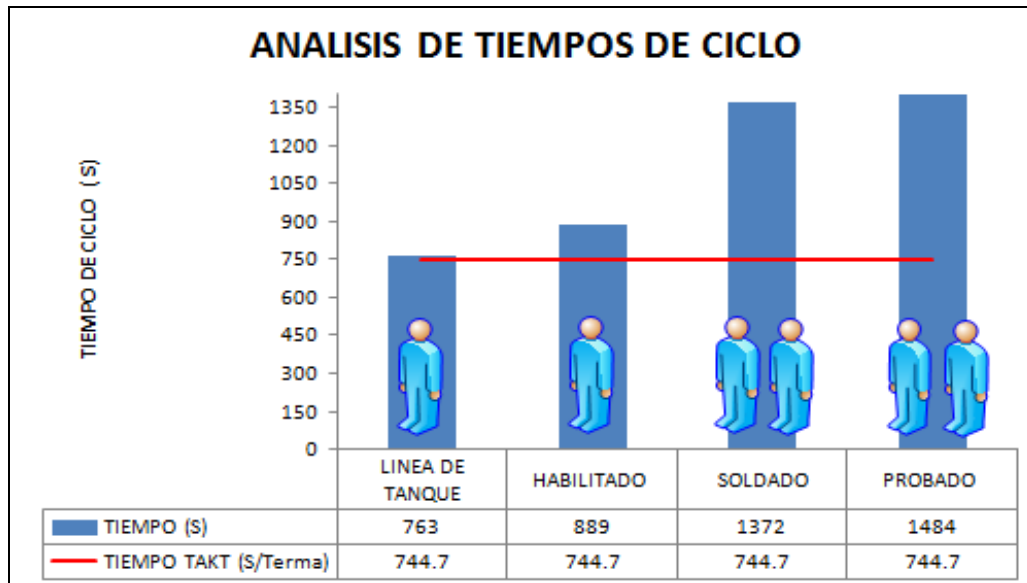


Figura 25- Balance de Línea
Elaboración Propia

Con respecto al área de soldado y probado es necesario 2 operarios para cada área respectivamente como se muestra en la figura 25.

Para la asignación de las tareas de estos operarios se realizará un análisis de precedencias de actividades, luego se organizará estas actividades con la finalidad de que se aproximen al tiempo objetivo que es el *takt time* igual a 744.7 s/tanque de esa manera se logrará un flujo continuo a lo largo del proceso.

Para el área de soldado:

En la tabla 14 se muestra el análisis de precedencias de actividades. Las tareas se aprecian en el anexo 12.

Del análisis de la tabla 14, se buscó eliminar aquellas actividades que no agregan valor y aquellas que no tienen tareas precedentes, las cuales son: el coger, trasladar y almacenar.

Así mismo, con el objetivo de establecer un flujo continuo y eliminar los inventarios se procedió a organizar las actividades de manera que la combinación de las operaciones sume 744.7 s o menos.

En la figura 26 se muestra el problema equilibrado siendo los tiempos de operación para el primer operario igual a 654.7 s y para el segundo igual a 677.9 s.

Tabla 14 – Análisis de precedencias de actividades para el área de soldado

TAREA	TIEMPO DE REALIZACION (s)	LA TAREA PRECEDENTE
A	9.3	-
B	11.6	A
C	54.2	B
D	348.9	B
E	171.4	D, J
F	33.1	E
G	7.7	-
H	7.0	-
I	230.7	C
J	244.5	I
K	8.5	-
L	7.6	-
M	38.9	F
N	46.1	M
Ñ	16.0	N
O	3.6	Ñ
P	30.9	O
Q	6.7	P
R	87.5	Q
S	7.4	R
Tiempo total	1372 s	

Elaboración propia

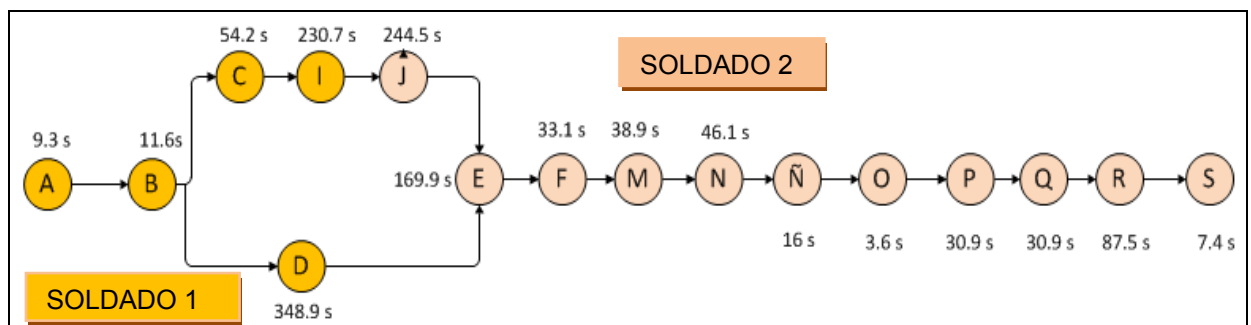


Figura 26 – Diagrama de precedencias - soldado
Elaboración propia

Para el área de Probado:

En la tabla 15 se muestra el análisis de precedencias de actividades. Las tareas se aprecian en el anexo 13.

Del análisis de la tabla 15, se busco eliminar aquellas actividades que no agregan valor y aquellas que no tienen tareas precedentes, las cuales son: el coger, trasladar y almacenar.

Así mismo, con el objetivo de establecer un flujo continuo y eliminar los inventarios se procedió a organizar las actividades de manera que la combinación de operaciones sume 744.7 s o menos.

En la figura 27 se muestra el problema equilibrado siendo los tiempos de operación para el primer operario igual a 760.1 s y para el segundo igual a 722.6 s.

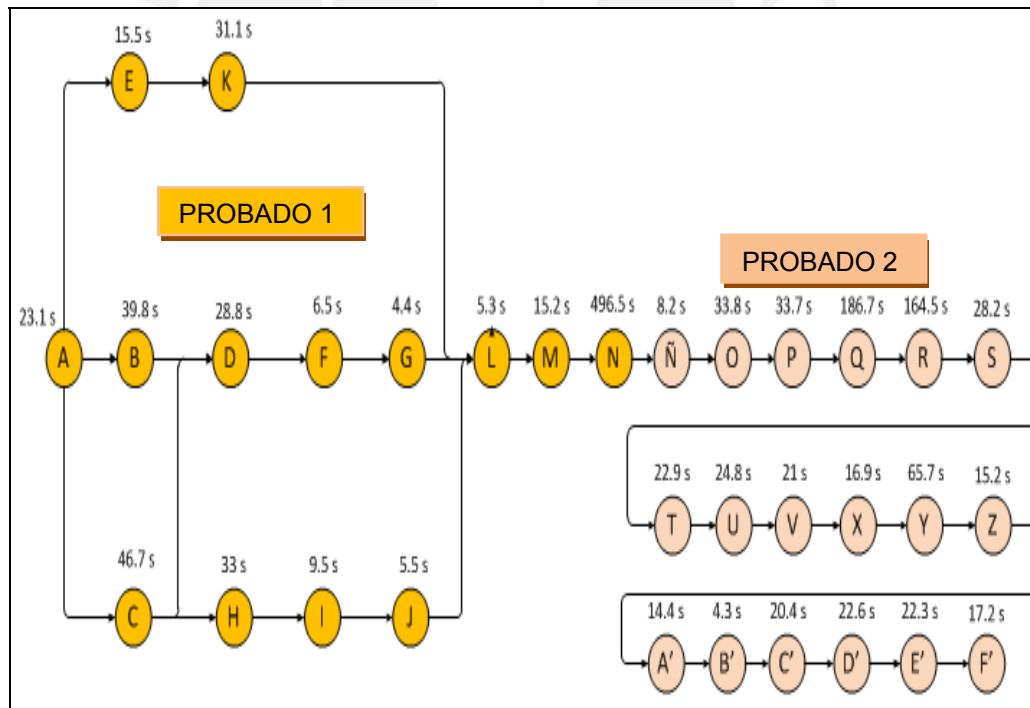


Figura 27 – Diagrama de precedencias - Probado
Elaboración propia

En la figura 28 se muestra el balance de línea preliminar, como se aprecia, el proceso de habilitado excede el *takt time* por lo que la actividad de colocar la unión y habilitarla para el soldado final (tiempo igual a 142.3) será realizado

en el proceso de soldado 2, ver anexo 14. Por lo tanto, el balance de línea final se muestra en la figura 29.

Tabla 15 – Análisis de precedencias para el área de probado

TAREA	TIEMPO DE REALIZACION (s)	LA TAREA PRECEDENTE
A	23.1	-
B	39.8	A
C	46.7	A
D	28.8	B, C
E	15.5	A
F	6.5	D
G	4.4	F
H	33.0	C
I	9.5	H
J	5.5	I
K	31.1	E
L	5.3	G, J, K
M	15.2	L
N	496.5	M
Ñ	8.2	N
O	33.8	Ñ
P	33.7	O
Q	186.7	P
R	164.5	Q
S	28.2	R
T	22.9	S
U	24.8	T
V	21.0	U
X	16.9	V
Y	65.7	X
Z	15.2	Y
A'	14.4	Z
B'	4.3	O
C'	20.4	B'
D'	22.6	C'
E'	22.3	D'
F'	17.2	E'

Elaboración propia

En conclusión, en la tabla 16 se muestra la eficiencia o tasa de utilización (utilización de la mano de obra empleada en las líneas) y el porcentaje de la mano de obra ociosa (RB) luego de la implementación del balance de línea para el área de soldado y probado.

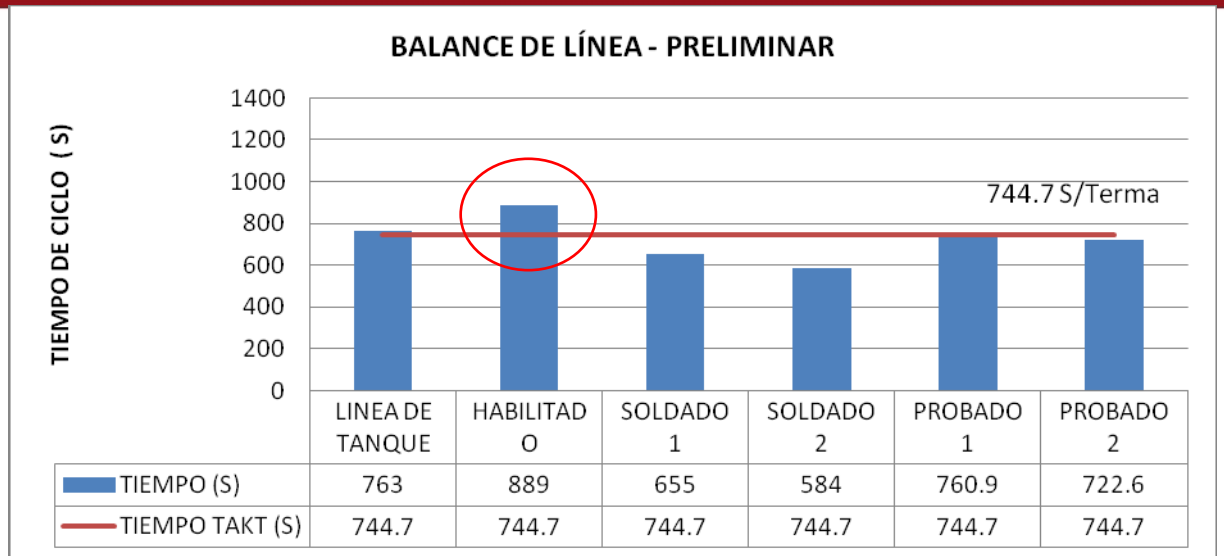


Figura 28 - Balance de línea preliminar
Elaboración Propia

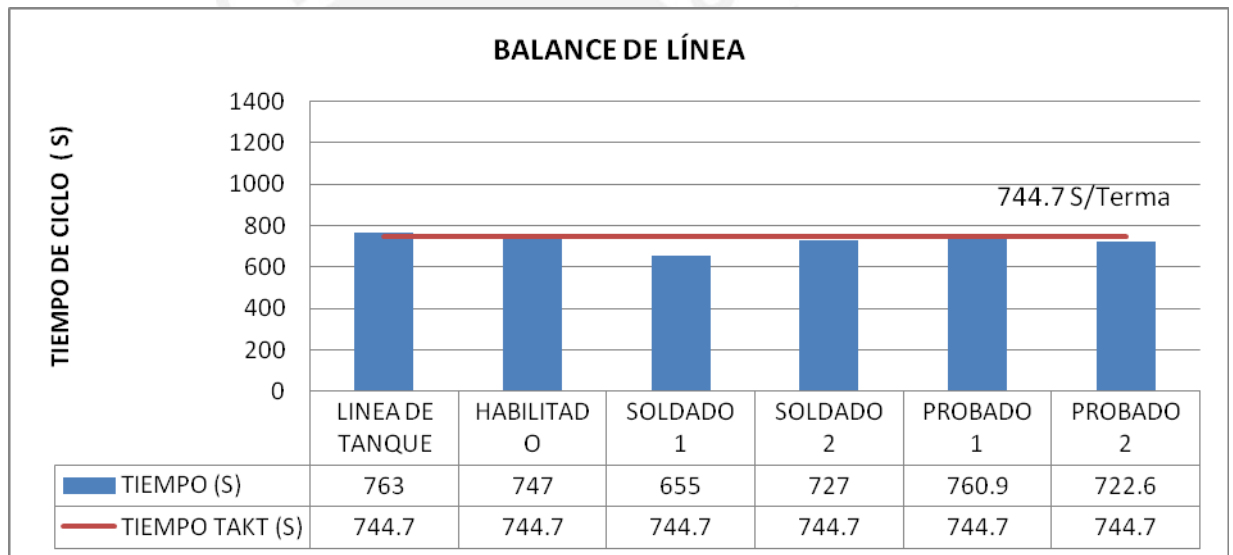


Figura 29 - Balance de línea
Elaboración Propia

Tabla 16 – Eficiencia y RB del Balance de Línea

Proceso	Tiempo de ciclo (s)	Tiempo Takt (s)	N° Operarios	Eficiencia	Retraso del balance (RB)
Soldado	1381	744.7	2	92.8%	7.2%
Probado	1484	744.7	2	99.6%	0.4%

Elaboración propia

3.1.2 Implementación del *Kanban*

Con el objetivo de minimizar los stocks de productos acabados, la orientación básica será entonces hacia la producción basada en órdenes. Para esto se utiliza un sistema *pull*, en el que cada uno de los procesos siguientes acude a su proceso anterior a retirar los productos que se necesita.

Para la implementación del *Kanban* es necesario tener en cuenta 4 fases:

Fase 1: Entrenar a todo el personal en los principios del *kanban*, y los beneficios de usar *Kanban*.

Fase 2: Implantar *Kanban* en aquellos componentes con más problemas para facilitar y resaltar los problemas escondidos. El entrenamiento con el personal continúa en la línea de producción.

Fase 3: Implantar el sistema *Kanban*, utilizando tarjetas y contendedores, entre otros.

Fase 4: Esta fase consiste de la revisión del sistema *Kanban*, los puntos de reorden y los niveles de reorden, es importante tomar en cuenta las siguientes recomendaciones para el correcto funcionamiento del *Kanban*.

- Ningún trabajo debe ser hecho fuera de secuencia
- Si se encuentra algún problema notificar al supervisor inmediatamente.
- Se debe verificar que el nuevo personal que ingresa tenga conocimiento del funcionamiento del sistema *Kanban* que se maneja internamente.

Aplicación de las fases del *Kanban*

Fase 1:

La capacitación debe cumplir los siguientes objetivos:

Aprendizaje y comprensión de los conceptos del sistema *Kanban*.

Metodología de capacitación:

Se dictará parte teórica del sistema *Kanban*, así mismo, se apoyará esta base teórica con ejercicios prácticos (simulación del sistema *Kanban* aplicado a la fabricación de tanques de termas eléctricas utilizando playgos como material didáctico entre otros).

Taller *Kanban*:

El taller *Kanban* se desarrollará en 3 semanas, para lo cual se realizará un control de asistencia. La capacitación será dictada por un expositor externo. Asimismo, este taller será ejecutado de acuerdo a un cronograma que se muestra en el anexo 15.

Fase 2:

En esta fase se realizará un análisis ABC para considerar aquellos productos que se regirán bajo la producción de *Kanban* y aquellos bajo que se regirán bajo una orden de producción. En la tabla 17 se muestra la clasificación ABC para las termas eléctricas.

Luego de realizar el análisis de la clasificación ABC se concluye lo siguiente:

- Sólo 8 productos le generan a la empresa el 79.4% de las ventas totales por la fabricación de termas eléctricas.
- Para los artículos A, según la clasificación realizada, se debe usar un estricto sistema de control por lo que se propone implementar un *Kanban*.
- Para los artículos B y C se debe utilizar un control menos rígido por lo que se propone establecer una fabricación por orden de producción.

Se realizará la implementación del *Kanban* para los componentes con problemas de inventario identificados en el VSM actual del capítulo 2.

Para lo cual se utilizará los dos tipos de *Kanban* el de retiro y el de producción, estos se aplicarán a los siguientes procesos:

- Línea de tanques (Fabricación de tapas y planchas roladas)
- Habilitado
- Soldado

– Probado

Tabla 17 - Clasificación ABC

N°	DESCRIPCION	CONSUMO ANUAL	PRECIO DE VENTAS	VENTAS	% PART. PRODUCTO	% VENTAS TOTAL	% PART. ACUMUL.	% VENTAS ACUMUL.	ABC
1	KHO-50	2461	255.71	629,302.31	3.45%	16.0%	3.45%	16.0%	A
2	SP-80	703	630.20	443,030.60	3.45%	11.3%	6.90%	27.3%	A
3	SL-80	789	559.75	441,642.75	3.45%	11.3%	10.34%	38.6%	A
4	SL-50	976	446.95	436,223.20	3.45%	11.1%	13.79%	49.7%	A
5	SP-50	771	498.10	384,035.10	3.45%	9.8%	17.24%	59.5%	A
6	SP-110	405	781.97	316,697.85	3.45%	8.1%	20.69%	67.6%	A
7	REGG-50	1179	218.73	257,882.67	3.45%	6.6%	24.14%	74.1%	A
8	DEB-50	302	678.25	204,831.50	3.45%	5.2%	27.59%	79.4%	A
9	SL-110	235	751.50	176,602.50	3.45%	4.5%	31.03%	83.9%	B
10	KHO-80	500	295.80	147,900.00	3.45%	3.8%	34.48%	87.6%	B
11	DEB-80	145	728.00	105,560.00	3.45%	2.7%	37.93%	90.3%	B
12	BL-50	125	461.95	57,743.75	3.45%	1.5%	41.38%	91.8%	B
13	HBL-110	61	801.50	48,891.50	3.45%	1.2%	44.83%	93.0%	B
14	HBL-80	62	725.25	44,965.50	3.45%	1.1%	48.28%	94.2%	B
15	BP-110	48	806.97	38,734.56	3.45%	1.0%	51.72%	95.2%	B
16	BL-110	42	776.50	32,613.00	3.45%	0.8%	55.17%	96.0%	C
17	BL-80	48	584.75	28,068.00	3.45%	0.7%	58.62%	96.7%	C
18	HBP-80	36	750.13	27,004.68	3.45%	0.7%	62.07%	97.4%	C
19	HBL-50	37	478.74	17,713.38	3.45%	0.5%	65.52%	97.9%	C
20	HBP-110	17	831.97	14,143.49	3.45%	0.4%	68.97%	98.2%	C
21	BP-50	26	513.10	13,340.60	3.45%	0.3%	72.41%	98.6%	C
22	BP-80	20	655.20	13,104.00	3.45%	0.3%	75.86%	98.9%	C
23	HSP-80	19	645.38	12,262.22	3.45%	0.3%	79.31%	99.2%	C
24	HSL-80	18	620.38	11,166.84	3.45%	0.3%	82.76%	99.5%	C
25	HBP-50	11	571.56	6,287.16	3.45%	0.2%	86.21%	99.7%	C
26	HSP-110	7	856.97	5,998.79	3.45%	0.2%	89.66%	99.8%	C
27	HSL-110	6	826.50	4,959.00	3.45%	0.1%	93.10%	99.9%	C
28	HSL-50	3	503.74	1,511.22	3.45%	0.0%	96.55%	100.0%	C
29	HSP-50	2	596.56	1,193.12	3.45%	0.0%	100.00%	100.0%	C
TOTAL				3,923,409.29	100.00%	100.00%			

Elaboración Propia

Con la finalidad de evitar sobreinventarios se determinó el número de *Kanban* necesario mediante la siguiente fórmula:

$$k = \frac{dxWBZx(1 + \alpha)}{c}$$

Donde:

k: número de contenedores dedicados a una parte.

d: Demanda diaria esperada para la parte en unidades.

WBZ: tiempo de reposición (fracción de día)

c: cantidad en un contenedor estándar de las partes.

α : factor de seguridad.

Así mismo se tuvo en cuenta los siguientes puntos:

- Se le dará un stock de seguridad de 1.5 días, de tal manera que los procesos puedan abastecerse ante una eventual situación de parada de producción u otros motivos.
- Se tiene que tomar en cuenta el espacio para poder almacenar los productos en procesos, los que entran y los productos que salen.

En la tabla 18 se muestra el número *kanban* necesario por componente donde:

$N^{\circ} \text{ Kanban} = \text{Lote} / \text{Tamaño del contenedor}$

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

Fase 3:

Se realizará la utilización de contenedores, controles visuales y tarjetas *Kanban*.

Contenedores:

Se utilizará la cantidad de contenedores de acuerdo a lo establecido en la fase 2. Para lo cual se debe tener en cuenta las medidas de cada componente, el peso que debe tener el contenedor y el material del contenedor. En este caso, los contenedores se utilizarán para las tapas superiores e inferiores.

Tabla 18 – N° de Kanban

N°	PRODUCTO	DESCRIPCION	ANUAL	CANTIDAD	NECESIDAD	SS	LOTE	C	KANBAN
1	CILINDRO ROLADO	KHO-50	2461	3640	14	1.5	21	1	21
2		REGG-50	1179						
3		DEB-50	302						
4		SL-50	976	2049	8	1.5	12	1	12
5		SP-50	771						
6		SP-80	703	1492	6	1.5	9	1	9
7		SL-80	789						
8		SP-110	405						
9	TAPA INFERIOR	KHO-50	2461	7586	29	1.5	44	4	11
10		REGG-50	1179						
11		DEB-50	302						
12		SL-50	976						
13		SP-50	771						
14		SP-80	703						
15		SL-80	789						
16		SP-110	405						
17	TAPA SUPERIOR	KHO-50	2461	7586	29	1.5	44	4	11
18		REGG-50	1179						
19		DEB-50	302						
20		SL-50	976						
21		SP-50	771						
22		SP-80	703						
23		SL-80	789						
24		SP-110	405						
25	TANQUE HABILITADO	KHO-50	2461	3640	14	1.5	21	1	21
26		REGG-50	1179						
27		DEB-50	302						
28		SL-50	976	2049	8	1.5	12	1	12
29		SP-50	771						
30		SP-80	703	1492	6	1.5	8	1	8
31		SL-80	789						
32		SP-110	405						
33	TANQUE SOLDADO	KHO-50	2461	3640	14	1.5	21	1	21
34		REGG-50	1179						
35		DEB-50	302						
36		SL-50	976	2049	8	1.5	12	1	12
37		SP-50	771						
38		SP-80	703	1492	6	1.5	8	1	8
39		SL-80	789						
40		SP-110	405						
41	TANQUE PROBADO	KHO-50	2461	3640	14	1.5	21	1	21
42		REGG-50	1179						
43		DEB-50	302						
44		SL-50	976	2049	8	1.5	12	1	12
45		SP-50	771						
46		SP-80	703	1492	6	1.5	8	1	8
47		SL-80	789						
48		SP-110	405						

Elaboración propia

Control visual:

Se utilizarán marcas en el suelo o señales que indiquen a simple vista cuándo reponer un elemento. Este control visual se utilizará para las planchas roladas, los tanques habilitados, tanques soldados y tanques probados.

En la figura 30 se muestra un ejemplo del control visual a implementar para controlar el inventario en los procesos mencionados.



Figura 30 - Control visual

Fuente: Kanban: Demand Scheduling for Lean Manufacturing (s.f)

Tarjetas *Kanban*:

Se implementarán tarjetas *Kanban* de tal manera que ayuden a visualizar y ordenar el *Kanban*, estas tarjetas se colocarán en una pizarra. De esta manera, se podrán identificar todos los componentes entre los procesos de línea de tanques, habilitado, soldado y probado. En la tabla 19 se muestra la descripción de los elementos de la tarjeta y en la figura 32 se muestra una tarjeta *Kanban* a utilizar.

Implementación de la pizarra *Kanban*:

Se implementará una pizarra con el objetivo de visualizar el *Kanban* propuesto. En esta pizarra *Kanban* se visualizará los nombres de los componentes de un tanque de terma eléctrica y las tarjetas *Kanban*. Ver figura 31.



Figura 31 – Pizarra Kanban
Fuente: Pizarra semáforo Kanban (s.f.)

Tabla 19 – Descripción de los elementos de la tarjeta Kanban

N°	DESCRIPCION
1	Procedencia
2	Destino
3	Código dentro del sistema
4	Descripción del producto
5	Número de tarjeta Kanban
6	Número de tarjeta Kanban totales
7	Cantidad de piezas por contenedor
8	Material de contenedor

Elaboración Propia

Fase 4:

Esta fase consiste en la revisión del sistema *Kanban*, los puntos de reorden y los niveles de reorden. Por tanto, es importante tomar en cuenta las siguientes recomendaciones para el funcionamiento correcto del *Kanban*.

- Ningún trabajo debe ser hecho fuera de secuencia.
- Si se encuentra algún problema se debe notificar de inmediato al supervisor de turno.

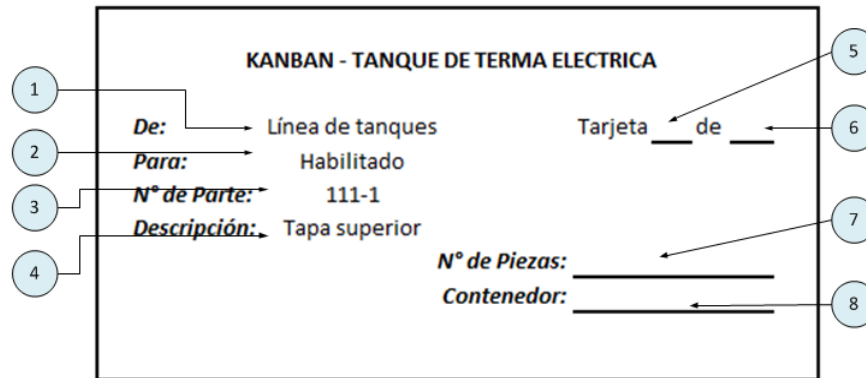


Figura 32 – Tarjeta Kanban
Elaboración propia

3.1.3 Implementación del *SMED*

Con el objetivo de reducir los tiempos de *set up*, y de esa manera, los niveles de inventario se procederá a implementar el *SMED* en el proceso de prensado o bombeado. Para la implementación del *SMED* es necesario tener en cuenta las 5 fases:

Fase 1:

En esta primera fase se formará a los integrantes quienes serán capacitados sobre la herramienta *SMED* para que de esta manera puedan trabajar sin problemas.

Fase 2:

En esta segunda etapa se procederá a levantar información de la situación actual (proceso de cambios de moldes). Para lo cual se realizará lo siguiente:

- Se filmará el proceso de cambio de matrices.
- Se realizará un análisis del recorrido del producto específico (Diagrama de *spaguetti*).

- Se realizará la toma de tiempos.

Fase 3:

Se analizará la situación actual para luego establecer su tipo de actividad, que pueden ser: procesos de cambio, transporte, tiempo de espera, alineación, entre otros.

Fase 4:

Posteriormente, se realizará la diferenciación entre las operaciones internas y externas, luego se procederá a analizar si estas se eliminan, combinan, reorganizan o se simplifican (E CRS).

Fase 5:

Se estandarizará el proceso de preparación formulando instrucciones de trabajo (se documentará), así mismo, en esta etapa será susceptible a realizar la mejora continua regresando a la fase 1 si fuese necesario.

Aplicación de las fases del sistema *SMED*

Fase 1:

En el proceso de cambio de moldes en la máquina de prensa excéntrica lo realiza un solo operario. Por tanto, el asistente de planta será quien capacite al operario dando la información necesaria para que se pueda realizar un buen análisis al proceso.

Por otro lado, con respecto al Diagrama de Spaguetti este será realizado por el practicante de producción, se encargará de contar los pasos y los movimientos del operario. Así mismo, de establecer los tiempos de la duración de las actividades del operario.

Fase 2:

En esta fase se analizó el proceso de cambio de moldes de la prensa eléctrica.

- Se filmó todo el proceso de cambio y se definió las actividades que realiza el operario.

- Se realizó el bosquejo del diagrama de *Spaguetti*, con el objetivo de graficar el recorrido del operario. Ver figura 33.

El operario realiza 245 pasos lo que es equivalente aproximadamente a 196 m.

- Se realizó el estudio de tiempos, con el objetivo de identificar el tiempo que el operario invierte en el cambio de molde y punzón para el proceso de embutido. Para esto se utilizó la Hoja de reducción de cambios rápidos – Sistema *SMED*. Ver figura 34.

El operario invierte 32.91 min en realizar el cambio de molde y punzón.

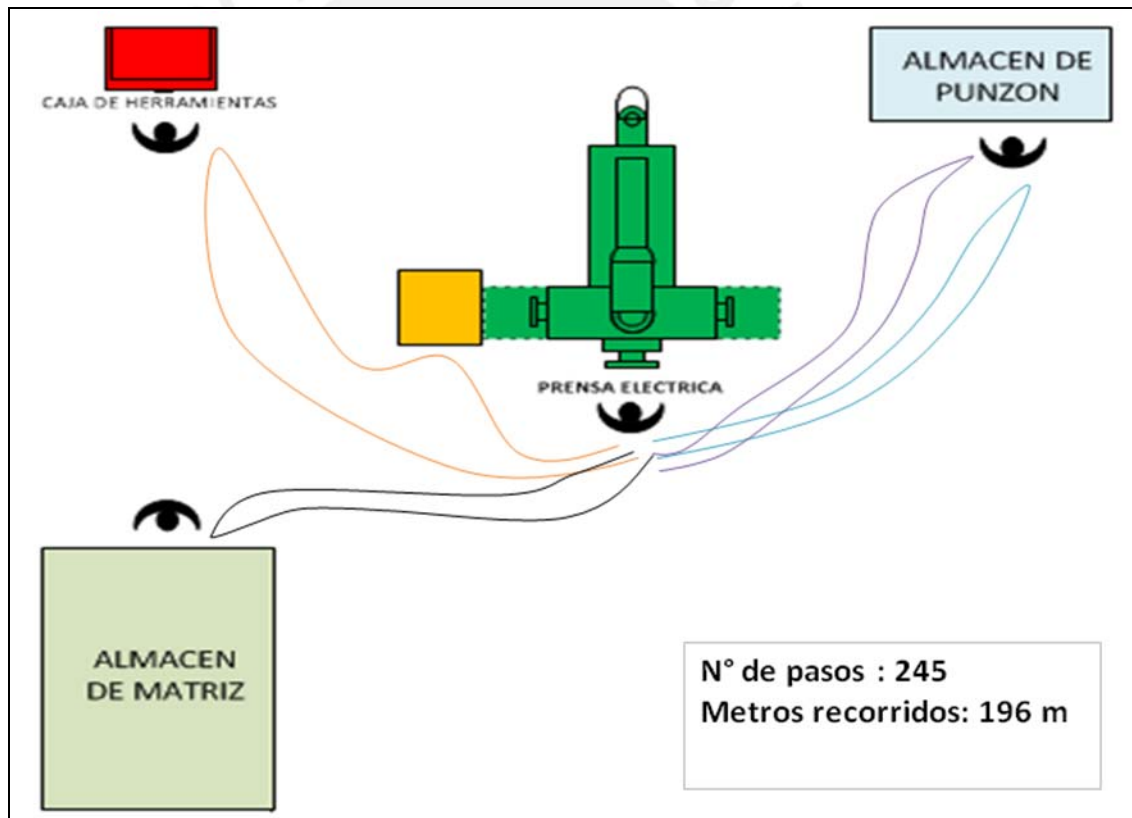


Figura 33- Diagrama de Spaguetti – Prensa eléctrica
Elaboración propia

HOJA DE REDUCCION DE CAMBIOS RAPIDOS - SISTEMA SMED																
FASE 2						FASE 3					FASE 4					
Área: Línea de tanques Máquina: Prensa eléctrica						TIPO DE ACTIVIDAD					ANALISIS ECRS			IE		Observaciones
						Proceso de can	Transporte	Tiempo de espe	Alineación	Otros	Eliminar	Combinar	Re-organizar	Simplificar	Interno	
IT	Actividad	T. Inicio	T. Final	Juración	Tiempo											
1	Retirar producto en proceso	00:00:00	00:00:14	00:00:14	0.23	X								X		
2	Sacar guantes	00:00:14	00:00:34	00:00:20	0.33		X			X				X		Cambiar los guantes de carnaza por guantes de vaqueta elastizados
3	Buscar trapo para limpiar matriz	00:00:34	00:01:15	00:00:41	0.68		X			X				X		Colocar trapo en bolsillo específico de su chaleco
4	Limpiar matriz	00:01:15	00:02:22	00:01:07	1.12	X						X		X		
5	Caminar hacia caja de herramientas	00:02:22	00:03:10	00:00:48	0.80		X			X				X		Colocar caja de herramientas debajo de mesa
6	Buscar herramienta	00:03:10	00:03:41	00:00:31	0.52		X					X		X		Colocar identificación de herramientas por colores
7	Ir hasta máquina eléctrica	00:03:41	00:04:13	00:00:32	0.53		X			X				X		
8	Bajar punzón y desajustar tuercas	00:04:13	00:05:24	00:01:11	1.18				X					X		
9	Retirar tuercas y retirar punzón	00:05:24	00:07:36	00:02:12	2.20	X						X		X		
10	Guardar punzón	00:07:36	00:08:02	00:00:26	0.43		X					X		X		
11	Coger herramienta y desajustar matriz	00:08:02	00:09:47	00:01:45	1.75	X								X		
12	Coger matriz y retirar de prensa	00:09:47	00:12:51	00:03:04	3.07	X						X		X		
13	Guardar matriz	00:12:51	00:15:06	00:02:15	2.25		X					X		X		
14	Buscar trapo para limpiar prensa	00:15:06	00:15:16	00:00:10	0.17		X			X				X		Colocar trapo en bolsillo específico de su chaleco
15	Limpiar prensa	00:15:16	00:16:14	00:00:58	0.97	X								X		
16	Caminar hasta moldes	00:18:16	00:18:33	00:00:17	0.28		X					X		X		
17	Coger nuevo molde y trasladar hasta prensa	00:18:33	00:20:18	00:01:45	1.75		X					X		X		
18	Limpiar nuevo molde	00:20:18	00:21:54	00:01:36	1.60	X						X		X		Mantener los moldes limpios y ordenados
19	Colocar nuevo molde en prensa	00:21:54	00:24:04	00:02:10	2.17	X								X		
20	Buscar llave	00:17:16	00:17:29	00:00:13	0.22		X					X		X		Colocar identificación de herramientas por colores
21	Ajustar con llave e inspeccionar 1	00:24:04	00:25:35	00:01:31	1.52	X								X		
22	Ajustar con llave e inspeccionar 2	00:25:35	00:26:07	00:00:32	0.53	X								X		
23	Caminar hasta almacén de punzones	00:26:07	00:26:34	00:00:27	0.45		X					X		X		
24	Coger nuevo punzón y trasladar hasta prensa	00:26:34	00:27:12	00:00:38	0.63		X					X		X		
25	Buscar llave	00:27:12	00:27:21	00:00:09	0.15		X					X		X		Colocar identificación de herramientas por colores
26	Ajustar con llave e inspeccionar	00:27:21	00:29:13	00:01:52	1.87	X								X		
27	Encender prensa y esperar	00:29:13	00:30:56	00:01:43	1.72			X						X		
28	Regular prensa por mando de mano	00:30:56	00:32:03	00:00:39	0.65			X						X		
29	Coger guantes	00:32:03	00:32:22	00:00:19	0.32		X			X				X		Cambiar los guantes de carnaza por guantes de vaqueta elastizados
30	Coger y colocar plancha de 40X40 cm2 sobre matriz	00:32:22	00:32:54	00:00:32	0.53	X						X		X		
31	Ajustar punzón	00:32:54	00:33:55	00:01:01	1.02			X						X		
32	Colocar plancha de 40X40 cm2 sobre prensa e inspecc	00:33:55	00:34:58	00:01:03	1.05	X								X		
33	Embutir nueva pieza e inspeccionar	00:34:58	00:35:12	00:00:14	0.23	X								X		
TOTAL					32.92	19	9.5	1.7	3	0						

Figura 34 - Hoja de reducción de cambios rápidos – Sistema SMED
Elaboración propia

Fase 3:

Para analizar el proceso de cambio de moldes se utilizó una Hoja de reducción de cambios rápidos – Sistema *SMED*. Este análisis se realizó con el objetivo de identificar aquellas actividades que son consideradas dentro de los tiempos de proceso de cambio, transporte, tiempos de espera, entre otros.

En la figura 35 se muestra el resultado del análisis.

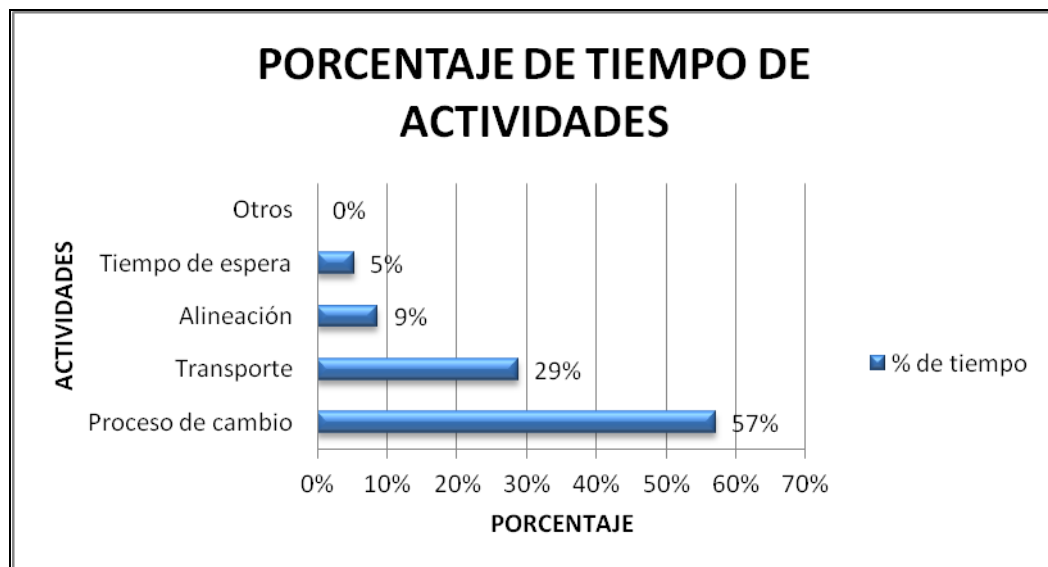


Figura 35 – Porcentaje de tiempo de actividades – Cambio de moldes.
Elaboración propia

En la figura 35 se muestra que el mayor porcentaje de actividades que el operario invierte en el proceso de cambio de molde, es justamente el proceso de cambio, es decir actividades necesarias para el objetivo del proceso. Así mismo, invierte el 29% en el transporte como son por ejemplo: buscar trapo para limpiar la matriz, buscar herramientas, guardar punzón y molde.

Fase 4:

En esta fase de la implementación del sistema *SMED*, se identificaron aquellas operaciones que son consideradas como internas y externas. Así mismo, se realizó el análisis ECRS con el objetivo de reducir los tiempos de cambio. Ver figura 34. A continuación se desarrollan las ideas planteadas en la figura 34 con respecto a la fase 4 del sistema *SMED*:

- El operario invierte tiempo en sacarse los guantes y volvérselos a poner, esto lo realiza con el propósito de tener comodidad para coger las herramientas para llevarlas hasta la prensa eléctrica. Para eliminar esa actividad se propone que el operario utilice guantes de vagueta elastizados, ya que el uso de guantes de carnaza no son flexibles para dichos movimientos del operario.
- El operario invierte tiempo en ir hasta la caja de herramientas. Para eliminar esta operación se propone hacer una reubicación de la caja herramientas. Por tanto, se propone que se coloquen al costado de la prensa eléctrica. Así mismo, estas herramientas deben estar identificadas por colores para visualizarlas rápidamente (control visual).
- El operario invierte tiempo en buscar trapo para limpiar la matriz y el punzón a cambiar. Por tanto, se propone que el operario guarde el trapo industrial en el bolsillo de su chaleco asignado.

Fase 5:

Una vez hecho el análisis, el objetivo en esta fase será estandarizar el trabajo con el propósito de disminuir el tiempo de cambio de moldes a 20 minutos. Para esta estandarización se utilizó un documento llamado Hoja de Trabajo – *SMED*. En la estandarización del trabajo se tuvo en cuenta el análisis de las fases previas, entre estas la diferenciación entre las operaciones internas y externas de tal forma que las operaciones internas puedan ser convertidas en operaciones externas.

Este documento debe ser colocado en un atril con la finalidad de que el operario tenga fácil acceso.

En la figura 36 se muestra la Hoja de Trabajo – *SMED*. En ella se observa la secuencia de operaciones, donde se eliminaron los tiempos de búsqueda de trapo industrial, de herramientas y el tiempo de cambio de guantes.

Con esta nueva secuencia de operaciones el operario realizará sus operaciones en 3 puntos (la prensa eléctrica, almacén de moldes y almacén de punzones).

HOJA DE TRABAJO - SISTEMA SMED					
Cambio de Máquina: <u>Prensa eléctrica</u>					
IT	DESCRIPCION DE OPERACIONES	INTERNA	EXTERNA	RECURSO	AGREGA VALOR
1	Retirar último producto en proceso	X		Manual	No
2	Retirar punzón a cambiar	X		Manual	No
3	Limpiar matriz a cambiar	X		Manual	No
4	Retirar matriz	X		Carrito	No
5	Limpiar prensa eléctrica	X		Manual	No
6	Colocar nuevo molde	X		Carrito	No
7	Colocar nuevo punzón	X		Manual	No
8	Encender prensa y esperar	X		Manual	No
9	Regular punzón	X		Manual	No
10	Colocar producto a embutir	X		Manual	No

Figura 36 – Hoja de trabajo – Sistema SMED
Elaboración propia

Para la implementación del sistema *SMED* se realizará un control diario en el cual se indicará los tiempos de cambio de molde, así mismo, se levantará información cada vez que los tiempos sobrepasen el tiempo de *set up* objetivo 20 min para lo cual se deberá utilizar la Hoja de ocurrencias – Sistema *SMED*. Ver anexo 16.

4. EVALUACION DEL IMPACTO ECONOMICO

La evaluación del impacto económico de la propuesta de mejoras explicadas en el capítulo 3: implementación del balance de línea, el sistema *Kanban* y el sistema SMED, serán analizadas por separado. Para la evaluación se debe considerar lo siguiente:

- El costo de hora hombre para la evaluación del impacto económico de las propuestas de mejora es el mismo por pertenecer a la misma empresa. Ver tabla 20.
- La tasa a utilizar en TIR se basará en la ganancia mínima que esperan recibir los capitalistas como utilidad del dinero que puedan invertir. Por tanto, por política de la empresa se considerará una rentabilidad mínima aceptable de 20%.
- La evaluación económica se realizará para un periodo de 12 meses y se analizará bajo el análisis de las herramientas financieras VAN (Valor actual neto) y TIR (Tasa interna de retorno).

Tabla 20 – Costo Hora-Hombre

N°	ROL	ABREV.	COSTO H-H (S/.)
1	Asistente de Producción	AP	17.05
2	Consultor	CO	39.77
3	Jefe de Planta	JP	56.82
4	Supervisor línea de tanque	ST	8.52
5	Operario	OP	5.68
6	Practicante de producción	PP	7.08

Elaboración Propia

En la figura 37 se muestra la metodología a emplear para la evaluación del impacto económico de las propuestas de mejora explicadas en el capítulo 3.

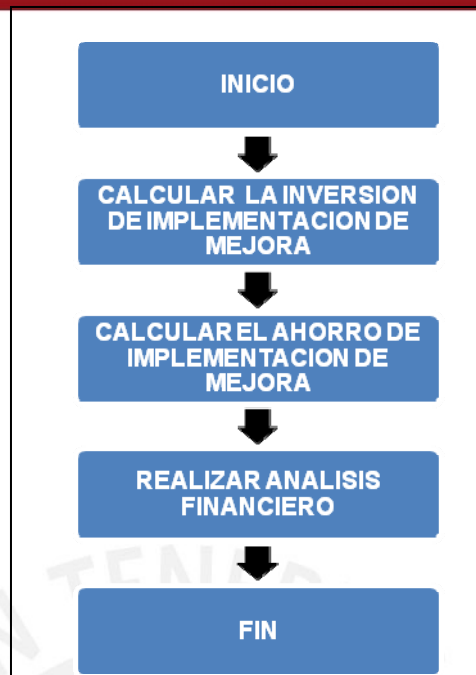


Figura 37 - Metodología a emplear en la evaluación del impacto económico
Elaboración Propia

De acuerdo a la metodología planteada en la figura 37, en los acápites siguientes se explicará la sostenibilidad de las propuestas.

4.1 Implementación del balance de línea – impacto económico

Para el análisis de la evaluación económica de la implementación del balance de línea se calculará la inversión de la implementación, la cual consistirá en la capacitación y en el monitoreo del balance de línea. Luego, se analizarán los ahorros como consecuencia de la implementación del balance de línea. Entre los principales beneficios de la implementación del balance de línea tenemos: la reducción del número de operarios para la fabricación de un tanque de terma eléctrica.

En la tabla 21 se calculará el costo de inversión de la implementación del balance de línea. Para tal fin se tuvieron en cuenta el costo de capacitación del balance de línea y el costo de un consultor para el estudio de caso e implementación, así como el costo del estudio de tiempos de la fabricación de tanques de termas eléctricas de 50Lt, 80Lt y 110Lt. En la tabla 21 se muestra el costo de capacitación y el costo de la implementación.

- **Costo de capacitación:**

Antes de realizar la implementación del balance de línea es necesario capacitar al personal involucrado en el proceso. Para lo cual, se realizará capacitación de 10 horas de duración de acuerdo al cronograma planteado en el anexo 17.

- **Costo de estudio de caso e implementación de balance de línea:**

El costo de la implementación del balance de línea propuesto constará de contratar a un consultor y a un practicante de producción para realizar el análisis del estudio de tiempos. Este monitoreo se realizará por un periodo de 10 días por 8 horas diarias en el cual se detallarán problemas como desbalance de cargas de trabajo y problemas de inventario.

Tabla 21 - Costo de inversión del Balance de línea

COSTO DE CAPACITACION					
N°	ABREV.	ROL	COSTO H-H (S/.)	DURACION (H)	COSTO TOTAL
1	AP	Asistente de Producción	17.05	10	S/. 170.45
2	CO	Consultor	39.77	10	S/. 397.73
3	JP	Jefe de Planta	56.81	10	S/. 568.10
4	OP	Operario	5.68	10	S/. 56.82
5	PP	Practicante de Producción	7.08	10	S/. 70.83
COSTO TOTAL					S/. 1,263.93
COSTO DE MONITOREO					
N°	DESCRIPCION		COSTO H-H (S/.)	DURACION (H)	COSTO TOTAL
1	Estudio de caso - Consultor (MENSUAL)		39.77	80.00	S/. 3,182.00
2	Toma de tiempos - monitoreo (MENSUAL)		7.08	80.00	S/. 566.67
COSTO TOTAL					S/. 3,748.48

Elaboración Propia

En la tabla 22 se muestra el ahorro anual del primer beneficio de la implementación del balance de línea presentado en el capítulo 3. Por lo tanto, el ahorro mensual será igual a S/. 1 499.2.

Una vez calculado el ahorro anual de los beneficios se llevará a un flujo de caja para un periodo de 12 meses.

Tabla 22 – Ahorro anual - Balance de línea

SITUACION ACTUAL			
PROCESO	N° OPERARIOS	COSTO H-H	COSTO TOTAL
CORTADO Y DISCADO	1	S/. 4.26	S/. 4.26
TROQUELADO, BOMBEADO Y ROLADO	1	S/. 4.26	S/. 4.26
HABILITADO	2	S/. 4.26	S/. 8.52
SOLDADO	2	S/. 4.26	S/. 8.52
PROBADO	2	S/. 4.26	S/. 8.52
TOTAL			S/. 34.08
SITUACION PROPUESTA			
PROCESO	N° OPERARIOS	COSTO H-H	COSTO TOTAL
LINEA DE TANQUE	1	S/. 4.26	S/. 4.26
HABILITADO	1	S/. 4.26	S/. 4.26
SOLDADO 1	1	S/. 4.26	S/. 4.26
SOLDADO 2	1	S/. 4.26	S/. 4.26
PROBADO 1	1	S/. 4.26	S/. 4.26
PROBADO 2	1	S/. 4.26	S/. 4.26
TOTAL			S/. 25.56
EVALUACION ANUAL			
AHORRO H-H:			8.52
HORAS LABORALES AL DIA:			8
DIAS DE TRABAJO AL MES:			22
MESES DE TRABAJO AL AÑO:			12
AHORRO ANUAL			S/. 17,994.24

Elaboración Propia

Por último, se procederá a realizar el análisis financiero de la implementación del balance de línea para lo cual se utilizarán el VAN y el TIR como herramientas financieras para avalar la implementación de lo propuesto en el capítulo 3.

Tabla 23 - Flujo de caja implementación del balance de línea

MES	0	1	2	3	4	5	6
INGRESOS	-	1,499.52	1,499.52	1,499.52	1,499.52	1,499.52	1,499.52
EGRESOS	-3,748.48	-	-	-	-	-	-
FLUJO DE CAJA	-3,748.48	1,499.52	1,499.52	1,499.52	1,499.52	1,499.52	1,499.52
MES	7	8	9	10	11	12	
INGRESOS	1,499.52	1,499.52	1,499.52	1,499.52	1,499.52	1,499.52	
EGRESOS	-	-	-	-	-	-	
FLUJO DE CAJA	1,499.52	1,499.52	1,499.52	1,499.52	1,499.52	1,499.52	

Elaboración Propia

De acuerdo al flujo de caja mostrado en la tabla 23 se procedió a calcular el VAN y la TIR.

TASA: 20%
VAN: S/. 9,496.90
TIR: 28%

Luego de realizar el cálculo de las herramientas financieras se puede afirmar lo siguiente:

- Como el VAN es positivo se puede afirmar que el proyecto de implementación del balance de línea es rentable.
- Como la TIR (28%) es mayor que la tasa (20%) se puede afirmar que el proyecto de implementación del balance de línea es rentable.

4.2 Implementación del sistema *Kanban* – impacto económico

Para la evaluación económica de la implementación del sistema *Kanban* se realizará el análisis de los costos de capacitación y materiales necesarios para la implementación como se detalló en el capítulo 3. Posteriormente, se realizará una comparación de costos de la situación actual contra la propuesta, de esta manera se calculará el ahorro para la empresa en estudio.

- **Costo de capacitación e implementación:**

La capacitación será realizada por un consultor quien será el encargado de desarrollar el cronograma de capacitación y el taller de *Kanban* (caso práctico) del anexo 15.

La inversión en la implementación del sistema *Kanban* se realizará de acuerdo a las fases desarrolladas en el capítulo 3. En la fase 1 se transmitirá los conocimientos del sistema *Kanban* al equipo involucrado; en la fase 2 se explicará cuáles de los productos se registrarán bajo la producción de *Kanban* y aquellos que se registrarán bajo una orden de producción; en la fase 3 corresponde a la puesta en marcha y finalmente la fase 4 corresponde a la revisión del sistema

Kanban ya implementado. Los costos de la capacitación se muestran en la tabla 24.

Tabla 24 - Costo de implementación de fases de *Kanban*

FASE	ABREV.	CANTIDAD DE PERSONAS	DURACION (H)	COSTO H-H (S/.)	COSTO TOTAL
1	CO	1	15	39.77	596.59
	JP	1	15	56.82	852.27
	AP	1	15	17.05	255.68
	ST	1	15	8.52	127.84
2	JP	1	2	56.82	113.64
	AP	1	2	17.05	34.09
	ST	1	2	8.52	17.05
3	AP	1	5	17.05	85.23
	ST	1	15	8.52	127.84
4	AP	1	15	17.05	255.68
	ST	1	15	8.52	127.84
	OP	6	15	5.68	85.23
TOTAL					S/. 2,678.98

Elaboración Propia

- **Costo de materiales y recursos:**

Los costos de materiales corresponden a los explicados en el capítulo 3. Entre estos materiales directos tenemos: tarjetas *Kanban*, contenedores, pizarra *Kanban*, playgos y pintura tráfico. En el anexo 16 se muestra el cálculo de la cantidad de metros lineales necesarios para establecer los controles visuales para los tanques rolados, habilitados, soldados y probados, para tal fin se asume un 10% adicional de pintura de tráfico amarillo. Finalmente, la utilización de un consultor para la implementación del sistema *Kanban*, para lo cual se estima un periodo de 08 semanas de 48 horas de trabajo semanal lo que es igual a 384 horas. En la tabla 21 se muestra el costo total de materiales a utilizar para la implementación del sistema *Kanban*.

Por tanto, la inversión total para la implementación del sistema *Kanban* es de S/. 28 505.05

Siguiendo con la metodología de la figura 37, se realizará el cálculo del ahorro a través del beneficio principal de la implementación del sistema *Kanban* que es la disminución de inventarios. Por tanto, se hizo la comparación en Nuevos Soles de la cantidad de productos en proceso (inventario) actuales con la cantidad de productos en proceso propuesto luego de implementarse el sistema *Kanban*. Para el cálculo del inventario se utilizaron los datos del inventario en proceso del VSM actual. Ver figura 21. En la tabla 26 se muestra el cálculo del ahorro en Nuevos Soles de la implementación del sistema *Kanban*.

Tabla 25 - Costo de materiales directos

IT	RECURSO	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO		COSTO TOTAL	
1	PIZARRA KANBAN	1	UND	S/.	500.00	S/.	500.00
2	TARJETAS	196	UND	S/.	10.00	S/.	1,960.00
3	PLAYGOS	4	UND	S/.	250.00	S/.	1,000.00
4	CONTENEDORES DE TAPAS X 4	22	UND	S/.	300.00	S/.	6,600.00
5	PINTURA TRAFICO AMARILLO	345	METRO LINEAL	S/.	1.43	S/.	493.35
6	CONSULTOR	384	HORAS	S/.	39.77	S/.	15,272.73
TOTAL						S/.	25,826.08

Elaboración Propia

Cabe resaltar que para calcular el ahorro se analizó el costo promedio ponderado del material principal para la fabricación de un tanque de terma eléctrica de 50L, 80L y 110L. Por tanto, como hay hasta tres tipos de planchas metálicas para la fabricación de tanques de termas eléctricas: plancha de Fe LAF de 5/64" x 1200MM x 2400 MM (2.0 MM), plancha de Fe galvanizado de 1./16" x 1200MM x 2400 MM (1.5 MM) y la plancha de Fe galvanizado de 5/64" x 1200MM x 2400 MM (2.0 MM), se procedió hallar el costo promedio ponderado de una tapa, un cilindro rolando un tanque de terma eléctrica. Ver anexo 18.

Si la diferencia de inventario se traduce en días de inventarios, esto al dividir el inventario entre la demanda promedio de tanques de termas eléctricas igual a 34 und, se tendría que en promedio el inventario estaría en proceso

54 días; y considerando que un mes tiene 22 días de trabajo se tendría que el inventario en procesos pasa 2.5 meses en fábrica.

Tabla 26 - Ahorro de la implementación del sistema Kanban

IT	PROCESO PROPUESTO	PROCESO ACTUAL	PRODUCTO	INVENTARIO		DIF DE INV.	COSTO UNITARIO (S/.)	AHORRO
				SISTEMA ACTUAL	SISTEMA KANBAN			
1	LINEA DE TANQUE	CORTADO TAPA	-	0	0	0	9.17	S/. -
2	LINEA DE TANQUE	DISCADO TAPA	-	242	0	242	9.17	S/. 2,219
3	LINEA DE TANQUE	TROQUELADO TAPA	-	44	0	44	9.17	S/. 403
4	LINEA DE TANQUE	EMBUTIDO	TAPA EMBUTIDA	522	88	434	9.17	S/. 3,980
5	LINEA DE TANQUE	CORTADO TANQUE	-	284	0	284	34.97	S/. 9,931
6	LINEA DE TANQUE	TROQUELADO TANQUE	-	183	0	183	34.97	S/. 6,399
7	LINEA DE TANQUE	ROLADO	TANQUE ROLADO	225	45	180	34.97	S/. 6,294
8	HABILITADO	HABILITADO	TANQUE HABILITADO	37	43	-6	44.14	S/. -265
9	SOLDADO 2	SOLDADO	TANQUE SOLDADO	358	43	315	44.14	S/. 13,903
10	PROBADO 2	PROBADO	TANQUE PROBADO	215	43	172	44.14	S/. 7,592
TOTAL								S/. 50,457

Elaboración Propia

Por tanto, de acuerdo a la tabla 26, se estaría ahorrando S/. 50 457 por 2.5 meses, entonces al mes la empresa se estaría ahorrando S/. 20 183.

Por último, se procederá a realizar el análisis financiero de la implementación del sistema *Kanban* para un periodo de 12 meses, para lo cual se utilizarán el VAN y el TIR como herramientas financieras para avalar la implementación de lo propuesto en el capítulo 3. En la tabla 27 se muestra el flujo de caja.

De acuerdo al flujo de caja mostrado en la tabla 27 se procedió a calcular el VAN y la TIR.

TASA: 20%
VAN: S/. 88,863.61
TIR: 65%

Tabla 27 - Flujo de caja implementación Sistema Kanban

MES	0	1	2	3	4	5	6
INGRESOS	-	20,182.67	20,182.67	20,182.67	20,182.67	20,182.67	20,182.67
SALIDA	-	-	-	-	-	-	-
FLUJO DE CAJA	-28 505.05	20,182.67	20,182.67	20,182.67	20,182.67	20,182.67	20,182.67

MES	7	8	9	10	11	12
INGRESOS	20,182.67	20,182.67	20,182.67	20,182.67	20,182.67	20,182.67
SALIDA	-	-	-	-	-	-
FLUJO DE CAJA	20,182.67	20,182.67	20,182.67	20,182.67	20,182.67	20,182.67

Elaboración Propia

Luego de realizar el cálculo de las herramientas financieras se puede afirmar lo siguiente:

- Como el VAN es positivo se puede afirmar que el proyecto de implementación del sistema *Kanban* es rentable.
- Como la TIR (65%) es mayor que la tasa (20 %) se puede afirmar que el proyecto de implementación del sistema *Kanban* es rentable.

4.3 Implementación del sistema *SMED* – impacto económico

Para la evaluación económica de la implementación del sistema *SMED* se realizará el análisis de los costos de capacitación y materiales necesarios para la implementación como se detalló en el capítulo 3. Posteriormente, se analizará el ahorro para la empresa en estudio.

- **Costo de implementación:**

Los costos de implementación corresponden a los mostrados en la tabla 28. Entre estos tenemos a los siguientes recursos: 01 consultor para realizar la implementación del *SMED*, para lo cual se considera un costo de S/. 6000; los guantes de vaqueta elastizados, como el proyecto de inversión se ha considerado para un periodo de 12 meses y un costo de S/. 30 el par de guantes de vaqueta con uso promedio de 02 pares de guantes por 01 mes se tiene un costo ascendente igual S/. 720. De acuerdo a lo explicado en el capítulo 3, se consideró el uso de un atril el cual se ha considerado un costo igual a S/. 400.

Así mismo, el monitoreo diario del *SMED*, con un costo estimado de S/. 100 mensuales en para los 12 meses nos daría S/. 1200. Finalmente, se consideró la creación de un procedimiento de actividades para lo cual se ha estimado un costo de S/. 80.

La inversión total de la implementación del sistema *SMED* S/. 9 050.

Siguiendo con la metodología de la figura 37, se procederá a calcular el ahorro de la implementación del sistema *SMED*. En el capítulo 3 se planteó el objetivo de la implementación del sistema *SMED* de reducir el tiempo de set up de la prensa eléctrica de 33 min a 20 min, por tanto, se estaría ganando 13 min.

Así mismo, si se considera el uso de 2 matrices para el proceso de embutido o bombeado de tapas (actualmente existen 02 tipos de bombeados para las tapas de los tanques de acuerdo al modelo y la capacidad del tanque), lo que correspondería a realizar el cambio de matriz 2 veces al día, por tanto se estaría aumentando la disponibilidad de tiempo en 26 minutos diarios (1,560 s), comparando esto con el tiempo de ciclo necesario para producir un tanque de terma eléctrica (12.7 min) da como resultado una posibilidad de producir 02 tanques de termas eléctricas diarios y si lo convertimos al mes, considerando un mes de 22 días, se obtendrá un ingreso económico por 44 termas eléctricas adicionales al mes, equivalente a 528 termas eléctricas al año. Para realizar la evaluación económica se considerará que por cada terma eléctrica vendida se gana el 25% del precio de lista. Entonces, sabiendo que el precio de venta promedio es de S/. 433 por una terma eléctrica. La empresa estaría recibiendo S/. 58,429.46 anuales.

Tabla 28 – Recursos a utilizar para la implementación del SMED

IT	RECURSO	COSTO
1	Consultor para implementación SMED	S/. 6,000.00
2	Guantes de vaqueta elastizados	S/. 720.00
3	Atril	S/. 400.00
4	Caja de herramientas	S/. 650.00
5	Monitoreo diario del SMED (x 12 meses)	S/. 1,200.00
6	Crear procedimiento de actividades	S/. 80.00
Total		S/. 9,050.00

Elaboración propia

Por último, se procederá a realizar el análisis financiero de la implementación del sistema *SMED* para lo cual se utilizarán el VAN y el TIR como herramientas financieras para evaluar la implementación de lo propuesto en el capítulo 3. En la tabla 29 se muestra el flujo de caja para el periodo de 12 meses.

Tabla 29 - Flujo de caja implementación Sistema SMED

MES	0	1	2	3	4	5	6
INGRESOS	-	4,869.12	4,869.12	4,869.12	4,869.12	4,869.12	4,869.12
SALIDA	-9,050.00	-	-	-	-	-	-
FLUJO DE CAJA	-9,050.00	4,869.12	4,869.12	4,869.12	4,869.12	4,869.12	4,869.12

MES	7	8	9	10	11	12
INGRESOS	4,869.12	4,869.12	4,869.12	4,869.12	4,869.12	4,869.12
SALIDA	-	-	-	-	-	-
FLUJO DE CAJA	4,869.12	4,869.12	4,869.12	4,869.12	4,869.12	4,869.12

Elaboración Propia

De acuerdo al flujo de caja mostrado en la tabla 25 se procedió a calcular el VAN y la TIR.

TASA: 20%
 VAN: S/. 30,665.09
 TIR: 53.5%

Luego de realizar el cálculo de las herramientas financieras se puede afirmar lo siguiente:

- Como el VAN es positivo se puede afirmar que el proyecto de implementación del sistema *SMED* es rentable.
- Como la TIR (53.5%) es mayor que la tasa (20%) se puede afirmar que el proyecto de implementación del sistema *SMED* es rentable.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Del presente caso de estudio se desprende conclusiones relevantes como la importancia de la filosofía *Lean*, su aplicabilidad y el grado de impacto que puede tener en el desarrollo de una empresa con la visión a seguir creciendo y ser cada vez más competitiva.
- Luego de realizar la evaluación económica en el capítulo 4, se concluye que la inversión necesaria para la implementación de las propuestas de mejora son justificables, ya que presentan un VAN positivo y una TIR por encima del 20% (rentabilidad mínima esperada por la empresa).
- Es muy importante la recolección de datos los cuales fueron representados en el VSM actual, ya que es a partir de estos datos con los que se realizaron el diagnóstico de la empresa y las propuestas de mejora.
- Los principales desperdicios detectados en la etapa del diagnóstico serán reducidos luego de la implementación del balance de línea, el sistema *Kanban* y el sistema *SMED* propuesto. Así mismo, es necesario la culminación de las 5 S's para la implementación de estas propuestas de mejora.
- Para la implementación de las propuestas de mejora planteadas en el capítulo 3, es necesario la participación de toda la organización desde la gerencia hasta los operarios. Cabe resaltar, que es importante la cooperación de los operarios, ya que gracias a la experiencia que ellos transmiten se pudo realizar el levantamiento de información acompañado de entrevistas cortas, entre otras. De esta manera, su aporte ayuda a reconocer en vista preliminar los principales problemas a atacar y las posibles soluciones a proponer.

5.2 Recomendaciones

- Es importante que para implementación de las herramientas propuestas toda la organización se sienta comprometida con el cambio, así mismo, tener presente que el objetivo será ser cada vez más competitivos, por tanto la implementación de estas mejoras solo será el inicio de la mejora continua en la empresa
- Se recomienda a la empresa hacer seguimiento al desarrollo de las herramientas *lean* propuestas. Así mismo, se recomienda la capacitación constante concerniente a la filosofía *lean* para con el personal, de esta manera ayudará a que cuando se presente algunos problemas estos puedan ser detectados a tiempo y así poder aplicar los correctivos respectivos.
- Se recomienda hacer modificaciones a los procedimientos de trabajo cuando las propuestas de mejora se encuentren en el proceso de desarrollo, por ejemplo en el caso de la implementación del *Kanban*, se consideró 1.5 días de inventario en fábrica, a partir de esto se halló el nivel de inventario, esto podría ajustarse según la demanda.
- Las propuestas de mejora fueron aplicados aquel proceso más importante de una terma eléctrica: proceso de fabricación de tanques termas eléctricas. Se recomienda que con la misma metodología de trabajo es factible realizar mejoras en las otras líneas como fabricación de fundas, ensamblado o armado y embalado.

6. BIBLIOGRAFIA

- FERRARI, Fernando
2010 Mapeo de la cadena de valor (VSM Mapeo de flujo valor). Consultada: 16 de Octubre de 2013.
<http://calidadeprodutividade-fernando.blogspot.com/2010/12/lean-manufacturing-005-o-mapeamento-da.html>
- GRAPHIC PRODUCTS, INC.
s.f. Kanban: Demand scheduling for Lean Manufacturing.
s.l.
- HIRANO, Hiroyuki
1989 Manual para la implementacion del JIT: una guía completa para la fabricación "Just in Time"
V1 y V3. JIT Managment Laboratory Company, LTD. Madrid: Tecnologías de Gerencia y Producción
- JUANES, Bruno
2005 Lean Sigma. Consultada: 23 de Junio de 2012.
<http://www.cel-logistica.org/subidasArticulos/39.pdf>
- KOGYO, Nikkan
1987 Poka - Yoke. Mejorando la calidad de los productos evitando los defectos.
Madrid: Tecnología de Gerencia y Producción
- LEAN SOLUTIONS
s.f. Pizarra semáforo Kanban. Consultada: 16 de Octubre de 2013.
<http://www.leansolutions.es/productos/1/9/gestion-visual/sistema-kanban/>
- MARIN, Juan
2011 Mapa de la cadena de valor Value Stream Map (VSM). Definición y plantillas.
Consulada: 23 de Junio de 2012.
<http://riunet.upv.es/handle/10251/13427>
- Mayta Pérez, Xiomara & Estrada Ramirez Maritza Pamela
2012 Análisis y mejora de una línea de producción de cocinas usando la filosofía lean manufacturing (manufactura esbelta). Tesis para optar por el título de Ingeniero Industrial
Lima: PUCP
- NAKAJIMA, Seiichi
1991 Introducción al TPM: Mantenimiento Productivo Total
Madrid: Tecnología de gerencias y Producción
- NUÑEZ, Rodríguez
2011 Herramientas lean manufacturing aplicadas en una empresa dedicada a la fabricación de envases de plástico
Lima: PUCP
- PALOMINO ESPINOZA, MIGUEL ALEXIS
2012 Aplicación de herramientas de lean manufacturing en las líneas de envasado de una planta envasadora de lubricantes
Lima: PUCP

- PAREDES, Francis
2009 Introducción al Lean Manufacturing: Iniciando la Gestión del Flujo Valor. Consultada: 16 de Octubre de 2013.
<http://www.idia.org.pe/web/articulos/IntroduccionLeanManufacturing.pdf>
- SHINGO, Shingeo
1990 Una revolución en la producción: el sistema SMED.
Madrid: Tecnología de gerencias y Producción
- SHINGO, Shingeo
1990 Sistema de Producción Toyota desde el punto de vista de la ingeniería.
Madrid: Tecnología de gerencias y Producción
- SUSUKI, Tokutaru
1995 TPM en industrias en proceso
Madrid: TGP Hoshin
- VENEGAS, Rolando
2005 Manual de las 5 S's. Consultada: 15 de Junio de 2013.
<http://www.gestiopolis.com/recursos5/docs/ger/cincos.htm>
- VILLASEÑOR, Alberto
2007 Manual de Lean Manufacturing. Guía Básica.
México: Editorial Limusa.
- WOMACK, James y JONES, Daniel
2005 Lean Thinking - Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa. España: Ediciones Gestión 2000
- WOMACK, James y otros
1992 La máquina que cambio el mundo.
Madrid: McGraw -Hill