

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DE PROCESOS EN UNA ORFEBRERÍA (PLATERÍA), MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA.

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

Ana Isabel Macedo Sipan

ASESOR: Dr. Jorge Vargas Florez

Lima, octubre 2016

RESUMEN

El presente trabajo surge ante la necesidad de mejorar el proceso productivo de la fabricación de productos artesanales en una empresa dedicada a la orfebrería. El objetivo principal se encuentra en establecer las bases de su mejora continua y así garantizar su sostenibilidad en el mercado actual.

Para lograrlo, se analizará la situación actual de la empresa de estudio y se propondrá la implementación de las herramientas de manufactura esbelta que permitan eliminar los desperdicios y construir una cultura de aprendizaje al mejorar sus procesos, de tal manera que se logre responder de manera eficaz a las necesidades del cliente y se alcance su satisfacción.

Por ende, se presentará el trabajo con una breve descripción de la empresa en estudio, los productos que ofrecen, los procesos necesarios para la elaboración de los productos representativos por cada familia y los principales indicadores del área de producción.

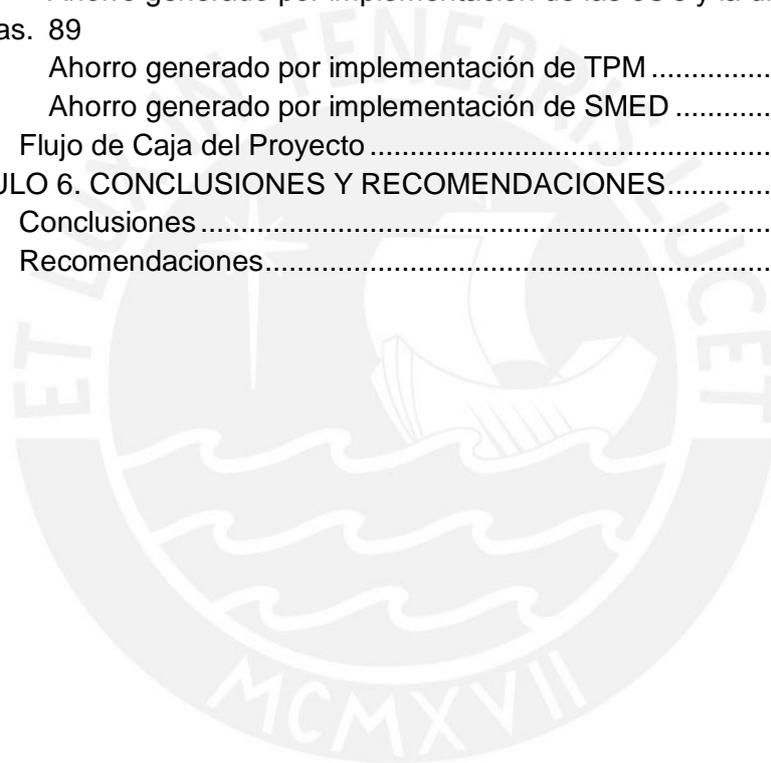
Posteriormente, para el diagnóstico se seleccionará una familia de productos, se procederá a diagnosticar sus principales desperdicios mediante un mapa de flujo de valor, los cuales se priorizarán según un Análisis Modal de Fallos y Efectos y serán resueltos según las herramientas de manufactura esbelta como las 5S's, uno de los pilares más relevantes del TPM, el Mantenimiento Autónomo, SMED y una Redistribución de Plantas mediante los cuales se podrá disminuir los principales desperdicios de manera sistemática.

Después de desarrollar la propuesta de implementación de las herramientas mencionadas, se evaluará el impacto económico de los costos y beneficios que se brindará a la empresa en estudio. Finalmente, se presentará las conclusiones y recomendaciones de la propuesta para su sostenimiento y control.

Índice

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO	1
1.1 Orfebrería en el Perú.....	1
1.2 Historia de la manufactura esbelta	2
1.3 Sistema de Producción Toyota	3
1.4 Definición de Muda.....	4
1.4.1 Muda de sobreproducción	5
1.4.2 Muda de espera	5
1.4.3 Muda de transporte.....	5
1.4.4 Muda de producción innecesaria	5
1.4.5 Muda de inventarios	5
1.4.6 Muda de movimientos.....	6
1.4.7 Muda de productos defectuosos	6
1.4.8 Muda de RR.HH mal utilizados	6
1.5 Principios de la manufactura esbelta	6
1.5.1 Filosofía a largo plazo.....	7
1.5.2 Crear procesos en flujo continuo.....	7
1.5.3 Utilizar sistemas pull para evitar producir en exceso.....	7
1.5.4 Nivelar la carga de trabajo (Heijunka).....	7
1.5.5 Crear una cultura de parar para lograr calidad desde la primera vez. ...	7
1.6 Herramientas de manufactura esbelta.....	8
1.6.1 Mapa de Flujo de Valor	8
1.6.2 5S's	9
1.6.3 Cambio de herramienta en un solo dígito de minuto: SMED.	10
1.6.4 Mantenimiento productivo total (TPM)	12
1.6.5 Poka Yoke.....	12
1.6.6 Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE)	13
1.6.7 Kanban.....	14
CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN Y DEFINICIÓN DE LA EMPRESA.....	15
2.1 Antecedentes y condiciones actuales.....	15
2.2 Visión y misión.....	17
2.3 Organización de la empresa	17
2.4 Familias de productos	18
2.5 Procesos productivos	19
2.6 Insumos y materia prima	29
2.7 Máquinas, equipos y herramientas	30
2.8 Indicadores de control de la manufactura.....	36
CAPÍTULO 3. DIAGNÓSTICO DEL PROCESO PRODUCTIVO ACTUAL	37
3.1 Pasos para la metodología de análisis.	37
3.1.1 Selección de la familia de productos a estudiar.....	38
3.1.2 Desarrollo de mapa de flujo de valor actual.....	41
3.1.3 Identificación de desperdicios	43
3.1.4 Identificación de métricas lean	45
3.1.5 Priorización de mudas	49
CAPÍTULO 4. PROPUESTA DE MEJORA	56
4.1 Planteamiento de objetivos.	56
4.2 Propuesta de implementación de las mejoras.....	56

4.2.1	Implementación de 5S's	57
4.2.2	Redistribución de planta	62
4.2.3	Implementación de Mantenimiento Productivo Total.....	69
4.2.4	Implementación de SMED.....	79
4.2.5	Cronograma de Implementación de herramientas	81
4.2.6	Control y seguimiento de las mejoras realizadas	83
4.2.7	Identificación y control de dificultades en la implementación.....	85
CAPÍTULO 5. EVALUACIÓN DE IMPACTO ECONÓMICO.....		87
5.1	Costo de implementación de mejoras.....	87
5.1.1	Costo de implementación de las 5S's y redistribución	87
5.1.2	Costo de implementación del TPM	87
5.1.3	Costo de implementación de SMED	88
5.2	Ahorro generado por la implementación de mejoras.....	88
5.2.1	Ahorro generado por implementación de las 5S's y la distribución de plantas. 89	
5.2.2	Ahorro generado por implementación de TPM	90
5.2.3	Ahorro generado por implementación de SMED	91
5.3	Flujo de Caja del Proyecto	91
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		93
6.1	Conclusiones	93
6.2	Recomendaciones.....	94



Índice de Figuras

Figura 1. Sistema de Producción Toyota	3
Figura 2. Simbología del VSM	9
Figura 3. Reducción de tiempos de preparación	11
Figura 4. Organigrama de la empresa.....	17
Figura 5. Flujograma del plato recordatorio.	21
Figura 6. Flujograma del centro de mesa.....	23
Figura 7. Flujograma del jarrón Classic.....	25
Figura 8. Flujograma de la hielera.....	27
Figura 9. Flujo de pasos del diagnóstico.....	37
Figura 10. Matriz de proceso y producto	39
Figura 11. Macro familias agrupadas en la Matriz de Proceso y Producto.....	40
Figura 12. Mapa de flujo de valor actual.	42
Figura 13. Diagrama de Recorrido	44
Figura 14. Cálculo del OEE.	48
Figura 15. Diagrama de Pareto de la Priorización de Mudas.....	55
Figura 16. Plan de implementación de Herramientas.....	57
Figura 17. Flujo de Proceso de Clasificación	59
Figura 18. Tarjeta Roja	60
Figura 19. Proceso de implementación de la 2da S.	61
Figura 20. DOPm de la empresa.....	62
Figura 21. Gráfico de Trayectoria de la empresa.....	63
Figura 22. TRA de números.	64
Figura 23. TRA de letras.....	66
Figura 24. Diagrama Relacional de Actividades	67
Figura 25. Layout final	68
Figura 26. Proceso de implementación de la 2da S.	69
Figura 27. Clasificación de anomalías.....	70
Figura 28. Proceso de implementación del Paso 1.....	71
Figura 29. Proceso de implementación del Paso 2.....	73
Figura 30. Principio de trabajo.....	74
Figura 31. Análisis Causa Raíz.	75
Figura 32. Proceso de implementación del Paso 3.....	77
Figura 33. Estándar CIL.....	78
Figura 34. Checklist actual de Cambio de Producto	80
Figura 35. Checklist de Cambio de Producto.....	81
Figura 36. Cronograma de implementación de herramientas.	82
Figura 37. Cronograma de implementación de herramientas.	84
Figura 38. Diagrama de Causa Efecto de las dificultades en la Implementación de Herramientas.....	85

Índice de Tablas

Tabla 1. Participantes internos y externos de la empresa.....	16
Tabla 2. Cantidad de trabajadores en Producción.....	18

Tabla 3. Líneas de producción.	19
Tabla 4. DAP de la hielera.	28
Tabla 5. Descripciones y dimensiones de las máquinas parte 1.	31
Tabla 6. Descripciones y dimensiones de las máquinas parte 2.	32
Tabla 7. Descripciones y dimensiones de las máquinas parte 3.	33
Tabla 8. Descripciones y dimensiones de las máquinas parte 4.	34
Tabla 9. Inventario de Herramientas.	35
Tabla 10. Volumen de Producción.	40
Tabla 11. Calificación del volumen de producción.	41
Tabla 12. Calificación de la facilidad del flujo.	41
Tabla 13. Ponderación de factores.	41
Tabla 14. Inventario en cada estación.	43
Tabla 15. Espera en cada estación.	44
Tabla 16. Cálculo del <i>Yield</i>	46
Tabla 17. Cálculo del MTBF del torno.	47
Tabla 18. Cálculo del MTBF de la pulidora.	47
Tabla 19. Resumen de indicadores.	49
Tabla 20. Ejemplo AMFE.	50
Tabla 21. Matriz de AMFE parte 1.	51
Tabla 22. Matriz de AMFE parte 2.	52
Tabla 23. Matriz de AMFE parte 3.	53
Tabla 24. Matriz de AMFE parte 4.	54
Tabla 25. Resumen de Mudanças.	55
Tabla 26. Resumen de indicadores.	56
Tabla 27. Meta de indicadores propuestos.	56
Tabla 28. Clasificación de Items.	58
Tabla 29. Tabla de Relaciones.	65
Tabla 30. Leyenda.	67
Tabla 31. Planes de Acción.	86
Tabla 32. Costos 5S's.	87
Tabla 33. Costos TPM.	87
Tabla 34. Costos SMED.	88
Tabla 35. Porcentaje de reducción de indicadores.	88
Tabla 36. Ahorro por reducción de tiempos de limpieza (Paso 1).	89
Tabla 37. Ahorro por reducción de traslados.	90
Tabla 38. Ahorro por reducción de paros menores.	90
Tabla 39. Ahorro por reducción de breakdowns.	90
Tabla 40. Ahorro por reducción de tiempos de limpieza (Paso 2).	90
Tabla 41. Ahorro por reducción de tiempos de limpieza (Paso 3).	90
Tabla 42. Ahorro generado por reducción de tiempos de cambio.	91
Tabla 43. Flujo de Caja del proyecto optimista.	91
Tabla 44. Flujo de Caja del proyecto normal.	91
Tabla 45. Flujo de Caja del proyecto pesimista.	91
Tabla 46. VAN del proyecto.	92
Tabla 47. TIR del proyecto.	92

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

1.1 Orfebrería en el Perú

La orfebrería es el arte de labrar metales preciosos, aplicando técnicas de manufactura y teniendo en consideración conocimientos sobre las características físicas y químicas del metal (Mencos 2015). Este arte, en el Perú, se manifiesta en la tradición milenaria de joyeros y artesanos peruanos quienes diseñan objetos de tipo decorativo y utilitario, inspirados, fundamentalmente, en representaciones preincaicas. El desarrollo de esta labor conforma el sector manufacturero de Joyería y Orfebrería en el país (ADEX 2015).

Hasta finales del 2003, la producción de orfebrería procedía de 1320 talleres artesanales y representaba el 0,37 % del total de la producción manufacturera no tradicional. El magro desempeño del sector se debía a la habitual oferta exportable con el uso de diseños incaicos o coloniales en lugar de diseños modernos y lisos que es lo que ya demandaba el mercado internacional. Esas exportaciones se dirigían principalmente a E.E.U.U (55,0 %), Venezuela (11,7 %) y Alemania (7,0 %). Cabe resaltar, que la demanda estadounidense se concentraba en los productos de plata de ley como los artículos para oficina, el servicio de mesa y fines religiosos. Por otro lado, durante el 2003, Camusso se situó como la principal exportadora del segmento con el 49,7 % de las ventas y los principales productos que se exportaban eran floreros, bandejas, ceniceros, cubiertos, platos entre otros adornos de decoración del hogar (PENX 2004).

En mayo del 2004, el gobierno llevó a cabo el Plan Operativo Exportador del Sector Joyería y Orfebrería, definido como una herramienta que, permita promover y mejorar la generación de valor agregado a la riqueza mineral del Perú (CNC 2004). Este plan se basaba en tres objetivos. En primer lugar, en desarrollar la productividad de las empresas y la capacidad de gestión empresarial. En segundo lugar, en facilitar la articulación con los mercados de exportación y recolectar información sobre el producto como su precio, sus formas de comercializar, entre otras especificaciones. En tercer lugar, con el fin de fomentar la adopción de modelos asociativos entre los productores y facilitar su acceso al mercado de proveedores y de consumidores, de tal manera que se alcance los volúmenes de venta que requieren ciertos mercados (PROMPEX 2004).

Los resultados del plan operativo se reflejaron en el diseño creativo e innovador de nuevos productos en relación a las exigencias internacionales, en la formalización y certificación de las actividades productivas, así como, en el desarrollo y proyección hacia los mercados internacionales. Como resultado, el sector de Orfebrería y Joyería creció 6,0 % en el valor de sus exportaciones en el periodo del 2004 al 2013 (PENX 2015). Sin embargo, se requiere mayor inversión en tecnología, desarrollo de nuevos productos y capacitación constante para lograr ser un competidor de éxito en el mundo (Rommel 1995).

Hoy, existen 3,000 talleres artesanales de joyería inscritos en el Registro Nacional de Artesanos del Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (Mincetur) a los que suman las empresas manufactureras, grandes y medianas, según la inauguración del II Congreso Internacional de Joyería y Orfebrería, organizado por Adex, Mincetur y Promper (ADEX 2015).

Es importante resaltar que, en la actualidad, la plata es el metal de mayor demanda en el sector de Joyería y Orfebrería, debido a que resulta menos costoso que el oro y otorga el mismo nivel de lujo y elegancia. Sin embargo, tras el alza de precios del kilo de plata, de US\$150 en el 2002 al precio actual de US\$1,400 aproximadamente, las compañías empezaron a ofrecer productos en plaqué, es decir, artículos elaborados en base al bronce y bañados con cobre y plata. Cabe resaltar que la calidad del plaqué es similar y entre los principales productos que se exportan se encuentra la vajilla utilitaria como platos, cubiertos, fuentes y otros artículos decorativos como los floreros y candelabros (Mantilla 2012). A partir de ello, se comprende que la actual exportación se concentre en los mercados de mayor poder adquisitivo, como es el caso de los países del Asia y de Medio Oriente (Mantilla 2015).

Hoy, el diseño, la producción y comercialización de orfebrería y joyería en el Perú generan aproximadamente 25 000 puestos de trabajo directos e indirectos, según el presidente del Comité de Joyería ADEX (Perez 2015). Por lo cual, es importante y necesario contribuir a mejorar las Pymes que desarrollan esta labor, ya que no solo son las responsables de la creación de empleo, sino de innovación y crecimiento económico de nuestra región (Da Costa 2003).

1.2 Historia de la manufactura esbelta

Después de la segunda guerra mundial, en 1950, Toyota mantenía un incipiente negocio automovilístico, el aprovisionamiento de su materia prima era prácticamente nulo y sus consumidores tenían poco dinero para invertir. Dada esta situación, Toyota requería flexibilidad al producir pequeñas cantidades de diferentes modelos, así como, necesitaba competir brindando a sus consumidores alta calidad y bajo costo, utilizando una sola línea de montaje. Por lo cual, el presidente de Toyota Motor Manufacturing Eiji Toyoda, junto a sus directivos realizaron doce semanas de viajes por plantas de Estados Unidos, con el fin de estudiar el desarrollo de las técnicas de producción basadas en el modelo Ford; sin embargo, se sorprendieron al ver grandes equipos produciendo grandes cantidades de productos que eran guardados en almacenes, solo para ser movidos más tarde al siguiente proceso, en un flujo poco consistente con interrupciones entre procesos. En suma, este sistema era poco eficiente. A partir de ello, Toyota decidió competir pero no bajo las mismas condiciones que Ford, de tal manera que aplicó los principios de jidoka y el flujo pieza a pieza durante décadas de práctica y así logró construir el nuevo Sistema de Producción Toyota (TPS) o Lean Manufacturing (Liker 2011).

Según Pascal (2002), esta filosofía se aplica a través de “The House of Lean Production”, cuyo enfoque se construye sobre las bases de estandarización y

estabilidad, y se sostiene sobre los pilares de Just in Time y Jidoka, los cuales permiten alcanzar la satisfacción del cliente, al cual se le brinda productos de calidad, con menor costo y tiempo de entrega.

A continuación se explicará el Sistema de Producción Toyota, mediante el diagrama de la casa del TPS.

1.3 Sistema de Producción Toyota

El diagrama de la “Casa del TPS” es un sistema que se encuentra basado en una estructura, cuyos objetivos primordiales son lograr la mejor calidad, el costo más bajo y el lead time más esencial, lo cual significa no dejar pasar nunca un defecto a la siguiente operación, sin perder estabilidad en el proceso a un costo mínimo. Asimismo, los objetivos de la mejor seguridad y plena moral de la gente señalan que Toyota no sacrifica la seguridad de sus trabajadores por la producción, ya que para este sistema eliminar los desperdicios no implica crear ambientes de trabajo estresantes o inseguros (Villaorduña 2013).

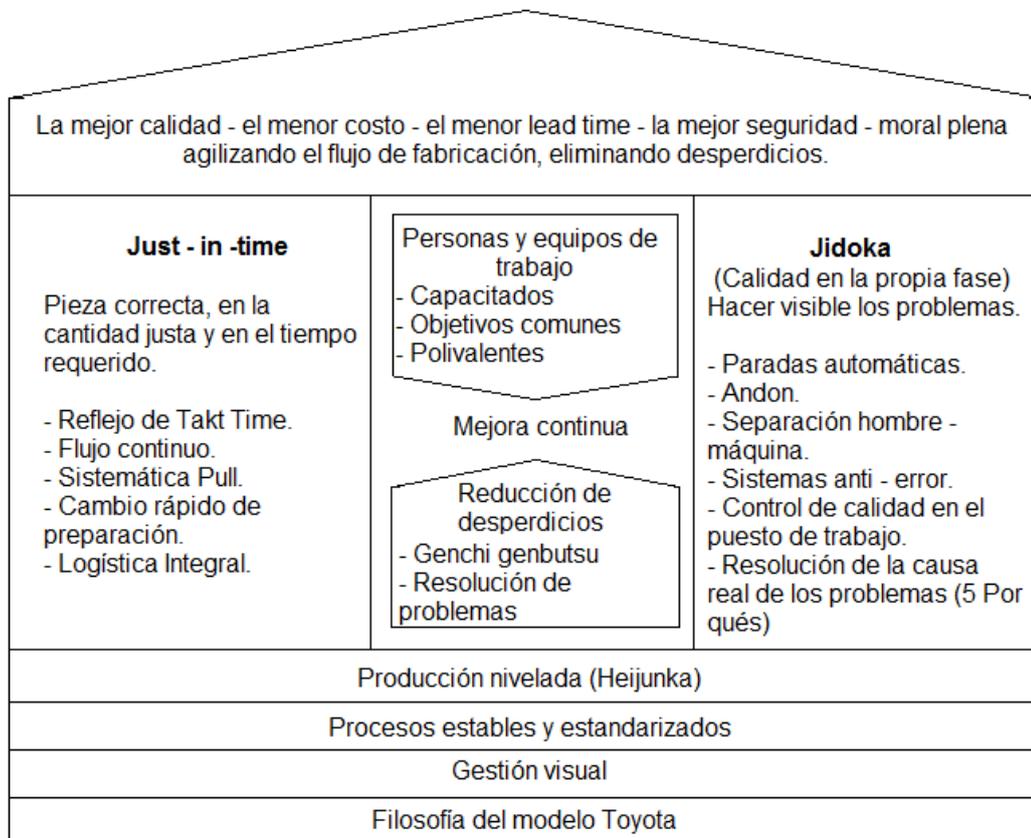


Figura 1. Sistema de Producción Toyota
Fuente: Liker (2011)

Para el Sistema Toyota la mejora continua solo se logra a través de la gente, razón por la cual, son las personas las que se encuentran en el centro del sistema, quienes son formadas para ver el desperdicio y resolver los problemas hasta su causa raíz,

preguntándose repetidamente por qué ocurre realmente cada problema. La resolución de estos conflictos debe llevarse a cabo en el lugar exacto donde se originó el problema para ver lo que ocurre realmente, lo que es denominado por el sistema Toyota como *Genchi genbutsu* (Liker 2011).

Por otra parte, en los cimientos se incluyen elementos como la necesidad de crear procesos estandarizados y estables, así como, originar el *Heijunka* que significa nivelar la programación de la producción tanto en volumen como en variedad. Este último es necesario para mantener el sistema estable y permitir trabajar con inventario mínimo (Liker 2011).

Para concluir, el sistema Toyota se apoya en dos grandes pilares: los procesos orientados al valor añadido para el consumidor, sin el uso innecesario de recursos denominado JIT y el desarrollo correcto de las actividades generando calidad sin incurrir en actividades innecesarias llamado *Jidoka* o automatización con “un toque humano”(Cautrecasas 2010).

Con respecto al JIT, este significa eliminar tanto como sea posible el inventario utilizado para proteger las operaciones contra los problemas que aparecen en la producción. Para ello, se busca el ideal de flujo “pieza a pieza”, el cual consiste en fabricar una unidad al “ritmo” de la demanda del cliente o *takt* (palabra de raíz alemana que se refiere al ritmo), usando pequeños almacenes, de tal manera que se pueda visualizar problemas como los defectos de calidad. Por otro lado, al distinguir estos conflictos en el flujo, se refuerza el segundo pilar denominado *Jidoka*, que interrumpe el proceso de producción, lo que significa que los trabajadores deben resolver los problemas urgente e inmediatamente, con el fin de reanudar la producción (Villaorduña 2013).

Cabe resaltar, que los requerimientos de trabajar con poco inventario y el número de paradas en la producción, causan inestabilidad y una sensación de urgencia entre los trabajadores. En cambio, en la producción en masa, cuando la máquina se avería no hay sensación de urgencia que se visible cuando hay algún problema en la línea, ya que el departamento de mantenimiento puede programar la reparación de esta, mientras el inventario mantiene el resto de las operaciones funcionando. En este punto, existe un contraste con la producción *lean* donde un operario detiene a un equipo para arreglar el problema, y provoca que otras operaciones paren de producir, creando una crisis. Por eso, si el mismo problema sucede repetidas veces, los responsables deberán rápidamente poder concluir que es momento de invertir en mantenimiento TPM (Total Productive Maintenance), donde todos aprenden cómo limpiar, inspeccionar y mantener a los equipos (Liker 2011).

En suma, todo elemento de la casa es en sí mismo crítico, pero lo más importante es la manera como estos elementos se refuerzan unos a otros (Villaorduña 2013).

1.4 Definición de Muda

El desperdicio o muda es toda actividad o consumo de recursos que no añade valor para el consumidor, teniendo en cuenta que ambos suponen un costo (Cautrecasas

2010). El corazón del Sistema de Producción Toyota se encuentra en la eliminación del desperdicio (Liker, 2011). A continuación se definirá las 8 mudas definidas por este sistema.

1.4.1 Muda de sobreproducción

Es producir más de la cantidad que realmente se necesita o más pronto de lo que se necesita (Cabrera 2013). Se genera al producir más de lo que el cliente necesita en cualquier operación del proceso de fabricación, por lo cual, necesariamente se genera inventario en algún lugar, el cual esperará estacionado a ser procesado en la siguiente operación (Liker, 2011). En consecuencia, al anticipar un producto no solicitado aún por el mercado, se genera sobreutilización de recursos, tales como personal, energía, stocks y espacios ocupados innecesariamente (Cautrecasas 2010).

1.4.2 Muda de espera

Es el tiempo con inactividad. Se genera cuando se desaprovecha el tiempo; por ejemplo, al esperar el siguiente paso del proceso, la siguiente herramienta, la siguiente pieza, el siguiente proveedor, lo que genera cuellos de botella sin poder trabajar (Liker, 2011). Para eliminarlo es necesaria una sincronización total entre las operaciones, la cual es denominada por Toyota como JIT (Cautrecasas 2010).

1.4.3 Muda de transporte

Son las pérdidas por excesos en el transporte interno. Existe disminución de productividad por exceso de manipulación y una sobreutilización de mano de obra, transportes y energía (Cabrera 2013). Se origina, por lo general, cuando existe una inadecuada organización del sistema productivo y una distribución de planta deficiente (Cautrecasas 2010).

1.4.4 Muda de producción innecesaria

Es el esfuerzo que no agrega nada al criterio del valor del cliente (Cabrera 2013). Ocurre como consecuencia a la realización de pasos innecesarios para procesar las piezas, cuando se procesa ineficientemente debido a herramientas defectuosas o al diseño del producto. Ello causa movimientos innecesarios y produce defectos. Cabe resaltar, que también se generan desperdicios cuando se fabrican productos de una calidad más elevada de la requerida (Liker, 2011).

1.4.5 Muda de inventarios

Es cualquier suministro como insumos, repuestos, productos en proceso e inventario de productos terminados que exceden los requerimientos del proceso

para producir bienes o servicios (Cabrera 2013). El exceso de inventario puede generar obsolescencias y daños en los artículos, así como, el incremento de costos de transporte e inventario. Además, este exceso esconde otros problemas como producciones no equilibradas, retrasos en las entregas de los proveedores, defectos, paros en los equipos y largos tiempos en la preparación de las máquinas (Liker 2011).

1.4.6 Muda de movimientos

Es cualquier movimiento de gente en aspecto ergonómico o de máquinas que no contribuye un valor agregado (Cabrera 2013). Se genera por cualquier movimiento inútil de los operarios mientras trabajan como mirar, alcanzar, apilar piezas o herramientas, etc. (Liker, 2011). También el caminar para ir en busca de materiales, herramientas, útiles o documentos para realizar una tarea se considera desperdicio (Cautrecasas 2010).

1.4.7 Muda de productos defectuosos

Se origina por la necesidad de reacondicionar partes en proceso o productos terminados, así como, reciclar o destruir productos que no reúnen las condiciones óptimas de calidad (Cabrera 2013). Se observa en la producción de piezas defectuosas o por retocar. Son las reparaciones por trabajo, chatarra, sustituciones e inspecciones que signifiquen desperdicio por movimiento, tiempo y esfuerzo (Liker 2011).

1.4.8 Muda de RR.HH mal utilizados

El talento, la capacidad y la productividad humana son los recursos más valiosos de la empresa, por lo cual se debe evitar la subutilización de la creatividad, promover la innovación y el mejoramiento continuo (Cabrera 2013). En consecuencia, se pierde tiempo, aptitudes, desarrollo de mejoras y se desperdician oportunidades de aprendizaje por no motivar o escuchar a los empleados (Liker, 2011).

1.5 Principios de la manufactura esbelta

El primordial objetivo de la Manufactura Esbelta es crear flujo de valor, lo cual supone implantar un sistema que opere bajo los pedidos de clientes y a su nivel de demanda, de forma ágil, flexible y económica, eliminando aquellas operaciones que no generen valor.

Este pensamiento, según los autores Womack y Jones (1996), se sustenta en cinco principios fundamentales, como son el especificar el valor, identificarlo, crear un flujo de valor, producir lo que el cliente realmente necesita y buscar constantemente la perfección, mediante los cuales se logra identificar el funcionamiento del modelo. Sin embargo, según Liker (2011), la filosofía del Sistema de Producción Toyota se

basa en 14 principios, los cuales tienen una mayor relevancia, considerando la experiencia del autor, a lo largo de 20 años de estudio en la aplicación de este modelo. A partir de ello, de acuerdo a un criterio metodológico y la consideración del autor, a continuación, se expondrá los 5 principios más relevantes.

1.5.1 Filosofía a largo plazo

Consiste en basar las decisiones de gestión en una filosofía a largo plazo, a expensa de los que suceda con los objetivos financieros a corto plazo. Los factores de mayor importancia para alcanzar el éxito son la paciencia, un enfoque a largo plazo en lugar de los resultados a corto plazo, reinvertir en las personas, productos y fábrica, sin olvidar en ningún momento el compromiso total con la calidad (Liker, 2011).

1.5.2 Crear procesos en flujo continuo.

Se trata de rediseñar los procesos de trabajo para lograr un flujo continuo de alto valor agregado y hacer que los problemas salgan a la superficie. Al mismo tiempo, esforzarse por reducir a cero el tiempo en que cualquier proyecto de trabajo que se encuentre parado o esperando a que alguien trabaje en este. Además, es importante crear un flujo para mover rápido el material y la información, así como, para unir los procesos y el personal de modo que los problemas salgan a la superficie (Liker, 2011).

1.5.3 Utilizar sistemas pull para evitar producir en exceso.

Consiste en minimizar el almacén de inventarios, almacenando cantidades pequeñas de los productos y reponiéndolos con frecuencia según lo que el cliente necesita realmente. La reposición del material basada en el consumo, es el principio básico del Just in time. Para ello, se debe ser receptivo a los cambios diarios en la demanda del consumidor, en lugar de confiar en programaciones y sistemas informáticos que siguen la evolución de un inventario poco económico (Liker, 2011).

1.5.4 Nivelar la carga de trabajo (Heijunka).

Se considera que eliminar el despilfarro es solo un tercio de la ecuación para lograr el éxito lean. Es tanto o más importante evitar sobrecargar a la gente y a los equipos, y eliminar los desequilibrios en el programa de producción. Por lo general esto no es entendido por las empresas que aplican Lean (Liker, 2011).

1.5.5 Crear una cultura de parar para lograr calidad desde la primera vez.

Empieza desde el conocimiento de que la calidad para el cliente impulsa su proposición de valor. Por lo cual, se debe usar todos los métodos posibles para el aseguramiento de la calidad e incorporar en un equipo la capacidad de detectar problemas y de pararse automáticamente cuando esto suceda. Además, consiste en diseñar un sistema visual para avisar al equipo o a los líderes del proyecto que

una máquina o un proceso necesita su asistencia. El jidoka (máquinas con inteligencia humana) es el fundamento para “incorporar” la calidad (Liker, 2011).

1.6 Herramientas de manufactura esbelta

1.6.1 Mapa de Flujo de Valor

El Mapa de Flujo de Valor (*Value Stream Mapping* o VSM) tiene como objetivo desarrollar una representación visual del flujo de valor de una familia de productos dentro de una empresa, en la que se coloque las actividades necesarias para fabricar un producto, que agregan valor, así como las que no agregan valor, desde la entrega de insumos de los proveedores hasta la entrega del producto al cliente. Con ello, las empresas manufactureras pueden replantear y rediseñar sus sistemas productivos para afrontar los retos de los mercados actuales con competitividad (Marchwinsky 2004). La aplicación de VSM se puede aplicar en las siguientes etapas:

1. Elección de la familia de productos.
2. Mapeo del estado actual referente al flujo de materiales.
3. Mapeo de la situación futura sobre la base de los principios aportados por la manufactura esbelta.
4. Definición e implementación de un plan de trabajo.

Para realizar el VSM es necesario conocer los procesos, procedimientos, normas y políticas de la empresa. El VSM es la herramienta ideal para el análisis de la situación presente con la cual, se tendrá una visión total de la empresa y de sus procesos para desarrollar las acciones de mejora y optimizar el proceso completo y no solo las partes del proceso.

En la figura 2 se puede observar algunos de los principales íconos de la simbología que se utiliza al crear un VSM.

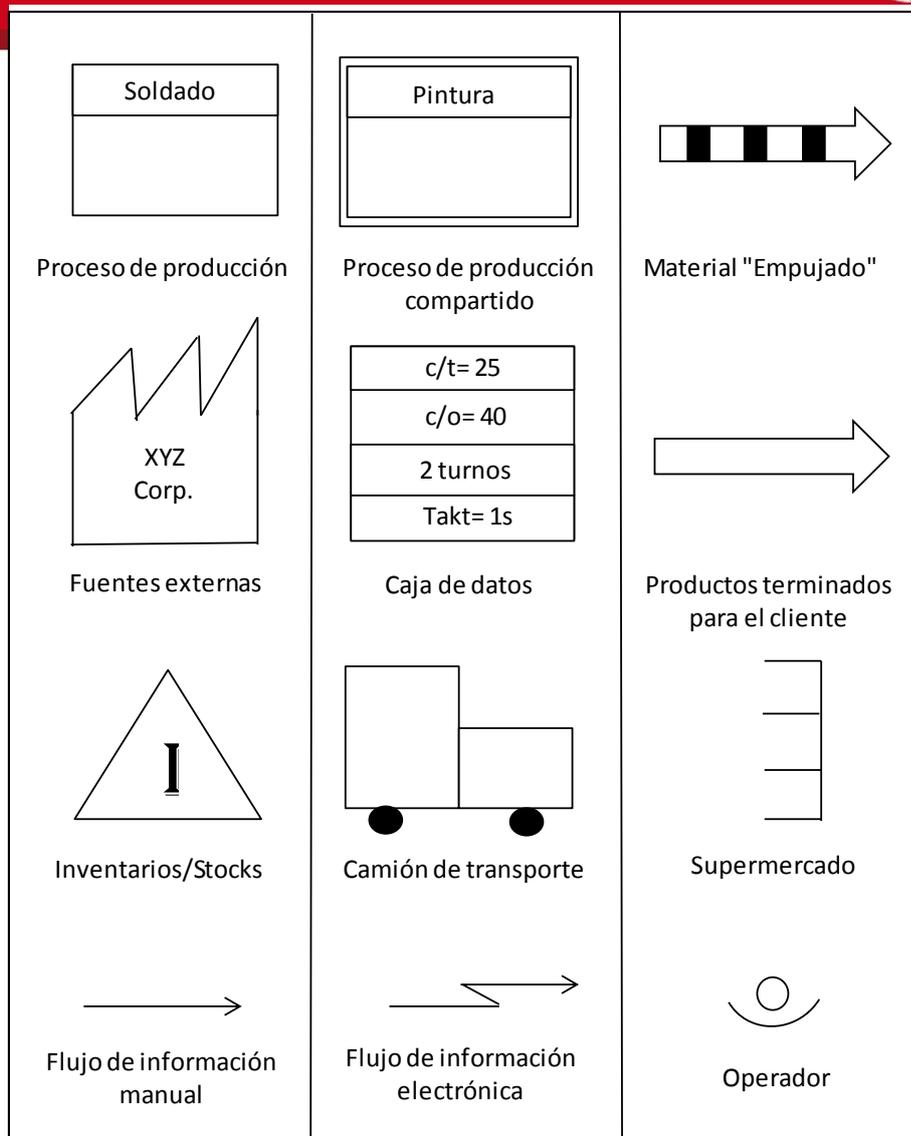


Figura 2. Simbología del VSM
Elaboración propia

1.6.2 5S's

La metodología de las 5'S se desarrolló en Japón con el objetivo de mantener organizadas, limpias, seguras y productivas las áreas de trabajo. En la práctica, la aplicación de este sistema se convirtió en el primer paso hacia la adopción de la filosofía de la calidad total en las empresas japonesas. Por ello, al describir procesos con cero defectos, cero demoras y cero desperdicios, se debe a que las empresas desarrollaron, en primer lugar, el soporte de una operación estructurada bajo el sistema de las 5'S (Sanchez 2007). A continuación se explicará cada uno de los términos de cada S:

1. Clasificar (Seiri): Significa remover de nuestra área de trabajo todo lo que no necesitamos para realizar nuestras operaciones productivas. Contribuye a disminuir inventarios. En suma, se distingue los ítems necesarios de los innecesarios y se eliminan estos últimos (Vargas 2004).

2. Organizar (*Seiton*): Consiste en ordenar los artículos, equipos, herramientas o documentos que necesitamos para facilitar su uso, al localizarlos e identificarlos de manera sencilla, lo que también sirve para regresarlos a su lugar.

Los beneficios que se obtendrían después de aplicar esta etapa son: Uso más eficiente de recursos, al localizar rápidamente lo que se necesita, menos accidentes por contar con ayudas visuales y menos equivocaciones en el uso de partes o componentes, o en la utilización de las últimas versiones de los documentos (Vargas 2004).

3. Limpiar (*Seiso*): Implica mantener en buenas condiciones las herramientas y equipos de trabajo, así como el puesto de trabajo, de tal manera que se puede asegurar que se conservará limpio (Vargas 2004).

4. Estandarizar (*Seiketsu*): Significa crear lineamientos o estándares para mantener el área de trabajo organizada, ordenada y limpia a través de la elaboración de procedimientos y controles visuales con el objetivo de mantener los logros alcanzados con la aplicación de las tres primeras “S” (Vargas 2004).

5. Seguimiento (*Shitsuke*) es crear las condiciones que fomenten el compromiso de los integrantes de la organización para formar un hábito en el empleo y utilización de los métodos establecidos y estandarizados para el orden y la limpieza en el lugar de trabajo para ello en se requiere que todos los integrantes de la organización participen activamente (Vargas 2004).

1.6.3 Cambio de herramienta en un solo dígito de minuto: SMED.

SMED (Single Minute Exchange of die) fue desarrollado por Shigeo Shingo como respuesta a las necesidades emergentes de producción en lotes de tamaños necesarios para cumplir con la demanda de los clientes con la flexibilidad requerida. En general, *SMED* apunta a estandarización y simplificación de las operaciones y es uno de los métodos de *lean manufacturing* para la reducción de los tipos de desperdicios que se generan en un proceso de cambio de molde para la fabricación de otro producto. Por ejemplo, proporciona una manera rápida y eficiente de cambiar el proceso de fabricación del producto actual para realizar el siguiente producto. Este cambio rápido es clave para reducir tamaño de los lotes de producción y mejorar el flujo de producción (Ramos 2012).

A continuación se listan los pasos básicos para el procedimiento de preparación.

1. Identificar el cambio crítico: Se identifica la actividad crítica, es decir el cuello de botella y se realiza estudio del cambio de producto en ese punto.

2. Observar y documentar la situación actual: Se describe la situación actual de la actividad crítica y se procede a desglosarla en actividades más específicas.

3. Separar actividades externas e internas: Se identifica si la actividad es interna o externa. Posteriormente, se mide el tiempo de cada operación.

4. Convertir actividades internas en externas: El siguiente paso es identificar la manera de convertir actividades internas en externas; por ejemplo, cambiar el orden de las actividades para que el operario no tenga tiempos ociosos.

5. Simplificar las actividades externas: Luego de analizar y mejorar el flujo de actividades en el cambio, y convertir actividades internas en externas, se procede a disminuir el tiempo de las actividades externas. Por ejemplo, se puede disminuir los traslados para traer las herramientas.

6. Simplificar las actividades internas: Para disminuir las actividades internas se debe facilitar el ajuste y calibración de las partes o modificar el diseño de la máquina si fuera necesario.

7. Documentar y estandarizar: Se debe garantizar que los documentos se encuentren vigentes con el fin de mantener las mejoras y encontrar nuevas oportunidades.

Según Shingo (1985) las operaciones de preparación de cambio se clasifican en dos partes. Una de estas es la preparación interna, en la cual, la instalación sólo se puede realizar cuando la máquina está parada. La otra, denominada preparación externa es la operación de instalación que se puede realizar cuando la máquina está en ejecución, de tal manera que operaciones necesarias para realizar el cambio pueden realizarse antes o después de que la máquina se encuentra parada. Por ejemplo, conseguir el equipo listo para la operación de instalación se puede hacer 10 minutos antes de que la máquina sea apagada para el cambio de molde del siguiente producto. A continuación, en la figura 3, se presenta de manera gráfica la reducción de tiempos de preparación según a metodología SMED.

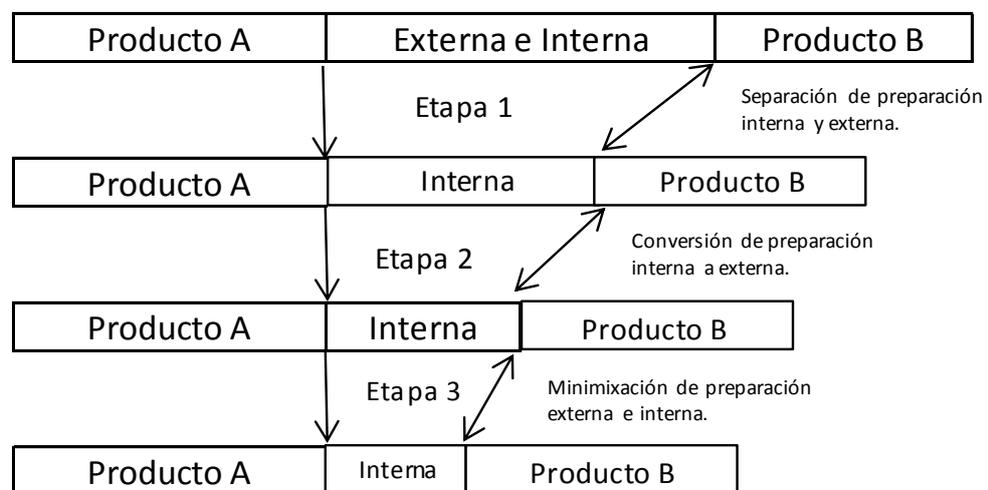


Figura 3. Reducción de tiempos de preparación
Elaboración propia

1.6.4 Mantenimiento productivo total (TPM)

Consiste en determinar un nivel de disponibilidad de producción en condiciones de calidad exigible, al mínimo coste y con el máximo nivel de seguridad para el personal que las utiliza y mantiene. El nivel de disponibilidad, proporción de tiempo en que está dispuesta para la producción respecto al tiempo total, depende de dos factores críticos como la frecuencia de las averías y el tiempo necesario para reparar las mismas. El TPM incorpora conceptos como el Mantenimiento Autónomo, el cual es ejecutado por los propios operarios de producción, la participación activa de todos los empleados, desde los altos cargos hasta los operarios de planta. Este adopta como filosofía el principio de mejora continua desde el punto de vista del mantenimiento y la gestión de equipos en la cual trata de planificar las actividades de mantenimiento del equipo de forma periódica sustituyendo en el momento adecuado las partes que se prevean de dichos equipos, para garantizar su buen funcionamiento, trata de planificar el control a ejercer sobre el equipo y sus partes, a fin de asegurarse de que reúnan las condiciones necesarias para una operativa correcta y puedan prevenirse posibles averías o anomalías de cualquier tipo (Liker 2011).

Entre los objetivos principales y fundamentales del TPM se tienen:

- Reducción de averías en los equipos.
- Reducción del tiempo de espera y de preparación de los equipos.
- Utilización eficaz de los equipos existentes.
- Control de la precisión de las herramientas y equipos.
- Formación y entrenamiento del personal.

Además, el Mantenimiento Autónomo consta de 7 pasos.

- Paso 1: Limpieza con Inspección.
- Paso 2: Eliminación de Fuentes de Contaminación y Áreas de Difícil Acceso.
- Paso 3: Estándares de Limpieza, Inspección y Lubricación.
- Paso 4: Inspección General.
- Paso 5: Inspección Autónoma.
- Paso 6: Organización y Ordenamiento.
- Paso 7: Estandarización.

1.6.5 Poka Yoke

Un *Poka-Yoke* previene errores que pueden suceder, o al menos hacer que sea evidente el error a simple vista. Es un dispositivo que tiene como objetivo a evitar errores para garantizar la seguridad de la maquinaria y los usuarios en un determinado proceso o procedimiento y evitar que alguna pieza mal fabricada siga al siguiente proceso, implicando un costo para la empresa por producir un producto defectuoso. El *Poka-Yoke* ha existido durante mucho tiempo en diversas formas pero no fue hasta la década de 1960 cuando Shigeo Shingo convirtió el concepto en una herramienta sencilla y potente. *Poka-Yoke* ha recibido un amplio uso en la

fabricación, pero poco se sabe acerca su medio de aplicación (Ramos 2012). Las características de los dispositivos *Poka-Yoke* son los siguientes:

- Simple (que no requiere una atención constante a la prevención del error)
- Instalación a bajo costo y baja tecnología.
- Capaz de ser usado todo el tiempo por todos los trabajadores

1.6.6 Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE)

Es una técnica de ingeniería usada para definir, identificar y eliminar fallas conocidas y/o potenciales, así como, problemas, errores de los sistemas, diseños o procesos antes de que estos puedan afectar al cliente. Asimismo, es definido como un método cualitativo que permite relacionar de manera sistemática fallos posibles con sus consiguientes efectos. Por otro lado, este método tiene la característica de ser sencillo de aplicar, con el fin de analizar cambios en el diseño o modificaciones en el proceso y medir la capacidad de fallo de estos. No obstante, existen tres tipos de AMFE (Paredes 2015).

- AMFE de Sistema: Usado para analizar sistemas y subsistemas en la etapa temprana de concepto y diseño. Se enfoca en los modos de fallas potenciales entre la funciones del sistema causados por deficiencias del sistema y elementos del sistema.
- AMFE de Diseño: Es usado para analizar los productos antes de que estos sean enviados a la fabricación. Se relaciona con los modos de falla causados por deficiencias del diseño.
- AMFE de Proceso: Se utiliza para analizar los procesos de manufactura y ensamble. Su análisis se considera para los modos de falla causados por procesos o deficiencias de ensamble.

Además para realizar un AMFE se debe tener en cuenta un formato como modelo, el cual se muestra en el anexo, y considerar los siguientes conceptos:

- Falla: Es la incapacidad o inhabilidad del sistema, diseño, proceso o subsistema para desempeñar lo previsto en el plan. Esta incapacidad puede ser definida como conocida o potencial. Ejemplo: Roto, desgastado.
- Modo de falla: Es la descripción física de la manera en que la falla ocurre. Ejemplo: Fuga de lubricante, circuito abierto.
- Causa de la falla: Son la causa raíz de los modos de fallo listados, de tal manera que permitirá eliminar la falla si es solucionada. Ejemplo: Soltura del elemento, el componente no trabaja.
- Efecto de la falla: Es la consecuencia de la falla y define la severidad de esta. Ejemplo: Operación errática o intermitente.

1.6.7 Kanban

El término Kanban es una herramienta que permite controlar visualmente la demanda y gestionar el suministro de materiales en combinación con el flujo de información entre procesos. Indica si un cliente, ya sea interno o externo, ha agotado un material o un producto. El proveedor (interno o externo) recibirá en dicho caso una orden para reponer o fabricar más unidades de dicho producto. El cliente y el proveedor se comunican y actúan de acuerdo a este procedimiento. No se necesita más la intervención externa ya que se trata de un círculo de control autónomo (Liker 2011).

De acuerdo a Monden (1993) los tipos de kanban pueden ser los siguientes:

- Kanban de producción: Indica y autoriza al proceso a producir artículos (cantidad y tipo).
- Kanban de retiro: Autoriza el movimiento de partes al proceso siguiente.
- Kanban urgente: Emitido en caso de escasez de un componente.
- Kanban de emergencia: Cuando a causa de componentes defectuosos averías en las máquinas, trabajos especiales o trabajos extraordinarios en fin.de semana se producen circunstancias insólitas.
- Kanban de transporte: Utilizado cuando se traslada un producto.

Para determinar la cantidad de tarjetas Kanban, se utiliza la siguiente ecuación planteada por Krajewski (2000).

$$N^{\circ} \text{ de Kanban} = \frac{(DD) \times (TC) \times (FS)}{TL}$$

En donde:

DD: Demanda diaria de unidades.

TC: Tiempo de orden para el ciclo.

FS: Factor de seguridad.

TL: Tamaño de lote.

CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN Y DEFINICIÓN DE LA EMPRESA

2.1 Antecedentes y condiciones actuales

El presente estudio se realizará en una empresa con más de 30 años de experiencia dedicada en forma exclusiva al diseño, producción y comercialización de plata 925/1000 (92,5% de plata pura) y plaqué fino, tanto en el mercado nacional como internacional. Por ende, su actividad se encuentra clasificada como una actividad económica secundaria con el código CIIU 36914 que se refiere a la Fabricación de Joyas y Artículos conexos.

Es importante señalar que esta empresa destaca por su amplia experiencia en la elaboración de productos con diseños personalizados y los clasifica de acuerdo a una variada temática de eventos. Asimismo, la platería ofrece servicios de restauración y mantenimiento, garantizando la recuperación total de la pieza hecha en plata o en plaqué, mediante la restauración de todas sus características como el brillo, estética y funcionalidad, sin alterar su diseño original.

A continuación se clasificará a los participantes internos y externos de la empresa.

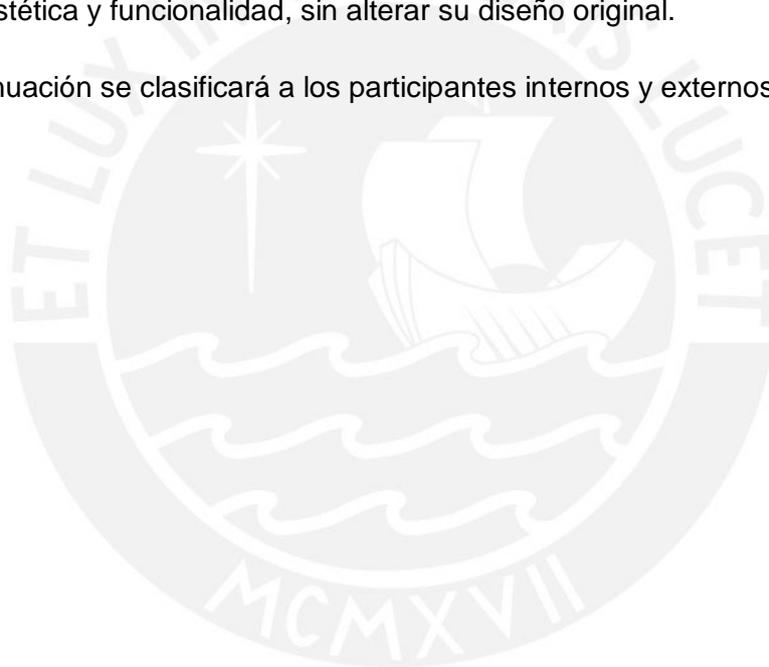


Tabla 1. Participantes internos y externos de la empresa.

	Stakeholders	Interés del Stakeholder	Interés de la empresa
Interno	Propietarios	Rentabilidad suficiente.	Confianza y margen de actuación.
	Gerentes	Remuneración adecuada y reconocimiento por buen desenvolvimiento en su puesto.	Logro de objetivos, metas y aumento de utilidades.
	Artesanos	Empleo seguro, remuneración adecuada, valoración, participación y seguridad en el trabajo.	Buena prestación laboral.
Externo	Proveedores	Relaciones a largo plazo y pago puntual	Buena calidad, precios bajos y abastecimiento seguro
	Sociedad (Departamento de Lima, distrito de San Juan de Lurigancho)	Mínimo ruido, ninguna emisión en el aire, generación de empleo y servicios sociales.	Buenas relaciones de vecindad, y aceptación de la empresa en el entorno social.
	Gobierno de la República del Perú y SUNAT	Generación de empleo, pago de impuestos y mejora del aspecto urbano.	Condiciones ventajosas e impuestos bajos
	Cliente	Alta calidad y precios bajos.	Buena imagen del producto y de la empresa, bienestar económico y social.

Elaboración propia.

Con respecto a la tabla 1, es importante resaltar que entre los principales clientes de la empresa se encuentran los hoteles, restaurantes, canales de televisión, funerarias y empresas de catering. Por otro lado, sus proveedores, son los encargados de brindarle la materia prima necesaria y suficiente como la plata, el bronce y el cobre a la empresa.

2.2 Visión y misión

Esta platería es una empresa que encuentra su inspiración en la satisfacción de sus clientes.

La visión de la empresa es ser reconocida por todos sus clientes como líder en el diseño, producción y comercialización de productos exclusivos de plata, así como, ser preferida local e internacionalmente.

La empresa en estudio tiene como misión operar con responsabilidad, compromiso, tecnología y el apoyo de equipos humanos competentes como lo son sus artesanos.

2.3 Organización de la empresa

La organización de empresa tiene la siguiente estructura general:

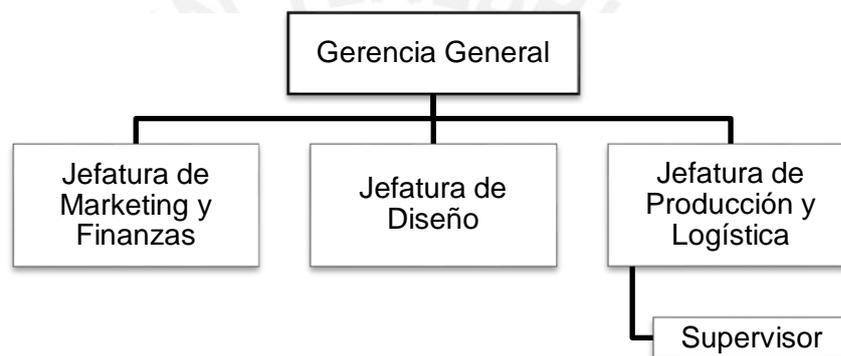


Figura 4. Organigrama de la empresa
Elaboración propia.

- Gerencia General: Tiene como finalidad la ejecución de las políticas y directrices que garanticen el correcto y eficaz funcionamiento de la empresa en estudio, así como coordinar y controlar el uso adecuado de los recursos disponibles de la empresa.
- Jefatura de Marketing y Finanzas: La jefatura de Finanzas tiene como finalidad administrar los procesos contables y presupuestarios, así como sus actividades financieras para una correcta planificación y distribución. Asimismo, el objetivo principal de la la jefatura de Marketing es mantener y aumentar las ventas en el mercado potencial de clientes nacionales e internacionales en un plazo determinado. Así como, crear estrategias y programar actividades para lograr las metas de ventas a través del canal de distribución adecuado con mensajes publicitarios, estimulando la demanda.
- Jefatura de Producción y Logística: Su objetivo prioritario es planificar y garantizar la disponibilidad de recursos para realizar la fabricación de productos de calidad oportunamente al menor costo posible, con una inversión mínima de capital y con la máxima de satisfacción de sus empleados.
- Jefatura de Diseño: Su objetivos son investigar, innovar en el diseño de productos, y presentar nuevos modelos de acuerdo a las tendencias mundiales.

Con respecto a la cantidad de trabajadores en el área de producción en un turno, se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2. Cantidad de trabajadores en Producción.

Área	Cantidad de trabajadores
Área de corte	2
Área de torneado	1
Área de soldado y recocido	2
Área de pulido	2
Área de prensado	1
Área de galvanizado	2
TOTAL	10

Elaboración propia.

2.4 Familias de productos

La producción de la empresa es diversa, ya que brindan productos en diferentes líneas. Por ejemplo, se diseñan productos como platos recordatorios, útiles de escritorio, candelabros, hieleras, azafates, utensilios, posa bocaditos, artículos para el día de la madre, para el día del padre, entre otros eventos durante el año.

A partir de ello, la empresa agrupó sus productos según su función en cuatro líneas: empresarial, hotelera, decorativa y recuerdos en general.

Tabla 3. Líneas de producción.

Líneas de productos	Descripción de la línea	Artículo con mayor demanda
Hotelería	Aquí se encuentran todos los productos destinados al uso culinario y utilitario como las fuentes, azafates, candelabros, posa bocaditos, jarras, etc. El producto más representativo de la línea es la hielera.	
Decorativa	Se ofrecen diversos utensilios que sirven como decoración en el hogar y la oficina, tales como candelabros, soportes y floreros. El producto más representativo de la línea es el centro de mesa.	
Recuerdos	Se realizan todo tipo de recuerdos según los eventos que se conmemoran como platillos, campanitas y canastillas. El producto más destacado de la línea es el jarroncito Classic.	
Empresarial	Se producen todo tipo de recuerdos dirigidos a empresas para fines conmemorativos o algún detalle que se desee implementar en oficinas como útiles de escritorio y placas recordatorias. El producto más representativo de la línea es el plato recordatorio.	

Elaboración propia

2.5 Procesos productivos

A continuación se detallará la descripción de la fabricación de cada uno de los productos representativos de la empresa junto a su respectivo flujograma. Es importante resaltar que los pasos en cada flujograma se podrían subdividir en dos partes de acuerdo a los subproductos obtenidos en cada proceso.

A. Pasos de fabricación del Plato recordatorio:

1. **Recepción:** Se recibe 800 Kg de planchas de bronce semanalmente.
2. **Trazado y cortado:** Se traza con un compás la plancha de Bronce de 32 cm en forma de disco y luego se corta con una tijera de hojalatero. Por otro lado, se procede a trazar y cortar 12 rectángulos en una plancha de acero según la medida de cada filete del plato. El filete constituye el borde del plato.
3. **Torneado:** Se repuja el disco en el torno hasta darle la forma correcta.

4. **Recocido:** Se somete las planchas de los filetes a fuego para flexibilizarlos.
5. **Estampado:** Se procede a estampar los filetes flexibles en la prensa hidráulica.
6. **Calado:** Se calan a máquina los filetes estampados hasta darle la forma del diseño. Se cala el plato ya ensamblado a mano con un arco de calar.
7. **Lijado:** En una superficie plana, se pega una lija semigruesa y se lijan los filetes calados.
8. **Soldado:** Se procede a soldar los filetes con una soldadura de plomo al disco con la ayuda del calor del fuego y un ácido preparado a base de zinc y ácido muriático.
9. **Armado:** Se lima los extremos de los filetes con lima fina a mano para desechar todo tipo de rebabas originadas en los procesos.
10. **Limado:** Se lima los extremos de los filetes con lima fina a mano para desechar todo tipo de rebabas originadas en los procesos.
11. **Pulido y abrillantado:** En la pulidora (torpedo de 3 caballos), se pule el plato con trapos de jean con cerda y pastas de pulir. Después, se utiliza un jean sin cerda con la finalidad de abrillantarlos.
12. **Galvanizado:** Se procede a colocar el plato a un baño de desengrase, cobreado y plateado. Cada proceso requiere un enjuague a base de agua previo a cada baño.
13. **Empaquetado:** Se limpia con algodón y un líquido limpiador llamado Tarnishield. Se procede a envolverlo según sea el tipo de entrega. Este puede envolverse en un estuche o en una bolsa plástica y papel craft.

A continuación se muestra el flujograma del Plato recordatorio.

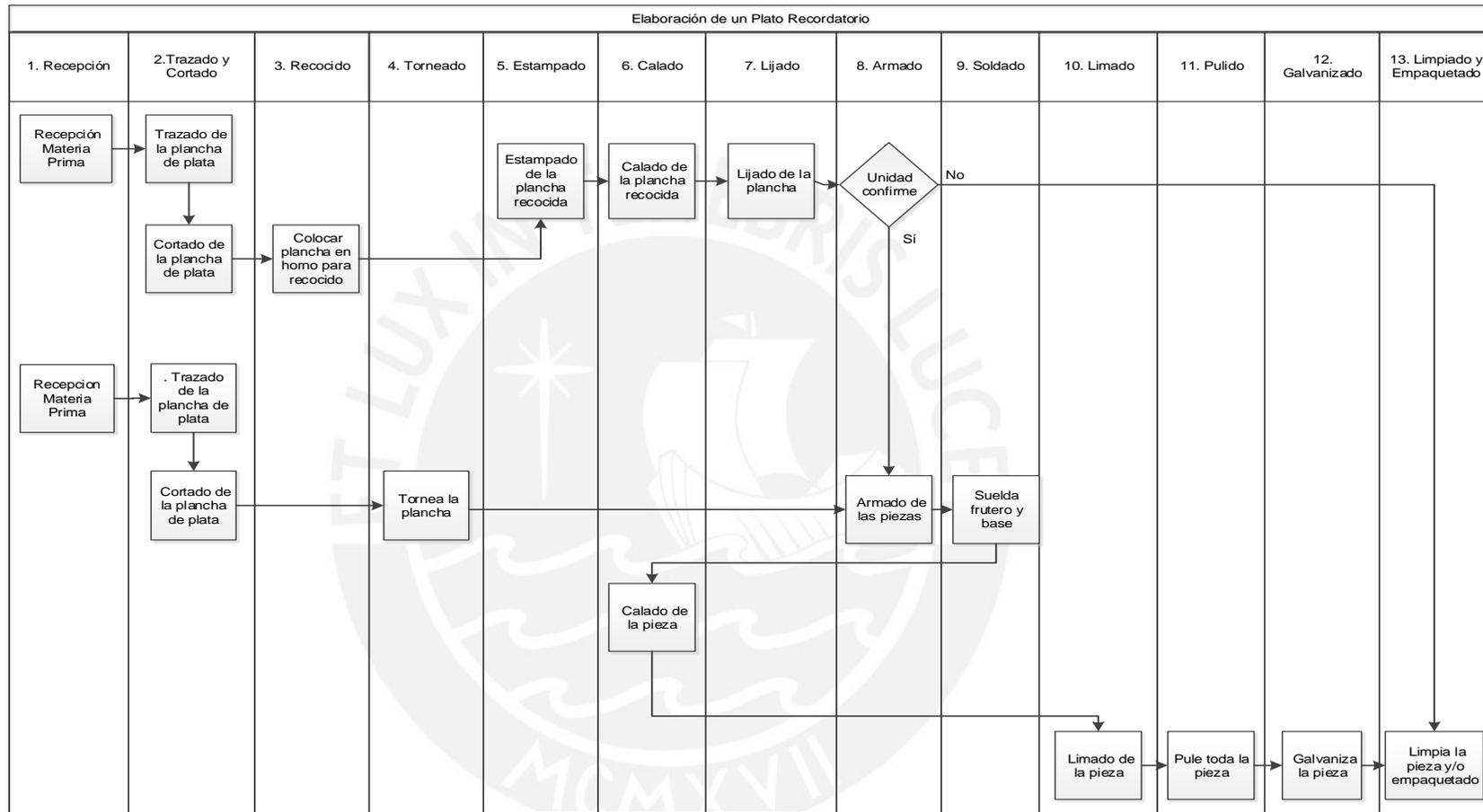


Figura 5. Flujograma del plato recordatorio.
Elaboración propia

B. Pasos de fabricación del Centro de mesa:

1. **Recepción:** Se recepciona 800 Kg de planchas de bronce semanalmente.
2. **Trazado y Cortado:** Se procede a trazar las dimensiones solicitadas por el cliente en una plancha de bronce o de latón según el tipo de mesa. Se corta la plancha con una tijera de hojalatero.
3. **Recocido:** Se calienta la plancha de tal manera que se vuelve un material maleable para darle la forma requerida del modelo. Se calientan dos alambres de bronce y se le da la forma del contorno de la plancha.
4. **Torneado:** Se repuja el disco en el torno hasta darle la forma correcta.
5. **Pulido:** En la pulidora (torpedo de 3 caballos) se pule el adorno con trapos de jean y con cerda.
6. **Soldadura:** Se procede a fijar en los contornos de la plancha los alambres de bronce para otorgarle rigidez a la pieza. Se talla con diversos cinceles y una comba los aspectos decorativos de la pieza.
7. **Limpiado:** Con la ayuda de pastas para pulido se da el acabo brillante pero solo con el uso de trapos de jean. Se saca la grasa con algodón y gasolina en un recipiente.
8. **Galvanizado:** Se procede a meter la pieza a un baño de desengrase, cobreado y plateado. En cada proceso existe un secado previo, antes de continuar con el siguiente baño.
9. **Empaquetado:** Se limpia con algodón y un líquido limpiador llamado Tarnishield. Se procede a envolverlo según sea el tipo de entrega. Este puede envolverse en un estuche o en una bolsa plástica y papel craft.

A continuación se muestra el flujograma del Centro de mesa.

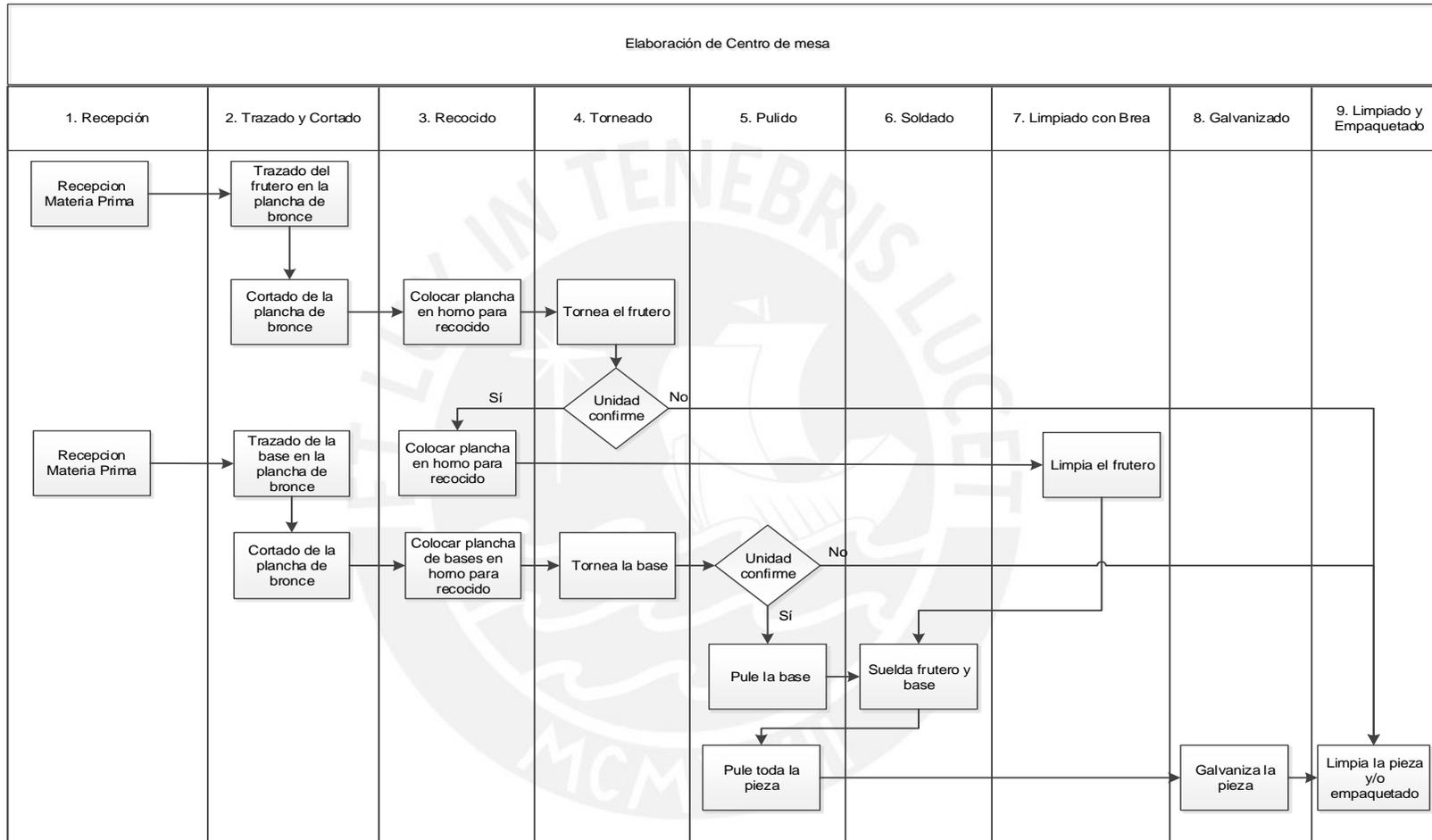


Figura 6. Flujograma del centro de mesa.
Elaboración propia.

C. Pasos de fabricación del Jarroncito Classic:

1. **Recepción:** Se recepciona 800 Kg de planchas de bronce semanalmente.
2. **Trazado y cortado:** Se traza la plancha de Bronce en forma de disco y luego se corta con una tijera de hojalatero.
3. **Recocido:** Se realiza el recocido de la plancha para facilitar el deformado.
4. **Torneado:** Se repuja el disco en el torno hasta darle la forma correcta.
5. **Lijado:** Se realiza en todos los bordes del florero de tal forma que no quede ninguna parte filuda.
6. **Pulido:** En la pulidora (torpedo de 3 caballos), se pule el florero con trapos de jean con cerda y pastas de pulir para una mejor calidad superficial. Después, se utiliza un jean sin cerda con la finalidad de abrillantarlo.
7. **Soldadura:** Se procede a fijar en los contornos de la plancha los alambres de bronce para otorgarle rigidez a la pieza. Se talla con diversos cinceles y una comba los aspectos decorativos de la pieza.
8. **Galvanizado:** Se procede a colocar el florero en los diferentes baños electrolíticos. Cada proceso requiere un enjuague a base de agua previo a cada baño.
9. **Empaquetado:** Se procede a envolverlo según sea el tipo de entrega. En este caso se utilizan cajas.

A continuación se muestra el flujograma del Jarrón Classic.

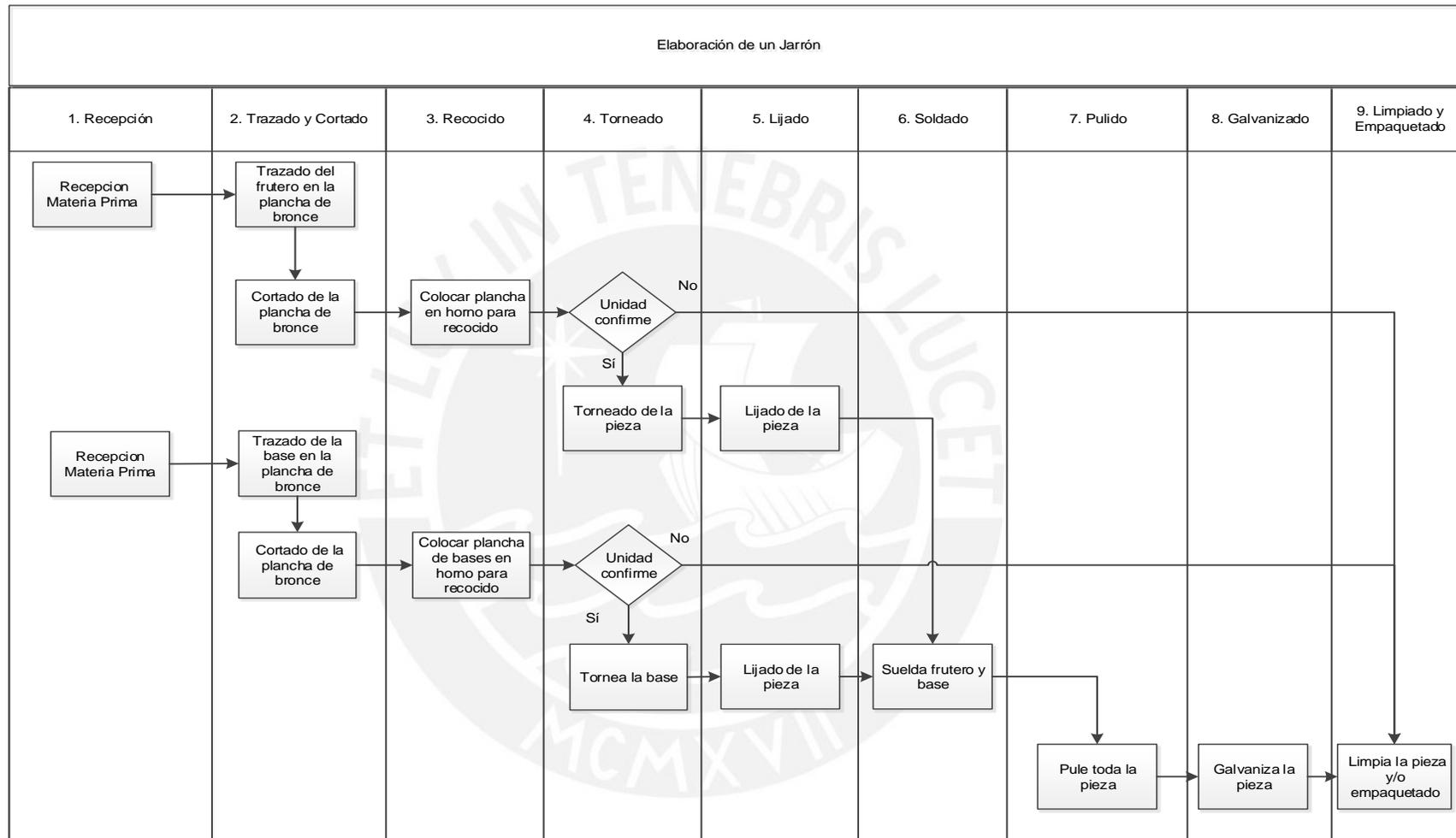


Figura 7. Flujograma del jarrón Classic.
Elaboración propia

D. Pasos de fabricación de la Hielera

1. **Recepción:** Se recepciona 800 Kg de planchas de bronce semanalmente.
2. **Trazado y cortado:** Se traza la plancha de Bronce en forma del molde de la hielera y luego se corta con una tijera de hojalatero.
3. **Recocido:** Se realiza el recocido de la plancha para facilitar el deformado.
4. **Torneado:** Se utiliza un modelo que permita obtener la forma de la hielera
5. **Pulido:** En la pulidora (torpedo de 3 caballos), se pule la hielera con trapos de jean con cerda y pastas de pulir para una mejor calidad superficial.
6. **Soldado:** Se sueldan dos perillas en ambos extremos. Estas perillas son compradas ya hechas.
7. **Pulido:** En la pulidora, se procede a cambiar el trapo por otro de tal manera que se obtenga el brillo requerido en la hielera. Después, se utiliza un jean sin cerda con la finalidad de abrillantarlo
8. **Galvanizado:** Se procede a colocar el florero en los diferentes baños electrolíticos. Cada proceso requiere un enjuague a base de agua previo a cada baño. La hielera regresa a esta zona para darle el último bañado con ácido nítrico y posteriormente enjuagues con agua.
9. **Limpiado y empaquetado:** Se limpia con algodón y se procede a envolverlo según sea el tipo de entrega. En este caso se utilizan cajas.

A continuación se muestra el flujograma de la Hielera.

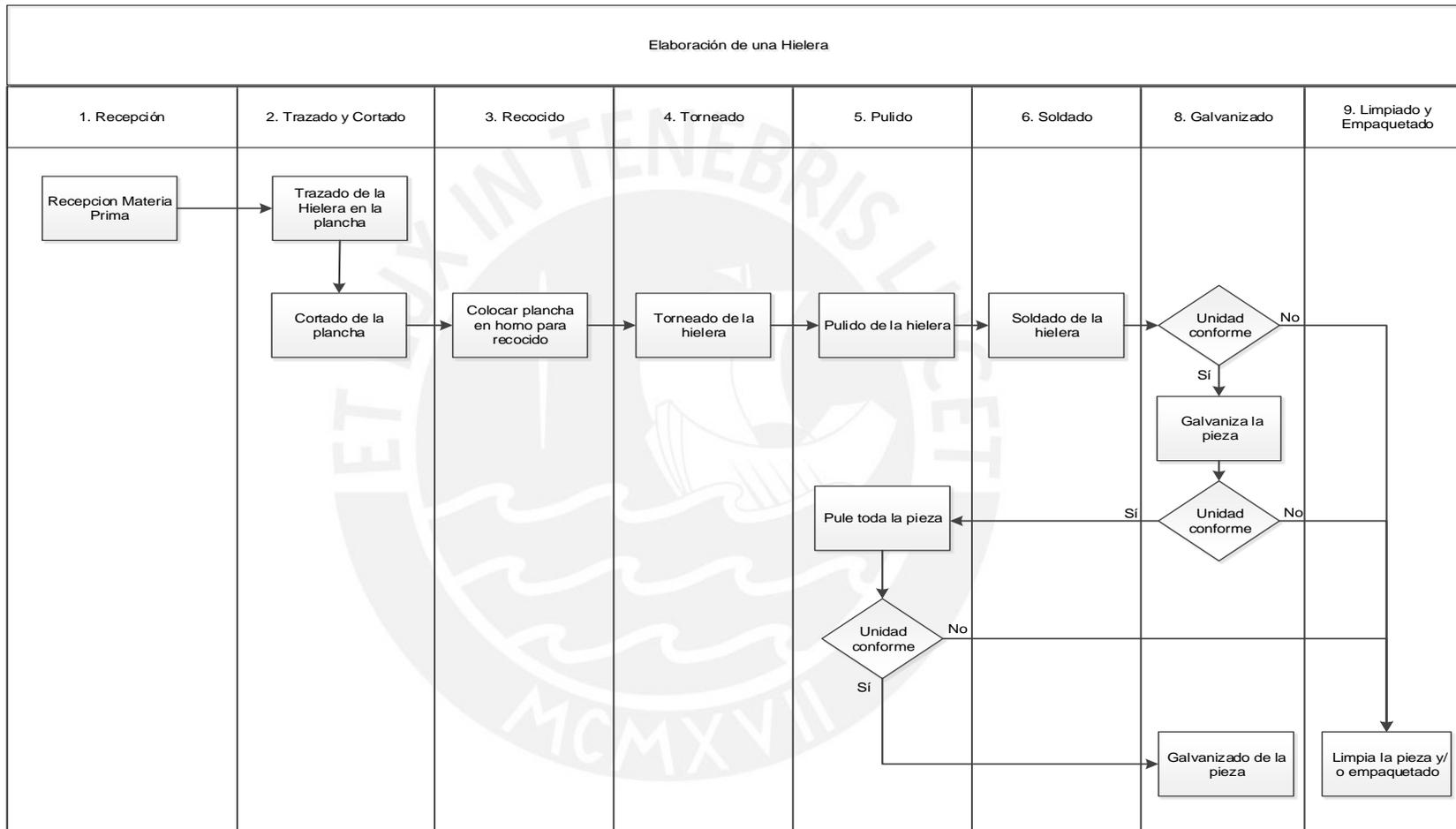


Figura 8. Flujograma de la hielera.
Elaboración propia.

Por otro lado, será necesario tener en consideración los Diagramas de análisis de procesos (DAPS) para cada uno de los productos representativos, donde se especificará la duración de las operaciones, las demoras y los traslados, así como las distancias recorridas por el producto entre cada una de las operaciones. Todo ello con el fin de usar esta información en el diagnóstico de los procesos.

A continuación se mostrará un ejemplo de DAP del producto Hielera, la demás información se encuentra en el anexo 1.

Tabla 4. DAP de la hielera.

DIAGRAMA ANALITICO DE PROCESO PROCESO: HIELERA						Operación: ____ <input checked="" type="checkbox"/> Material: ____ <input type="checkbox"/> Hombre: ____		
MÉTODO:		<input checked="" type="checkbox"/> Actual	Propuesto					
DESCRIPCIÓN	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje	Distancia en metros	Tiempo en minutos	OBSERVACIÓN
Hacia zona de trazado y corte	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2.0	0.1	Plancha de bronce
Trazado y corte	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		10.0	
Hacia zona de recocado	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15.0	0.75	
Recocado	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0.1	
Hacia zona de torneado	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4.0	0.2	
Espera	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		15.0	
Torneado	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0.25	
Hacia zona de pulido	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5.0	0.25	
Pulido	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		30	
Hacia zona de soldado	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.0	0.05	
Soldado	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		3.0	
Inspección	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0.75	
Hacia zona de galvanizado	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8.0	0.4	
Galvanizado	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		20.0	
Inspección	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0.25	

Hacia zona de pulido		4.0	0.2					
Pulido			60					
Inspección			0.25					
Espera			15					
Hacia zona de galvanizado		4	0.2					
Galvanizado			45.0					
Inspección			0.75					
Hacia zona de limpiado y empaquetado		30	1.5					
Limpiado y empaquetado			20					
Hacia zona de APT		1.0	0.05					
APT								
RESUMEN	Cantidad	9	10	4	2	1	Diagramado por: Equipo 3	
	Tiempo	278.35	3.5	2.0	30.0	0	Fecha: 03/06/13	Hoja: 1

Elaboración propia.

2.6 Insumos y materia prima

1. Materia prima

La materia prima empleada para los diversos productos es adquirida de acuerdo al pedido solicitado por el cliente. Su principal materia prima son las planchas de bronce, las cuales vienen en distintos espesores y son adquiridas personalmente por el jefe de producción. A continuación se detallan los materiales empleados en los distintos procesos productivos:

- Planchas de bronce de 1/32" de espesor: Generalmente es utilizada en la línea hotelera en la fabricación de hieleras y en la línea empresarial como en los platos recordatorios.
- Planchas de bronce de 1/40" de espesor: Su uso es frecuente en la línea de recuerdos, por ejemplo en la fabricación del "Jarroncito Classic" y en la línea decorativa como en los distintos modelos de centros de mesa.
- Lingotes de plata de 925/1000: Son adquiridos en mediana cantidad pues solo es utilizado para el recubrimiento de las piezas terminadas. No es muy frecuente el pedido de productos únicamente de plata, por lo tanto la compra de este insumo no es muy continuo.

2. Insumos

Para la elaboración de los productos en platería es necesario que sigan el proceso de baños electrolíticos que se mencionó con anterioridad. Para ello se necesitan de ciertos insumos químicos:

- Gasolina: Utilizado para el desengrase antes de iniciar con el proceso de baños electrolíticos
- Cianuro de Potasio
- Sal de Cobre
- Cianuro de Sodio
- Ácido nítrico: Al 68%
- Ácido sulfúrico
- Ácido Muriático
- Desengrase DCM
- Soda Caustica
- Níquel
- Salitre
- Zinc de imprenta

Por otro lado, es necesario otros insumos en el resto de operaciones como:

- Thinner: Encargado de disolver, diluir o adelgazar sustancias insolubles en agua, como la pintura, los aceites y las grasas.

2.7 Máquinas, equipos y herramientas

En los diversos procesos de producción se utilizan una serie de máquinas y equipos que transforman las diversas materias primas en productos terminados. En la siguiente tabla se muestra la descripción y dimensiones de las máquinas que posee la empresa.

Tabla 5. Descripciones y dimensiones de las máquinas parte 1.

Máquina	Descripción	Cantidad	Imagen	Dimensiones (m)
				L x A x H
Taladradoras	Máquina perforadora que realiza diversos agujeros en el latón.	1		0.26x0.60x1.60
		1		0.73x0.55x1.40
		1		0.42x0.53x1.30
Laminadoras	Máquinas que convierte los metales en planchas.	1		0.47x0.50x1.30
		1		0.65x0.52x1.18
		1		1.08x1.23x1.51

Elaboración propia.

Tabla 6. Descripciones y dimensiones de las máquinas parte 2.

Máquina	Descripción	Cantidad	Imagen	Dimensiones (m)
				L x A x H
Cortadora	Máquina con un arco de sierra metálico, que se utiliza para cortar el metal en proceso.	1		0.66x0.62x1.34
Esmeriles	Sirven para afilar algunas herramientas y para dar acabado a algunas piezas metálicas.	1		0.49x0.44x1.05
		1		0.76x0.32x1.07
		1		0.76x0.68x1.12
		1		1.03x0.55x1.15
Prensa Hidráulica	Máquina que ejerce grandes cargas sobre el material para diversos fines de producción.	1		0.88x0.56x2.22

Elaboración propia.

Tabla 7. Descripciones y dimensiones de las máquinas parte 3.

Máquina	Descripción	Cantidad	Imagen	Dimensiones (m)
				L x A x H
Torno Repujador	Máquina de revolución que permite realizar diversas operaciones tales como el repujado y refrentado.	1		2.00x1.23x1.27
Cizalladora Manual	Máquina no eléctrica que se utiliza para ejercer un corte en las planchas de latón con poco espesor.	1		1.09x0.37x0.27
Tornillos de Banco	Prensa mecánica a base de dos mordazas que se cierran por medio de un tornillo.	1		0.165x0.26x0.16
		1		0.20x0.48x0.225
		1		0.19x0.31x0.17
		1		0.16x0.23x0.12

Elaboración propia.

Tabla 8. Descripciones y dimensiones de las máquinas parte 4.

Máquina	Descripción	Cantidad	Imagen	Dimensiones (m)
				L x A x H
Trefiladora Manual	Máquina que se utiliza para reducir diámetros en los diversos cables metálicos, utilizando solo la fuerza bruta.	1		1.90x0.57x1.12

Elaboración propia.

Por otro lado, muchas de las máquinas y equipos necesitan de ciertas herramientas para llevar a cabo su función. Del mismo modo, diversas operaciones en los procesos de fabricación necesitan de otras herramientas para complementar el trabajo. Es por este motivo, que las herramientas también son una pieza clave en la producción, a continuación se detallara las herramientas que posee la empresa actualmente.

Tabla 9. Inventario de Herramientas.

N°	Descripción	Unidad	Total	N°	Descripción	Unidad	Total
1	Tijera Hojalatera Recta	Und	5	20	Compás metálico	Und	4
2	Alicate Hojalatera Mixta	Und	1	21	Juego Avellanadores	Caja	1
3	Martillo	Und	1	22	Repujador Recto	Und	13
4	Martillo para Aplanar	Und	7	23	Repujador Bola	Und	5
5	Maceta de Goma	Und	1	24	Arco de Sierra	Und	3
6	Martillo para Embutir	Und	5	25	Cepillo de Cerda	Und	2
7	Martillo para Guarnecer	Und	6	26	Cepillo Metálico	Und	1
8	Alicate	Und	3	27	Llave Francesa	Und	1
9	Alicate Plano	Und	4	28	Molde para Filetes	Und	37
10	Cizalla	Und	5	29	Molde para Candelabros	Und	7
11	Micrómetro	Und	1	30	Molde para Braquetes	Und	8
12	Cúter	Und	1	31	Molde para Labrados	Und	10
13	Llave 8	Und	2	32	Molde para Hielera	Und	1
14	Llave 9	Und	1	33	Molde para Cucharita	Und.	2
15	Llave 10	Und	1	34	Molde para Biseles	Und	3
16	Llave 13	Und	2	35	Molde para Escudos	Und	10
17	Lima de Fierro	Und	23	36	Molde para Marcos	Und	5
18	Vernier	Und	1	37	Molde para Cigarrera	Und	1
19	Escuadra	Und	4	38	Molde para Picos Jarra	Und	4
Total unidades							192

Elaboración propia.

2.8 Indicadores de control de la manufactura

Con la finalidad de monitorear su desempeño actual, la empresa en estudio cuenta con algunos tipos de métricas en función al área que desempeña. A continuación, se describen los indicadores utilizados en el área de producción.

➤ Eficacia

Es la capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera. La fórmula definida para la eficacia es la que se muestra a continuación.

$$Eficacia = \frac{\textit{Producción real producida}}{\textit{Producción planeada}} \times 100\%$$

En el caso del área de producción de Platería Rocío se calcula de la siguiente manera:

$$Eficacia = \frac{\textit{Producción real de artículos de la línea}}{\textit{Producción planeada}} \times 100\%$$

➤ Eficiencia

Es la capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado. La fórmula definida para la eficiencia es la que se muestra a continuación.

$$Eficiencia = \frac{\textit{Recursos programados}}{\textit{Recursos utilizados}} \times 100\%$$

En el caso del área de producción de Platería Rocío se calcula de la siguiente manera:

$$Eficacia = \frac{\textit{Cantidad de planchas de bronce programadas}}{\textit{Cantidad de planchas de bronce utilizadas}} \times 100\%$$

CAPÍTULO 3. DIAGNÓSTICO DEL PROCESO PRODUCTIVO ACTUAL

En este capítulo se realizará el diagnóstico de la situación actual de la empresa. A continuación, en la figura se presenta el flujo de pasos de la metodología que se utilizará.

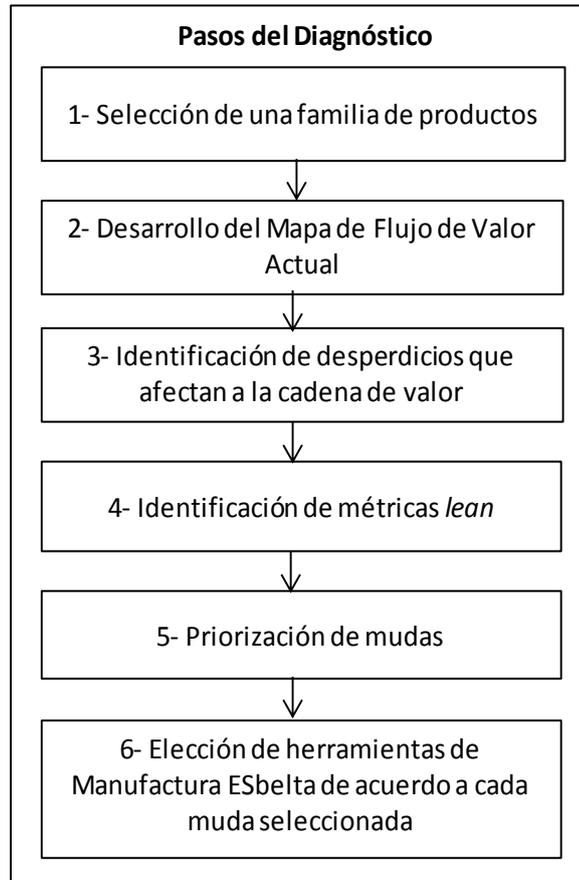


Figura 9. Flujo de pasos del diagnóstico.
Elaboración propia.

3.1 Pasos para la metodología de análisis.

Paso 1: Selección de una familia de productos:

Se seleccionará el criterio de la matriz producto-proceso para identificar a las macro familias de productos. Posteriormente, se procederá a elegir la familia que se diagnosticará, en un análisis cualitativo de acuerdo a su volumen de producción y facilidad de seguimiento en su flujo de producción.

Paso 2: Desarrollo del Mapa de flujo de Valor actual

Se realizará el Mapa de Flujo de Valor actual de la familia de productos seleccionada en el paso 1, con el fin de identificar los problemas dentro de la cadena de valor. Es importante resaltar, que las actividades identificadas y las mediciones de tiempo se toman desde que se recibe la materia prima hasta que se empaqueta el producto final.

Paso 3: Identificación de desperdicios que afecta la cadena de valor

Después de elaborar del VSM actual se identificará y analizará sus desperdicios, es decir las mudas que se originan en la cadena de valor de la familia de productos seleccionada.

Paso 4: Identificación de métricas lean

Luego se identificará los tiempos improductivos encontrados al realizar el VSM, con el fin de determinar las métricas lean, las cuales nos servirán para medir el rendimiento actual de los procesos de la familia seleccionada e identificar los objetivos a los cuales se quiere llegar.

Paso 5: Priorización de mudas

Posteriormente, se identificará en cada proceso los desperdicios identificados y se analizará sus causas raíces, lo cual se plasmará en un Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE). En esta matriz, se realizará una ponderación en base a tres factores, con el fin de realizar una priorización y determinar las mudas de mayor impacto.

Paso 6: Elección de las herramientas de manufactura esbelta de acuerdo a cada muda seleccionada

Luego de haber identificado las principales mudas, se le asociará a cada causa raíz una solución, es decir se le asociará una herramienta de manufactura esbelta que permita optimizar el flujo de valor, de tal manera que se logre cumplir los requerimientos de calidad y tiempos de entrega que demanda el cliente.

A continuación se desarrollará cada paso para la metodología de análisis.

3.1.1 Selección de la familia de productos a estudiar.

- Matriz de Proceso y Producto

Para seleccionar a la familia de productos que se diagnosticará, en primer lugar, se identificará las macro familias de productos. Para ello, se utilizará la herramienta denominada Matriz de Proceso y Producto, en la cual se identificará la secuencia de pasos de producción de los artículos. A partir de esta matriz se podrá reconocer las macro familias de producto, de tal manera que para definir si un producto pertenece a una determinada familia, este debe cumplir con la condición de que sus procesos pasen por una cantidad mayor igual al 80% de los procesos de dicha familia.

Para facilitar el entendimiento de la matriz de Proceso y Producto, se requiere colocar nombres sencillos a los artículos y procesos. Por ejemplo, al centro de mesa se le denominó con la letra A. Asimismo, se le denomina a cada proceso con un número.

A continuación, en la figura 10 se presenta la matriz de Proceso y Producto.

		PASOS DE PRODUCCIÓN														
		1	2	2.1	3	4	5	5.1	6	7	8	9	10	11	12	13
P R O D U C T O S	A	X	X	X	X		X	X					X	X	X	X
	B	X	X	X	X		X	X					X	X	X	X
	C	X	X		X		X						X		X	X
	D	X	X		X		X						X		X	X
	E	X	X		X		X						X		X	X
	F	X	X	X	X		X	X			X		X		X	X
	G	X	X	X	X		X	X			X		X		X	X
	H	X	X			X			X	X	X	X	X		X	X
	I	X	X			X			X	X	X	X	X		X	X
	J	X	X			X			X	X	X	X	X		X	X

Figura 10. Matriz de proceso y producto
Elaboración propia.

A continuación, se buscará similitud entre los procesos de los diferentes artículos. Por ejemplo, el producto A sigue la secuencia de pasos 1, 2, 2.1, 3, 5, 10, 11, 12 y 13, mientras que el producto C sigue la secuencia 1, 2, 3, 4, 9, 10, 12 y 13. A partir de estos ejemplos se puede observar una similitud mayor a 80% en la cantidad de pasos de producción entre el artículo A y B. Por lo tanto, se concluye que A y B pertenecen a una sola familia, mientras que los artículos C, D y E difieren de ese porcentaje, por lo cual se encuentra en una familia diferente. En la figura 11, se observa la agrupación de artículos, de acuerdo a la similitud de la cantidad de sus proceso.

		PASOS DE PRODUCCIÓN														
		1	2	2.1	3	4	5	5.1	6	7	8	9	10	11	12	13
P R O D U C T O S	A	X	X	X	X		X	X					X	X	X	X
	B	X	X	X	X		X	X					X	X	X	X
	C	X	X		X		X						X		X	X
	D	X	X		X		X						X		X	X
	E	X	X		X		X						X		X	X
	F	X	X	X	X		X	X			X		X		X	X
	G	X	X	X	X		X	X			X		X		X	X
	H	X	X			X			X	X	X	X	X		X	X
	I	X	X			X			X	X	X	X	X		X	X
	J	X	X			X			X	X	X	X	X		X	X

Figura 11. Macro familias agrupadas en la Matriz de Proceso y Producto.
Elaboración propia.

Como resultado de este análisis, se obtuvo cuatro familias de productos que son denominadas como la familia de productos "W" conformada por los productos A y B, la familia de productos "X" compuesta por los productos C, D y E, la familia de productos "Y" conformada por los productos F y G, y la última familia "Z" compuesta por los productos H, I y J, entre las cuales se tendrá la opción de elegir a la familia que se diagnosticará de acuerdo a un análisis de factores.

➤ Análisis de factores

Para realizar el análisis de factores se tendrá en consideración dos tipos de factores: Volumen de producción y facilidad de flujo de producción. En la tabla 10 se puede observar los porcentajes de volúmenes de producción de las 4 familias de productos obtenidas de la empresa.

Tabla 10. Volumen de Producción.

Familia	% Producción 2014-I	% Producción 2014-II
W	29,8%	30,5%
X	21,8%	19,2%
Y	13,0%	13,4%
Z	35,5%	36,9%
Total	100,0%	100,0%

Elaboración propia.

En base a la tabla 11, se calificará cada volumen de producción con un número del 1 al 4, donde 4 representa el volumen más grande.

Tabla 11. Calificación del volumen de producción.

Familia	Calificación
W	3
X	2
Y	1
Z	4

Elaboración propia.

Por otro lado, en la tabla siguiente se analizará el factor de facilidad de flujo de producción que implica que los procesos realizados para hacer el producto son más simples, de tal manera que el flujo es lineal, sin retornos a la misma estación, lo que simplifica su seguimiento al realizar una mejora; además, de ser altamente replicable. A continuación se calificará la facilidad de flujo con un puntaje del 1 al 4, donde 4 significa una mayor facilidad.

Tabla 12. Calificación de la facilidad del flujo

Familia	Calificación
W	2
X	4
Y	3
Z	1

Elaboración propia.

Finalmente, realizando una ponderación de factores, como se observa en la Tabla 13, se obtiene como resultado a la familia "X" la cual será diagnosticada según los siguientes pasos del diagnóstico planteado.

Tabla 13. Ponderación de factores

Familia	Volumen	Facilidad	Ponderación
W	3	2	6
X	2	4	8
Y	1	3	3
Z	4	1	4

Elaboración propia.

3.1.2 Desarrollo de mapa de flujo de valor actual

Luego de haber identificado la familia de productos X en el capítulo 3.1.1, como la familia de mayor impacto en la producción, se procederá a desarrollar el VSM de esta familia de productos, con el fin de obtener una representación visual del flujo de material e información, así como, los desperdicios presentes en la cadena de valor.

A continuación se muestra en la figura el Mapa de Flujo de Valor Actual de la familia de productos seleccionada "X".

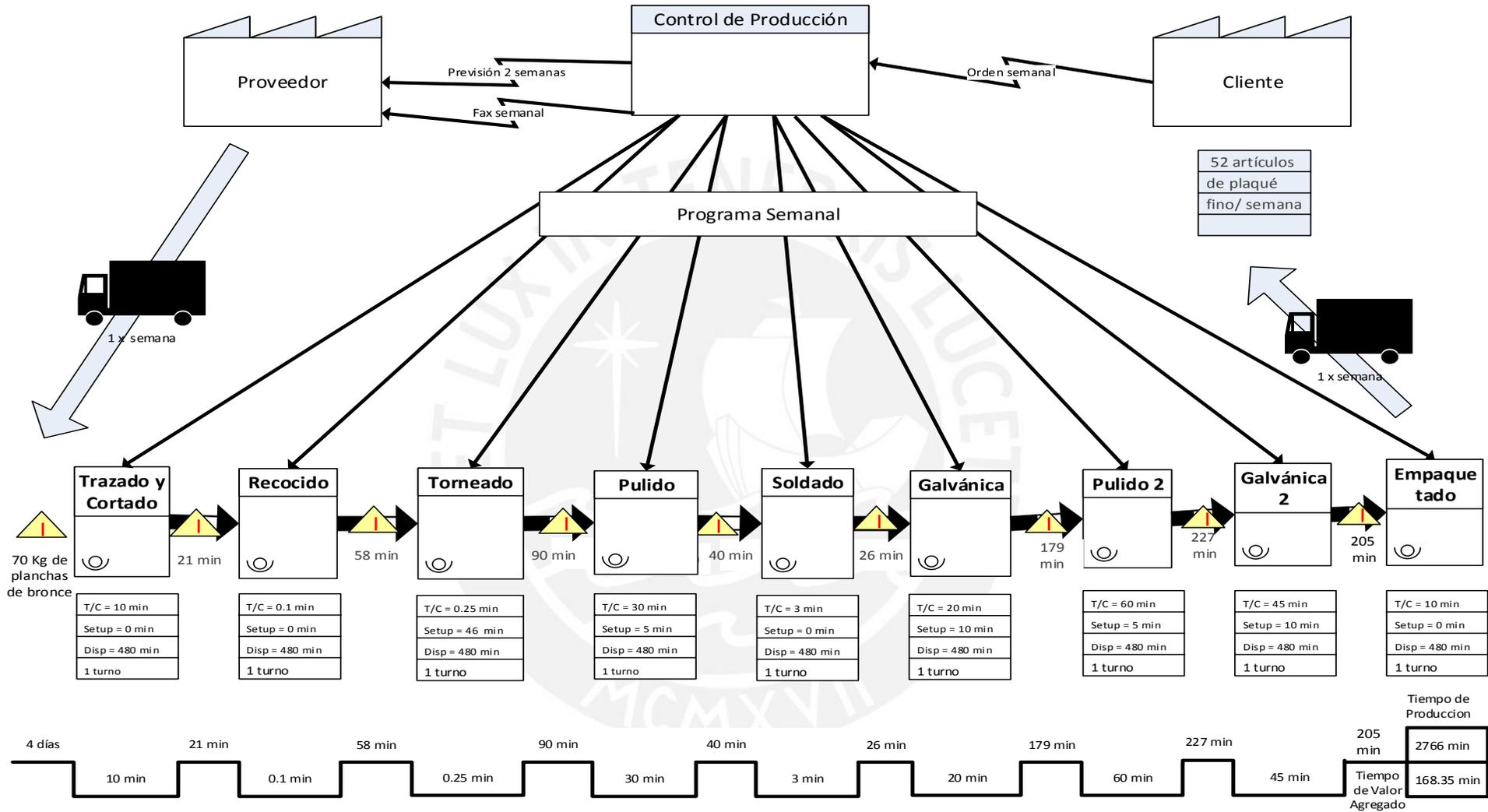


Figura 12. Mapa de flujo de valor actual.
Elaboración propia

3.1.3 Identificación de desperdicios

La eliminación de los diferentes tipos de desperdicios generados, desde la perspectiva de la manufactura esbelta, es una necesidad e implica el objetivo de satisfacer a los clientes en el menor tiempo y con la calidad requerida. De acuerdo al VSM actual, se puede identificar los principales desperdicios que afectan a la generación de flujo de la producción con el fin de eliminarlos o disminuirlos. A continuación se describirá las mudas observadas al realizar el VSM.

a. Muda de inventario

Se genera acumulación de productos en cualquier parte del proceso. Por ejemplo, exceso de materia prima en el área de Trazado y Cortado, material en proceso en todas las estaciones de trabajo y producto terminado que se dirige al almacén para ser guardado como stock. Ello puede originar fallas en los procesos y en el transporte, retrabajo, tiempos de espera, así como falta de orden y limpieza. Además, estos productos pueden resultar obsoletos con el tiempo, lo que implica fundirlos y volver a crear un producto nuevo. Todo esto origina una gran cantidad de productos terminados en el almacén por un periodo de tiempo largo, sin tener en cuenta los costes ocultos generados. A continuación se mostrará en la tabla, la cantidad de inventario en proceso que se encontró en cada estación al realizar el VSM.

Tabla 14. Inventario en cada estación

Estación	Trazado y Cortado	Recocido	Torneado	Pulido	Soldado	Galvánica	Pulido 2	Galvánica 2	Empaquetado
Unidad	Kg	Piezas							
Cant	70	2	21	19	18	9	9	4	5

Elaboración propia

b. Muda de esperas

Con respecto a la mudas de esperas, estas son generadas principalmente por demanda insatisfecha de cada estación de trabajo al esperar que la anterior estación termine de procesar como se muestra en el VSM. Además, otras esperas se originan por algún desperfecto en las máquinas o por falta de alguna herramienta necesaria al momento de operar. Por ejemplo, según las conversaciones con el personal de la empresa, en las estaciones de pulido se tiene que esperar mucho tiempo para operar y el tiempo de set-up del torno es muy largo lo que genera largas colas. Asimismo, cuando se ausenta personal en alguna estación, el puesto no se cubre inmediatamente, sino que se espera y se sigue acumulando producto en proceso en el área. Estas fallas dificultan que el programa de producción establecido cumpla con los requerimientos del cliente, lo que origina que se utilice horas extras de maquinistas y operarios para cumplir el plan de producción. A continuación se mostrará en la tabla, la cantidad de espera que se midió antes de cada estación al realizar el VSM.

Tabla 15. Espera en cada estación

Estación	Trazado y Cortado	Recocido	Torneado	Pulido	Soldado	Galvánica	Pulido 2	Galvánica 2	Empaquetado
Unidad	Días	Minutos							
Cant	4	21	58	90	40	26	179	227	205

Elaboración propia

c. Muda de Transporte

Este tipo de desperdicio se determina por traslados que no agregan valor al proceso productivo. Por ejemplo, los maquinistas al no tener las herramientas necesarias como tijeras para su operación de cortado se trasladan de manera innecesaria para buscar lo que necesitan, con lo cual originan que los tiempos se incrementen. Es importante resaltar, que la distribución actual de la empresa es por producto y genera muchos traslados, como se puede observar en los DAPs de los anexos, se pierde gran cantidad de tiempo al trasladarse de operación en operación. Por ejemplo, en el caso de la fabricación de hieleras, por cada una de ellas, se demora 3.7 min solo en traslados de personal. A continuación se muestra el diagrama de recorrido de la Hielera.

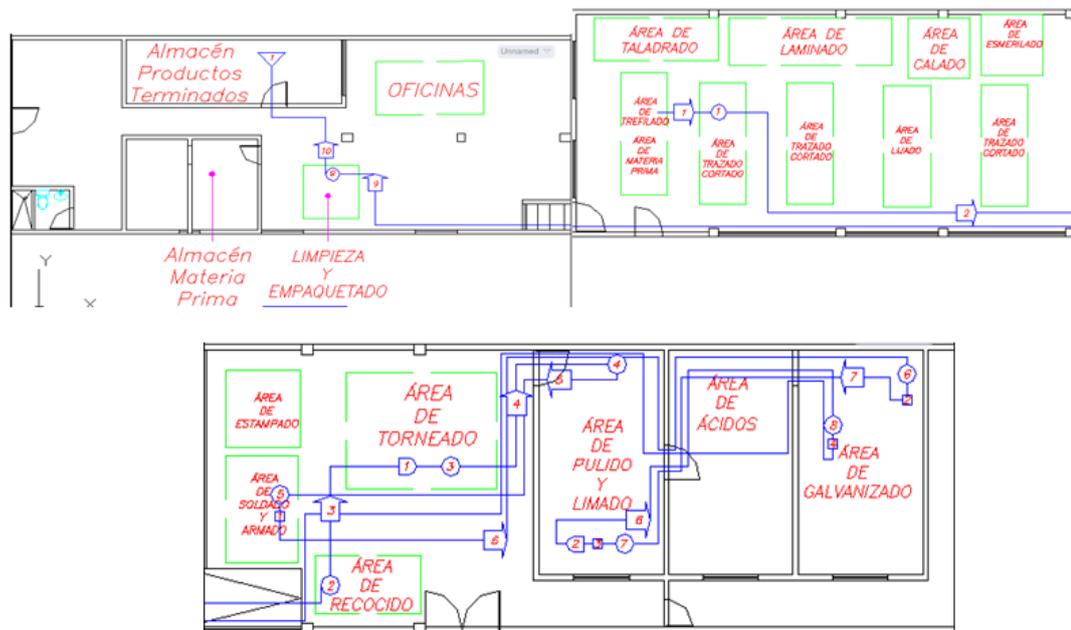


Figura 13. Diagrama de Recorrido
Elaboración propia

d. Muda de productos defectuosos

Este tipo de *muda* ocurre cuando el artículo no cuenta con los parámetros de calidad solicitados, principalmente por acabados, lo que provoca que este producto sea enviado al recocado o pulido para que ingrese al proceso productivo nuevamente; sin embargo, también hay productos que no se pueden volver a reprocesar debido a un soldado o galvanizado inadecuado, los cuales son destinados a ser vendidos como chatarra. Según los datos proporcionados por la empresa, se observan mermas después de todos los procesos de galvanizado de 4%, así como 6% después del soldado y 5.6% después del galvanizado del total de productos fabricados.

e. Muda de R.R.H.H

Es probable que la capacidad de realizar mejoras de los operarios este siendo desaprovechada, cuando es el medio más eficaz para lograr un cambio positivo en los procesos productivos que se ve reflejado en el bienestar del clima laboral. Actualmente los operarios sufren de estrés y cansancio físico. No obstante, gracias a la Manufactura Esbelta se podrá mejorar esta situación.

3.1.4 Identificación de métricas lean

Luego de analizar el mapa de flujo de valor actual e identificar los principales desperdicios encontrados, se determinaron las métricas lean como el *yield* y el *takt time*. A continuación se describirá en qué consiste cada indicador y los detalles para el cálculo de estos.

a. Tiempo Takt (Takt Time):

Este indicador sirve para determinar las ocasiones en las que no se logra cumplir con la demanda del cliente, es decir, que no se termina de producir toda la programación establecida. De este modo, se podrá conocer el tiempo que la empresa debe emplear para cumplir con el pedido del cliente. Para este caso, se conoce que la empresa opera 8 horas en 1 turno, lo cual es igual a su tiempo disponible de producción y también que la demanda de productos para una semana son 52 productos de la familia seleccionada.

$$Takt\ time = \frac{\text{Tiempo disponible de Producción}}{\text{Demanda del Cliente}}$$

$$Takt\ time = \frac{8h \times 60min \times 6días \times 1semana}{52\ artículos}$$

$$Takt\ time = 55.38\ \text{min/artículo}$$

Luego de calcular, se obtiene que la empresa en estudio requiere de 55.38 min por artículo para lograr satisfacer su demanda.

b. % Rendimiento (Yield):

El Yield es el indicador de rendimiento de materiales que mide la relación que existe entre la cantidad de productos terminados con la cantidad de productos que se esperaba obtener al final de la producción.

$$\% \text{ Yield} = \frac{\text{kg de producto terminado}}{\text{kg de producción teórica} + \text{kg de merma}}$$

Es importante resaltar que el cálculo del Yield se encuentra ajustado en el denominador por la merma ya que esta se reprocesa. Por otro lado, para obtener los kilogramos de merma se puede utilizar el siguiente indicador.

$$\% \text{ Broken} = \frac{\text{kg de merma}}{\text{kg de producción teórica}}$$

Finalmente, se encuentra la basura que no puede ser reprocesada que se puede determinar con el siguiente indicador.

$$\% \text{ Rejected} = \frac{\text{kg de basura}}{\text{kg de producción teórica}}$$

En la tabla 16 se muestra el cálculo del Yield con la producción teórica semanal.

Tabla 16. Cálculo del Yield.

N° de Semana	Kg de producción teórica	Kg de basura	Kg de merma	Kg de producto terminado	%Yield	%Broken	%Rejected
Semana 1	70	3.92	6.58	59.50	77.77%	9.40%	5.60%
Semana 2	70	3.95	7.02	59.03	76.64%	10.03%	5.64%
Semana 3	70	4.01	8.81	57.18	72.55%	12.59%	5.73%
Semana 4	70	3.95	7.20	58.85	76.23%	10.29%	5.64%
Semana 5	70	5.67	6.57	57.76	75.43%	9.39%	8.10%
Semana 6	70	3.98	6.52	59.50	77.76%	9.31%	5.69%

Elaboración propia.

c. Tiempo promedio entre fallas (Mean time between failure - MTBF):

Este indicador permitirá medir la confiabilidad de los equipos, de tal manera que se requiere calcular el tiempo libre de fallas y el número de fallas en un mismo periodo de tiempo.

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo libre de fallas}}{\text{N° de fallas}}$$

Considerando que las máquinas en las cuales se puede calcular este indicador son el torno y la pulidora, se realizó la toma de datos de las fallas en ambas máquinas, durante 6 días para un turno de 8 horas, es decir 480 minutos disponibles.

Tabla 17. Cálculo del MTBF del torno.

Día	# de fallas	Tiempo de fallas (min)	Tiempo libre de fallas (min)	MTBF
1	6	55	425	70.8
2	5	65	415	83.0
3	5	41	439	87.8
4	4	48	432	108.0
5	7	57	423	60.4
6	4	54	426	106.5

Elaboración propia.

Finalmente, se obtiene que la empresa producirá con un tiempo libre de fallas de 86.1 min en promedio durante un turno en el torno. Este tiempo libre entre fallas es pequeño, lo cual indica que la operación es altamente dependiente del trabajador.

Tabla 18. Cálculo del MTBF de la pulidora.

Día	# de fallas	Tiempo de fallas (min)	Tiempo libre de fallas (min)	MTBF
1	2	30	450	225.0
2	3	28	452	150.7
3	2	25	455	227.5
4	2	34	446	223.0
5	2	57	423	211.5
6	2	15	465	232.5

Elaboración propia.

En suma, se obtiene que la empresa producirá con un tiempo libre de fallas de 211, 7 min en promedio durante un turno en el torno. Este tiempo libre entre fallas es mayor que el torno, lo cual indica que la operación es menos dependiente del trabajador.

d. OEE:

Es la Efectividad Global del Equipo que determina la cantidad de servicio productivo que proporciona un equipo, es decir, brinda una visión acerca de las pérdidas que ocurren durante el proceso de fabricación. Esta efectividad se calcula de la siguiente manera.

$$OEE = Disponibilidad \times Tasa \ de \ Rendimiento \times Tasa \ de \ Calidad$$

Disponibilidad (B/A): Determina cuánto tiempo ha estado funcionando la máquina o equipo respecto del tiempo que quería que estuviera funcionando, quitando el tiempo no planificado.

Tasa de Rendimiento (D/C): Implica el tiempo que la máquina funciona y cuánto fabrica respecto de lo que tenía que haber fabricado en un tiempo de ciclo ideal.

Tasa de Calidad (E/F): Es el indicador que se refiere a la producción de artículos sin defectos, con respecto al total de la producción realizada.

En suma:

$$OEE = \frac{B}{A} \times \frac{D}{C} \times \frac{E}{F}$$

Tiempo calendario			
A = Tiempo Total de operación			Tiempo no programado
B=Tiempo planificado de producción		P. planificadas	
C=Tiempo bruto de producción		P. no planificadas	
D=Tiempo neto	P. eficiencia		
E=Tiempo v.a	P calidad		

Figura 14. Cálculo del OEE.
Elaboración propia.

En este caso en particular se calculará el OEE para el Torno. Se considera un tiempo calendario de una semana, la cual comprende 6 días, en 1 turno de 8 horas. El tiempo no programado de producción es cero debido a la demanda y las paradas planificadas por mantenimiento se consideran los sábados durante 2 horas. Además, las paradas no planificadas, suman 245 minutos en la semana de muestra y los paros menores son debido a fallas en el equipo, lo cual suma un total de 320 min en la semana y las mermas producidas son 20% de la producción. Al final de la semana se obtuvo una producción de 27 productos.

$$OEE = 77\%$$

El OEE final obtenido es 77%, con lo cual se refleja que solo se aprovechó el 77% del tiempo disponible para operar.

En la tabla se muestra el resumen de indicadores. En conclusión la empresa en estudio requiere eliminar los desperdicios que dificultan sus resultados operacionales para aumentar el porcentaje de sus indicadores.

Tabla 19. Resumen de indicadores

Indicador	Valor promedio esperado
Talk Time	55.38 min/artículo
Yield	75%
OEE	77%
MTBF	86.1 min

Elaboración propia.

3.1.5 Priorización de mudas

Luego de haber identificado las mudas que enfrenta la empresa actualmente en VSM actual y las métricas lean que reflejan su desempeño real, se procederá a priorizar las mudas de mayor impacto en la familia de productos seleccionada, de tal manera que se logre mejorar la situación actual de los procesos a través de su solución.

A continuación se realizará una matriz AMFE, que se definió anteriormente, en el punto 1.6.6 del marco teórico, la cual servirá para realizar la priorización de mudas, en la cual se tomaron en consideración factores como la frecuencia, gravedad y detectabilidad. A cada uno de estos factores se les dio un puntaje de acuerdo a su magnitud como se detalla en los anexos W, X e Y.

De modo explicativo, se realizará el análisis de una muda en la matriz AMFE que muestra el área de Trazado y Cortado, donde se encuentra la primera muda detectada denominada Muda de Sobreproducción, su descripción con un ejemplo demostrativo, la causa raíz de la muda, su medida de control actual y su evaluación en cada factor.

Tabla 20. Ejemplo AMFE

Proceso	Categoría de Muda	Descripción del defecto	Causa Raíz del Desperdicio	Medida de Control	Frecuencia	Gravedad	Detectabilidad	IPR
Trazado y Cortado	Muda de inventario	Se manejan grandes inventarios.	Solicitan la compra de la materia prima, sin tener en consideración la necesidad real del cliente; por lo tanto, es almacenada hasta que se requiera.	No existe una medida para controlar esta muda.	3	3	2	18

Elaboración propia.

La Muda de Inventario se describe como el manejo de grandes stocks de inventarios y su causa raíz se centra en que se solicitan la compra de la materia prima, sin tener en consideración la necesidad real del cliente; por lo tanto, es almacenada hasta que se requiera. Actualmente, no existe una medida para controlar esta muda. Además, para asignarle un valor de calificación al factor “frecuencia” se tuvo en consideración que la recurrencia de esta muda es moderada y que ocurrirá algunas veces durante el proceso, para darle valor al factor “gravedad” se le calificó como moderada, debido a que el fallo puede ocasionar cierto disgusto o insatisfacción dentro del rendimiento del sistema; por último, para calificar al factor “detectabilidad” se determinó que el desperdicio es altamente detectable y puede ser controlado. Finalmente, al multiplicar los tres factores se obtiene un valor final de 18. A continuación, se describirá cada proceso con sus respectivas mudas.

Tabla 21. Matriz de AMFE parte 1

Proceso	Categoría de Muda	Descripción del defecto	Causa Raíz del Desperdicio	Medida de Control	Frecuencia	Gravedad	Detectabilidad	IPR
Trazado y Cortado	Muda de inventario	Se manejan grandes inventarios.	Solicitan la compra de la materia prima, sin tener en consideración la necesidad real del cliente; por lo tanto, es almacenada hasta que se requiera.	No existe una medida para controlar esta muda.	3	3	2	18
	Muda de movimiento	Las herramientas necesarias no se encuentran en el lugar de trabajo.	Las herramientas de corte y trazado, dependiendo del tipo de producto se encuentran en un almacén de herramientas o en otra área cumpliendo otra función.	No existe una medida para controlar esta muda.	4	5	2	40
Recocido	Muda de espera	Esta estación espera que la operación anterior termine.	El recocido de las piezas es rápido, por lo cual demora menos tiempo que trazar y cortar y en un turno se puede observar al operario esperando.	No existe una medida para controlar esta muda.	3	3	1	9
	Muda de inventario	El producto que se queda en proceso se daña por circulación innecesaria.	El producto al ser recocido rápidamente se amontona y se pierde en el área, esperando que el proceso siguiente se desocupe.	No existe una medida para controlar esta muda.	2	5	2	20

Elaboración propia.

Tabla 22. Matriz de AMFE parte 2.

Proceso	Categoría de Muda	Descripción del defecto	Causa Raíz del Desperdicio	Medida de Control	Frecuencia	Gravedad	Detectabilidad	IPR
Torneado	Muda de espera	Se demora mucho tiempo para realizar el cambio de tipo de producto.	El torneado requiere de diferentes matrices para cada tipo de producto. Puede fallar por suciedad en los engranajes y falta de lubricación.	No existe una medida para controlar esta muda.	5	5	3	45
	Muda de transporte	Las herramientas necesarias no se encuentran en el lugar de trabajo.	El personal se desplaza innecesariamente para buscar la herramienta en otra área o en el almacén general.	No existe una medida para controlar esta muda.	3	3	1	9
Pulido	Muda de espera	Este proceso toma bastante tiempo y se originan grandes colas de producto esperando a ser operado.	El pulido es el cuello de botella de la producción de todos los artículos al ser un proceso largo y tener posibles fallas por atascamiento.	No existe una medida para controlar esta muda.	5	5	2	50
	Muda de productos defectuosos	Falta de estandarización del proceso.	Cada pulidor realiza la operación de acuerdo a su experiencia y en tiempos diferentes.	No existe una medida para controlar esta muda.	5	5	2	50

Elaboración propia.

Tabla 23. Matriz de AMFE parte 3

Proceso	Categoría de Muda	Descripción del defecto	Causa Raíz del Desperdicio	Medida de Control	Frecuencia	Gravedad	Detectabilidad	IPR
Galvánica	Muda de espera	Se demora mucho tiempo para realizar el cambio de tipo de producto.	El galvanizado requiere cambiar de enjuagues cargando cilindros manualmente para cada tipo de producto.	No existe una medida para controlar esta muda.	3	3	2	18
	Muda de productos defectuosos	Falta de estandarización del proceso.	El galvanizado es operado de acuerdo al criterio de cada operador y el equipo no se encuentra en condiciones básicas de ajuste.	No existe una medida para controlar esta muda.	5	5	2	15
Pulido 2	Muda de espera	Este proceso toma bastante tiempo y se originan grandes colas de producto esperando a ser operado.	El pulido es el cuello de botella de la producción de todos los artículos por lo cual se generan colas para ser procesados.	No existe una medida para controlar esta muda.	5	4	2	40
	Muda de productos defectuosos	Falta de estandarización del proceso.	Cada pulidor realiza la operación de acuerdo a su experiencia y en tiempos diferentes.	No existe una medida para controlar esta muda.	5	4	2	40

Elaboración propia.

Tabla 24. Matriz de AMFE parte 4

Proceso	Categoría de Muda	Descripción del defecto	Causa Raíz del Desperdicio	Medida de Control	Frecuencia	Gravedad	Detectabilidad	IPR
Galvánica 2	Muda de espera	Este proceso toma bastante tiempo y se originan grandes colas de producto esperando a ser operado.	El galvanizado requiere cambiar de enjuagues cargando cilindros manualmente para cada tipo de producto.	No existe una medida para controlar esta muda.	5	3	2	30
	Muda de productos defectuosos	Falta de estandarización del proceso.	El galvanizado es operado de acuerdo al criterio de cada operador y el equipo no se encuentra en condiciones básicas de ajuste.	No existe una medida para controlar esta muda.	5	4	1	20
Soldado	Muda de productos defectuosos	Desorden en el área y falta de estandarización del proceso.	Cada soldador realiza la operación de acuerdo a su experiencia y en tiempos diferentes. Los productos soldados se amontonan en el suelo.	No existe una medida para controlar esta muda.	5	4	2	40

Elaboración propia.

Finalmente se obtiene un puntaje de impacto negativo en los procesos productivos, valores con los cuales se procederá a priorizar las mudas de mayor impacto. Posteriormente, se realizó un diagrama de Pareto para establecer y organizar las prioridades de las mudas como se muestra en la figura 13.

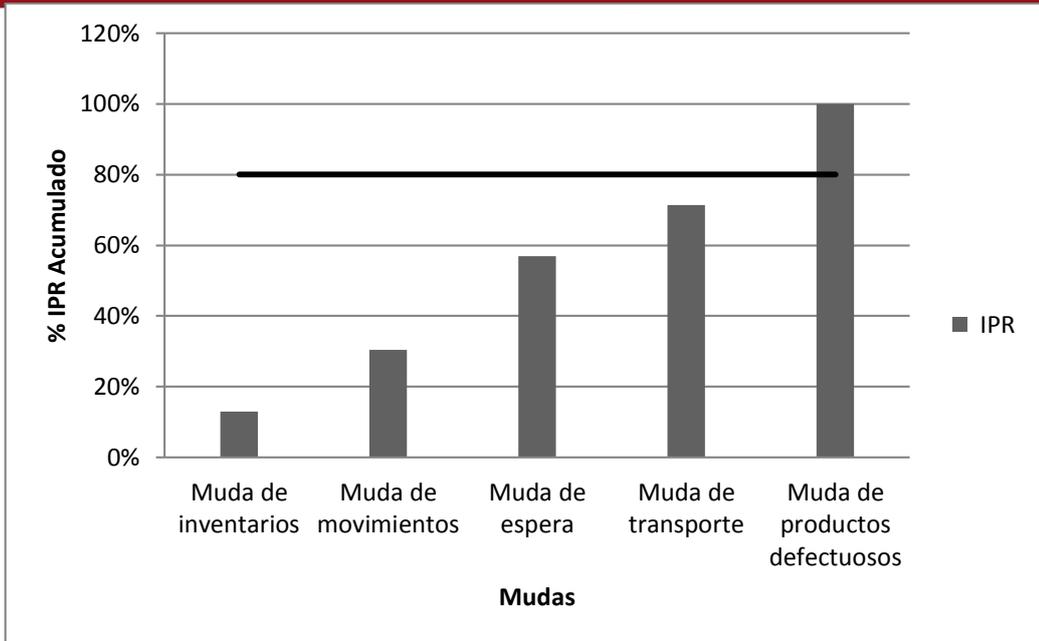


Figura 15. Diagrama de Pareto de la Priorización de Mudass.
Elaboración propia

A continuación se presentará un resumen de la mudass, su causa raíz y la herramienta de Manufactura Esbelta para su solución propuesta.

Tabla 25. Resumen de Mudass

Muda seleccionada	Causa Raíz	Herramienta Propuesta
Muda de productos defectuosos	Paros menores y <i>Breakdowns</i>	Mantenimiento Autónomo
Muda de transporte	Traslados Innecesarios	Redistribución de Plantas
Muda de espera	Tiempos de Cambio altos	SMED
Muda de movimiento	Desorden en los puestos de trabajo, sin herramientas visuales.	5S

Elaboración propia

Como se observa, las herramientas necesarias para contrarrestar las mudass de mayor impacto son 5S's, Mantenimiento Productivo Total, SMED y adicionalmente, una Redistribución de Plantas. Por lo cual, en el siguiente capítulo se propondrá una metodología para su adecuada implementación.

CAPÍTULO 4. PROPUESTA DE MEJORA

4.1 Planteamiento de objetivos.

En el capítulo 3 se determinó las métricas lean necesarias para poder evaluar la situación actual de la empresa. Adicionalmente, se utilizará datos otorgados por la empresa para medir indicadores de acuerdo a 5 pilares como lo son Seguridad, Calidad, Costos, Entrega y Moral. A continuación se presentará el cuadro resumen de los mismos.

Tabla 26. Resumen de indicadores.

Pilar	Indicador	Valor mensual promedio actual
Seguridad	Número de accidentes.	0.03 accidentes
Calidad	% productos rechazados.	6% de la producción
Entrega	% de entregas a tiempo.	50%
Costos	Yield	76%
	MTBF	86.1 min
	OEE	77%
Moral	#Propuestas de mejora (Kaizen)	0

Elaboración propia

Como se muestra en el cuadro, la empresa en estudio requiere eliminar los desperdicios que dificultan sus resultados operacionales para aumentar el porcentaje de sus indicadores. A continuación se establecerán las metas que se proponen alcanzar por cada pilar en el proceso de implementación de las mejoras, de acuerdo a los indicadores mundiales alcanzados por empresas que desarrollaron herramientas de Manufactura Esbelta como Toyota.

Tabla 27. Meta de indicadores propuestos.

Pilar	Indicador	Valor mensual promedio esperado
Seguridad	Número de accidentes.	0 accidentes
Calidad	% de productos rechazados.	0 % de la producción
Entrega	% de entregas a tiempo.	100%
Costos	Yield	97%
	OEE	85%
	MTBF	Mayor igual a 120 min
Moral	#Propuestas de mejora (Kaizen)	10 (una por cada operario)

Elaboración propia

4.2 Propuesta de implementación de las mejoras.

La propuesta de mejora consiste en aplicar la filosofía de manufactura esbelta para lograr mejorar los indicadores de la planta, la cual se iniciará dando a conocer al equipo de trabajo la nueva metodología, de tal manera que un grupo lidere la implementación de cada una de las herramientas *lean*. Posteriormente, se

comunicará los objetivos de cada herramienta de Manufactura Esbelta y se planificará la implementación, en primer lugar, de las dos primeras 2 S's, para luego continuar con la implementación de la herramienta de mantenimiento autónomo donde las siguientes 3 S's estarán incluidas. Cabe destacar que la herramienta SMED será aplicada al iniciar el paso 4 del Mantenimiento Autónomo. A continuación se presentará el plan para la implementación de cada una de las herramientas, de acuerdo a un orden propuesto.

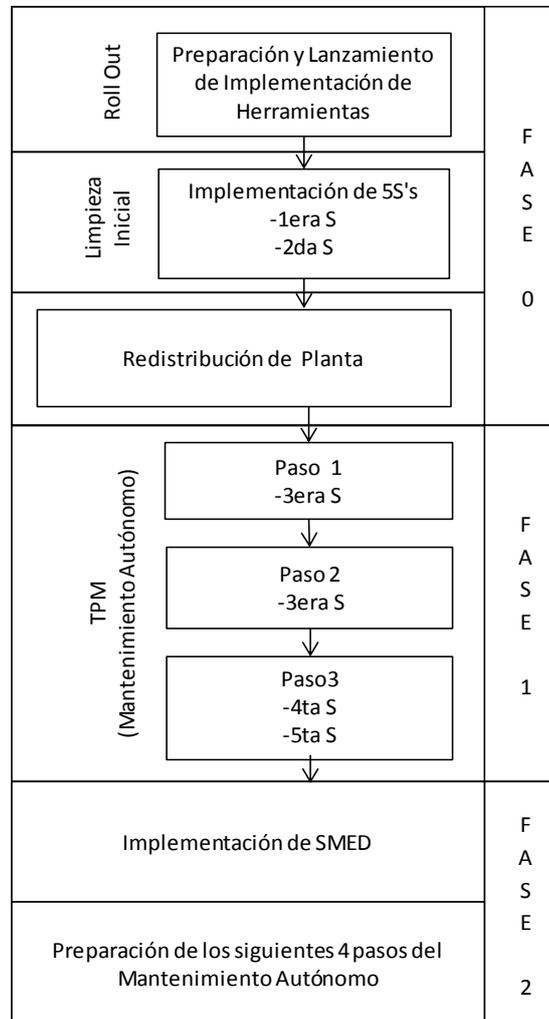


Figura 16. Plan de implementación de Herramientas.
Elaboración propia

4.2.1 Implementación de 5S's

1- Roll out

Consiste en la preparación para el lanzamiento del programa de implementación de las 5'S y Mantenimiento Autónomo que consistirá en realizar las siguientes actividades.

- Capacitación introductoria por parte de una consultora sobre las 5'S, el mantenimiento autónomo, la relación entre el Mantenimiento Autónomo y las 5S's e información sobre los objetivos que buscan lograr los líderes de planta, así como a los equipos *Lean*.
- Capacitación completa sobre las 5'S y Mantenimiento Autónomo al equipo *Lean* involucrado.
- Diseño y aprobación de plan maestro de implementación 5'S y Mantenimiento Autónomo. Se lanzará en primer lugar el programa de las 5S's mediante los siguientes puntos:

1. Identificar las zonas 5S: Cada proceso será una zona.
2. Asignar un líder y padrino a cada zona.
3. Registrar la situación actual: Tomar fotos de cada zona.
5. Aplicar 5S: Realizar una limpieza profunda inicial.

Para realizar la limpieza profunda inicial, se tomará en cuenta las siguientes labores:

- Se señalizará la zona roja.
- Se contará con las herramientas y materiales de limpieza necesarios en cantidades necesarias.
- La limpieza debe incluir los baños, alrededores, etc.
- Todo el personal debe participar.

2- Limpieza Inicial

Esta fase consistirá en aplicar las dos primeras fases de las 5S's.

1era S (Clasificar): Se mantendrá en planta solo lo necesario. A continuación se presenta un cuadro que permitirá facilitar la clasificación de los ítems hallados.

Tabla 28. Clasificación de Items.

Utilidad de los ítems	Necesarios	Innecesarios
Frecuencia de uso	Constante Ocasional Raro	No tiene un uso potencial
Acción	Guardar	Reciclar, vender, donar, transferir, desechar.

Elaboración propia

El criterio que se usará para separar lo necesario de lo innecesario es simple, de tal manera, que un objeto será necesario cuando se usa, no interesa cuánto. Asimismo, el objeto será innecesario cuando no se usa. Además, solo las personas que realizan las tareas en una zona determinarán el uso de los objetos de dicha zona, ya que solo ellas conocen cómo y con qué materiales realizan sus labores. A continuación se muestra el flujo del proceso de clasificación que deben seguir todos los ítems.

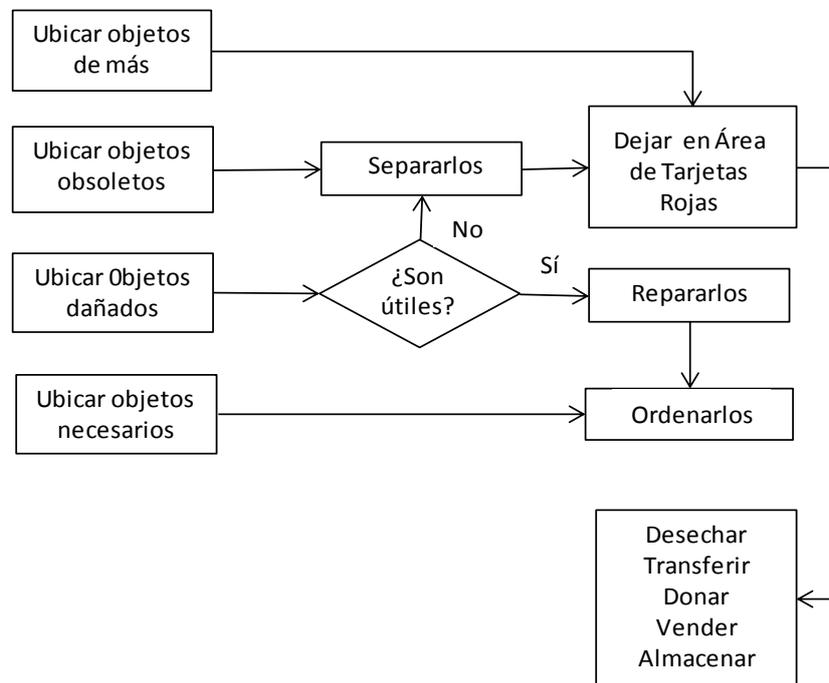


Figura 17. Flujo de Proceso de Clasificación
Elaboración propia

Como se muestra en la Figura 19, una tarjeta roja permite marcar o "denunciar" que en el sitio de trabajo existe algo innecesario y que se debe tomar una acción correctiva.

TARJETA ROJA

Área/Línea:

Emitido por:

Categoría: Materia Prima
 Inventario en proceso
 Equipo sin uso
 Producto terminado

Nombre ítem:

Razones: No necesario
 Obsoleto
 Defectuoso

Acción a tomar:

Aprobado por:

Figura 18. Tarjeta Roja
Elaboración propia

2da S (Ordenar): Después de haber clasificado los ítems, se colocará cada cosa en su lugar, es decir, se tendrá una ubicación y disposición para cada objeto y estará disponible para cuando se necesite. Se debe ordenar los elementos necesarios en el lugar exacto, de tal manera que la persona debe encontrarlo, usarlo, retirarlo y dejarlo en su sitio fácilmente. A continuación se muestra el proceso de implementación de la segunda S

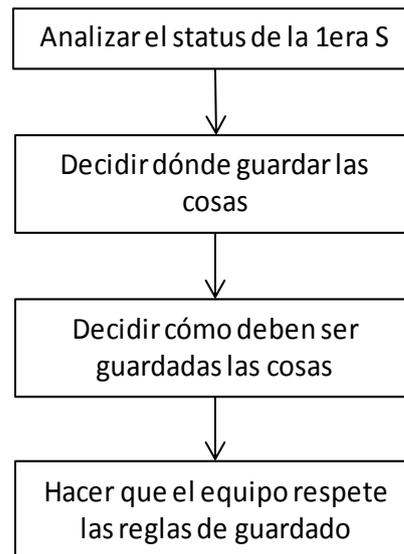


Figura 19. Proceso de implementación de la 2da S.
Elaboración propia

Se debe estudiar cómo guardar las cosas funcionalmente, es decir tomando en cuenta la calidad, seguridad, eficiencia y conservación, de tal manera que debe haber facilidad para que el producto cumpla las siguientes funciones.

1. Cualquier persona debería localizar el objeto fácilmente (autoexplicativo).
2. El objeto debe ser extraído y devuelto a su lugar de manera sencilla.
3. Se debe detectar faltantes o la persona que tiene el objeto (préstamos).

En la empresa, se utilizará, puntualmente, cuatro herramientas para implementar la segunda S:

1. Señaléticas en el piso: Se usará cinta de color amarillo para delimitar las zonas, cinta de color azul para delimitar el trabajo en proceso de cada zona y cinta de color rojo para delimitar la zona de fallados.
2. Rótulos: Se colocará nombre a todas las zonas, armarios seccionados, útiles, herramientas y equipos.
3. Espumas caladas: Se utilizará para organizar todos los útiles.
4. Cuadros de sombras: Se usará para organizar todo tipo de herramientas.

En esta parte del proceso de ordenar, se puede plantear una redistribución de la planta por procesos con respecto a la circulación de materiales, piezas y personal, utilizando los tiempos y distancias involucradas en las actividades de todos los procesos presentadas en el capítulo 2. A continuación se desarrolla la propuesta.

4.2.2 Redistribución de planta

Actualmente, la planta presenta una distribución que dificulta el flujo libre de personas, materias primas y productos en proceso. A continuación se presentará los pasos de la propuesta para una redistribución de planta.

- 1) Realizar el Diagrama de Operaciones Multiproducto (DOPm) de los cuatro productos patrones considerando el almacén de materia prima, los trece puestos de trabajo con los que opera la empresa y el almacén de productos terminados. Además, observar los volúmenes de venta de cada uno de ellos.

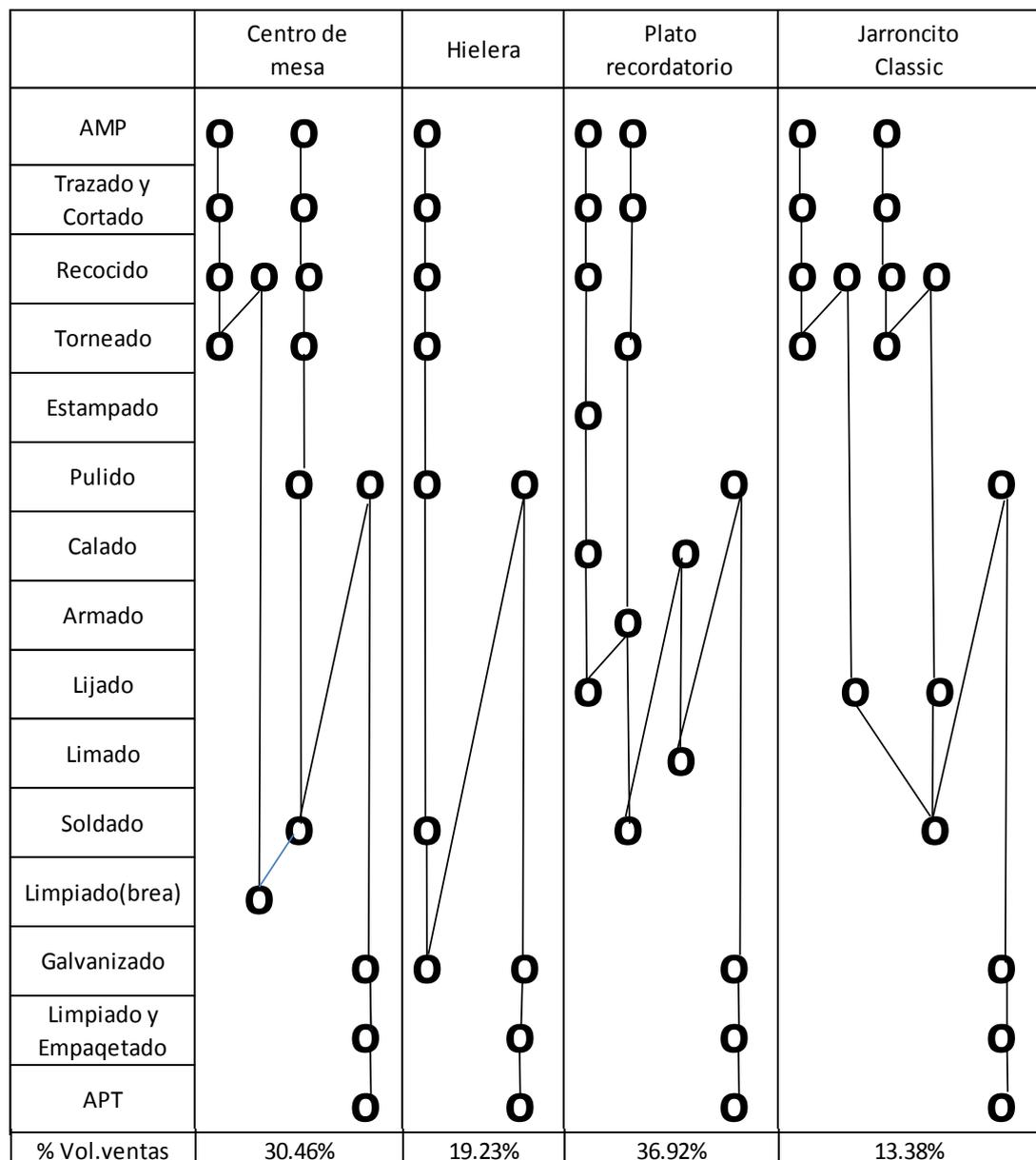


Figura 20. DOPm de la empresa.
Elaboración propia

2) A partir del DOPm y con los datos de volúmenes de ventas, se realiza el gráfico de trayectorias (GT) considerando todos los puestos.

	AMP	Tra/Cor	Rec.	Tor.	Est.	Pul.	Cal.	Arm.	Lij.	Lim.	Sol.	Limp.	Gal.	Lim/Emp	APT
AMP		180.75													
Tra/Cor			143.83	36.92											
Rec.				106.91	36.92				26.76			30.46			
Tor.			57.22			49.69		36.92							
Est.							36.92								
Pul.											49.69		99.99		
Cal.									36.92	36.92					
Arm.											36.92				
Lij.								36.92			26.76				
Lim.						36.92									
Sol.						43.84	36.92						19.23		
Limp.											30.46				
Gal.						19.23								99.99	
Lim/Emp															99.99
APT															

Figura 21. Gráfico de Trayectoria de la empresa.
Elaboración propia

- 4) Con la ayuda de esta información se podrá cambiar del TRA de números al TRA de letras reemplazando los valores de la Tabla de Relaciones. En esta tabla se colocó los valores obtenidos en TRA de números de manera decreciente y le asignó a cada valor un tipo de relación, de acuerdo al valor obtenido, donde la relación A es muy necesaria y la relación U es despreciable.

Tabla 29. Tabla de Relaciones

Valor	Frecuencia	Relación
180.75	1	A
164.13	1	A
143.83	1	A
99.99	3	E
93.53	1	E
46.69	1	I
36.92	11	O
30.46	2	O
26.76	2	O
19.23	1	U

Elaboración propia

Posteriormente, se pudo reemplazar los números del TRA de números al TRA de letras como se muestra en la figura 24.

- 5) A partir de la Tabla Relacional de Actividades se podrá realizar el diagrama relacional de actividades de las distintas zonas de trabajo como se muestra a continuación. Finalmente en la figura 25 se puede ver el layout final.

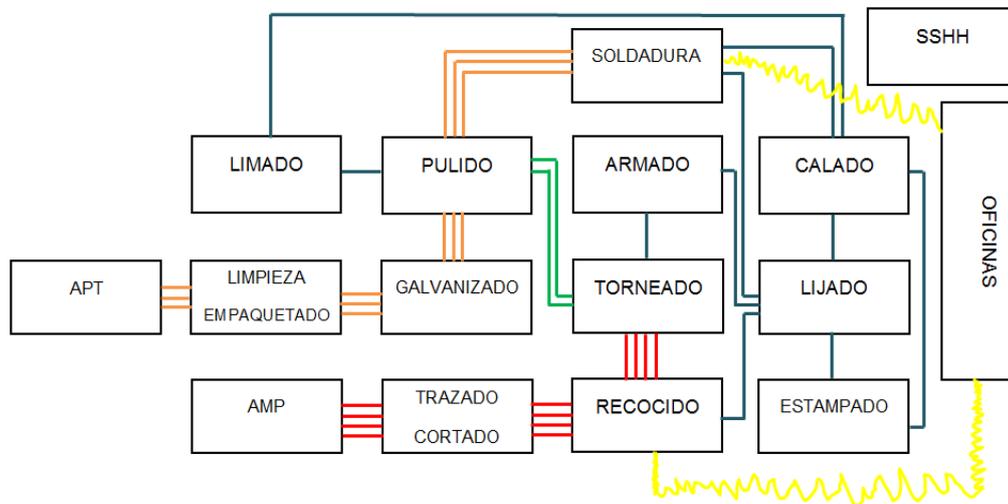
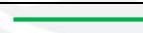


Figura 24. Diagrama Relacional de Actividades
Elaboración propia

Tabla 30. Leyenda

Leyenda	
	Grado A
	Grado E
	Grado I
	Grado O
	Grado X

Elaboración propia

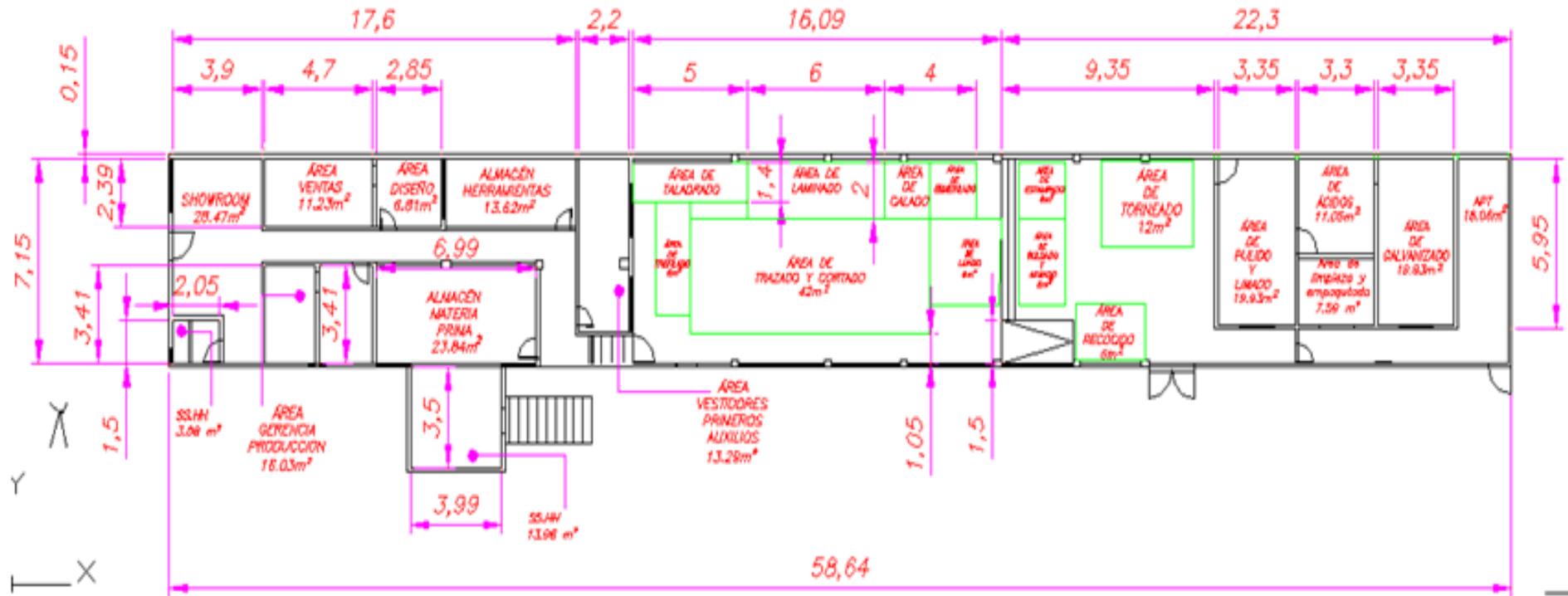


Figura 25. Layout final
 Elaboración propia

4.2.3 Implementación de Mantenimiento Productivo Total

La implementación de esta herramienta se realizará en la Fase 1 en 3 pasos e incluirá en su desarrollo a las 3S's restantes, de tal manera que ambas herramientas puedan realizar sinergia y causen un mejor impacto en su implementación. A continuación, se desarrollará el plan de cada uno de los pasos del Mantenimiento Productivo Total.

Paso 1: Limpieza con Inspección: Consistirá en iniciar el proceso de implementación del Mantenimiento Productivo Total, el cual incluye el desarrollo de la 3era S.

3ra S (Limpiar): Significa eliminar del lugar de trabajo el polvo, suciedad y todo lo que no debe estar allí, manteniendo las cosas en las mejores condiciones posibles con un constante control y cuidado. Seiso implica inspeccionar el equipo durante el proceso de limpieza, de tal manera que se identifican problemas de fugas, solturas, es decir, cualquier tipo de anormalidad o anomalía existente en el sistema productivo.

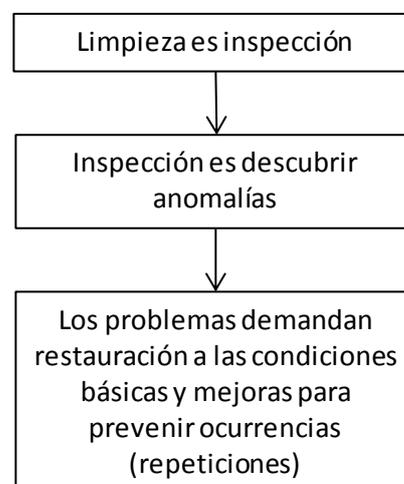


Figura 26. Proceso de implementación de la 2da S.
Elaboración propia

A continuación se presentará las anormalidades o anomalías que se pueden encontrar, al ordenar las cosas, clasificadas en siete tipos:

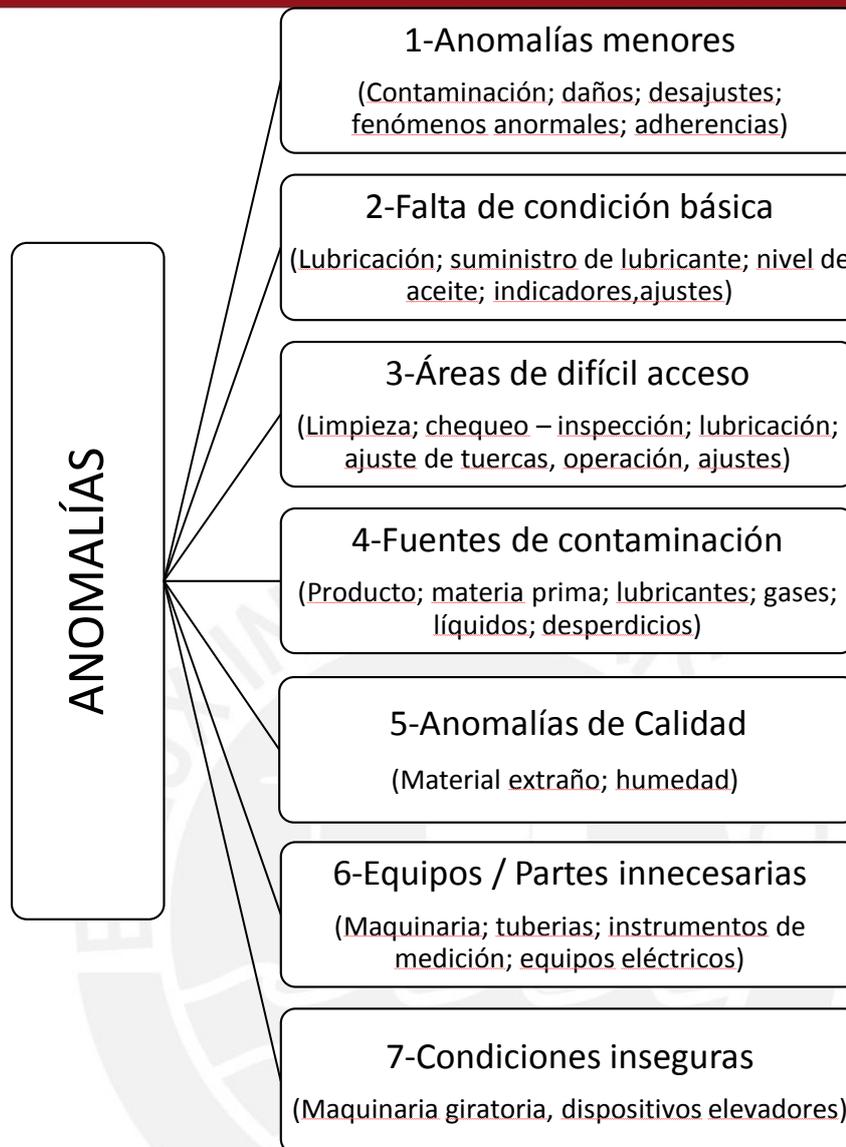


Figura 27. Clasificación de anomalías.
Elaboración propia

Para realizar el Paso 1 con éxito, se tendrá en cuenta las siguientes actividades:

1. Entrenamiento en el paso 1: Implica la enseñanza de las herramientas de Mantenimiento Autónomo como las Lecciones de un Punto (LUP), los Análisis de Riesgo Potencial (ARP) y los Mapas de Seguridad.
2. Elaboración de Mapas de Seguridad y ARPs: Se realizará un mapa de seguridad de toda la planta donde se pueda identificar los puntos de evacuación y los riesgos potenciales, que a su vez, se identificarán en los ARPs de cada proceso.
3. Elaboración del estándar de limpieza CI (*Clean and Inspection*): Estos estándares se elaborarán con el fin de identificar los puntos críticos de limpieza y ajuste de las máquinas y equipos en cada proceso.

4. Ejecución y toma de los tiempos estándar: La ejecución de los estándares de limpieza se realizará durante 4 horas a la semana, tiempo en el cual todos los operarios tendrán oportunidad de realizar LUPs y reportar anomalías.
5. Implementación de Kaizen (Mejoras): Los operarios presentarán sugerencias de mejora que impacten en seguridad, calidad y reducción de tiempos de limpieza.
6. Presentación de resultados: Es imprescindible que el personal sea evaluado mediante una auditoría que demuestre su aprendizaje del paso y los objetivos alcanzados. Este paso se enfoca principalmente en crear una cultura de aprendizaje.

A continuación se presenta el flujo de implementación del PASO 1 del Mantenimiento Autónomo.

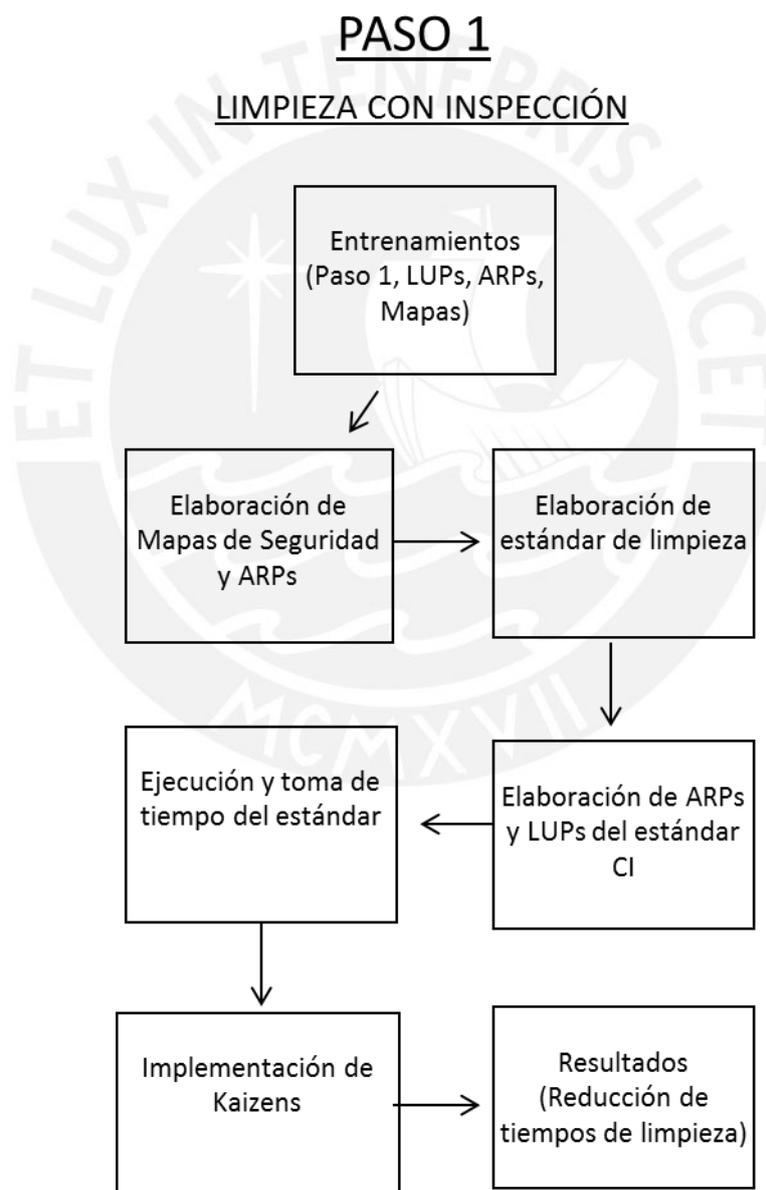


Figura 28. Proceso de implementación del Paso 1.
Elaboración propia.

Posteriormente, se realizará el plan de desarrollo del Paso 2 del Mantenimiento Autónomo.

Paso 2: Eliminación de Fuentes de Contaminación y Áreas de Difícil Acceso

Considera la eliminación de las anomalías tipo 3 y 4, para ello se tendrá en consideración las siguientes actividades.

1. Entrenamiento en el paso 2 y herramientas de análisis: El paso 2 está direccionado a eliminar o contener las fuentes de contaminación; así como eliminar o facilitar las áreas de difícil acceso con el fin de reducir los tiempos de ajuste e inspección. Por ende, las herramientas de análisis contribuirán a encontrar la causa raíz de estas anomalías y partir de allí, su mejor solución.
2. Identificación de fuentes de contaminación y áreas de difícil acceso: La identificación se realizará mediante el reporte de tarjetas de anomalías en un mes.
3. Priorización de fuentes de contaminación y áreas de difícil acceso: Se realizará mediante una matriz de factores que considere la probabilidad de ocurrencia y gravedad. Posteriormente, gracias a los puntajes obtenidos en la matriz se realizará un diagrama de Pareto donde se priorice las principales anomalías tipo 3 y tipo 4.
4. Análisis de fuentes de contaminación y áreas de difícil acceso: Las anomalías priorizadas se diagnosticarán mediante herramientas como los Principios de Trabajo que buscan solucionar las condiciones básicas de los equipos y los Análisis Causa Raíz que buscan solucionar mediante Kaizen las anomalías de los equipos.
5. Implementación de mejoras: Se presentarán soluciones para eliminar o contener las fuentes de contaminación y eliminar o facilitar las áreas de difícil acceso.
6. Presentación de resultados: Se realizará una auditoría donde se mostrará con un sustento la disminución de los tiempos de limpieza.

La cuantificación de los resultados se realizará mediante el estándar *Clean & Inspection* en el cual se tiene como objetivo reducir los tiempos de inspección en 50%.

A continuación se presenta el flujo de implementación del PASO 2 del Mantenimiento Autónomo.

PASO 2

ELIMINACIÓN DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN Y ÁREAS INACCESIBLES

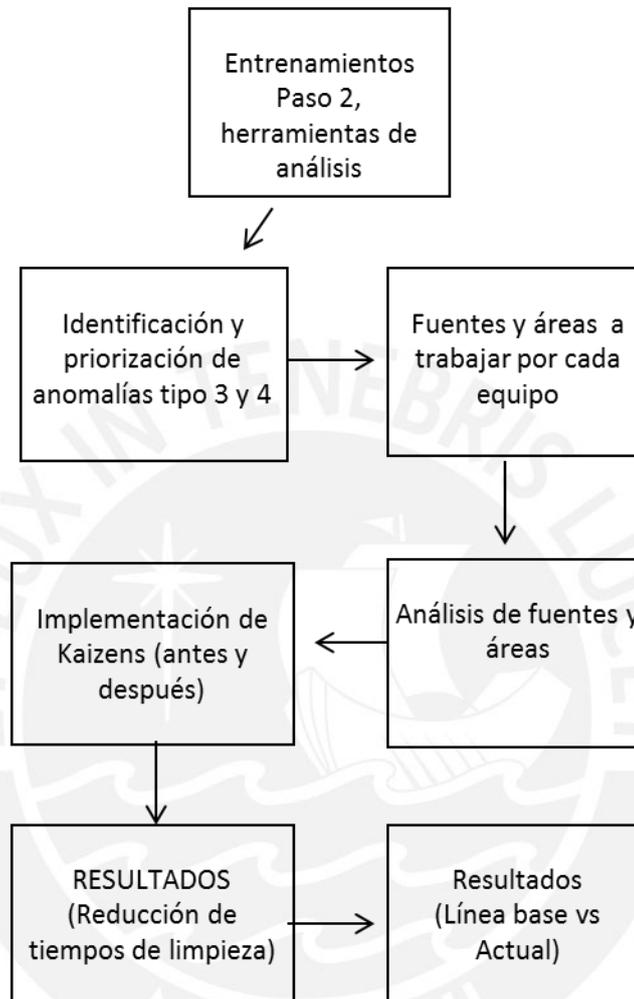


Figura 29. Proceso de implementación del Paso 2.
Elaboración propia.

En la implementación del Paso 2, se utilizarán herramientas de análisis las cuales son Principios de trabajo y Análisis Causa Raíz, los cuales nos ayudarán a solucionar las anomalías tipo 3 y tipo 4.

El principio de trabajo, que se muestra en la figura 30, facilita la identificación de condiciones anormales, ya que al utilizar este formato se puede describir paso a paso la actividad en la cual aparece la anomalía, teniendo en consideración las condiciones ideales para realizar dicha actividad, de tal manera que se identifica la falta de alguna condición básica según cuatro parámetros: mano de obra, materiales, método y máquina. Finalmente, se brinda una solución que permita que la operación trabaje bajo condiciones ideales; sin embargo, si no se pudiera eliminar o contener la anomalía con la ayuda de esta herramienta, se deberá utilizar el formato de Análisis Causa Raíz que se muestra en la figura 32.

		Formato: Principios de Trabajo y Hoja de Parámetros				Código		
						Fecha	10/09/2015	
						Revisión	0	
Problema:	Linea:	Equipo:	Nombre:	Líder:	Gte de Area:			
			Fecha:	Fecha:	Fecha:			
Principios								
Dibujo 1: Principios de Trabajo				Dibujo 2: Detalle de componentes y mecanismos				
Principios de trabajo:			Estado ideal o de diseño (Parámetros)					
			Mano de obra		Materiales		Método	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								

Figura 30. Principio de trabajo.
Elaboración propia.

Un Análisis Causa Raíz sirve para encontrar solución a las anomalías que no pueden ser resueltas fácilmente, de tal manera que está seccionado en seis partes. En primer lugar, se describe la información general de la anomalía. En segundo lugar, se hace un análisis que incluye la descripción del problema a través de 5 preguntas: qué, dónde, quién, cuáles, cuándo y cómo. En tercer lugar, se realiza un Diagrama de Causa Efecto o Espina de Pesado. En cuarto lugar, se realiza un análisis de 5 Por qué. Finalmente, una vez identificadas las causas raíces, se colocan las acciones correctivas y preventivas asignando responsables para que se elimine o contenga la anomalía.

Para continuar con la implementación del Mantenimiento Autónomo, se realizará el plan de desarrollo del Paso 3.

Paso 3: Establecimiento de Estándares de Limpieza, Ajuste y Lubricación.

Este paso tiene como objetivos mantener las condiciones básicas de las máquinas, eliminar su deterioro forzado y disminuir los paros menores. Para realizar con éxito este paso será necesario tener en cuenta lo que significa las últimas 2S's.

4ta S (Estandarizar): Consiste en crear un modo consistente de la realización de tareas y procedimientos, con el fin de mantener los logros alcanzados en la aplicación de las 3 primeras S.

5ta S (Disciplina): Se trata de convertir en hábito el uso de los métodos estandarizados para el orden y la limpieza del lugar de trabajo.

A continuación se explicará las actividades que requiere el Paso 3.

1. Entrenamiento en el paso 3 y módulo de lubricación: Es necesario que los operarios aprendan sobre los tipos de lubricantes y su correcto uso según su aplicación ya que los lubricantes previenen el deterioro forzado.
2. Identificación de puntos críticos de inspección: Se determinarán los componentes que son necesarios de inspeccionar, ajustar y lubricar.
3. Creación de estándar CIL (*Clean, Inspection and Lubrication*): Se elaborará el estándar tomando a la máquina como un gran sistema, de tal manera que se partirá subsistemas y en cada uno de estos se ubicará los puntos críticos evaluados anteriormente. Después, se realizará el cronograma de seguimiento del estándar.
4. Seguimiento a la corrida del estándar CIL: El seguimiento se realizará diariamente, balanceando el tiempo de las actividades mensualmente.
5. Implementación de controles visuales: Es necesario colocar controles visuales a cada punto crítico para que su inspección en la corrida del estándar CIL sea rápida.
6. Implementación de mejoras: Los operarios propondrán sugerencias para disminuir el tiempo del estándar CIL.
7. Presentación de resultados: El personal será evaluado y se determinará si las máquinas y equipos se encuentran en condiciones básicas, así como si hubo una considerable reducción de paros menores y mayores.
8. Culminación de la fase 1.

La cuantificación de los resultados se realizará mediante el estándar *Clean Inspection & Lubrication* en el cual se tiene como objetivo reducir los tiempos de inspección en 80%.

A continuación se presenta el flujo de implementación del PASO 3 del Mantenimiento Autónomo.

PASO 3

ESTABLECER ESTÁNDARES DE LIMPIEZA, AJUSTE Y LUBRICACIÓN

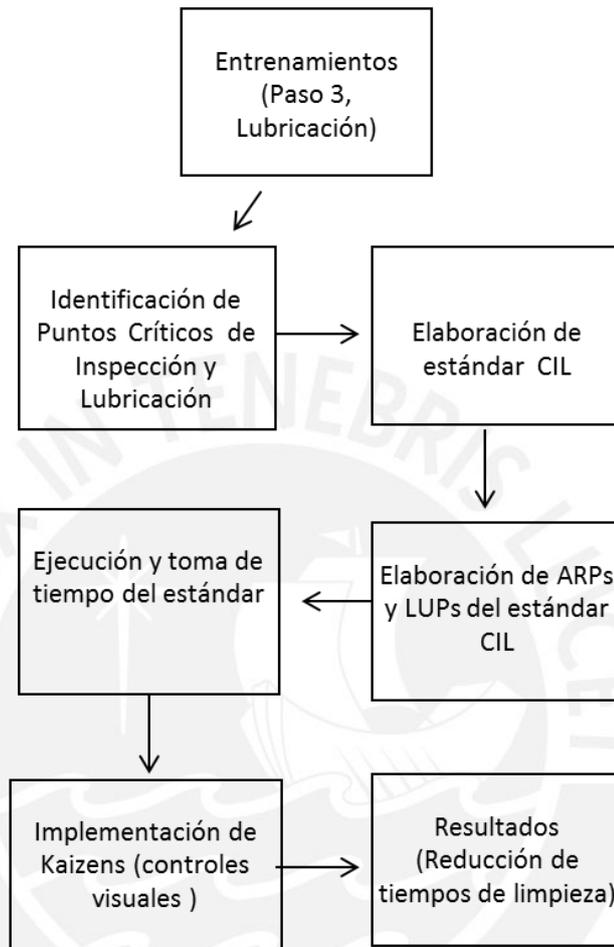


Figura 32. Proceso de implementación del Paso 3.
Elaboración propia.

Para realizar el estándar CIL se requiere conocer los puntos críticos de la máquina y ordenarlos en un estándar, mediante el cual se pueda realizar inspecciones todos los días, de tal manera que las acciones de mejora se concentrarán en reducir el tiempo de las inspecciones del día en el cual el tiempo sea mayor dentro de una semana. A continuación se muestra el estándar CIL del horno en la figura 34.

				Equipo: TORNO			Revisado: Responsable:
#	Tipo	Maq. Parada (P) o Corriendo (C)	Componente	Estándar de Inspección	Método	Acción en caso de anomalía	Herramient
1. SISTEMA ENTRADA DEL HORNO							
1.1		P	Engranajes	Lubricado		Lubricar dos puntos de lubricación con grasa NLGI 2 P/ALTA TEMPERATURA PEERLES LLG (grado 2) y aplicar 5-10 bombazos.	
2. SISTEMA DE ALINEAMIENTO DE LA BANDA METÁLICA DE ENTRADA DEL HORNO							
2.1		C	Palanca de embrague	Cables sin daños.		Verificar visualmente que se encuentre en funcionamiento .	
2.2		P	Tornillo guía	Limpio. Sin desgaste.		Reportar desgaste.	
3. SUBSISTEMA DE ARRASTRE-UNIDAD MOTRIZ							
3.1		P	Cabezal móvil	Lubricada		Lubricar los 4 puntos con aceite ADDINOL CHAIN LUBE XHT 250 para altas temperaturas con 16 gatillazos.	
3.2		P	Manivela del carro	Limpia. Fijado firmemente.		Limpiar con trapo seco. Ajustar con llave mixta.	
3.3		P	Carril	Lubricado.		Reportar nivel de aceite en el visor sea el adecuado.	
3.4		C	Manivela de avance transversal	Limpia. Cables sin daños.		Verificar visualmente que se encuentre en funcionamiento e inspeccionar que el cable esté sin daños.	
3.5		P	Bancada	Lubricados		Lubricar con grasa NLGI 2 P/ALTA TEMPERATURA PEERLES LLG (grado 2) con dos gatillazos.	
5.2		P	Manivela de contrapunto	Limpia y ajustada		Inyectar grasa NLGI 2 P/ALTA TEMPERATURA PEERLES LLG (grado 2) con 4 gatillazos	
4. SISTEMA BANDA DE ENFRIAMIENTO (Posición 1, 2, 3)							
6.1		P	Cadenas	Lubricadas		Lubricar con aceite ADDINOL CHAIN LUBE XHT 250 .	

4.2.4 Implementación de SMED

La herramienta SMED se implementará al iniciar el PASO 4 del Mantenimiento Productivo Total. En la familia elegida, se observan dos tiempos de cambio: tiempo en el torno y la pulidora; sin embargo no se analizará el tiempo de cambio de la pulidora, debido a que este se reducirá solo con la implementación de las 5S. Por otro lado, el tiempo de cambio de torno es más complejo, por lo cual se analizará a través de los siguientes pasos.

- Identificar el cambio crítico

Para este caso en particular, se realizará el estudio del cambio de producto en el torno.

- Observar y documentar la situación actual

En la situación actual, se generan grandes colas en esta estación debido a que el cambio de producto es variable, según la demanda, y no se encuentra estandarizado, de tal manera que cada operario maneja la máquina de acuerdo a su criterio.

- Separar actividades externas de internas.

Para realizar este paso, se necesitó crear un checklist, mediante el cual se identifican las actividades que se realizan antes, durante y después del cambio, de tal manera que es más sencillo identificar si la operación es interna o externa. Posteriormente se midió el tiempo de cada actividad.

- Convertir actividades internas en externas.

El siguiente paso es identificar la manera de convertir actividades internas en externas; por ejemplo, traer el molde y las herramientas es una actividad que la puede realizar otro operario que este desocupado, de tal manera que se realice antes del cambio. Otro ejemplo, es cambiar el orden de las actividades para que el operario no tenga tiempos ociosos.

- Simplificar las actividades externas.

Luego de analizar y mejorar el flujo de actividades en el cambio, y convertir actividades internas en externas, se procede a disminuir el tiempo de las actividades externas. Por ejemplo, se puede disminuir los traslados para traer las herramientas y moldes, colocando los moldes y herramientas más usados cerca al área. Además se pueden colocar controles visuales para identificar las herramientas que cada cambio de producto.

- Simplificar las actividades internas.

Para disminuir las actividades internas se debe facilitar el ajuste y calibración de las partes del torno con controles visuales como líneas testigo.

- Documentar y estandarizar.

Se debe garantizar que los documentos se encuentren vigentes con el fin de mantener las mejoras y encontrar nuevas oportunidades.

A continuación se muestra el checklist actual para el cambio de producto en el turno.

CHECKLIST PARA CAMBIOS DE PRODUCTO									
De:	Hielera	Jarron	Plato	Centro	Otro	Fecha			
A:	Jarron	Plato	Centro	Hielera	Otro				
Maquinista						Turno	1	2	3
						Inicio			
Supervisor						Fin			
*Marcar con un aspa (x) dentro del recuadro si la actividad es interna o externa.									
Antes						Externa	Interna	Tiempo (min)	
Elegir herramientas						x		0.5	
Identificar el molde						x		0.25	
Durante							x		
Traer molde y herramientas						x		5	
Poner los rodillos a mínima velocidad							x	1	
Sopletear superficie							x	2	
Raspar							x	1	
Limpiar las cuchillas con paño seco							x	2	
Raspar por segunda vez							x	1	
Sopletear el carril							x	2	
Colocar molde							x	7	
Ajustar molde							x	3	
Posicionar cuchillas							x	5	
Posicionar husillo							x	1	
Después									
Limpieza de herramientas de trabajo						x		5	
Devolver herramientas						x		5	
Transportar molde del producto anterior al almacén						x		5	
Observaciones:						Total (min)	45.75		

Figura 34. Checklist actual de Cambio de Producto
Elaboración propia.

Posteriormente se muestra el checklist propuesto, el cual alcanza un 70% de reducción en el tiempo de cambio.

CHECKLIST PARA CAMBIOS DE PRODUCTO									
De:	Hielera	Jarron	Plato	Centro	Otro	Fecha			
A:	Jarron	Plato	Centro	Hielera	Otro				
Maquinista						Turno	1	2	3
						Inicio			
Supervisor						Fin			
*Marcar con un aspa (x) dentro del recuadro si la actividad es interna o externa.									
Antes						Externa	Interna	Tiempo (min)	
Elegir herramientas						x		0.1	
Identificar el molde						x		0.1	
Durante							x		
Traer molde y herramientas						x		0.1	
Poner los rodillos a mínima velocidad							x	1	
Sopletear superficie							x	1	
Raspar							x	1	
Limpiar las cuchillas con paño seco							x	2	
Raspar por segunda vez							x	1	
Sopletear el carril							x	1	
Colocar molde							x	1	
Ajustar molde							x	1.5	
Posicionar cuchillas							x	1.5	
Posicionar husillo							x	1	
Después									
Limpieza de herramientas de trabajo						x		1.2	
Devolver herramientas						x		0.1	
Transportar molde del producto anterior al almacén						x		0.1	
Observaciones:						Total (min)	13.7		

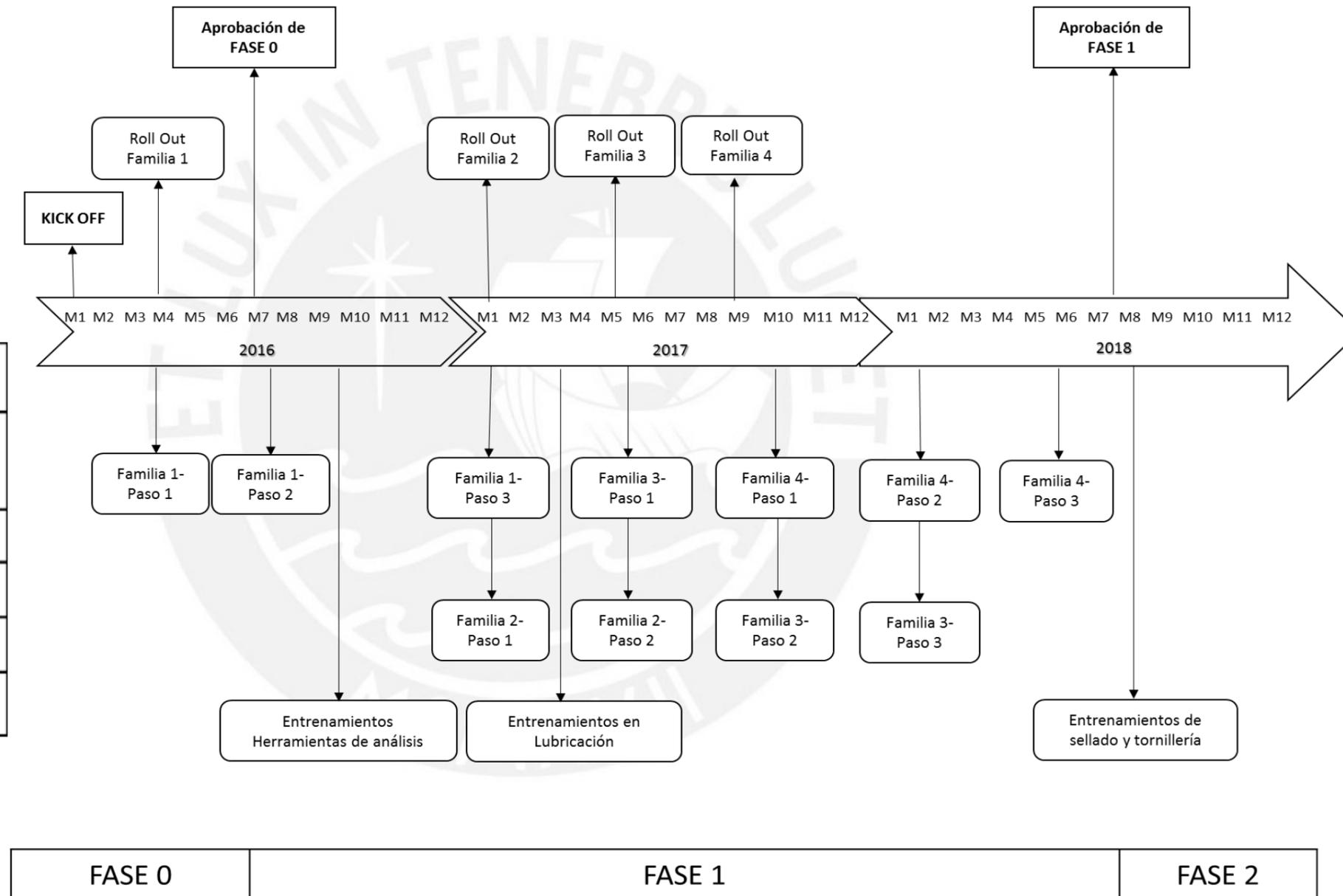
Figura 35. Checklist de Cambio de Producto
Elaboración propia.

4.2.5 Cronograma de Implementación de herramientas

A continuación se presentará el cronograma de implementación de herramientas. Es importante señalar que se realizará paso a paso la implementación de la propuesta presentada por cada familia, ya que las condiciones de operación para cada familia es diferente.

LÍNEA DEL TIEMPO DE IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS

Línea Base 2015		
S	# de accidentes	0.03
Q	# de Defectos	6%
D	% Entrega	50%
C	Yield	76%
	OEE	77%



4.2.6 Control y seguimiento de las mejoras realizadas

Se realizará un seguimiento al programa de mejora continua, mediante un tablero basado en el ciclo de Deming que se designará a cada familia, en el cual se verificará indicadores de acuerdo a cinco pilares como Seguridad, Calidad, Costos, Entrega y Moral.

En el pilar de Seguridad se controlará tres indicadores como lo son los Días sin Accidentes, Cantidad de SOC reportados y número de Casi Accidentes Reportados. Luego, en el pilar de Calidad se inspeccionará la Merma de Producto en kilogramos, el Número de Productos Defectuosos y el % de BPM (Buenas Prácticas de Manufactura) mediante rondas diarias. Además, en el pilar de Costos se realizará seguimiento a los indicadores como el *Yield* (Rendimiento de Materiales), los Paros Menores y el MTBF (Tiempo Libre de Fallas). Por otro lado, en el pilar de Entrega se monitoreará el OEE u GE (Eficiencia Global), el Volumen de Producción Mensual y el número de Breakdowns (Paros Mayores). Por último, en el pilar de Moral se controlará el número de Anomalías Reportadas vs Solucionadas, el Cumplimiento del Estándar CIL y el ratio de LUP y Kaizen.

Además, es importante resaltar que por cada indicador que se encuentre por debajo del objetivo se colocará una acción con un plazo de cumplimiento y un responsable con el fin de eliminar las barreras que dificulten la mejora.

Tablero de Gestión de Indicadores

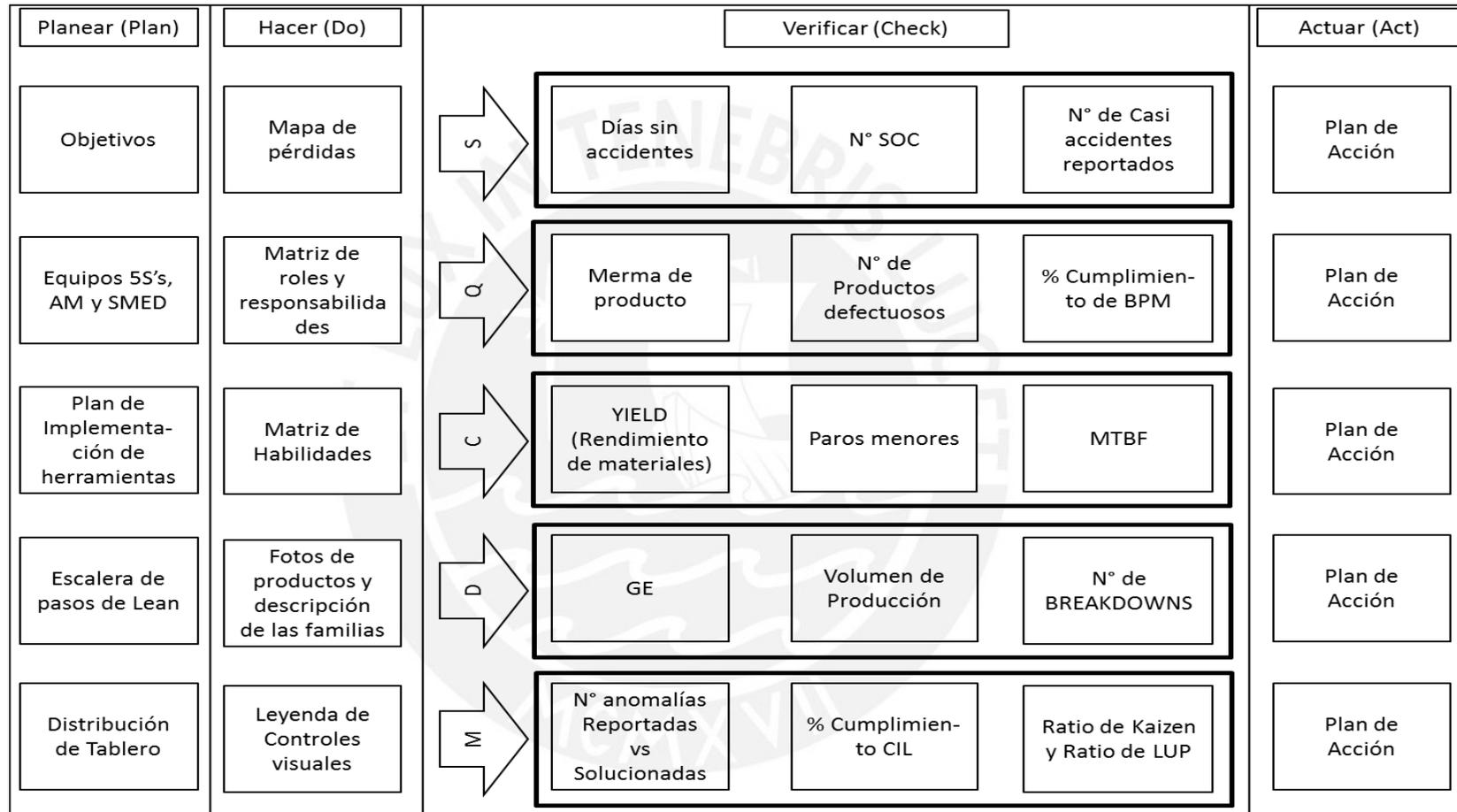


Figura 37. Cronograma de implementación de herramientas.
Elaboración propia

Tabla 31. Planes de Acción.

Dificultad	Plan de Acción
-Resistencia del personal a ser capacitado.	Comunicación de los objetivos de la metodología al personal, enfocando las capacitaciones como un beneficio mutuo entre la empresa y el trabajador.
-Resistencia al cambio.	Implementación de un programa de incentivos, de tal manera que se logre vencer el miedo al cambio generando un espíritu de competitividad.
-Metodología difícil de seguir o implementar.	Soporte constante en la implementación de mejoras, de tal manera que el personal pueda consultar sus dudas.
-Limitaciones en la disposición de maquinaria.	Adecuación de la metodología a las condiciones actuales de la distribución de planta.
-Falta de presupuesto	Priorización de implementación de herramientas. En primer lugar realizar 5Ss; en segundo lugar, TPM y en tercer lugar SMED.
-Dificultad en el seguimiento a indicadores	Asignación del seguimiento de las variables del tablero de control de indicadores a cada operario, de tal manera que cada uno se hace responsable de una variable.

Elaboración propia

Finalmente, se requerirá una evaluación económica de la propuesta de mejora, la cual se desarrollará en el siguiente capítulo. Es importante resaltar, que una vez se manejen estas dificultades, la evaluación económica se desarrollará solo en base al resultado de indicadores.

CAPÍTULO 5. EVALUACIÓN DE IMPACTO ECONÓMICO

Después de la presentación de la propuesta de mejora mediante la implementación de las herramientas de Manufactura Esbelta, se procederá a realizar el análisis del impacto económico para determinar su viabilidad. Para ello se presentará los costos en los que se incurrirá por cada una de las herramientas, así como, el ahorro generado por las mismas. Es importante resaltar, que la inversión en capacitaciones a todo el personal, desde el Gerente de Producción hasta el operario es fundamental para el éxito de esta propuesta; por ende, el personal requerirá tiempo para su asistencia a las capacitaciones. Posteriormente, se presentará la rentabilidad de la propuesta, de acuerdo a los indicadores alcanzados.

5.1 Costo de implementación de mejoras

5.1.1 Costo de implementación de las 5S's y redistribución

A continuación se muestra los costos necesarios para la implementación de 5S's.

Tabla 32. Costos 5S's.

Costos 5S's	S/.
Capacitación: Filosofía y herramientas de Manufactura Esbelta	S/. 1,101.92
Capacitación: Metodología de Implementación de las 5S's y TPM	S/. 826.44
Implementación de las 5S's	S/. 2,203.85
Materiales de la Implementación de las 5S's	S/. 412.00
Implementación de la Redistribución de planta	S/. 1,730.77
Materiales de la Redistribución de planta	S/. 2,105.00
Costo Total	S/. 8,379.98

Elaboración propia.

En suma, el costo total de la implementación de ambas herramientas tendrá un costo de S/. 8,379.98. Para mayor información ver anexos.

5.1.2 Costo de implementación del TPM

A continuación se muestra los costos necesarios para la implementación de TPM.

Tabla 33. Costos TPM.

Costos TPM	S/.
Capacitación TPM: Implementación de Mantenimiento Autónomo	S/. 1,101.92
Materiales de la Implementación de TPM	S/. 945.00
Auditorias de Mantenimiento Autónomo	S/. 1,588.46
Capacitación Paso 1: Limpieza con Inspección	S/. 1,132.69
Capacitación Paso 2: Herramientas de Análisis	S/. 1,588.46
Capacitación Paso 3: Lubricación	S/. 1,132.69
Costo Total	S/. 7,489.23

Elaboración propia.

En conclusión, el costo total de la implementación de esta herramienta tendrá un costo de S/. 7,489.23. Para mayor información ver anexos.

5.1.3 Costo de implementación de SMED

A continuación se muestra los costos necesarios para la la implementación de TPM.

Tabla 34. Costos SMED.

Costos SMED	S/.
Capacitación : Implementación de SMED	S/. 1,101.92
Capacitación: Importancia de la herramienta SMED	S/. 1,101.92
Materiales de la Implementación de SMED	S/. 240.00
Costo Total	S/. 2,443.85

Elaboración propia.

En suma, el costo total de la implementación de esta herramienta tendrá un costo de S/.3,870.77. Para mayor información ver anexos.

5.2 Ahorro generado por la implementación de mejoras

El Ahorro generado por la implementación de herramientas, se expondrá de acuerdo a tres escenarios posibles, considerando el porcentaje de reducción de los siguientes indicadores para cada una de las herramientas. A continuación se muestra los porcentajes de reducción de indicadores de acuerdo a cada escenario.

Tabla 35. Porcentaje de reducción de indicadores

	% Reducción de tiempos de limpieza	% Reducción traslados	% Reducción de <i>Breakdowns</i>	% Reducción de paros menores	% Reducción de tiempo de cambio
Escenario optimista	90%	70%	90%	80%	80%
Escenario normal	80%	60%	80%	70%	70%
Escenario pesimista	70%	50%	70%	60%	60%

Elaboración propia.

Es importante resaltar que cada escenario está definido de la siguiente manera.

- Escenario normal: Considera la correcta realización de la implementación de las 5S's, Mantenimiento Autónomo y SMED. Estos objetivos se encuentran de acuerdo a los objetivos de Toyota, excepto la reducción de traslados, ya que este último se determinó con los cálculos obtenidos en la Redistribución de Plantas.
- Escenario pesimista: Se realiza la implementación de mejoras, teniendo en cuenta dificultades como la falta de compromiso y la falta de organización. Este objetivo se determinó realizando una disminución del 10% para cada uno de los factores, ya que estos son los valores que definen el límite de la rentabilidad de la solución propuesta.
- Escenario optimista: Considera la implementación de mejoras con un compromiso total por parte de todos los empleados, lo que significa la superación de objetivos y creación de una cultura de mejora continua arraigada en la empresa. Se determinó estos objetivos aumentando el mismo porcentaje que se disminuyó para obtener el escenario pesimista.

5.2.1 Ahorro generado por implementación de las 5S's y la distribución de plantas.

Mediante la implementación de 5'S, el personal estará capacitado para realizar la limpieza de equipos de forma efectiva. Es así que se genera un ahorro en el tiempo de limpieza de equipos, debido a la reducción de tiempos en limpieza en cada etapa de la implementación de las 5S's. A continuación se muestra el ahorro obtenido.

Tabla 36. Ahorro por reducción de tiempos de limpieza (Paso 1).

Limpieza con inspección	Tiempo usado (h)	Tiempo propuesto (h)	Diferencia (h)	S./h (operarios)	Ahorro	Ahorro Total
Optimista	8	4	4	S/. 3.85	S/. 15.38	S/. 200.00
Normal	8	4.8	3.2	S/. 3.85	S/. 12.31	S/. 160.00
Pesimista	8	5.6	2.4	S/. 3.85	S/. 9.23	S/. 120.00

Elaboración propia.

Además, mediante la redistribución de plantas, el personal disminuirá la muda de transporte, de tal manera que se generará un ahorro en el tiempo de traslados durante la producción. A continuación se muestra el ahorro generado.

Tabla 37. Ahorro por reducción de traslados.

Ahorro por traslados	Tiempo usado (h)	Tiempo propuesto (h)	Diferencia (h)	S./h (operarios)	Ahorro	Ahorro Total
Optimista	677.25	270.9	406.35	S/. 3.85	S/. 1,562.88	S/. 3,125.77
Normal	677.25	338.6	338.625	S/. 3.85	S/. 1,302.40	S/. 2,604.81
Pesimista	677.25	406.4	270.9	S/. 3.85	S/. 1,041.92	S/. 2,083.85

Elaboración propia.

5.2.2 Ahorro generado por implementación de TPM

Para calcular el ahorro, se debe tener en cuenta las horas hombre involucradas en realizar limpiezas con inspección a las máquinas, así como, el tiempo perdido en paros durante la producción no planificados, debido a paros menores o breakdowns. Este ahorro se obtiene gracias a la aplicación del mantenimiento preventivo en las máquinas y al lograr que los operarios se vuelvan más autónomos en sus puestos de trabajo, lo cual asegura mayor control de los tiempos. A continuación se muestra cada uno de los ahorros obtenidos.

Tabla 38. Ahorro por reducción de paros menores.

Paros menores	Tiempo usado (h)	Tiempo propuesto (h)	Diferencia (h)	S./h (operarios)	Ahorro	Ahorro Total
Optimista	42.7	8.5	34.1	S/. 3.85	S/. 131.28	S/. 6,826.67
Normal	42.7	12.8	29.9	S/. 3.85	S/. 114.87	S/. 5,973.33
Pesimista	42.7	17.1	25.6	S/. 3.85	S/. 98.46	S/. 5,120.00

Elaboración propia.

Tabla 39. Ahorro por reducción de breakdowns.

Breakdowns	Tiempo usado (h)	Tiempo propuesto (h)	Diferencia (h)	S./h (operarios)	Ahorro	Ahorro Total
Optimista	8.2	0.8	7.4	S/. 3.85	S/. 28.27	S/. 1,470.00
Normal	8.2	1.6	6.5	S/. 3.85	S/. 25.13	S/. 1,306.67
Pesimista	8.2	2.5	5.7	S/. 3.85	S/. 21.99	S/. 1,143.33

Elaboración propia.

Tabla 40. Ahorro por reducción de tiempos de limpieza (Paso 2).

Limpieza con inspección	Tiempo usado (h)	Tiempo propuesto (h)	Diferencia (h)	S./h (operarios)	Ahorro	Ahorro Total
Optimista	4	1.6	2.4	S/. 3.85	S/. 9.23	S/. 240.00
Normal	4.8	2.4	2.4	S/. 3.85	S/. 9.23	S/. 240.00
Pesimista	5.6	3.36	2.24	S/. 3.85	S/. 8.62	S/. 224.00

Elaboración propia.

Tabla 41. Ahorro por reducción de tiempos de limpieza (Paso 3).

Limpieza con inspección	Tiempo usado (h)	Tiempo propuesto (h)	Diferencia (h)	S./h (operarios)	Ahorro	Ahorro Total
Optimista	2.4	0.24	2.16	S/. 3.85	S/. 8.31	S/. 216.00
Normal	2.4	0.48	1.92	S/. 3.85	S/. 7.38	S/. 192.00
Pesimista	2.4	0.72	1.68	S/. 3.85	S/. 6.46	S/. 168.00

Elaboración propia.

5.2.3 Ahorro generado por implementación de SMED

Al calcular el ahorro generado por la aplicación de esta herramienta, se obtiene que los tiempos de cambio son más rápidos, por lo cual existe un mayor tiempo para producir y mayor flexibilidad para atender la demanda, de tal manera que se logra incrementar la producción y las ventas. A continuación se muestra el ahorro generado.

Tabla 42. Ahorro generado por reducción de tiempos de cambio.

Tiempo de cambio	Tiempo usado (h)	Tiempo propuesto (h)	Diferencia (h)	S./h (operarios)	Ahorro	Ahorro Total
Optimista	0.77	0.15	0.62	S/. 3.85	S/. 3.08	S/. 160.00
Normal	0.77	0.23	0.18	S/. 3.85	S/. 2.69	S/. 140.00
Pesimista	0.77	0.31	0.46	S/. 3.85	S/. 2.31	S/. 120.00

Elaboración propia.

5.3 Flujo de Caja del Proyecto

A continuación se muestra el flujo de caja proyectado de acuerdo a los tres escenarios propuestos.

Tabla 43. Flujo de Caja del proyecto optimista.

Escenario optimista	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Egreso	S/. 8,379.98	S/. 7,489.23	S/. 2,443.85	S/. 0.00
Ahorro Total	S/. 3,325.77	S/. 12,078.44	S/. 12,014.44	S/. 12,014.44
Utilidad	-S/. 5,054.21	S/. 4,589.21	S/. 9,570.59	S/. 12,014.44

Elaboración propia.

Tabla 44. Flujo de Caja del proyecto normal.

Escenario normal	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Egreso	S/. 8,379.98	S/. 7,489.23	S/. 2,443.85	S/. 0.00
Ahorro Total	S/. 2,764.81	S/. 10,476.81	S/. 10,568.81	S/. 10,568.81
Utilidad	-S/. 5,615.17	S/. 2,987.58	S/. 8,124.96	S/. 10,568.81

Elaboración propia.

Tabla 45. Flujo de Caja del proyecto pesimista.

Escenario pesimista	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Egreso	S/. 8,379.98	S/. 7,489.23	S/. 2,443.85	S/. 0.00
Ahorro Total	S/. 553.33	S/. 7,208.67	S/. 7,244.67	S/. 7,244.67
Utilidad	-S/. 7,826.65	-S/. 280.56	S/. 4,800.82	S/. 7,244.67

Elaboración propia.

Como se puede observar, se desarrolla el flujo de caja del proyecto a lo largo de los 4 primeros años mediante cada implementación. Desde que inicia el proyecto, el año 0 representa el año en que se realizará la implementación de las 5S's en conjunto con la distribución de planta, posteriormente la aplicación del Mantenimiento Autónomo y en la fase dos se implementará SMED.

Según el flujo de caja, se puede calcular el TIR y VAN para los tres escenarios, de tal manera que se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 46. VAN del proyecto.

VAN Optimista	S/. 16,054.00
VAN Normal	S/. 8,633.02
VAN Pesimista	S/. -534.03

Elaboración propia.

Tabla 47. TIR del proyecto.

TIR Optimista	123%
TIR Normal	86%
TIR Pesimista	17%

Elaboración propia.

Según la tabla 47, se determina que el VAN es positivo en los tres escenarios, así como, en la tabla 48, el TIR varía entre el 17% y el 123%, lo cual es decisivo teniendo en consideración un costo de oportunidad del 15%. En suma, es viable y recomendable invertir en la propuesta de mejora presentada si se consigue lograr los objetivos normales y optimistas.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- La propuesta de mejora presentada en este trabajo tiene un alto potencial de ser replicable, no solo para las demás familias de la empresa de estudio, sino para cualquier otra empresa manufacturera que tenga la necesidad de establecer las bases de la mejora continua en sus operaciones.
- El sector de orfebrería en el Perú, tiene la capacidad de seguir creciendo económicamente, si reduce sus costos de operación y se adecúa a la versatilidad de productos que demanda el cliente en la actualidad, lo que se lograría aplicando herramientas de manufactura esbelta.
- Mediante las mejoras implementadas se puede conseguir reducir costos directos en un 80% por los tiempos de limpieza, ajuste y lubricación, así como una reducción del 60% por traslados, una disminución del 80% en paradas mayores y menores de los equipos y una disminución en 70% del tiempo en el cambio de producto, sin considerar el ahorro indirecto por horas extras del personal que actualmente se suma a los costos de operación.
- La aplicación de la herramienta 5S's, es esencial para que la propuesta sea exitosa porque crea un impacto positivo en el orden y limpieza del ambiente de trabajo para los operarios, lo que conlleva a que se sientan cómodos y sus labores realizadas rutinariamente se desarrollen con una mayor eficiencia.
- Gracias a la implementación de Mantenimiento Productivo Total, los operarios son capacitados y se vuelven más autónomos, en el sentido de que se responsabilizan de una variable, se esfuerzan por mejorarla y la controlan, convirtiéndose así en dueños del proceso.
- La sinergia entre el área de Producción y el área de Mantenimiento es fundamental para la ejecución eficiente del Mantenimiento Autónomo, ya que el personal de Mantenimiento trasladará todos sus conocimientos a los operarios de Producción.
- La aplicación del Ciclo Deming en el tablero de control de indicadores es fundamental para realizar seguimiento a todas las mejoras implementadas, ya que permite visualizar el impacto de cada indicador y realizar correcciones a los planes de acción de acuerdo a los resultados.
- El flujo de caja proyectado muestra que la propuesta de mejora es viable, ya que genera utilidades desde el segundo año y los indicadores como el VAN y el TIR resultan favorables en los escenarios normales y optimistas.

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda seguir la metodología propuesta alcanzando paso a paso cada objetivo, de tal manera que, si no se lograra dicho objetivo en el tiempo propuesto, se debe aumentar el tiempo de implementación del paso hasta que se logre el objetivo.
- El recurso principal para la implementación de las herramientas de Manufactura Esbelta, es el recurso humano, por ende, el personal involucrado debe ser consciente de que la implementación de mejoras sólo funciona cuando se logra la participación y el compromiso de todos.
- Las herramientas de análisis como los Principios de Trabajo y los Análisis Causa Raíz se utilizan no solo en el paso 2 del Mantenimiento Autónomo, sino en todos los siguientes pasos de la metodología para encontrar solución a las anomalías.
- El seguimiento de las tarjetas de anomalías es necesario para conocer si estas están siendo solucionadas por los mismos operarios y a su vez se encuentran disminuyendo en el tiempo.
- La seguridad debe ser considerado como un valor para la empresa, por lo cual se recomienda reportar “casi accidentes” y este indicador debe estar presente en el seguimiento programado de auditorías.
- La sinergia constante entre las áreas de Producción y Mantenimiento, se debe mantener mediante reuniones programadas, en las que se pueda trabajar en equipo para la mejora continua, a través de la solución de anomalías y la innovación de máquinas y herramientas.
- Es importante contar con el respaldo de la directiva de la empresa para la aprobación efectiva de las medidas tomadas en la implementación de las herramientas de Manufactura Esbelta, ya que serán necesarias inversiones para la mejora de equipos y capacitaciones, lo cual mejorará la producción y con ello la competitividad.
- Se debe promover la participación activa y el compromiso de los operarios, pues son los líderes principales del cambio en la planta, por lo cual es necesario realizar un programa de incentivos en la etapa inicial.

BIBLIOGRAFÍA

ASOCIACIÓN DE EXPORTADORES DEL PERÚ (ADEX)

2014 Exportación de Joyería y Orfebrería. Consulta: 20 de marzo del 2015
<http://www.adexperu.org.pe/joyeria/documents/estadisticas.pdf>

CASTREJON, Rebeca

2014 "Los 10 mayores productores de plata, listado del 2014". *Businessreview América Latina*. Lima, 21 de octubre. Consulta: 20 de marzo del 2015.
<<http://www.businessreviewamericalatina.com/top10/1146/Los-10-mayores-productores-de-plata-listado-del-2014>>

DA COSTA, Jeffrey K.

2003 Global E-commerce strategies for small businesses.
Cambridge, MA : London : MIT, 2001

KAUFFMAN, Federico

2011 "La Orfebrería en el Perú antiguo". *Arqueología y Vida*.
Lima, número 4, pp. 443-447.

LIKER, Jeffrey K.

2011 *Toyota: cómo el fabricante más grande del mundo alcanzó el éxito*.
Bogotá: Grupo Editorial Norma

MANTILLA, Rocío

2015 "Platería Rocío apoyará su crecimiento en vajilla de plata utilitaria y decorativa." *Diario Gestión*. Lima, 2 de abril. Consulta: 1 de mayo del 2015.
<<http://gestion.pe/empresas/plateria-rocio-apoyara-su-crecimiento-vajilla-plata-utilitaria-y-decorativa-2127987>>

MINISTERIO DEL COMERCIO EXTERIOR Y TURISMO

2004 *Perú: plan estratégico nacional exportador 2003-2013 (PENX): plan operativo exportador del sector joyería y orfebrería*. Consulta: 24 de marzo del 2014.
<<http://www.mincetur.gob.pe/comercio/otros/bid/pdfs/Joyeria%20Parte%20I.pdf>>

MUJICA, Victoria

1999 *Tradición y sentimiento en la platería peruana*.
Córdoba: Caja Sur

NAKAJIMA, Seiichi

1991b *TPM PROGRAMA DE DESARROLLO Implantación del mantenimiento productivo total*. Cambridge: Productivity Press.

PEREZ, Julio

2015. "El Perú puede ser potencia mundial en joyería fin de oro y plata". *Revista Perú Exporta*. Lima, número 391, pp. 34-37.

RAMOS FLORES, José

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

ROMMEL, Gunter

1995 *Simplicity Wins : how Germany's mid-sized industrial companies succeed*. Boston, MA : Harvard Business School Press, 1995.

SANCHEZ, Raymundo

2007 *El proceso de las 5's en acción: la metodología japonesa para mejorar la calidad y la productividad de cualquier tipo de empresa*. México: Gestión y Estrategia.

SHINGO, Shiguo

1990 *Una revolución en la producción: El sistema SMED*. Segunda edición. Madrid: Tecnologías de Gerencia y Producción.

VARGAS RODRIGUEZ, Hector

2004 *Manual de implementación de las "5S"*. Santander CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE SANTANDER

ZUTA, María, Ana WIESE

2009 *Una Mype con Calidad. Guía para entender y evaluar un sistema de gestión de calidad*. Consulta: 30 de marzo del 2014.
<http://www.uss.edu.pe/uss/eventos/JovEmp/pdf/LIBRO_CALIDAD.pdf>