



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL

**“MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA
INDUMEVER POR MEDIO DEL USO DE HERRAMIENTAS DE
MANUFACTURA ESBELTA.”**

Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos establecidos
para optar por el título de Ingeniero en Producción Industrial

PROFESOR GUÍA:

ING. MARÍA JUDITH VILLEGAS, MBA

AUTOR:

LUIS ALFREDO GARCÉS MUÑOZ

2012

Quito

DECLARACIÓN PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos para un adecuado desarrollo del tema escogido, y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

Ing. Maria Judith Villegas

MBA

C.I. 170916072-3

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Luis Alfredo Garcés Muñoz

C.I. 171660450-7

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco con todo mi corazón a Dios por llenar mi vida de dicha y bendiciones junto a mi familia y amigos...a mis Padres por su amor, cariño, comprensión y sacrificio...en todo momento los llevo conmigo...

Agradezco a mis hermanos por la compañía y el apoyo que me brindan. Sé que cuento con ellos siempre...

Agradezco a María Judith por su disposición y ayuda brindada...

DEDICATORIA

*Esta tesis la dedico con amor
a Dios que me ha dado la
oportunidad de vivir y de
regalarme una familia
maravillosa...*

RESUMEN

El estudio del presente proyecto de titulación se realizó en una empresa metalmecánica que posee elevados índices de desperdicios en sus distintas etapas de producción, que le representan pérdidas significativas en tiempo productivo y dinero. El objetivo del proyecto de titulación es analizar las fuentes de desperdicios de la empresa y proponer mecanismos que logren su reducción mediante la aplicación de las técnicas de Manufactura Esbelta.

Se realizó un diagnóstico de las cuatro líneas de productos y se seleccionó la línea que representa mayores ingresos y desperdicios a la empresa. Se analizó las principales variables de producción en los procesos productivos de la línea de productos seleccionada y se escogió al que presenta mayores deficiencias.

Posteriormente se propuso acciones de mejora y mediante una matriz de priorización se analiza el impacto versus la factibilidad de las propuestas, se seleccionó aquellas que son más factibles y de alto impacto en la mejora.

Se obtiene como resultado del presente proyecto de titulación un plan de mejoras que permite:

- 1.- Reducir los niveles de desperdicios en el proceso crítico seleccionado.
- 2.- Reducir los tiempos de procesamiento y cambios de productos.
- 3.- Disminuir los costos del desperdicio y tiempo improductivo.

ABSTRACT

The study of this titling project was conducted in an engineering company that has high levels of waste in its various stages of production, which represent significant losses in production time and money. The aim of the titling project is to analyze the sources of waste from the company and propose mechanisms to achieve its reduction by implementing lean manufacturing techniques.

A diagnosis of the 4 lines and product line was selected as the most revenue and waste to the company. I analyzed the main production indicators in the production process of the selected product line and chose to present major deficiencies.

Subsequently proposed improvement projects and through a prioritization matrix versus analyzes the impact the feasibility of the proposals, we selected those that are most feasible and high-impact improvement.

Is obtained as a result of this titling project an improvement plan that allows:

1. - Reduce levels of waste in the selected critical process.
2. - Reduce processing time and product changes.
3. - Lower costs of waste and downtime.

ÍNDICE

1. Capítulo I.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes.....	1
1.3 Alcance.....	2
1.4 Justificación.....	2
1.5 Metodología.....	3
Método de Análisis.....	3
Método de Síntesis.....	3
Método Deductivo.....	3
Método de Observación Científica.....	3
1.6 Objetivos.....	4
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos.....	4
2.1 Manufactura Esbelta.....	5
2.2 Herramientas de la Manufactura Esbelta.....	10
Kaizen.....	10
5S.....	12
Justo a Tiempo.....	16
Poka-yoke.....	25
SMED.....	27
Kanban.....	29
TPM.....	33
Andon.....	35
Jidoka.....	37

2.3 Desperdicios.....	38
Desperdicio de Sobreproducción.....	39
Desperdicio de Inventario.....	39
Desperdicio de Reparación/Rechazos.....	39
Desperdicio de Movimientos.....	39
Desperdicio de Procesamiento.....	40
Desperdicio de Espera.....	40
Desperdicio de Transporte.....	40
2.4 Selección de Proyectos de Mejora.....	40
2.5 Herramientas de Análisis.....	42
Diagrama de Pareto.....	42
Diagrama de Ishikawa.....	43
2.6 Valor Agregado.....	44
3.1 Descripción de las Líneas de Producto.....	47
Herraje tipo A para Fibra Óptica.....	47
Herraje tipo B.....	48
Abrazadera con Doble Perno.....	49
Abrazadera de Varilla en U.....	49
3.2 Mapa de Procesos de la Organización.....	50
3.3 Diagrama de Flujo de los Procesos.....	54
3.4 Análisis de Valor Agregado de los Procesos.....	58
3.5 Análisis de las Líneas de Productos.....	74
Nivel de Producción.....	74
Ingresos generados por volumen de producción.....	76
Nivel de Desperdicios.....	78

Costo del Desperdicio.....	80
3.6 Elección de la Línea de Productos.....	82
3.7 Selección del proceso crítico a mejorar	86
3.8 Análisis del Proceso Productivo	88
Volumen de Producción.....	88
Capacidad de Producción.....	89
Capacidad Teórica Vs. Volumen de Producción	91
Tiempo de Producción	92
Nivel de Desperdicios	94
Costo del Desperdicio.....	95
3.9 Selección del Proceso Crítico	97
3.10 Identificación de Problemas	103
Priorización de Problemas.....	103
Análisis de las Causas de los Principales Problemas	106
4.1 Planteamiento de Opciones de Mejora	109
4.2 Selección de Opciones de Mejora.....	110
4.3 Plan de Mejoras.....	130
Mejora con la Herramienta SMED.	136
Mejora con las Herramientas Jidoka y Poka-yoke.....	137
4.4 Análisis Costo-Beneficio.	138
Costo	139
Beneficios.	141
5.1 Conclusiones.....	143
5.2 Recomendaciones.....	145
Bibliografía.....	147

CAPÍTULO I

1.1 Introducción

Una de las industrias más significativas de un país lo constituye sin duda, la industria metal-mecánica, la cual tiene como objetivo obtener piezas acabadas a partir de piezas brutas, cambiando sus formas o sus propiedades mediante diferentes procedimientos o procesos de conformación.

El nivel de desperdicios que presenta la empresa metalmecánica de herrajes eléctricos INDUMEVER S.A dentro de su proceso productivo genera grandes pérdidas que la vuelven ineficiente, por lo cual surge la necesidad de diseñar un plan de mejoras que logre su reducción.

El diseño del plan de mejoras se basa en la implementación de técnicas de Manufactura Esbelta que permiten crear un sistema eficiente, reduciendo el tiempo entre la colocación del pedido y la entrega del producto, a través de la eliminación del desperdicio.

1.2 Antecedentes

Las empresas industriales en especial las del área metalmecánica en el país y el mundo, tienen la necesidad de eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto y a los procesos.

El futuro exigirá cambios fundamentales y oportunos en la forma de dirigir y liderar, ya que los métodos utilizados se hacen cada día más obsoletos y no ayudan a responder a los cambios originados por factores importantes como la competencia global, las discontinuidades tecnológicas, las cambiantes expectativas de los clientes y la necesidad de emplear más cada día el conocimiento existente dentro de la empresa, como un recurso importante para competir con éxito.

Por este motivo, el uso de las herramientas de Manufactura Esbelta ayuda a las empresas a resolver estos problemas y otros más como son la reducción de inventarios, reducción del tiempo de entrega, reducción de la cadena de desperdicios en cada proceso, entre otros.

Por medio del uso de manufactura esbelta la empresa INDUMEVER Cía. Ltda. logrará eliminar estos problemas para reducir sus costos, aumentar la satisfacción en los clientes para mantener sus utilidades y aumentar su participación en el mercado.

1.3 Alcance

El campo de aplicación del trabajo de titulación está dirigido al área de producción de la empresa INDUMEVER S.A específicamente a los productos más importantes de la gama de herrajes eléctricos como son los herrajes tipo A para fibra óptica, los herrajes tipo B, la abrazadera con doble perno, la abrazadera de varilla en U, entre los más importantes, proponiendo su mejora a través del uso de algunas de las herramientas de Manufactura Esbelta.

El presente trabajo se limita al diseño del plan, lo cual incluye presentar las acciones a seguir, los recursos necesarios y beneficios esperados.

1.4 Justificación

Este trabajo de titulación se propone debido a que la empresa INDUMEVER S.A tiene problemas en su área de producción como retrasos en la producción, productos defectuosos, altos costos en reprocesos, entre otros.

Por medio de este estudio se espera que la empresa solucione estos problemas y aumente la productividad, ya que si los problemas persisten, la empresa perderá ventas y participación en el mercado.

Se espera por medio de la aplicación de la propuesta de este trabajo de titulación, que se reduzca costos de producción, se mejore los procesos y se elimine los desperdicios en el área anteriormente expuesta, con el fin de aumentar la satisfacción a los clientes, mantener su imagen y participación en el mercado.

Se busca que el estudio a realizarse sea un referente para el resto de empresas del sector industrial que deseen implementar la filosofía de manufactura esbelta.

1.5 Metodología

Se utiliza los siguientes métodos de investigación:

- **Método de Análisis**

Este método es utilizado en la revisión de literatura, en la revisión de información entregada por parte de la empresa INDUMEVER S.A, y en el análisis entregado por otras fuentes.

- **Método de Síntesis**

Se utiliza este método principalmente en la estructura del informe final y en la propuesta.

- **Método Deductivo**

Se parte de los conocimientos generales para buscar respuestas a los problemas comunes y optimizar los procesos para un mejor desarrollo.

- **Método de Observación Científica**

Este método se utiliza durante toda la investigación, especialmente durante el trabajo de campo.

1.6 Objetivos

- **Objetivo General**

Diseñar un modelo para la aplicación de herramientas de manufactura esbelta en el sistema de producción de la empresa INDUMEVER S.A.

- **Objetivos Específicos**

- Determinar los problemas que afectan el sistema productivo de la empresa INDUMEVER S.A. mediante el levantamiento del proceso.
- Priorizar los problemas encontrados en el sistema de producción de la empresa INDUMEVER S.A., definiendo aquellos aspectos críticos que afectan a los procesos de los productos.
- Establecer las herramientas de Manufactura Esbelta que son aplicables en la empresa INDUMEVER S.A. de acuerdo con las dificultades encontradas en los procesos de producción.
- Elaborar un modelo de aplicación de las herramientas de manufactura esbelta en el proceso de producción con el fin de aumentar la productividad y la eficiencia en la empresa INDUMEVER S.A.

CAPÍTULO II

2.1 Manufactura Esbelta

- **Definición**

La Manufactura Esbelta es el conjunto de herramientas que ayudan a eliminar todas las operaciones que no agregan valor al producto, al servicio y a los procesos aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere¹.

El Sistema de Manufactura Esbelta ha sido definido como una filosofía de excelencia de manufactura basada en:

- La eliminación planeada de todo desperdicio.
- El respeto por el trabajador.
- Mejora consistente de productividad y calidad.

Los principales objetivos de la Manufactura Esbelta se orientan a implantar una filosofía de Mejora Continua que le permita a las organizaciones reducir sus costos, mejorar los procesos y eliminar los desperdicios para aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad.

La Manufactura Esbelta proporciona a las organizaciones herramientas más rápidas, a más bajo precio y en la cantidad requerida. Específicamente La Manufactura Esbelta cumple con lo siguiente:

- Reduce la cadena de desperdicios.
- Reduce el inventario y el espacio en el piso de producción
- Crea sistemas de producción más robustos
- Crea sistemas de entrega de materiales apropiados
- Mejora las distribuciones de planta para aumentar la flexibilidad

¹ GESTIOPOLIS, "Definición Manufactura Esbelta", Fuente Electrónica [en línea], <http://www.gestiopolis.com/recursos2>, 03/06/11, 16h20.

- **Filosofía de la Manufactura Esbelta**

El Sistema Lean Manufacturing o Manufactura Esbelta tiene su origen en el sistema de producción desarrollado por Taiichi Ohno en los años 50, durante su trayectoria profesional en la compañía automovilística Toyota, conocido como Toyota Production System (TPS).

El pensamiento LEAN provee una manera de hacer más con menos: menor esfuerzo humano, menos equipo, menos tiempo, menos espacio, acercándose más a lo que los clientes quieren exactamente². Para poder alcanzar esta teoría es indispensable seguir los siguientes pasos.

- Identificar las características que crean valor.
- Identificar la secuencia de actividades llamadas, la corriente de valores.
- Mejorar el flujo.
- Permitir al cliente que consiga, el producto o servicio a través del proceso.
- Perfeccionar el proceso.

2.1.1.1 Identificar las características que crean valor³

La determinación de las características que crean valor en el producto proviene del punto de vista del cliente externo e interno. El valor es expresado en términos de cómo el producto específico coincide con las necesidades del cliente, a un precio específico, y en un tiempo específico. Productos específicos o servicios son evaluados, en cuanto a las características que añaden valor. La determinación de valores puede ser desde la perspectiva del último cliente o un proceso subsecuente.

² EL PRISMA, "Principios de Manufactura Esbelta", Fuente Electrónica [en línea], http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industria/, 03/06/11, 16h35.

³ Ruiz Patxi, "La gestión de costos en Lean Manufacturing", Netbiblo S.L., 2007; p. 24

2.1.1.2 Identificar la secuencia de actividades llamadas, la corriente de valores

Cuando un valor es identificado, las actividades que contribuyen al valor son identificadas. La completa secuencia de actividades es llamada corriente de valores. Entonces una determinación es hecha ya sea que las actividades hayan contribuido o no al valor del producto o servicio necesario. Operaciones necesarias son definidas como un pre requisito para otro valor añadiendo actividades que sean una parte esencial del negocio.

Michael Porter propuso la cadena de valor como la principal herramienta para identificar fuentes de generación de valor para el cliente.

La cadena de valor es el conjunto de las acciones requeridas para generar un producto específico. Esto se identifica a través de tres tipos de procesos administración básicas:

- Proceso de resolver problemas: Procesos gobernantes.
- Proceso de administración de los recursos: Procesos habilitantes
- Proceso de la transformación física: Procesos fundamentales.

Debe iniciarse el proceso buscando las acciones requeridas para hacer productos, determinando cómo interactúan una con otras. Luego deben eliminarse aquellas actividades que individualmente y en combinación no crean u optimizan valor para el cliente.

El objetivo inicial es crear un mapa de la cadena de valor, esto es identificar las acciones requeridas para diseñar, ordenar y hacer un producto específico.

2.1.1.3 Mejorar el Flujo

Una vez que las actividades Sin Valor Añadido son identificadas, esfuerzos de mejoramiento son dirigidos para optimizar el flujo de actividades.

Flujo es el ininterrumpido movimiento de un producto o servicio a través del sistema hacia el cliente.

Los mayores inhibidores del flujo son trabajo en espera (haciendo cola), proceso por lotes y transportes. Estas barreras alargan el tiempo del producto o servicio del inicio a la entrega. Las barreras también atan el dinero, que debe ser usado en todos lados de la organización y tapan los efectos del sistema que restringe a otras actividades de desperdicio.

Flujo Unitario

El flujo unitario es la producción unidad por unidad y no producción por lote o grupo.

A continuación se explica algunos requerimientos del flujo unitario.

- Producción al mismo ritmo que la demanda.
- Inventario inexistente o mínimo entre pasos.
- Se requiere de un tiempo de ciclo más rápido para fabricar el producto final. A esto se le llama retraso mínimo de ejecución.

Uso del flujo unitario

Se utiliza para reducir el desperdicio (retrasos, sobreproducción, entre otros.), incrementar la flexibilidad, así como reaccionar a cambios en la demanda e identificar y corregir los problemas de una forma rápida.

Factores de éxito del flujo unitario

- Favorece la producción global vs. la producción individual.
- Optimiza los diseños.
- Funciona en flujos “Halando”.
- Resuelve los problemas desde la fuente

2.1.1.4 Permitir al Cliente que Consiga el Producto

No debe producirse un bien hasta que el cliente lo pida. El sistema de Manufactura Esbelta puede hacer que la producción de cualquier bien se acomode a la demanda del mercado en cualquier momento. Debe ser el cliente quien hale el producto en lugar de la organización empujar el producto hacia él, al más bajo costo posible y dentro de la menor cantidad de tiempo.

2.1.1.5 Trabajando hacia la Perfección

Debe entenderse que si una empresa gasta cantidades significativas de capital para mejorar determinadas actividades, está buscando la perfección en el sentido incorrecto. De hecho la mayoría de las cadenas de valor pueden ser radicalmente mejoradas como un todo si el mecanismo de análisis realizado es el adecuado.

Para poder alcanzar la perfección, los administradores deben definir unas metas para pasar de producción masiva a sistema de producción lean, y seleccionar unos pocos proyectos para alcanzar dichas metas, asignar gente y recursos para alcanzarlos y establecer indicadores numéricos cuyas metas deben ser cumplidas en un momento determinado de tiempo.

2.2 Herramientas de la Manufactura Esbelta

- **Kaizen**

Este término japonés, significa mejora continua. Por lo general es empleado en referencia a una diversidad de métodos propuestos en prácticas para racionalizar las operaciones de manufactura. Mientras algunos lo perciben como una amenaza, muchos otros lo ven como un concepto sencillo y práctico, sin el cual sus operaciones podrían haber pasado a la historia desde hace mucho tiempo.

Kaizen es una filosofía que comprende todas las actividades de negocios y a todos los integrantes de una organización. En la filosofía Kaizen, la mejora está en todas las áreas del negocio (costo, cumplimiento de los programas de entrega, relaciones con los proveedores, desarrollo de nuevos productos, o productividad) sirve para aumentar la calidad de la empresa. Por lo tanto, cualquier actividad centrada hacia la mejora cae dentro del paraguas del Kaizen.⁴

La estrategia Kaizen está soportada en la combinación de liderazgo y cultura, empieza y termina con la gente dedicada a mejorar continuamente su habilidad para alcanzar y superar las expectativas de alta calidad, bajos costos, y entregas a tiempo⁵.

Para poder alcanzar la estrategia Kaizen deben trabajarse los sistemas de calidad total, despliegue de la política, sistema de sugerencias y actividades de grupos pequeños.

⁴ Evans James R. y Lindsay William M., "Administración y control de la calidad", Cengage Learning, 2008, p. 364

⁵ LEAN MANUFACTURING, "Definición Kaizen", Fuente Electrónica [en línea], <http://www.leanmanufacturing.org/casalean.html>, 06/06/11, 21h10

A continuación se detallaran cada uno de los aspectos que permitan alcanzar la estrategia Kaizen⁶.

- **DESPLIEGUE DE LA POLITICA:** También llamado Hoshin Kanri. Kaizen debe establecer objetivos claros para guiar a las personas y hacer certero el liderazgo de todas las actividades Kaizen con el fin de lograr las metas. La estrategia Kaizen, requiere implementación directa permanente. Primero los altos ejecutivos deben determinar estrategias de largo plazo, para poder desglosar las de mediano plazo y anuales. Deben determinar un plan para desplegar la estrategia para llevarlas hasta todos los niveles de la empresa, haciéndolo por medio de planes y acciones específicas.
- **SISTEMA DE SUGERENCIAS:** El sistema de sugerencia funciona como una parte integral del sistema Kaizen de desarrollo individual y hace énfasis en los beneficios de la participación de los empleados.
Los administradores ven su rol principal en mostrar a los empleados interés al retarlos en generar muchas sugerencias, sin importar que tan pequeñas sean. Desarrollar la mentalidad Kaizen y la auto disciplina en los empleados es la principal meta.
- **ACTIVIDADES EN PEQUEÑOS GRUPOS DE TRABAJO:** Grupos informales, pequeños, organizados para tareas específicas en un entorno de taller. El caso típico de esto son los círculos de calidad, diseñados para tratar no solo asuntos de calidad sino temas como costos, seguridad, productividad.

⁶ INGENIERIA INDUSTRIAL, "Kaizen", Fuente Electrónica [en línea], <http://ingenieriametodos.blogspot.com/>, 06/06/11, 22h47

- **5S**

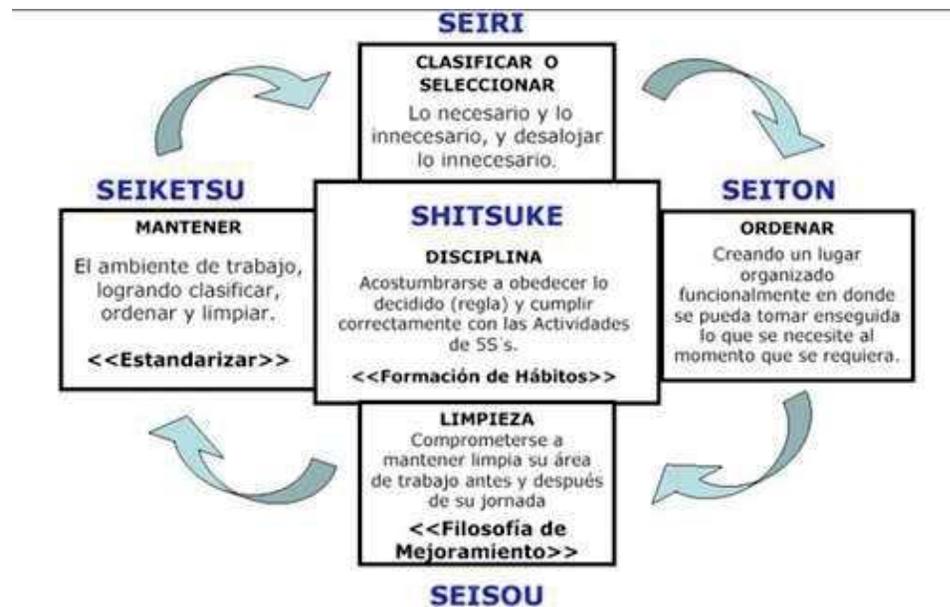
Este método hace referencia a mantener un orden y limpieza permanente en la planta de manufactura y oficinas para reducir desperdicios en espacios y tiempos de búsqueda. Las 5S se denominan así por considerar cinco aspectos cuyo significado en japonés inicia con la letra S⁷.

Este método japonés también puede ser extendido a 6S y 9S para una mejor organización dentro de las plantas de manufactura y las organizaciones en general.

En la figura 2.1 se detalla cada una de las palabras antes mencionadas.

Las 5S son⁸:

Figura 2.1: Estrategia de las 5's



Fuente: <http://sistemasvd.wordpress.com>

⁷ Moulding Edward, "5's un sistema de control visual para el lugar de trabajo", Author House, 2010, p. 6

⁸ ZEUSCONSULT, "Las 5S's", Fuente Electrónica [en línea], http://www.zeusconsult.com.mx/Las_Cinco_Ss.pdf, 07/06/11, 17h47

Seiri - Organización

Diferenciar entre elementos necesarios e innecesarios en el lugar de trabajo y descartar los innecesarios.

Por ejemplo en:

- El trabajo en proceso
- Las herramientas innecesarias
- La maquinaria no ocupada
- Los productos defectuosos
- Los papeles y documentos

Se debe establecer un tope sobre el número de artículos necesarios, ya que usualmente en el lugar de trabajo se encuentran toda clase de objetos y en la operación diaria sólo se necesita un número pequeño de ellos, muchos otros artículos no se utilizarán nunca o sólo se necesitarán en un futuro lejano.

Un método práctico consiste en retirar cualquier cosa que no se vaya a utilizar en los próximos treinta días.

Las cosas que no tengan razón para permanecer en el lugar de trabajo, que no tengan un uso a corto plazo y que no tengan valor intrínseco se descartan y las cosas que no se vayan a necesitar en los próximos treinta días pero que se pudieran utilizar en algún momento se deberán de llevar a su correspondiente lugar y el trabajo en proceso que exceda las necesidades deberá enviarse a la bodega o regresarse al proceso responsable de producir el excedente.

Este punto puede aplicarse también áreas de oficinas, clasificando los artículos de acuerdo a su uso, por ejemplo teniendo únicamente en un cajón, cierta cantidad de lápices, bolígrafos, goma de borrar, block de papel, pero una cantidad máxima de 2 artículos de cada uno y a lo

mejor en otro cajón todos los artículos personales pero también teniendo una cantidad máxima de dulces, aspirinas, monedas, fósforos, entre otros.

Seiton - Orden

Poner las cosas en orden de todos los elementos necesarios.

Las cosas deben mantenerse en orden de manera que estén listas para ser utilizadas cuando se necesiten.

Cada artículo debe tener una ubicación, un nombre y un volumen (cantidad) designado (especificado claramente), Por ejemplo en el área de producción debe delimitarse o marcarse claramente el espacio designado para ese tipo de producción y al alcanzar ese nivel máximo permitido debe detenerse la producción en el proceso anterior.

Para lograr esto, es necesario colocar objetos pesados del techo que impidan que se apilen más de las cajas necesarias, en otras palabras no dar opción a producir más de la cantidad asignada. Las herramientas deben colocarse al alcance de la mano y deben ser fáciles de recoger y regresar a su sitio.

Seisou - Limpieza

Mantener limpias las máquinas y los ambientes de trabajo.

Mantener limpio el lugar de trabajo, incluido piso, y paredes. Además es importante esta actividad porque cuando un operador limpia una máquina y su área de trabajo puede descubrir defectos de funcionamiento y problemas de operación y cuando se reconoce estos problemas pueden solucionarse con facilidad. Se ha comprobado que la mayoría de las veces las fallas o averías en las máquinas comienzan con vibraciones debidas a tuercas y tornillos

flojos, con la introducción de partículas extrañas como polvo o rebabas de metales o con lubricación o engrases inadecuados.

Seiketsu – Estandarización

Extender hacia uno mismo el concepto de limpieza y practicar continuamente los tres pasos anteriores.

Significa mantener la limpieza de la persona por medio de uso de ropa de trabajo adecuada, lentes, guantes y zapatos de seguridad, así como mantener un entorno de trabajo saludable y limpio.

Hacer del aseo personal y de la pulcritud un hábito, principiando con la propia persona. Es muy fácil cumplir el paso 1 (Seiri) una vez y realizar algunos mejoramientos, pero sin esfuerzo por continuar tales actividades muy pronto la situación volverá a lo que era originalmente. Para realizar esto continuamente, la gerencia debe diseñar sistemas y procedimientos que aseguren la continuidad.

Shitsuke - Disciplina

Construir autodisciplina y formar el hábito de comprometerse en las 5's mediante el establecimiento de estándares y seguir los procedimientos en el taller o lugar de trabajo.

Para poder practicar continuamente estos puntos las personas deben adquirir autodisciplina.

Las 5's pueden considerarse como una filosofía, como una forma de vida en nuestro trabajo diario. En la actualidad practicar las 5's se ha vuelto algo casi indispensable para cualquier empresa que participa en el área de manufactura.

Estos 5 puntos representan un punto de partida para cualquier empresa que busca ser reconocida como un fabricante responsable apto para un status de clase mundial. Los proveedores que no practican las 5's no serán tomados en serio por los clientes potenciales.

- **Justo a Tiempo**

Precisamente la denominación de este novedoso método productivo indica su filosofía de trabajo: “las materias primas y los productos llegan justo a tiempo, bien para la fabricación o para el servicio al cliente”⁹.

El método J.I.T. explica gran parte de los actuales éxitos de las empresas japonesas, sus grandes precursoras. Sus bases son la reducción de los “desperdicios”, es decir, de todo aquello que no se necesita en el preciso momento, colchones de capacidad, grandes lotes almacenados en los inventarios, entre los más importantes. De esta manera, lo primero que llama la atención es la cuantiosa reducción de los costes de inventario, desembocando en una mejor producción, una mejor calidad, entre otros.

Sin embargo, no se puede estudiar el sistema J.I.T. como un paquete de software, como el MRP (Material Requirements Planning: Programa de Requerimientos de Material), sino que se debe estudiar como una filosofía, ya que no únicamente afecta al proceso productivo, sino que también lo hace directamente sobre el personal, la forma de trabajo, los proveedores, entre otros. Esta filosofía se basa principalmente en dos expresiones que resumen sus objetivos, “el hábito de ir mejorando”, y la “eliminación de prácticas desperdiciadoras”. El J.I.T. busca que continuamente se indague el cómo hacer las cosas mejor, esto raramente se aprecia en las acomodadas empresas occidentales, algunas de las cuales realizan

⁹ GESTIOPOLIS, “Introducción al Justo a Tiempo”, Fuente Electrónica [en línea], <http://www.gestiopolis.com/recursos2/documentos/>, 07/06/11, 18h10

una equívoca comparación entre sus medidas de minimizar costos con la eliminación de prácticas que producen desperdicio, esto es, prácticas que no suponen ningún beneficio para la empresa (aunque a primera vista si lo parezca)¹⁰.

El sistema Justo a Tiempo está constituido por varios elementos¹¹.

- Calidad en la fuente.
- Definir los requisitos.
- Controlar el proceso.
- Mantener el proceso bajo control.
- Equilibrio de procesos.
- Operaciones Coincidentes.
- Tiempo mínimo de preparación.
- Las compras justo a tiempo.

- o **Calidad en la Fuente**

Significa hacer las cosas bien desde el principio y, cuando algo sale mal detener el proceso o la línea de ensamble de inmediato. Los trabajadores de la fábrica se convierten en sus propios inspectores, responsables personalmente de la calidad de sus productos. Los trabajadores se concentran en una parte del trabajo a la vez para poder detectar problemas de calidad.

Este elemento está compuesto de tres pasos importantes:

1. Definir los requisitos
2. Controlar el proceso
3. Mantener el control del proceso

Definir los Requisitos

¹⁰ Hernández Arnold, "Manufactura: Justo a tiempo un enfoque practico", Cecsca, 1990, p. 48

¹¹ EL PRISMA, "Justo a Tiempo", Fuente Electrónica [en línea],
http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/, 07/06/11,18h30

Toda empresa asegura que tiene especificaciones buenas y claras, pero la mayoría no las tienen. Por especificaciones claras no se quiere decir que todo deba ceñirse a las mismas especificaciones sino que cumpla con los requisitos que satisfagan a sus clientes.

Hay dos tipos de clientes, y cada uno tiene su propia serie de requisitos. Los consumidores finales, que pagan por los bienes y servicios, constituyen la clientela externa. Pero igualmente importante es la numerosa clientela interna dentro del proceso.

La calidad total es más que la calidad de un producto despachado al cliente. La calidad total es el resultado final de toda una serie de actividades. Para asegurar que el producto despachado sea bueno siempre, es necesario que existan relaciones de calidad total entre empleados y clientes así como entre empleados y proveedores, y, lo que es igualmente importante, entre empleados y empleados.

La calidad debe ser la meta final de todos los funcionarios: del vendedor, del representante de servicio al cliente, del ingeniero de diseño, del gerente de mercadeo y del gerente de recursos humanos.

Un aspecto principal de la implantación de un programa de calidad es establecer vínculos de trabajo más estrechos entre un departamento y otro.

En realidad producción e ingeniería son clientes recíprocos y deben conocer los verdaderos requisitos del otro a fin de poder diseñar o fabricar el artículo correctamente desde la primera vez.

Controlar el Proceso

El control del proceso encierra dos elementos.

1. Participación del operario.
2. Solución de problemas.

El primero es la participación del operario, porque éste es clave para la calidad. El segundo elemento es la solución de problemas. La participación del operario comienza cuando se logra que él mismo sea su propio inspector y que intervenga en la recopilación de datos para identificar problemas. La solución de problemas comienza con la recopilación de datos, a fin de conocer la verdadera magnitud del problema. Como en todo proceso se presentan problemas, siempre habrá la necesidad de resolverlos.

Para resolver los problemas hay una manera correcta y una manera incorrecta. La manera correcta es utilizar todos los medios de diagnóstico que sean necesarios para hallar la causa o causas fundamentales del problema de modo que el paso final en la solución sea preguntar: ¿Qué se puede hacer para que nunca se necesite resolver este problema de nuevo? La prueba de que se ha encontrado la causa fundamental es que sea posible eliminar y generar de nuevo el problema.

La manera incorrecta, y mucho más común, de resolver un problema es de una manera acelerada, procurando por todos los medios que el problema desaparezca: pero incluso si desaparece nadie sabe que lo hizo desaparecer. La empresa se contenta con poder reanudar la producción.

Mantener el Proceso Bajo Control

Una vez que se logra el control del proceso hay que mantenerlo. Esta tarea incluye tres aspectos.

1. Participación de los operarios en mayor grado.

2. Control Estadístico del Proceso.
3. Autoprotección

El primero es la participación de los operarios en grado todavía mayor del que se precisó cuando se estaba implantando el control. El segundo es el Control Estadístico del Proceso CEP, incluyendo el pre control. El tercero es la autoprotección. El CEP es ante todo un mecanismo de retroinformación que le permite al operario controlar el proceso. El CEP fija límites de control dentro de los cuales deberá desarrollarse el proceso y vigila generalmente con muestreo el buen desarrollo del proceso, pidiendo medidas correctivas cuando surjan defectos. Otro detalle del CEP es el pre control, que significa tomar las medidas preventivas, o sea, no cuando aparezcan los defectos sino antes.

La autoprotección es encontrar cómo facilitar la elaboración correcta de algo, y dificultar o imposibilitar la elaboración incorrecta. La autoprotección se puede aplicar en la etapa de inspección, en el proceso mismo o en el diseño del producto.

Un proceso auto protegido es el que se verifica a sí mismo antes de comenzar una operación o durante el proceso, a fin de evitar los defectos antes de que ocurran. Hay accesorios de auto verificación que no se apagan si el montaje no está correcto

- **Equilibrio de Procesos - Carga Fabril Uniforme**

El concepto dice que la producción no debe ser equivalente a la capacidad de producir sino que debe adaptarse a lo que se necesita.

Introduce dos ideas:

- a) Tiempo de ciclo: Una medida del índice de la demanda, el principio de tiempo de ciclo dice que el ritmo de producción debe ser igual que el índice de la demanda.

b) Carga nivelada: Significa hacer funcionar las máquinas con la rapidez adecuada, tiene que ver con la producción de un artículo a la frecuencia correcta, a la que el cliente pida al nivelar la carga, el artículo se produce en la forma más fácil y predecible.

Entre los beneficios se destacan los siguientes:

1. Mejora la curva de aprendizaje.
2. Mayor flexibilidad para combinar productos.
3. Reducción de inventario.
4. Tiempo de producción más corto.
5. Mejoramiento de calidad.

- Ritmo de producción
- Frecuencia

○ **Operaciones Coincidentes - Celdas de trabajo**

Se emplea en relación al ordenamiento físico, la disposición y la localización de las máquinas en una instalación fabril. En la producción JIT, es necesario que la fábrica se organice no por funciones sino por productos.

Las máquinas se deben dedicar total o parcialmente a una familia de productos y se deben disponer en el orden en que van a cumplirse las operaciones para esa familia de productos.

Si el producto va fluyendo cada vez de una máquina a otra no por lotes, sino por artículos, es lo que da lugar a las operaciones coincidentes, es decir se asegura el flujo en que la operación #2 comienza tan pronto sale la pieza de la operación #1, en realidad el lote se traduce en una pieza.

Ordenamiento Flexible

Proporciona la capacidad para operar a distintos ritmos de producción y con cuadrillas de diferentes tamaños.

Ordenamiento en U

El ordenamiento en U no radica en la forma de U, sino en la forma en que se colocan los operarios físicamente juntos; lado a lado; espalda contra espalda.

Todo el trabajo que ha de cumplirse en esta línea o celda se encuentra disponible en un área central delimitada, de manera que el número de operarios es flexible.

En una línea en U el operario no está limitado a la operación anterior o a la siguiente su movilidad de 360° le permite asumir la totalidad o una parte de cualquier tarea que esté a su alcance dentro del círculo completo.

Ventajas:

- Se pueden fabricar piezas similares o pueden ser totalmente disociadas.
- Permite mayor flexibilidad para aumentar o disminuir la producción.

○ **Tiempo Mínimo de Preparación - Alistamiento**

Es la manera práctica de pasar de fabricar cada vez la cantidad necesaria para un mes a fabricar cada día la cantidad necesaria para un día. Consiste en aprender a reducir el tiempo de cada alistamiento de máquinas y luego reinvertir el tiempo ahorrado en alistamiento más frecuente a fin de poder reducir el tamaño de los lotes; los lotes pequeños ayudan a sentar las bases para la aplicación del JAT.

El alistamiento acerca a la fábrica a la meta de producir el artículo de acuerdo con la frecuencia de la demanda logrando una producción

tan pareja y reproducible como sea posible, a fin de alcanzar el equilibrio, la sincronización y el flujo que se necesitan para eliminar las actividades de desperdicio.

Las reglas básicas para agilizar el alistamiento son las siguientes:

¿Qué se está haciendo?

Tiene como objetivo simplificar los alistamientos no evitarlos; mide los alistamientos, concentrándose en el tiempo muerto.

¿Por qué se está haciendo?

Consiste en comprender la importancia de la reducción del tiempo de alistamiento, para reinvertir el tiempo ahorrado en alistamientos más frecuentes.

¿Quién lo está haciendo?

La agilización del alistamiento no es un proyecto de ingeniería, es un proyecto en el cual participan los empleados trabajando en equipo.

- **Las Compras Justo a Tiempo**

Así como los clientes y los empleados son componentes clave del sistema Justo a Tiempo, los proveedores también son importantes para el proceso. Si una firma comparte sus necesidades de uso proyectadas con sus proveedores, obtiene un cuadro a largo plazo de las demandas que se harán a los sistemas de producción y distribución. Algunos proveedores están enlazados en línea con un cliente para compartir la programación de la producción y los datos sobre las necesidades de insumos. Esto les permite desarrollar sistemas de nivel de producción. La confianza en el compromiso de entrega del proveedor o del vendedor permite reducciones en los inventarios reguladores. Mantener existencias a un nivel Justo a Tiempo requiere de entregas frecuentes durante el día. Algunos

proveedores incluso entregan en un sitio a lo largo de la línea de producción y no en el puerto de entrada. Cuando los vendedores adoptan prácticas de calidad, pueden pasarse por alto las inspecciones de recibo a la llegada de sus productos.

Un resultado mucho mejor es que los proveedores comprendan su propio proceso y que lo controlen de tal manera que hagan las cosas bien la primera vez y reemplacen la inspección con vigilancia.

Eliminación del Desperdicio en el Proceso de Compras

En el entendido de que el objetivo fundamental en la implementación del JIT es la eliminación del desperdicio, en el proceso de compras se dan una serie de pasos que no agregan valor al producto y por tanto la filosofía JIT procede a eliminar los siguientes tipos de desperdicios:

- Orden de compra
- Una enmienda a la orden de compra
- Las remisiones y los informes de recibos y las facturas
- Sacar algo de un camión y colocarlo en un mueble central de recepción
- Traslado a una zona de espera
- La inspección
- Colocación en un depósito
- Los recuentos
- Sacar artículos de un recipiente grande y colocarlo en uno más pequeño
- Traslado al punto donde se va a utilizar
- Los costos de transporte

Relaciones con los Proveedores JIT

Para poner en marcha las compras JIT, hay que comenzar por forjar una nueva serie de relaciones, que sería muy diferente a las relaciones tradicionales entre compradores y vendedores, esta

relación debe ser bilateral en el entendido de que proveedores y compradores están pensando más o menos lo mismo.

Los elementos de esta relación son:

- **Largo Plazo o Duradera**
Porque se necesita mucho tiempo para resolver los problemas.
- **Mutuo Beneficio**
Porque es la única manera de que sean duraderas.
- **Menos Proveedores**
Porque ninguna empresa dispone de recursos para hacer tal cosa con muchos proveedores.
- **Mejores Proveedores**
Porque todo el proceso se basa en la calidad.

- **Poka-yoke**

Poka-yoke es una técnica de calidad desarrollada por el ingeniero japonés Shigeo Shingo en los años 1960's, que significa "a prueba de errores". La idea principal es la de crear un proceso donde los errores sean imposibles de realizar.

La finalidad del Poka-yoke es la de eliminar los defectos en un producto ya sea previniendo o corrigiendo los errores que se presenten lo antes posible¹².

Un dispositivo Poka-yoke es cualquier mecanismo que ayuda a prevenir los errores antes de que sucedan, o los hace que sean muy obvios para que el trabajador se dé cuenta y lo corrija a tiempo¹³.

Funciones reguladoras Poka-yoke

¹² Cuatrecasas Luis, "Gestión Integral de la Calidad", Gestión 2000, 2005, p. 311

¹³ SCRIBD, "Definición del Poka-yoke" Fuente Electrónica [en línea],
<http://es.scribd.com/doc/240337/Poka-Yoke>, 09/06/11, 16h35

Existen dos funciones reguladoras para desarrollar sistemas Poka-Yoke:

- **Métodos de Control**

Existen métodos que cuando ocurren anomalías apagan las máquinas o bloquean los sistemas de operación previniendo que siga ocurriendo el mismo defecto. Estos tipos de métodos tienen una función reguladora mucho más fuerte, que los de tipo preventivo, y por lo tanto este tipo de sistemas de control ayudan a maximizar la eficiencia para alcanzar cero defectos.

No en todos los casos que se utilizan métodos de control es necesario apagar la máquina completamente, por ejemplo cuando son defectos aislados (no en serie) que se pueden corregir después, no es necesario apagar la maquinaria completamente, se puede diseñar un mecanismo que permita "marcar" la pieza defectuosa, para su fácil localización; y después corregirla, evitando así tener que detener por completo la máquina y continuar con el proceso.

- **Métodos de Advertencia**

Este tipo de método advierte al trabajador de las anomalías ocurridas, llamando su atención, mediante la activación de una luz o sonido. Si el trabajador no se da cuenta de la señal de advertencia, los defectos seguirán ocurriendo, por lo que este tipo de método tiene una función reguladora menos poderosa que la de métodos de control.

En cualquier situación los métodos de control son por mucho más efectivos que los métodos de advertencia, por lo que los de tipo control deben usarse tanto como sean posibles. El uso de métodos de advertencia se debe considerar cuando el impacto de las anomalías sea mínimo, o cuando factores técnicos y/o

económicos hagan la implantación de un método de control una tarea extremadamente difícil.

Clasificación de los métodos Poka-yoke:

- 1. Métodos de contacto.** Son métodos donde un dispositivo sensitivo detecta las anomalías en el acabado o las dimensiones de la pieza, donde puede o no haber contacto entre el dispositivo y el producto.
- 2. Método de valor fijo.** Con este método, las anomalías son detectadas por medio de la inspección de un número específico de movimientos, en casos donde las operaciones deben de repetirse un número predeterminado de veces.
- 3. Método del paso-movimiento.** Son métodos en los que las anomalías son detectadas inspeccionando los errores en movimientos estándares donde las operaciones son realizadas con movimientos predeterminados. Este extremadamente efectivo método tiene un amplio rango de aplicación, y la posibilidad de su uso debe de considerarse siempre que se esté planeando la implementación de un dispositivo Poka-Yoke¹⁴.

- **SMED**

Se ha definido el SMED (Single minute Exchange of diez), como la teoría y técnica diseñada para realizar las operaciones de cambio en menos de 10 minutos.

Esta técnica permite disminuir el tiempo que se pierde en las máquinas e instalaciones debido al cambio de utensilio necesario

¹⁴ ITESCAM, "Métodos del Poka-yoke", Fuente Electrónica [en línea] www.itescam.com/principal/, 09/06/11, 16h45

para pasar de producir un tipo de producto a otro. Algunos de los beneficios que aporta esta herramienta son¹⁵:

- Reducir el tiempo de preparación y pasarlo a tiempo productivo
- Reducir el tamaño del inventario
- Reducir el tamaño de los lotes de producción
- Producir en el mismo día varios modelos en la misma máquina o línea de producción.

Esta mejora en el acortamiento del tiempo aporta ventajas competitivas para la empresa ya que no tan sólo existe una reducción de costos, sino que aumenta la flexibilidad o capacidad de adaptarse a los cambios en la demanda. Al permitir la reducción en el tamaño de lote colabora en la calidad ya que al no existir stocks innecesarios no se pueden ocultar los problemas de fabricación.

Algunos de los tiempos que se debe eliminar aparecen como despilfarros habitualmente de la siguiente forma:

- Los productos terminados se trasladan al almacén con la máquina parada.
- El siguiente lote de materia prima se trae del almacén con la máquina parada.
- Las cuchillas, moldes, matrices, no están en condiciones de funcionamiento.
- Algunas partes que no se necesitan se llevan cuando la máquina todavía no está funcionando.

¹⁵ García Alejandro y García Ángel, "Conceptos de Organización Industrial", Marcombo, 1998, p. 142.

- Faltan tornillos y algunas herramientas no aparecen cuando se necesitan durante el cambio.
- El número de ajustes es muy elevado y no existe un criterio en su definición.

El SMED, asociado al proceso de mejora continua, va a tratar de eliminar todos estos desperdicios¹⁶.

- **Kanban**

El sistema Toyota conocido como Kanban por la palabra japonesa que significa “registro visible”, utiliza únicamente dos tipos de tarjetas (kanbans) para indicar la cantidad y el momento del flujo de materiales:

1. Una tarjeta de movimiento autoriza la transferencia de un recipiente estándar, que contiene una parte específica, de la estación de trabajo donde se produjo la parte a la estación donde será usada.
2. Una tarjeta de producción autoriza la producción de un recipiente estándar de una parte específica en la estación de trabajo desde la cual se ha transferido un recipiente.

Una tarjeta con el recipiente y típicamente está marcada con un número de identificación, un número de parte, una descripción de la parte, el lugar de emisión y el número de unidades que contiene el recipiente estándar. Así las tarjetas sustituyen a la computadora en el seguimiento y control del flujo de materiales.

¹⁶ SCRIBD, “Definición de SMED”, Fuente Electrónica [en línea], <http://es.scribd.com/doc/18221557/SMED>, 09/06/11, 17h40

Las tarjetas kanban constituyen un sistema sencillo y flexible de programación que fomenta la buena coordinación entre centros de trabajo en la fabricación repetitiva. La cantidad de material que hay en el sistema se mediante un número prescrito de recipientes circulando en un momento cualquiera. Un centro de trabajo usuario “jala” de los recipientes que están en un centro de trabajo proveedor mediante una tarjeta de movimiento. Por su parte un proveedor no puede “empujar” un recipiente hacia un usuario porque ningún movimiento puede producirse mientras el usuario no se encuentre listo. Cuando lo esté, lo indicará la llegada de una tarjeta de movimiento. Además el proveedor no puede producir hasta que reciba el aviso en forma de una tarjeta de producción.

La diferencia entre un sistema de producción jalando y un sistema de producción empujando es la que hay entre producir por pedido y producir por programa. En un sistema de jalar, las actividades que se elaboran corriente arriba están ajustadas a las necesidades del ensamble final. Cuando todas las partes y materiales componentes son jalados a través de la producción respondiendo exactamente a las necesidades del producto final, se alcanza el ideal teórico de la producción sin existencias. No obstante, un sistema que funciona de manera exclusiva a base de jalar es susceptible de interrupción casi Instantánea si se produce una avería en cualquier actividad corriente arriba poco a poco. La automatización fue la primera reforma efectuada para fortalecer a Toyota. La segunda fue la producción justo a tiempo, ambas fueron espoloadas por la presión de la competencia. La tarea inicial en la JIT fue modificar el flujo de la producción, la transportación y la entrega.

Los principales objetivos del Kanban son¹⁷:

¹⁷ Krajewski Lee J. y Ritzman Larry P., “Administración de Operaciones: estrategia y análisis”, Pearson Educación, 2000, p. 733

- Incrementar la fuerza de trabajo
- Minimizar el stock de inventario
- Recortar tiempos muertos
- Incrementar el nivel de servicio al cliente
- Incrementar productividad
- Reducir desperdicios de materia prima
- Reducir desperdicio de tiempo.

Los Kanbans se pueden clasificar en:

Kanban de Retiro

Es una tarjeta de señalización que autoriza al movimiento de partes entre un centro de trabajo y otro. El kanban de retiro siempre debe acompañar al flujo de materiales de un centro a otro¹⁸.

Figura 2.2: Ejemplo de una Tarjeta Kanban de Retiro.

KANBAN Retiro									
<p>CODIGO DE MATERIAL: _____</p> <p>NOMBRE DEL ARTICULO: _____</p> <p>TAMAÑO DE LOTE:</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 20px; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> </table>									<p style="text-align: center;">PROCESO PRECEDENTE</p> <p style="text-align: center;">_____</p> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 10px 0;"/> <p style="text-align: center;">PROCESO SUBSECUENTE</p> <p style="text-align: center;">_____</p>

Fuente: www.kanbanweb.com/aplicaciones/twiki

¹⁸ KANBANWEB, "Kanban de Retiro", Fuente Electrónica [en línea], www.kanbanweb.com/aplicaciones/twiki/KanbanWebInformation, 09/06/11, 19h10

Kanban de Producción

El Kanban de producción, tiene como objetivo enviar la orden de producción al proceso precedente para que se inicie la producción de más partes o el surtimiento de materias primas, algunas veces se incluye a los proveedores externos en este proceso¹⁹.

Figura 2.3: Ejemplo de una Tarjeta Kanban de Producción

KANBAN Producción			
CENTRO DE TRABAJO: _____			
NO. PARTE A SER PRODUCIDA: _____			
UBICACION: _____			
CAPACIDAD DEL CONTENEDOR			
MATERIALES REQUERIDOS:			
NO. PARTE: _____			
UBICACION: _____			

Fuente: www.kanbanweb.com/aplicaciones/twiki

Primeramente es necesario establecer las reglas de operación, las cuales controlan el flujo de materiales y producto durante el proceso de producción:

1. El Kanban debe moverse sólo cuando el lote que él describe se haya consumido.

¹⁹ KANBANWEB, "Kanban de Retiro", Fuente Electrónica [en línea], www.kanbanweb.com/aplicaciones/twiki/KanbanWebInformation, 09/06/11, 19h10

2. No se permite el retiro de partes sin un Kanban (kanban de retiro)
3. El total de partes enviadas al proceso subsecuente debe ser exactamente el especificado por el Kanban.
4. Un kanban siempre debe acompañar a los productos físicos
5. El proceso precedente siempre debe producir sus partes en las cantidades retiradas por el proceso subsecuente.
6. Las partes defectuosas nunca deben ser enviadas al proceso subsecuente.
7. El kanban debe ser procesado en todos los centros de trabajo de manera estricta en el orden en el que llega a estos.

- **TPM**

El TPM (Mantenimiento Productivo Total) es una filosofía originaria de Japón que se enfoca en la eliminación de pérdidas asociadas con paros, calidad y costes en los procesos de producción industrial. Las siglas TPM fueron registradas por el JIPM ("Instituto Japonés de Mantenimiento de Planta")²⁰.

Los sistemas productivos, que durante muchas décadas han concentrado sus esfuerzos en el aumento de su capacidad de producción, están evolucionando cada vez más hacia la mejora de su eficiencia, que lleva a los mismos a la producción necesaria en cada momento con el mínimo empleo de recursos, los cuales serán, pues, utilizados de forma eficiente, es decir, sin despilfarro.

Todo ello ha conllevado la sucesiva aparición de nuevos sistemas de gestión que con sus técnicas, han permitido una eficiencia progresiva de los sistemas productivos, y que han culminado precisamente con la incorporación de la gestión de los equipos y medios de producción orientada a la obtención de la máxima eficiencia, a través del TPM.

²⁰ ENCICLOPEDIA LIBRE WIKIPEDIA, "El TPM", Fuente Electrónica [en línea], http://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento_productivo_tota, 10/06/11, 16h45

El TPM es un sistema que permite optimizar los procesos de producción de una organización, mejorando su capacidad competitiva con la participación de todos sus miembros, desde la alta gerencia hasta el operario de primera línea. Esta estrategia gerencial de origen oriental permite la eliminación rigurosa y sistemática de las pérdidas, el logro de cero accidentes, alta calidad en el producto final con cero defectos y reducción de costos de producción con cero averías o fallas²¹.

El TPM necesita del trabajo en grupos, que sean autónomos y permitan consolidar tareas específicas, en lo administrativo, productivo y en la gestión de mantenimiento que conlleven a procesos más eficaces para contribuir al objetivo general de la empresa. TPM es orientado a la mejora de la efectividad global de las operaciones para ser más competitivos, transforma los lugares de trabajo hasta proyectarlos de buena apariencia elevando el nivel de conocimiento y capacidad de los trabajadores de Mantenimiento y Producción e involucrando al 100% del personal.

Con la participación del personal se tiene más motivación, sugerencias de mejora y deseos de éxito, debido al cambio de pensamiento que se da al interior de la organización. El TPM es una cultura que aprovecha y multiplica las ventajas que dan las destrezas habilidades, liderazgo y compromiso de todos los miembros de la organización.

Los ocho pilares de TPM²²

El TPM se sustenta en la gente y sus pilares básicos son los siguientes:

²¹Rey Sacristán Francisco, "Mantenimiento total de la producción (TPM): proceso de implementación y desarrollo, FC Editorial, 2001, p. 48

²²Acuña Acuña Jorge, "Ingeniería de Confiabilidad", Tecnológica de CR, 2003, p. 282

- Mejoras enfocadas: Consta en llegar a los problemas desde la raíz y con previa planificación para saber cuál es la meta y en cuánto tiempo se logra.
 - Mantenimiento autónomo: Está enfocado al operario ya que es el que más interactúa con el equipo, propone alargar la vida útil de la maquina o línea de producción.
 - Mantenimiento planeado: Su principal eje de acción es el entender la situación que se está presentando en el proceso o en la máquina teniendo en cuenta un equilibrio costo-beneficio.
 - Control inicial: Consta básicamente en implementar lo aprendido en las máquinas y procesos nuevos.
 - Mantenimiento de la calidad: enfatizado básicamente a las normas de calidad que se rigen.
 - Entrenamiento: Correcta instrucción de los empleados relacionada con los procesos en los que trabaja cada uno.
 - TPM en oficinas: Es llevar toda la política de mejoramiento y manejo administrativo a las oficinas (papelerías, órdenes, etc.).
 - Seguridad y medio ambiente: Trata las políticas medioambientales y de seguridad regidas por el gobierno.
- **Andon**

Andon significa ¡AYUDA!, término japonés para alarma, indicador visual o señal, utilizado para mostrar el estado de producción, utiliza señales de audio y visuales. Andon es una herramienta usada para construir calidad en los procesos.

Es un despliegue de luces o señales luminosas en un tablero que indican las condiciones de trabajo en el piso de producción dentro del

área de trabajo, el color indica el tipo de problema o condiciones de trabajo.²³

Andon puede consistir en una serie de lámparas en cada proceso o un tablero de las lámparas que cubren un área entera de la producción. Andon en un área de ensamble será activado vía una cuerda del tirón o un botón de empuje por el operador.

Un Andon para una línea automatizada se puede interconectar con las máquinas para llamar la atención a la necesidad actual de las materias primas.

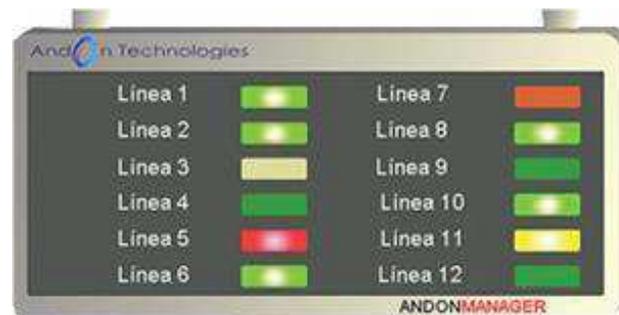
Si un problema ocurre, la tabla de Andon se iluminará para señalar al supervisor que la estación de trabajo está en problema. Una melodía se usa junto con la tabla de Andon para proporcionar un signo audible para ayudar al supervisor a comprender que hay un problema en su área. Una vez el supervisor evalúa la situación, puede tomar las acciones apropiadas para corregir el problema.

Los colores usados son:

- **Rojo:** Máquina descompuesta
- **Azul:** Pieza defectuosa
- **Blanco:** Fin de lote de producción
- **Amarillo:** Esperando por cambio de modelo
- **Verde:** Falta de material
- **No luz:** Sistema operando normalmente

²³ INGENIEROS INDUSTRIALES, "Control visual Andon", Fuente Electrónica [en línea], <http://industrial09.obolog.com/andon-227716>, 10/06/11, 17h15

Figura 2.4: Ejemplo de un tablero Andon



Fuente: www.google.com/tableroandon/imagen

- **Jidoka**

Jidoka es un término japonés que en el mundo Lean Manufacturing significa “automatización con un toque humano”. Jidoka permite que el proceso tenga su propio autocontrol de calidad²⁴.

Por ejemplo, si existe una anomalía durante el proceso, éste se detendrá, ya sea automática o manualmente, impidiendo que las piezas defectuosas avancen en el proceso. Todo lo contrario a los sistemas tradicionales de calidad, en los cuales las piezas son inspeccionadas al final de su proceso productivo.

Jidoka mejora la calidad en el proceso ya que sólo se producirán piezas con cero defectos.

Jidoka funcionaria sólo con el simple hecho de detectar una anomalía y parar la línea. Pero Jidoka es algo más, es corregir la condición anormal e investigar la causa raíz para eliminarla para siempre.

Por lo que una buena ejecución de Jidoka consta de cuatro pasos²⁵:

²⁴ Galgano Alberto, “Las Tres Revoluciones: caza del desperdicio”, Ediciones Díaz de Santos, 2003, p. 79

²⁵ GALGANO, “Jidoka automatización con un toque humano”, Fuente Electrónica [en línea], <http://www.galgano.es/lmbinaries/>, 11/06/11, 16h10

1. Detectar la anormalidad.
2. Parar.
3. Fijar o corregir la condición anormal.
4. Investigar la causa raíz e instalar las contramedidas.

Los dos primeros pasos pueden ser automatizados. A diferencia de los pasos tres y cuatro, los cuales son de total dominio de personas, ya que requieren de un diagnóstico, de un análisis, y de una resolución de problema

2.3 Desperdicios.

Las implicaciones de esta palabra incluyen cualquier cosa o actividad que no agrega valor. Los desperdicios se refieren a actividades humanas que requieren rectificación, aumento en los inventarios por producción de ítems que nadie quiere, realización de pasos que no se necesitan, movimientos de empleados y transporte de bienes de un lugar a otro sin ningún propósito, grupos de personas en espera por procesos en demora que no han sido programados y servicios que no atienden las necesidades del cliente²⁶.

Existen siete tipos de desperdicios²⁷.

- Sobreproducción
- Inventario
- Reparación/Rechazos
- Movimientos
- Procesamiento
- Espera
- Transporte

²⁶ GESTIOPOLIS, "Definición de Muda", Fuente Electrónica [en línea], <http://www.gestiopolis.com/canales8/ger/>, 11/06/11, 16h25

²⁷ TUOBRA, "Tipos de Mudras", Fuente Electrónica [en línea], <http://www.tuobra.com/publicadas/>, 11/06/11, 16h30

- **Desperdicio de Sobreproducción.**

Es función de la mentalidad del supervisor, quien se preocupa por producir más de lo necesario para evitar faltantes por posibles problemas como fallas en las máquinas, producto rechazado y ausentismo. Producir más de lo necesario genera desperdicio: consumo de materia prima antes de que se necesite, uso de mano de obra innecesario, transportes, costos administrativos, espacio adicional para almacenar excesos de inventario. Este es el peor tipo de desperdicio, ya que le brinda a la gente una falsa seguridad, ayuda a cubrir toda clase de problemas y esconde información que podría proveer ideas para el mejoramiento continuo.

- **Desperdicio de Inventario.**

Los inventarios de producto terminado, en proceso y materia prima, no agregan valor al proceso. De hecho generan costos ya que ocupan espacio y requieren equipos adicionales. Además la calidad del producto almacenado disminuye con el tiempo. Cuando el inventario es alto, nadie se preocupa lo suficiente para solucionar problemas como la calidad, tiempo de detención de la maquinaria y ausentismo, perdiendo oportunidad para el mejoramiento continuo.

- **Desperdicio de Reparación/Rechazos.**

El rechazo de material detiene la producción y genera retrabajos. Es por esto que la gente debe estar pendiente de parar las máquinas cuando algo este funcionando mal, evitando gastos y pérdidas de tiempo. Por lo tanto, este tipo de desperdicio va en contra de adquisición de maquinaria de alta velocidad.

- **Desperdicio de Movimientos.**

Por lo general se relaciona con los movimientos del operario que agregan valor duran solo unos pocos segundos. Por ejemplo una persona caminando o levantando algo pesado no agrega valor. Esto puede ser eliminado rediseñando el área de trabajo.

- **Desperdicio de Procesamiento.**

Se refiere a operaciones que no agregan valor al proceso, y hacen que se haga más trabajo del necesario. Esto puede darse por diseños o tecnología inadecuada. Por ejemplo una manera de eliminar este desperdicio es uniendo o eliminando operaciones.

- **Desperdicio de Espera.**

Ocurre cuando las manos del operario están desocupadas, cuando el trabajo del operario está detenido por falta de balanceo, falta de partes en la producción, porque las máquinas están paradas, o cuando el operario está observando la máquina trabajar.

- **Desperdicio de Transporte.**

El transporte es una parte esencial de las operaciones, pero el hecho de mover materiales o productos no genera valor. De hecho pueden generar daño en el material al hacerlo.

De acuerdo a la cadena de valor, hay tres tipos de acciones que ocurren a través de ésta:

1. Muchos pasos que generan valor al proceso.
2. Otros pasos que no generan valor, pero son inevitables con las tecnologías y los procesos productivos actuales. Estos son llamados Muda tipo I.
3. Muchos pasos adicionales que no generan valor y deben ser corregidos, estos son conocidos como desperdicios tipo II.

2.4 Selección de Proyectos de Mejora

Para realizar una correcta selección del proyecto de mejora se puede utilizar la siguiente matriz de priorización de la figura 2.5.

Figura 2.5: Matriz de Priorización



Fuente: www.google.com/matriz-priorizacion/imagenes

En el eje vertical se detalla el impacto que producirá la propuesta planteada en la mejora del proceso y en el eje horizontal la factibilidad del proyecto planteado.

La matriz se divide en cuatro zonas que son.

- **Baja Prioridad:** Propuestas de baja factibilidad y bajo impacto en la mejora
- **Críticos:** Proyectos de baja factibilidad pero alto impacto en la mejora
- **No críticos:** Proyectos de alta factibilidad pero bajo impacto en la mejora
- **Estratégicos:** Propuestas de alta factibilidad y alto impacto en la mejora.

Las propuestas planteadas se colocan en la región que corresponda dentro de la matriz según su nivel de factibilidad y el impacto que proporcione a la mejora y se selecciona la de mayor impacto y factibilidad.

2.5 Herramientas de Análisis

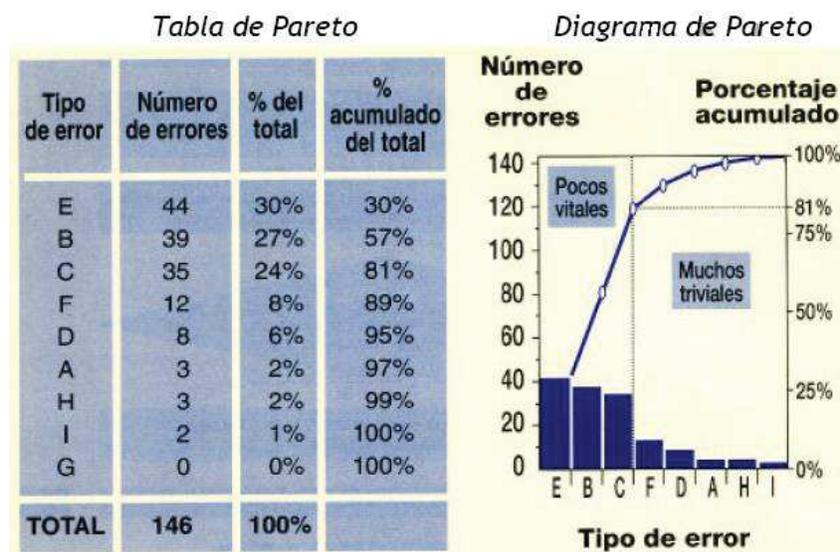
- **Diagrama de Pareto**

El diagrama de Pareto es una comparación ordenada de factores relativos a un problema. Esta comparación sirve para identificar y enfocar los pocos factores vitales de los muchos factores triviales. Esta herramienta es valiosa en la asignación de prioridades a los problemas de calidad, en el diagnóstico de causas y en la solución de las mismas. El diagrama de Pareto se puede elaborar de la siguiente manera:

- Cuantificar los factores del problema y sumar los efectos parciales hallando el total.
- Reordenar los elementos de mayor a menor.
- Calcular los porcentajes de los efectos
- Determinar el % acumulado del total para cada elemento de la lista ordenada.
- Trazar y rotular el eje vertical izquierdo (unidades).
- Trazar y rotular el eje horizontal (elementos).
- Trazar y rotular el eje vertical derecho (porcentajes).
- Dibujar las barras correspondientes a cada elemento.
- Trazar un gráfico lineal representando el porcentaje acumulado.
- Analizar el diagrama localizando el "Punto de inflexión" en este último gráfico.

Por ejemplo, 80% del valor del inventario total se encuentra en sólo 20% de los artículos en el inventario; en 20% de los trabajos ocurren 80% de los accidentes, o 20% de los trabajos representan cerca de 80% de los costos de compensación para trabajadores.

Figura 2.6: Ejemplo de diagrama de Pareto



Fuente: www.google.com/diagramapareto/imagen

- **Diagrama de Ishikawa**

El Diagrama de Ishikawa, también llamado diagrama de causa-efecto, es una de las diversas herramientas surgidas a lo largo del siglo XX para facilitar el análisis de problemas y encontrar posibles soluciones.

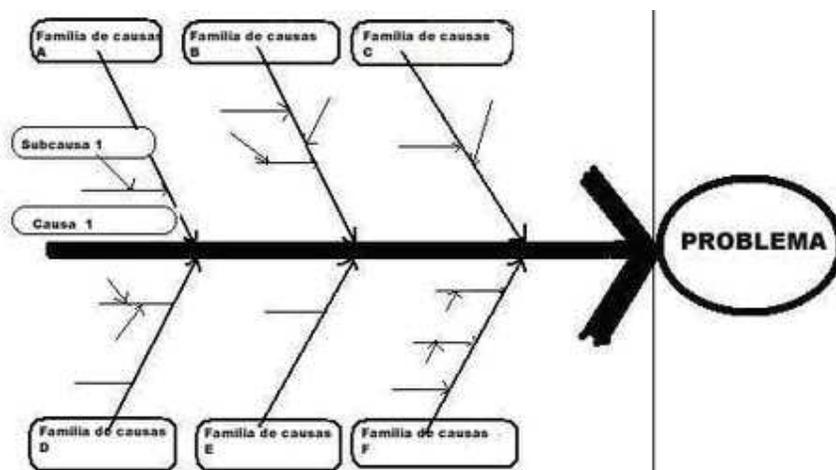
Fue concebido por el ingeniero japonés Dr. Kaoru Ishikawa en el año 1953. Se trata de un diagrama que por su estructura ha venido a llamarse también: diagrama de espina de pescado, que consiste en una representación gráfica sencilla en la que puede verse de manera relacional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar, que se escribe a su derecha.

El problema analizado puede provenir de diversos ámbitos como el método, maquinaria, medio ambiente, mano de obra y materiales. A este eje horizontal van llegando líneas oblicuas -como las espinas de un pez- que representan las causas valoradas como tales por las personas participantes en el análisis del problema. A su vez, cada una

de estas líneas que representa una posible causa, recibe otras líneas perpendiculares que representan las causas secundarias. Cada grupo formado por una posible causa primaria y sus causas secundarias forman un grupo de causas con naturaleza común.

Este tipo de herramienta permite un análisis participativo mediante grupos de mejora o grupos de análisis, que mediante técnicas como por ejemplo la lluvia de ideas, sesiones de creatividad, y otras, facilita un resultado óptimo en el entendimiento de las causas que originan un problema, con lo que puede ser posible la solución del mismo.

Figura 2.7: Ejemplo diagrama de Ishikawa.



Fuente: www.google.com/diagramacausa-efecto/imagen

2.6 Valor Agregado

Primero se debe definir que es un proceso: “Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados²⁸”

Los elementos de un proceso son:

²⁸ Organización Internacional para la Estandarización, “ISO 9000:2005 Traducción Certificada”, p. 12

- Entradas
- Salidas
- Controles
- Mecanismos

Para el cliente, las actividades que agregan valor al producto son aquellas por las que está dispuesto a pagar; se identifican porque generalmente son las operaciones que lo transforman en su forma física o integran el servicio, por ejemplo, las operaciones necesarias para modificar materias primas y materiales.

La teoría de valor agregado clasifica las actividades en:

1. Actividades que agregan valor
2. Actividades que no agregan valor

De esta forma en la figura 2.8 se puede observar que el mejoramiento se debe enfocar en aquellas actividades que agregan valor o en optimizar aquellas actividades que no agregan valor pero que son necesarias para el proceso. Si se mejoran las actividades innecesarias, se “está perdiendo el tiempo”, porque el objetivo es eliminarlas.

Figura 2.8: Actividades que agregan o no valor



Fuente: Harrington

En conclusión, el concepto de valor agregado establece que debe distinguirse las actividades que agregan valor de las que no lo hacen. De estas últimas, encontrar aquellas que resultan innecesarias y eliminarlas.

Las actividades resultantes, aquellas que agregan valor y aquellas que no lo hacen pero que son necesarias, se convierten en el centro de

Capítulo III

3.1 Descripción de las Líneas de Producto

La empresa INDUMEVER S.A. cuenta con tres líneas de fabricación de herrajes como son los herrajes para agua potable, herrajes eléctricos y herrajes para telecomunicaciones.

La empresa en estudio tiene definidos cuatro productos en su línea de herrajes eléctricos que son:

- Herraje tipo A para Fibra Óptica.
 - Herraje tipo B.
 - Abrazadera con Doble Perno.
 - Abrazadera de Varilla en U.
- **Herraje tipo A para Fibra Óptica**

El herraje tipo A para fibra óptica es un dispositivo metálico que tiene como fin fijarse en los postes de fluido eléctrico para sujetar los cables de fibra óptica manteniéndolos tensionados en las respectivas hileras de postes.

El herraje tipo A para fibra óptica consta de una platina donde en su centro se encuentra soldada una argolla y en el interior de ésta de igual forma se hallan soldados dos tensores.

El herraje tipo A para fibra óptica es en su totalidad construido en acero ASTM A-36.

Para una mejor resistencia al desgaste y la corrosión a la pieza se le proporciona un tratamiento superficial o revestimiento como es la inmersión en galvanizado caliente.

Descripción de los materiales utilizados para el herraje tipo A para fibra óptica

Material: ASTM A-36

Platina del Herraje [mm]: 50 x 106 x 4.

Oreja: 12 [mm] de diámetro y 250 [mm] de longitud.

Tensores: 10 [mm] de diámetro y 330 [mm] de longitud.

Galvanizado en Caliente: ASTM A-153.

- **Herraje tipo B**

El herraje tipo B es un mecanismo metálico que tiene como propósito fijarse en los postes de fluido eléctrico para sujetar y tensar los cables de teléfono.

El herraje tipo B consta de una platina uniforme que en su centro se encuentra doblada en forma de cuadrado y sus lados se hallan abiertos pero difieren con un cierto ángulo con respecto a la parte del centro.

En la platina que tiene forma de cuadrado se localizan en sus tres caras unos agujeros circulares a nivel del centro, en sus lados restantes se encuentran dos orificios rectangulares por donde pasan los cables del teléfono.

El herraje tipo B es en su totalidad construido en acero ASTM A-36.

Para una mejor resistencia al desgaste y la corrosión a la pieza se le proporciona un tratamiento superficial o revestimiento como es la inmersión en galvanizado caliente.

Descripción de los materiales utilizados para el herraje tipo B

Material: ASTM A-36.

Agujeros: 12 [mm] de diámetro.

Abertura: Rectangular de 40 x 8 [mm].

Galvanizado en Caliente: ASTM A-153.

- **Abrazadera con Doble Perno**

La abrazadera con doble perno es una pieza metálica que tiene como propósito, fijar cualquier componente, como por ejemplo bastidores tipo B o alfileres tipo P en los postes de fluido eléctrico.

La abrazadera es hecha con acero ASTM A-36, compuesta por dos pernos M12.7x0.8x76.2 [mm], con tuercas y arandelas de presión.

En los extremos de la abrazadera se encuentran unos agujeros de 12.7 [mm] para que entre otro perno para que se fije en el poste de fluido eléctrico.

Para una mejor resistencia al desgaste y la corrosión a la pieza se le proporciona un tratamiento superficial o revestimiento como es la inmersión en galvanizado caliente.

Descripción de los materiales utilizados para la abrazadera con Doble Perno

Material: ASTM A-36.

Abrazadera: 235 [mm] de diámetro interior.

Pernos: M12.7x0.8x76.2 [mm].

Galvanizado en Caliente: ASTM A-153.

- **Abrazadera de Varilla en U**

La abrazadera de varilla en U es un dispositivo metálico que tiene como fin fijar las crucetas y a las redes aéreas a los postes de fluido eléctrico.

La abrazadera en U se la fabrica a partir de una varilla de acero ASTM A-36 de 19 [mm] de diámetro, a esta varilla se la corta para

proceder a doblarla con un diámetro interno de 200 [mm], la abrazadera tiene una longitud en cada extremo de 285 [mm].

A cada uno de los extremos es maquinado con un paso de 0.8 [mm] para que entren las arandelas y las turcas.

Para una mejor resistencia al desgaste y la corrosión a la pieza se le proporciona un tratamiento superficial o revestimiento como es la inmersión en galvanizado caliente.

Descripción de los materiales utilizados para la abrazadera de varilla en U

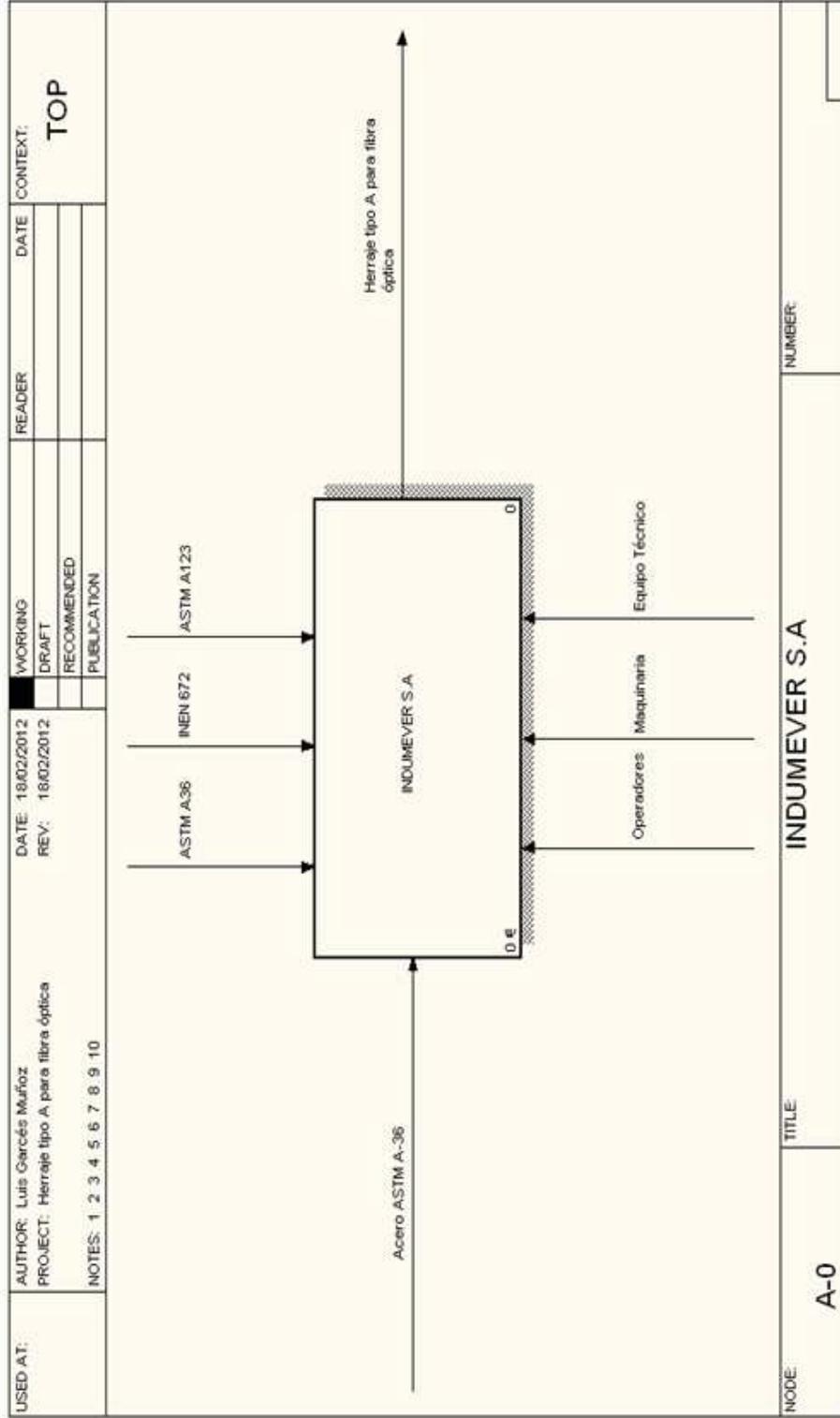
Material: ASTM A-36.

Extremos: Longitud de los extremos 285 [mm].

Doblado: El diámetro interior es de 200[mm]

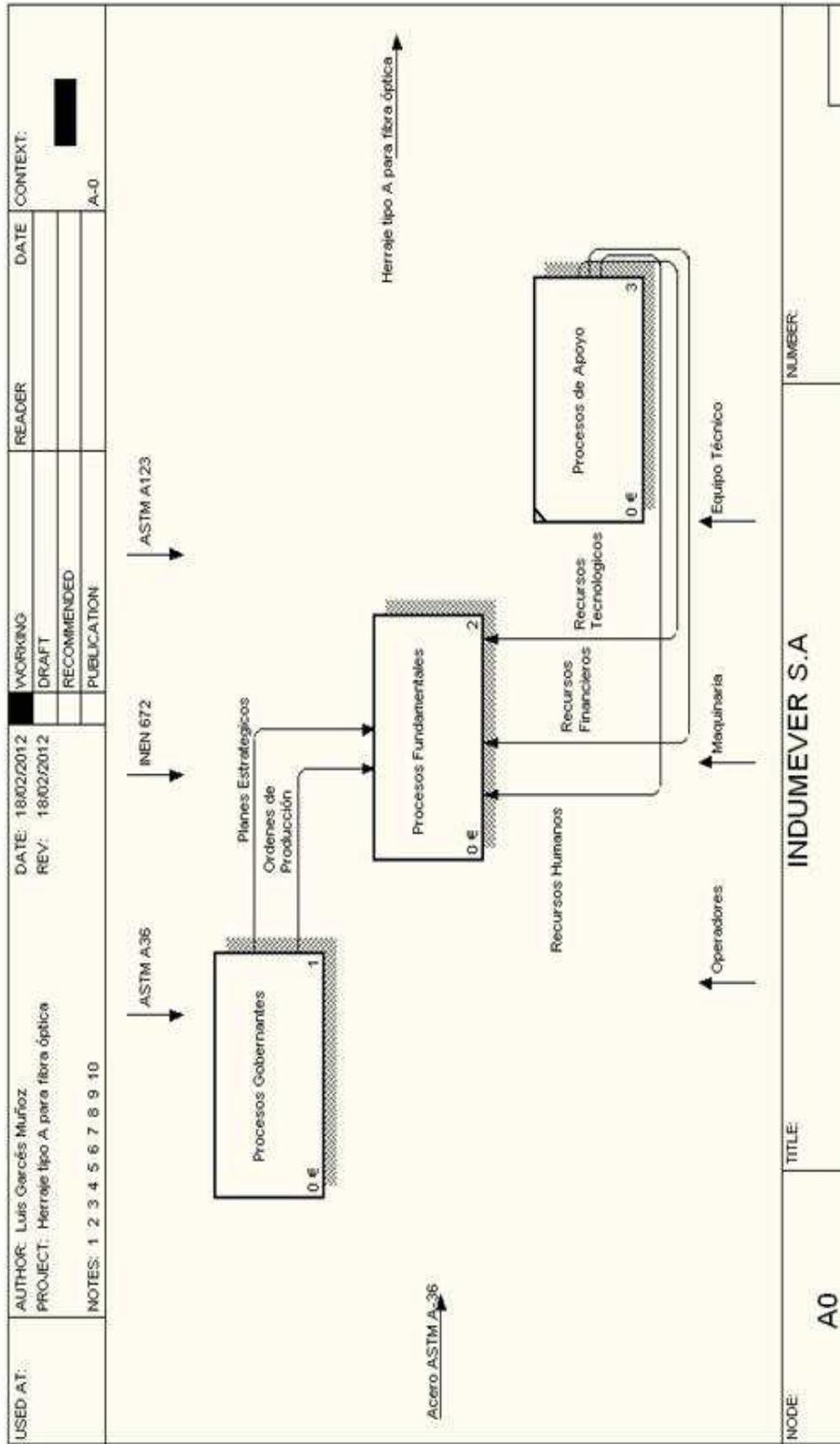
3.2 Mapa de Procesos de la Organización

Figura 3.1: Macroproceso de la empresa INDUMEVER



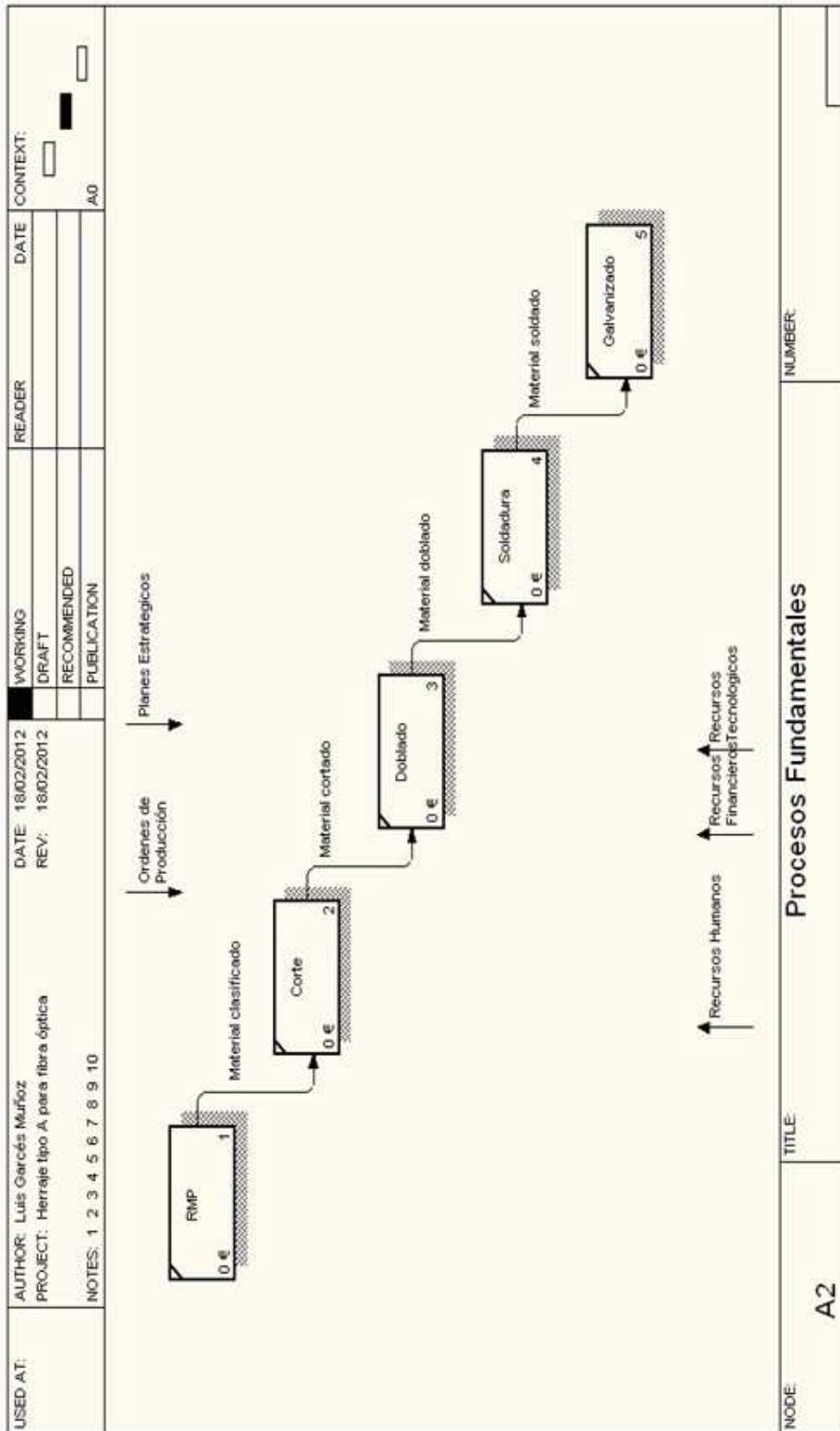
Elaborado por: Autor

Figura 3.2: Mapa de procesos de la empresa INDUMEVER



Elaborado por: Autor

Figura 3.3: Procesos fundamentales u operativos de la empresa INDUIMEVER

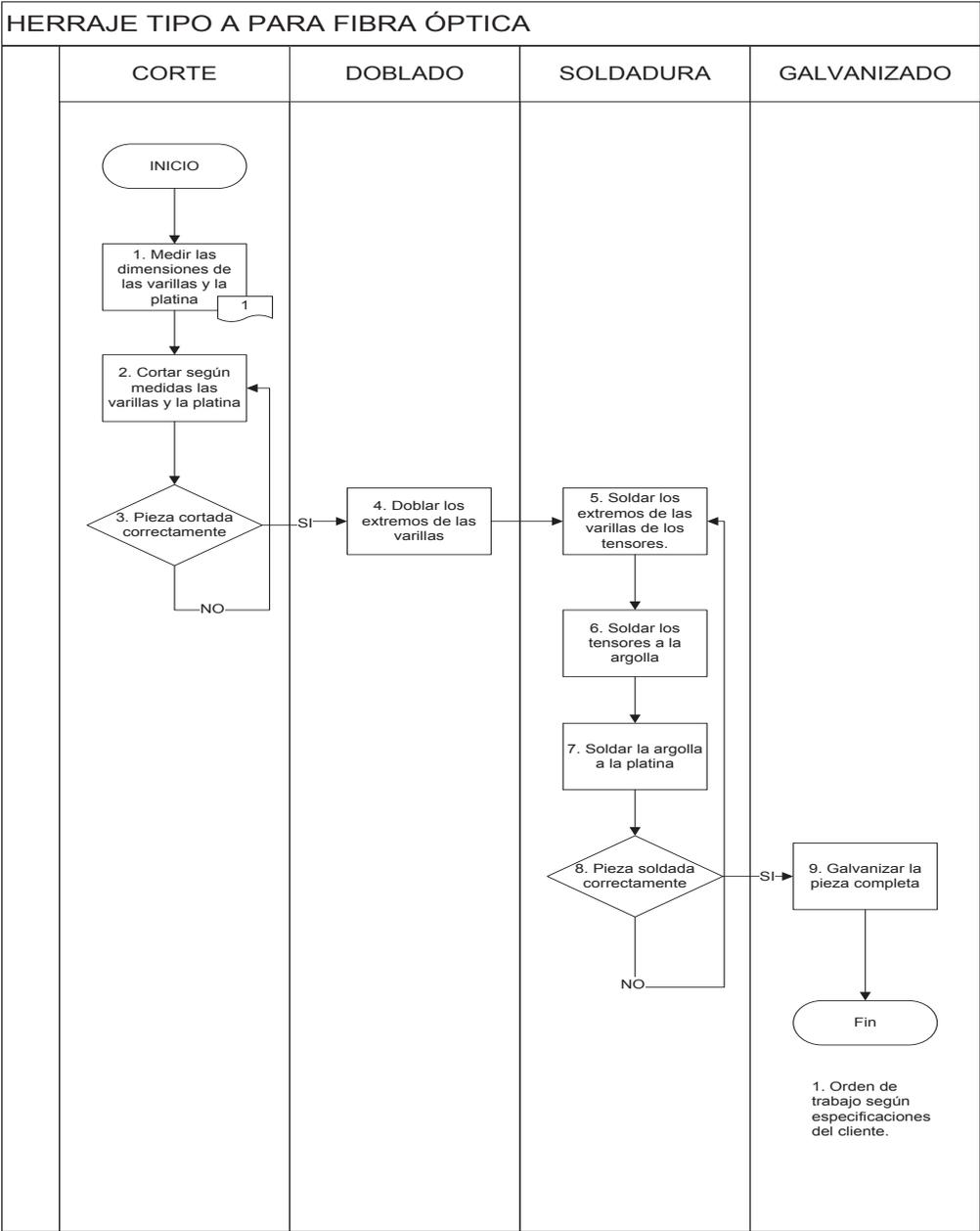


Elaborado por: Autor

3.3 Diagrama de Flujo de los Procesos

- Diagrama de flujo del proceso de fabricación del herraje tipo A para fibra óptica

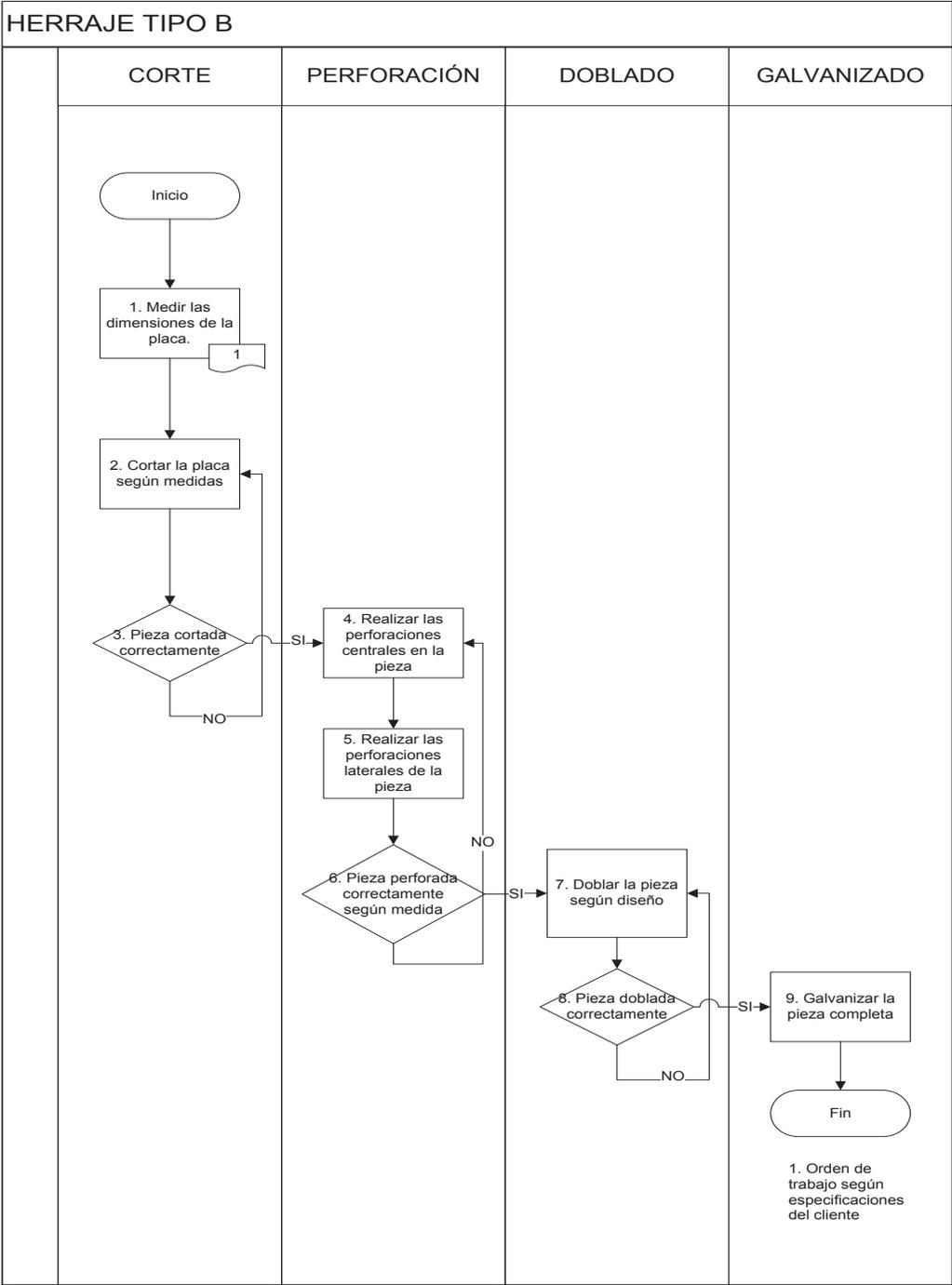
Figura 3.4: Diagrama de flujo para fabricar el herraje tipo A para fibra óptica



Elaborado por: Autor

- Diagrama de Flujo del proceso de fabricación herraje tipo B

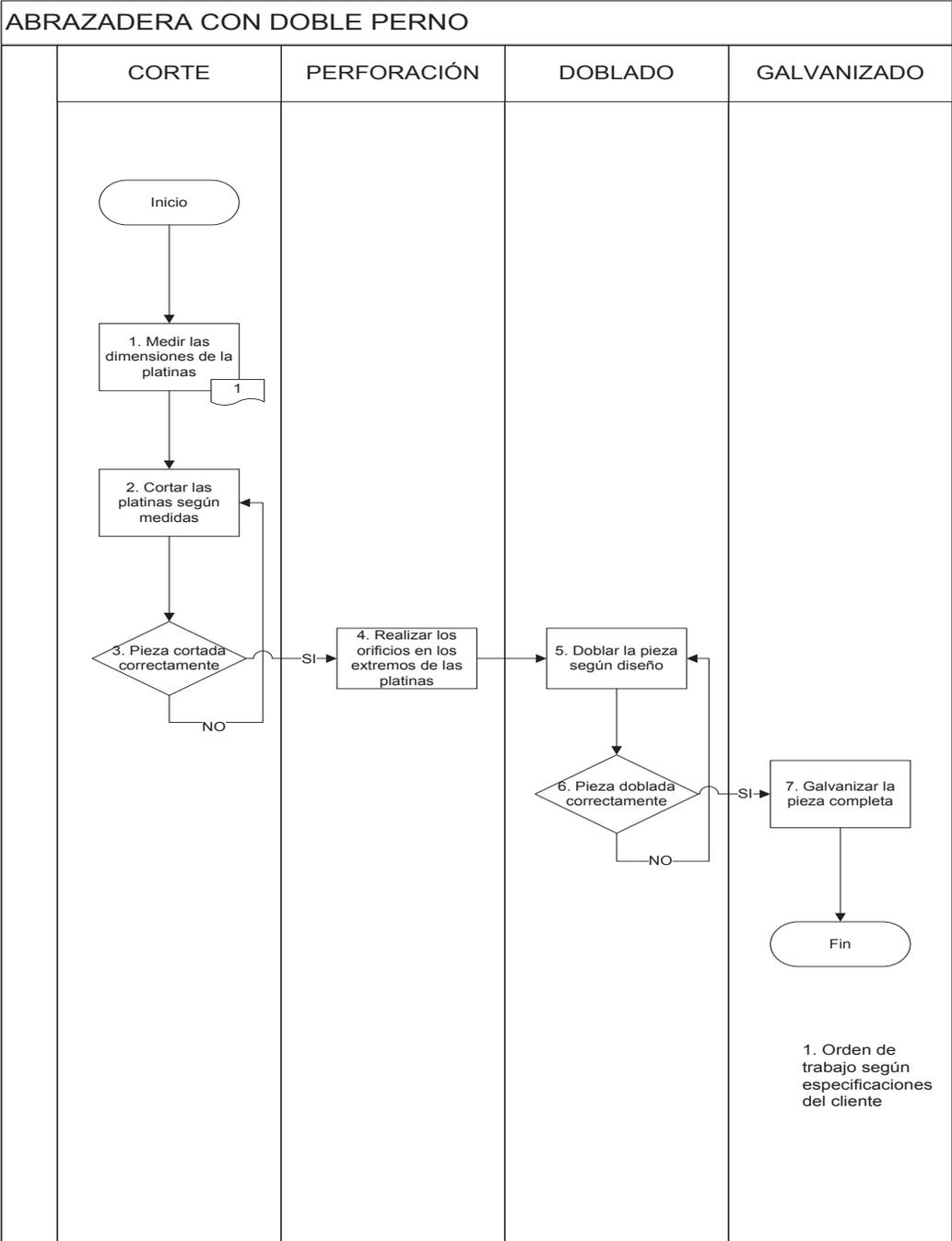
Figura 3.5: Diagrama de flujo para fabricar el herraje tipo B



Elaborado por: Autor

- Diagrama de Flujo del proceso de fabricación de la Abrazadera con Doble Perno

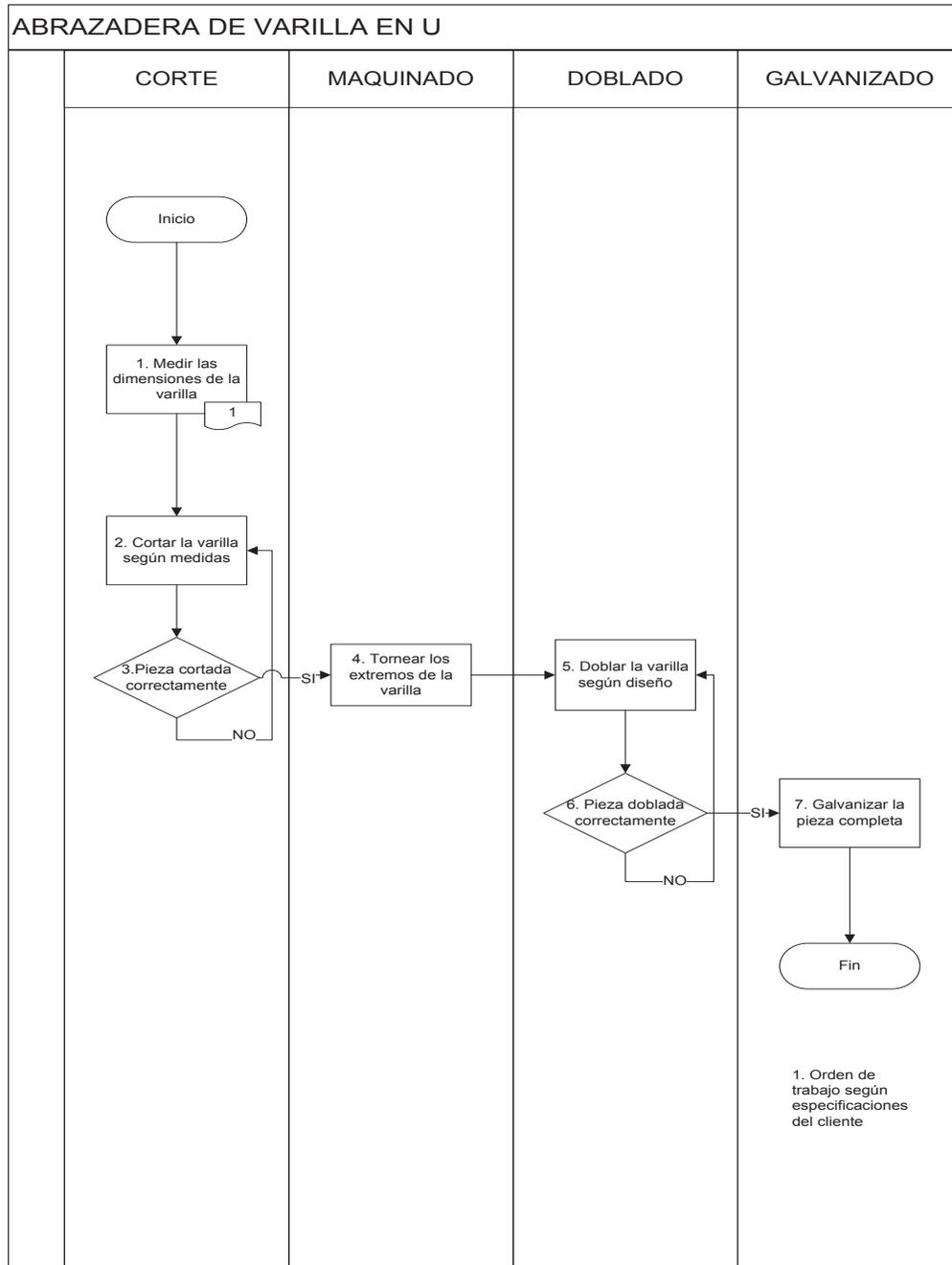
Figura 3.6: Diagrama de flujo para fabricar la abrazadera con doble perno



Elaborado por: Autor

- Diagrama de Flujo del proceso de fabricación de la Abrazadera de Varilla en U

Figura 3.7: Diagrama de flujo para fabricar la abrazadera de varilla en U



Elaborado por: Autor

3.4 Análisis de Valor Agregado de los Procesos

- Análisis de Valor Agregado del proceso de fabricación herraje tipo A para fibra óptica

TABLA 3.1

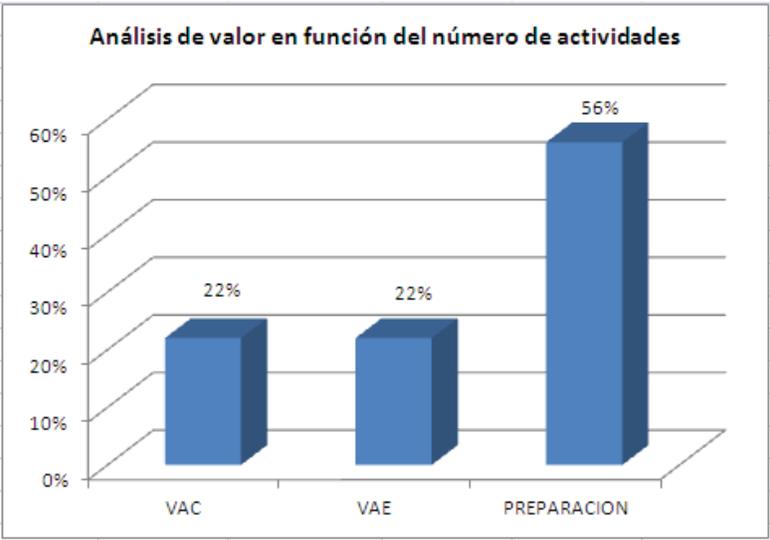
Análisis de valor agregado del proceso de fabricación

PRODUCTO:	Herraje Tipo A para Fibra Óptica						
	AGREGA VALOR				AGREGA VALOR		
ACTIVIDADES	VAC	VAE	PREPARACION	TIEMPO	VAC	VAE	PREPARACION
Medir la pieza	•			30	30	0	0
Cortar la pieza			•	100	0	0	100
Insp. Pieza cortada		•		10	0	10	0
Doblar la pieza			•	110	0	0	110
Soldar los extremos			•	35	0	0	35
Soldar los tensores			•	30	0	0	30
Soldar la argolla			•	30	0	0	30
Insp. Pieza soldada		•		10	0	10	0
Galvanizar la pieza	•			120	120	0	0
9	2	2	5	475	150	20	305
	22%	22%	56%		32%	4%	64%

Elaborado por: Autor

En la tabla 3.1 muestra el análisis de valor agregado de las actividades del producto herraje tipo A para fibra óptica. En la figura 3.8 se detalla el análisis de valor en función del número de actividades, como resultado de este análisis se observa que la actividad de preparación es la que mayor número tiene con un porcentaje del 56%, mientras las actividades que agregan valor al cliente y a la empresa representan el 22% cada una.

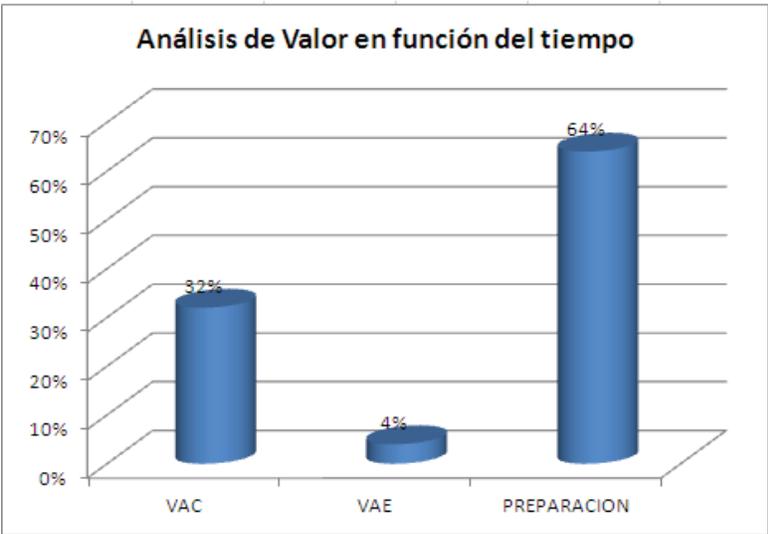
Figura: 3.8: Análisis de valor en función del número de actividades



Elaborado por: Autor

En la figura 3.9 representa el análisis de valor en función al tiempo del producto herraje tipo A para fibra óptica, como consecuencia de este análisis se puede observar que la actividad que utiliza mayor tiempo es la de preparación con un 64% del total, seguido por el valor agregado al cliente con un 32% del tiempo y el valor agregado para la empresa con un 4%.

Figura 3.9: Análisis de valor en función al tiempo



Elaborado por: Autor

- **Análisis de Carga de Trabajo del Producto Herraje tipo A para fibra óptica**

En la tabla 3.2 se observa el análisis de la carga de trabajo en cada una de las actividades para la fabricación del herraje tipo A para fibra óptica.

El análisis para el producto consiste en conocer cuál de los operadores incluyendo el supervisor de corte es quien realiza más actividades o a su vez a que colaborador se le carga con mayor tiempo en las actividades.

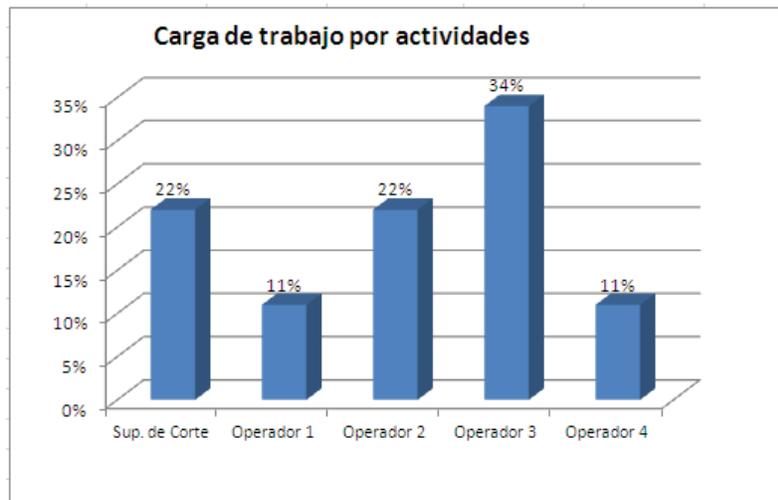
TABLA 3.2

Análisis de carga de trabajo del herraje tipo A para fibra óptica

PRODUCTO:	Herraje tipo A para fibra óptica									
	CARGA DE TRABAJO					CARGA DE TRABAJO (TIEMPO)				
ACTIVIDADES	Sup. de Corte	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Operador 4	Sup. de Corte	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Operador 4
Medir la pieza		•				0	30	0	0	0
Cortar la pieza			•			0	0	100	0	0
Insp. Pieza cortada	•					10	0	0	0	0
Doblar la pieza				•		0	0	0	110	0
Soldar los extremos					•	0	0	0	0	35
Soldar los tensores				•		0	0	0	30	0
Soldar la argolla				•		0	0	0	30	0
Insp. Pieza soldada	•					10	0	0	0	0
Galvanizar la pieza			•			0	0	120	0	0
9	2	1	2	3	1	20	30	220	170	35
	22%	11%	22%	33%	11%	4%	6%	46%	36%	7%

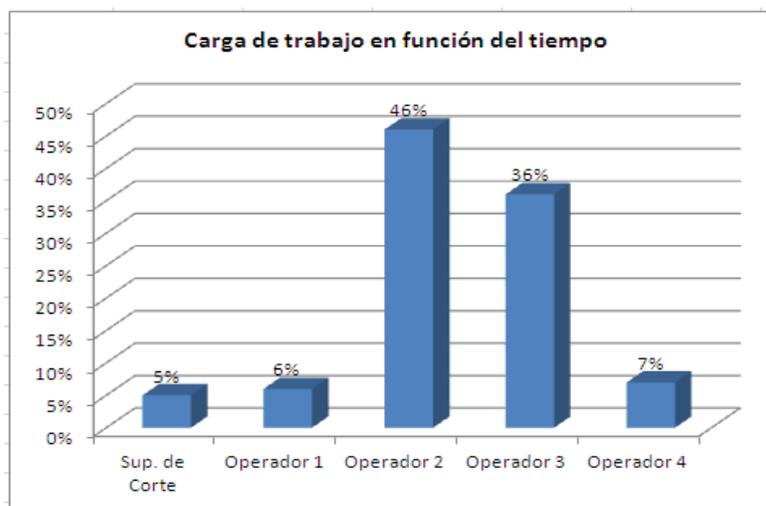
Elaborado por: Autor

En la figura 3.10 se detalla el análisis de carga de trabajo en función del número de actividades, como resultado de este análisis se observa que el operador 3 es el de mayor carga con un 33% del total del trabajo seguido por el operador 2 y el sup. de corte con el 22% del trabajo, y por último los operadores 1 y 4 con un 11% de la carga.

Figura 3.10: Carga de trabajo en función de las actividades

Elaborado por: Autor

En la figura 3.11 representa el análisis de carga de trabajo en función al tiempo del producto herraje tipo A para fibra óptica, como consecuencia de este análisis se puede observar que el operario con mayor carga de trabajo en función al tiempo es el operador 2 con el 46% del total, seguido del operador 3 con el 36%.

Figura 3.11: Análisis de carga de trabajo en función del tiempo

Elaborado por: Autor

- **Análisis de Valor Agregado del herraje tipo B**

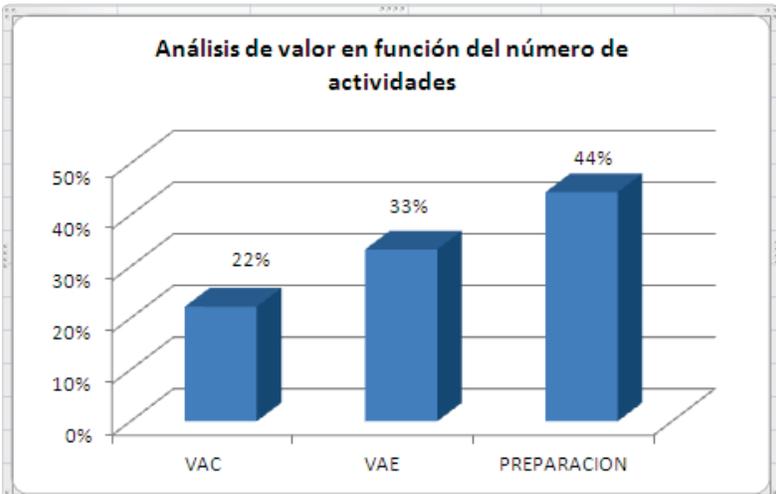
TABLA 3.3
Análisis de valor agregado herraje tipo B

PRODUCTO:	Herraje Tipo B						
	AGREGA VALOR		PREPARACION	TIEMPO	AGREGA VALOR		PREPARACION
ACTIVIDADES	VAC	VAE			VAC	VAE	
Medir la pieza	•			30	30	0	0
Cortar la pieza			•	100	0	0	100
Insp. Pieza cortada		•		10	0	10	0
Perforaciones centrales			•	20	0	0	20
Perforaciones laterales			•	60	0	0	60
Insp. Pieza perforada		•		10	0	10	0
Doblar la pieza			•	30	0	0	30
Insp. Pieza doblada		•		10	0	10	0
Galvanizar la pieza	•			120	120	0	0
9	2	3	4	390	150	30	210
	22%	33%	44%		38%	8%	54%

Fuente: Autor

En la tabla 3.3 muestra el análisis de valor agregado de las actividades del producto herraje tipo B. En la figura 3.12 se detalla el análisis de valor en función del número de actividades, como resultado de este análisis se observa que la actividad de preparación es la que mayor número tiene con un porcentaje del 44%, mientras las actividades que agregan valor al cliente es del 22% y a la empresa es el 33%.

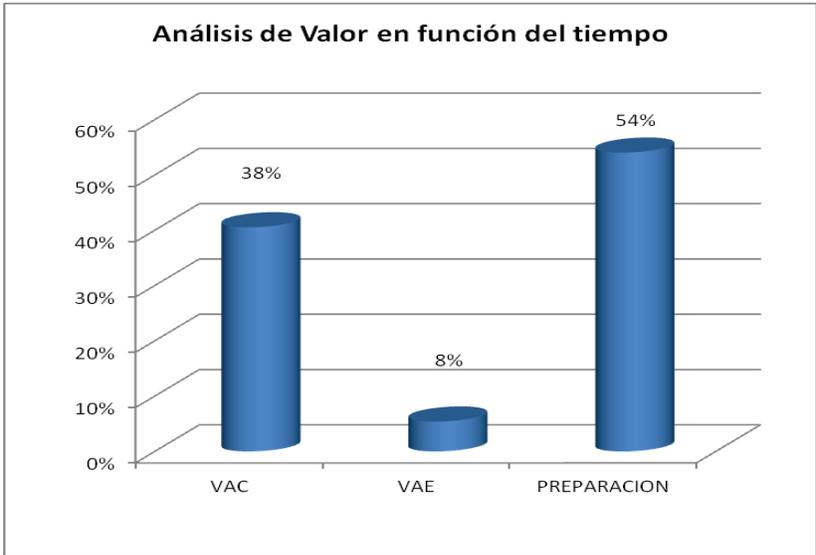
Figura: 3.12: Análisis de valor en función del número de actividades



Elaborado por: Autor

En la figura 3.13 representa el análisis de valor en función al tiempo del producto herraje tipo B, como consecuencia de este análisis se puede observar que la actividad que utiliza mayor tiempo es la de preparación con un 54% del total, seguido por el valor agregado al cliente con un 38% del tiempo y el valor agregado para la empresa con un 8%.

Figura 3.13: Análisis de valor en función del tiempo



Elaborado por: Autor

- **Análisis de Carga de Trabajo del Producto Herraje tipo B**

En la tabla 3.4 se observa el análisis de la carga de trabajo en cada una de las actividades para la fabricación del herraje tipo B.

El análisis para el producto consiste en conocer cuál de los operadores incluyendo el supervisor de área, es quien realiza más actividades o a su vez a que colaborador se le carga con mayor tiempo en las actividades

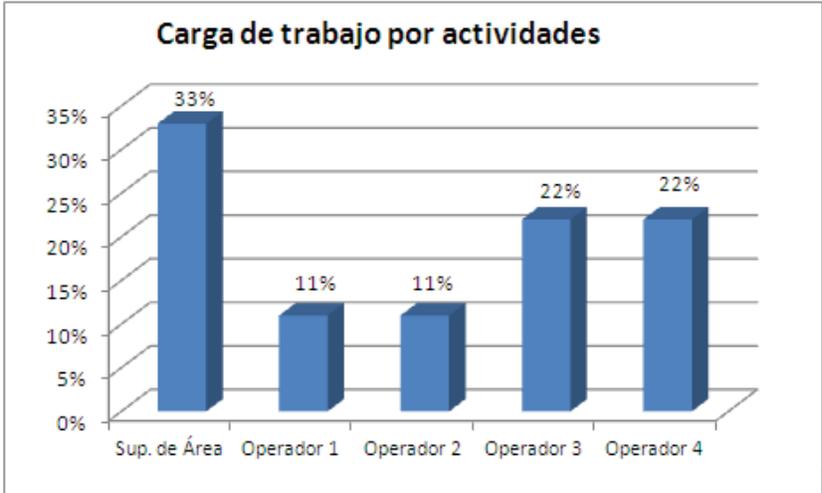
TABLA 3.4
Análisis de carga de trabajo del herraje tipo B

PRODUCTO:	Herraje tipo B									
	CARGA DE TRABAJO					CARGA DE TRABAJO (TIEMPO)				
ACTIVIDADES	Sup. de Área	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Operador 4	Sup. de Corte	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Operador 4
Medir la pieza		•				0	30	0	0	0
Cortar la pieza			•			0	0	100	0	0
Insp. Pieza cortada	•					10	0	0	0	0
Perforaciones centrales				•		0	0	0	20	0
Perforaciones laterales				•		0	0	0	60	0
Insp. Pieza perforada	•					10	0	0	0	0
Doblar la pieza					•	0	0	0	0	30
Insp. Pieza doblada	•					10	0	0	0	0
Galvanizar la pieza					•	0	0	0	0	120
9	3	1	1	2	2	30	30	100	80	150
	33%	11%	11%	22%	22%	8%	8%	26%	21%	38%

Elaborado por: Autor

En la figura 3.14 se detalla el análisis de carga de trabajo en función del número de actividades, como resultado de este análisis se observa que el supervisor de área es el de mayor carga con un 33% del total del trabajo seguido por el operador 3 y 4 con el 22% del trabajo, y por último los operadores 1 y 2 con un 11% de la carga.

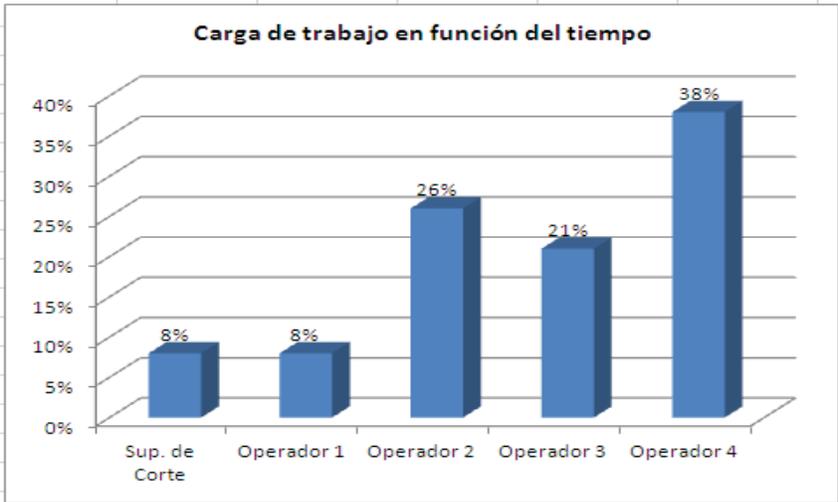
Figura 3.14: Carga de trabajo en función de las actividades



Elaborado por: Autor

En la figura 3.15 representa el análisis de carga de trabajo en función al tiempo del producto herraje tipo B, como consecuencia de este análisis se puede observar que el operario con mayor carga de trabajo en función al tiempo es el operador 4 con el 38% del total, seguido del operador 2 con el 26%.

Figura: 3.15: Análisis de carga de trabajo en función del tiempo



Elaborado por: Autor

- **Análisis de Valor Agregado de la Abrazadera con Doble Perno**

TABLA 3.5

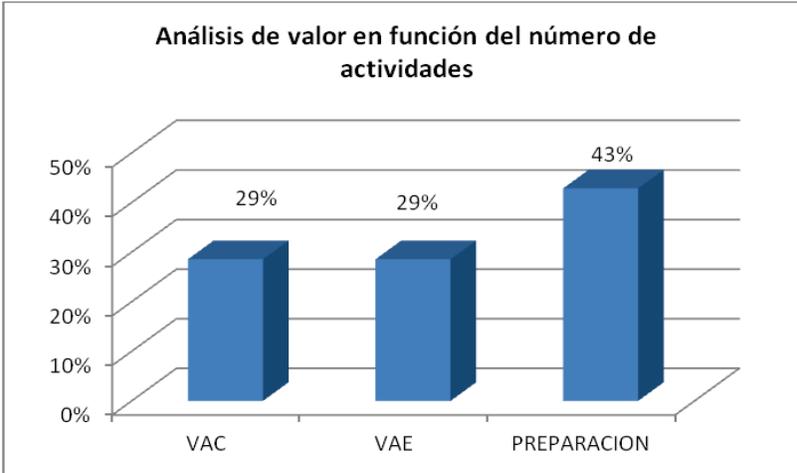
Análisis de valor agregado varilla con doble perno

PRODUCTO:	Abrazadera con doble perno						
	AGREGA VALOR				AGREGA VALOR		
ACTIVIDADES	VAC	VAE	PREPARACION	TIEMPO	VAC	VAE	PREPARACION
Medir la pieza	•			30	30	0	0
Cortar la pieza			•	100	0	0	100
Insp. Pieza cortada		•		10	0	10	0
Perforar en los extremos			•	40	0	0	40
Doblar la pieza			•	60	0	0	60
Insp. Pieza doblada		•		10	0	10	0
Galvanizar la pieza	•			120	120	0	0
7	2	2	3	370	150	20	200
	29%	29%	43%		41%	5%	54%

•
Elaborado por: Autor

En la tabla 3.5 muestra el análisis de valor agregado de las actividades del producto abrazadera con doble perno. En la figura 3.16 se detalla el análisis de valor en función del número de actividades, como resultado de este análisis se observa que la actividad de preparación es la que mayor número tiene con un porcentaje del 43%, mientras las actividades que agregan valor al cliente y a la empresa son del 29%.

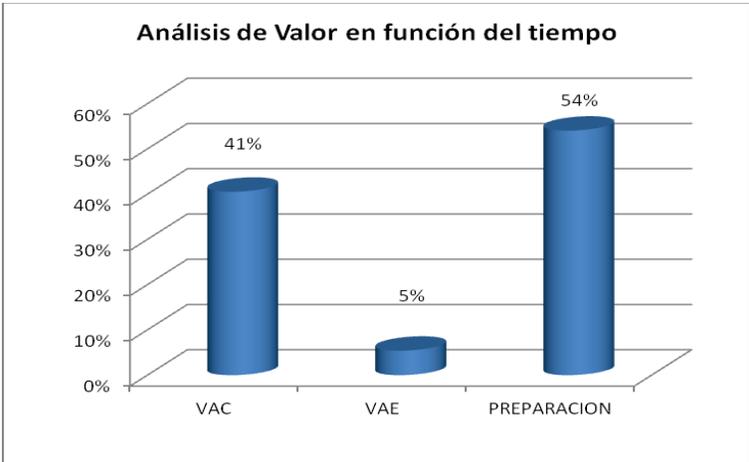
Figura 3.16: Análisis de valor en función del número de actividades



Elaborado por: Autor

En la figura 3.17 representa el análisis de valor en función al tiempo del producto abrazadera con doble perno, como consecuencia de este análisis se puede observar que la actividad que utiliza mayor tiempo es la de preparación con un 54% del total, seguido por el valor agregado al cliente con un 41% del tiempo y el valor agregado para la empresa con un 5%.

Figura 3.17: Análisis de valor en función del tiempo



Elaborado por: Autor

- **Análisis de Carga de Trabajo de la Abrazadera con Doble Perno**

En la tabla 3.6 se observa el análisis de la carga de trabajo en cada una de las actividades para la fabricación de la abrazadera con doble perno.

El análisis para el producto consiste en conocer cuál de los operadores incluyendo el supervisor de área, es quien realiza más actividades o a su vez a que colaborador se le carga con mayor tiempo en las actividades.

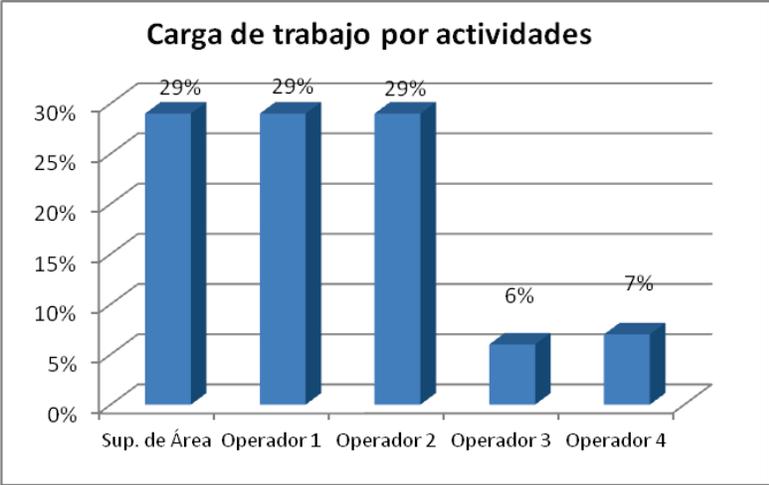
TABLA 3.6
Análisis de carga de trabajo de la abrazadera con doble perno

PRODUCTO:	Abrazadera con doble perno									
	CARGA DE TRABAJO					CARGA DE TRABAJO (TIEMPO)				
ACTIVIDADES	Sup. de Área	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Operador 4	Sup. de Área	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Operador 4
Medir la pieza		•				0	30	0	0	0
Cortar la pieza			•			0	0	100	0	0
Insp. Pieza cortada	•					10	0	0	0	0
Perforar en los extremos				•		0	0	0	40	0
Doblar la pieza					•	0	0	0	0	60
Insp. Pieza doblada	•					10	0	0	0	0
Galvanizar la pieza		•	•			0	120	120	0	0
7	2	2	2	1	1	20	150	220	40	60
	29%	29%	29%	14%	14%	5%	41%	59%	11%	16%

Elaborado por: Autor

En la figura 3.18 se detalla el análisis de carga de trabajo en función del número de actividades, como resultado de este análisis se observa que el supervisor de área es el de mayor carga con un 33% del total del trabajo seguido por el operador 3 y 4 con el 22% del trabajo, y por último los operadores 1 y 2 con un 11% de la carga.

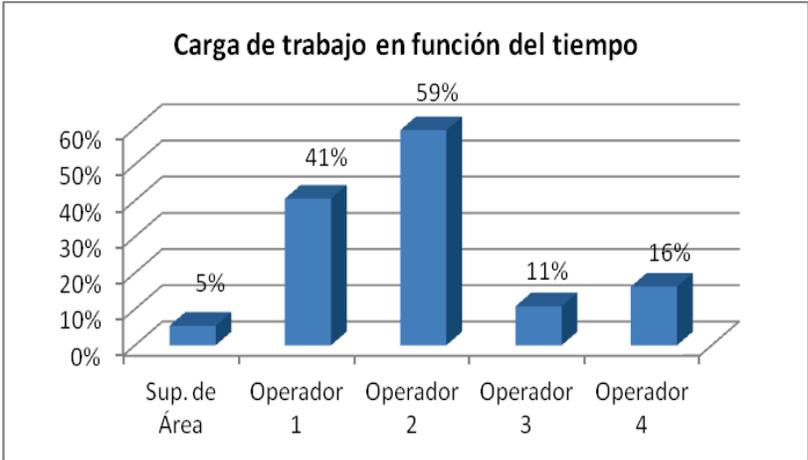
Figura 3.18: Carga de trabajo en función de las actividades



Elaborado por: Autor

En la figura 3.19 representa el análisis de carga de trabajo en función al tiempo del producto abrazadera con doble perno, como consecuencia de este análisis se puede observar que el operario con mayor carga de trabajo en función al tiempo es el operador 4 con el 38% del total, seguido del operador 2 con el 26%.

Figura: 3.19: Análisis de carga de trabajo en función del tiempo



Elaborado por: Autor

- **Análisis de Valor Agregado de la Abrazadera de Varilla en U**

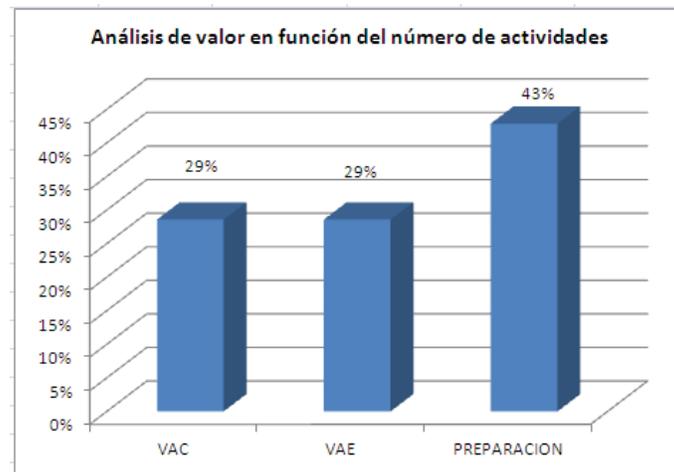
TABLA 3.7

Análisis de valor agregado de la abrazadera de varilla en U

PRODUCTO:	Abrazadera de Varilla en U						
	AGREGA VALOR		PREPARACION	TIEMPO	AGREGA VALOR		PREPARACION
ACTIVIDADES	VAC	VAE			VAC	VAE	
Medir la pieza	•			30	30	0	0
Cortar la pieza			•	100	0	0	100
Insp. Pieza cortada		•		10	0	10	0
Tornear la pieza			•	60	0	0	60
Doblar pieza			•	30	0	0	30
Insp. Pieza doblada		•		10	0	10	0
Galvanizar la pieza	•			120	120	0	0
7	2	2	3	360	150	20	190
	29%	29%	43%		42%	6%	53%

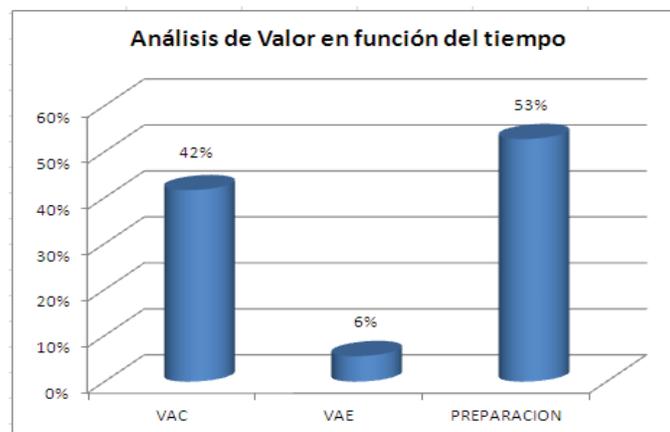
Elaborado por: Autor

En la tabla 3.7 muestra el análisis de valor agregado de las actividades del producto abrazadera de varilla en U. En la figura 3.20 se detalla el análisis de valor en función del número de actividades, como resultado de este análisis se observa que la actividad de preparación es la que mayor número tiene con un porcentaje del 43%, mientras las actividades que agregan valor al cliente y a la empresa son del 29%.

Figura 3.20: Análisis de valor en función del número de actividades

Elaborado por: Autor

En la figura 3.21 representa el análisis de valor en función al tiempo del producto abrazadera de varilla en U, como consecuencia de este análisis se puede observar que la actividad que utiliza mayor tiempo es la de preparación con un 53% del total, seguido por el valor agregado al cliente con un 42% del tiempo y el valor agregado para la empresa con un 6%.

Figura 3.21: Análisis de valor en función del tiempo

Fuente: Autor

- **Análisis de la Carga de Trabajo de la Abrazadera de Varilla en U**

En la tabla 3.8 se observa el análisis de la carga de trabajo en cada una de las actividades para la fabricación de la abrazadera de varilla en U.

El análisis para el producto consiste en conocer cuál de los operadores incluyendo el supervisor de área es quien realiza más actividades o a su vez a que colaborador se le carga con mayor tiempo en las actividades.

TABLA 3.8

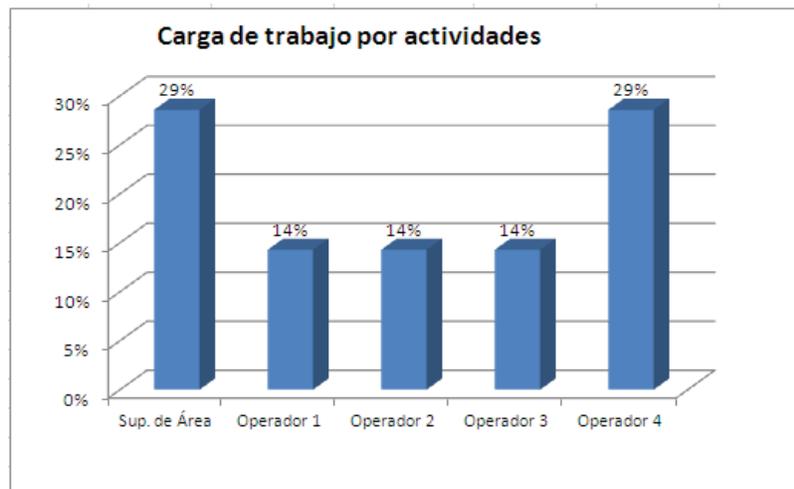
Análisis de la carga de trabajo abrazadera de varilla en U

PRODUCTO:	Abrazadera de varilla en U									
	CARGA DE TRABAJO					CARGA DE TRABAJO (TIEMPO)				
ACTIVIDADES	Sup. de Área	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Operador 4	Sup. de Área	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Operador 4
Medir la pieza		•				0	30	0	0	0
Cortar la pieza			•			0	0	100	0	0
Insp. Pieza cortada	•					10	0	0	0	0
Tornear la pieza				•		0	0	0	60	0
Doblar pieza					•	0	0	0	0	30
Insp. Pieza doblada	•					10	0	0	0	0
Galvanizar la pieza					•	0	0	0	0	120
7	2	1	1	1	2	20	30	100	60	150
	29%	14%	14%	14%	29%	6%	8%	28%	17%	42%

Elaborado por: Autor

En la figura 3.22 se detalla el análisis de carga de trabajo en función del número de actividades, como resultado de este análisis se observa que el supervisor de área y el operador 4 son los de mayor carga con un 29% del total del trabajo seguido por el operador 1, 2 y 3 con el 14% del trabajo.

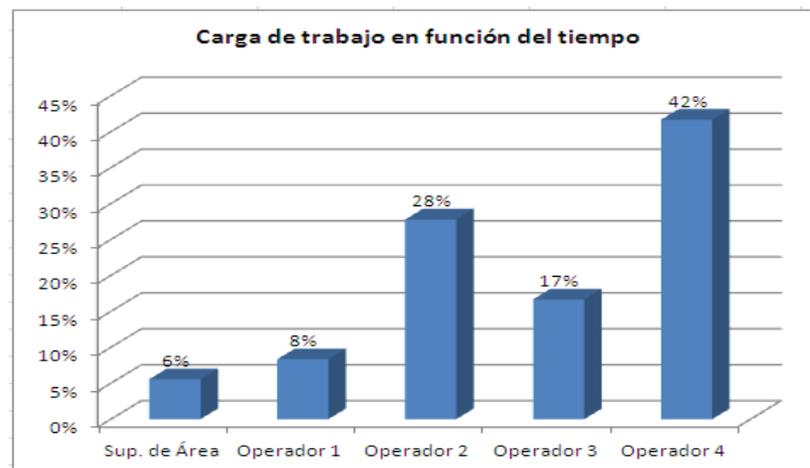
Figura 3.22: Carga de trabajo por actividades de la abrazadera de varilla en U



Elaborado por: Autor

En la figura 3.23 representa el análisis de carga de trabajo en función al tiempo del producto abrazadera de varilla en U, como consecuencia de este análisis se puede observar que el operario con mayor carga de trabajo en función al tiempo es el operador 4 con el 38% del total, seguido del operador 2 con el 26%.

Figura 3.23: Carga de trabajo en función del tiempo de la abrazadera de varilla en U



Elaborado por: Autor

3.5 Análisis de las Líneas de Productos

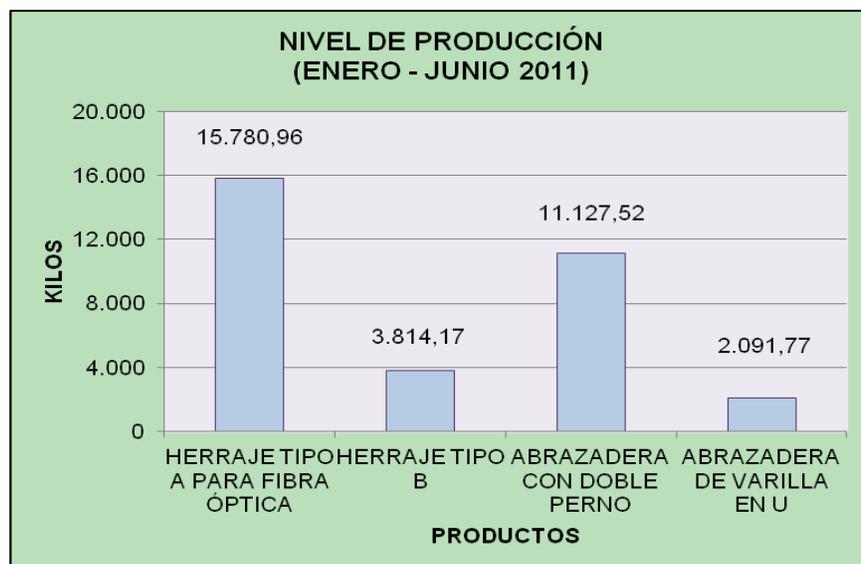
Para seleccionar la línea de productos a estudiar se toma en consideración las siguientes variables:

- **Nivel de producción.-** Cantidad de kilos producidos en un periodo de tiempo.
- **Ingreso generado por volumen de producción.-** Medido en unidades monetarias.
- **Nivel de desperdicios.-** Cantidad de kilos de material desechado en el proceso productivo.
- **Costos del desperdicio.-** Dinero que se pierde en la fabricación del producto defectuoso.

En base a una reunión mantenida con los directivos de la compañía se decidió utilizar datos de los 6 primeros meses del año 2011, es decir de enero a junio, debido a que no existen datos confiables de años anteriores y con el propósito de tomar decisiones rápidas.

- **Nivel de Producción**

Figura 3.24: Nivel de Producción



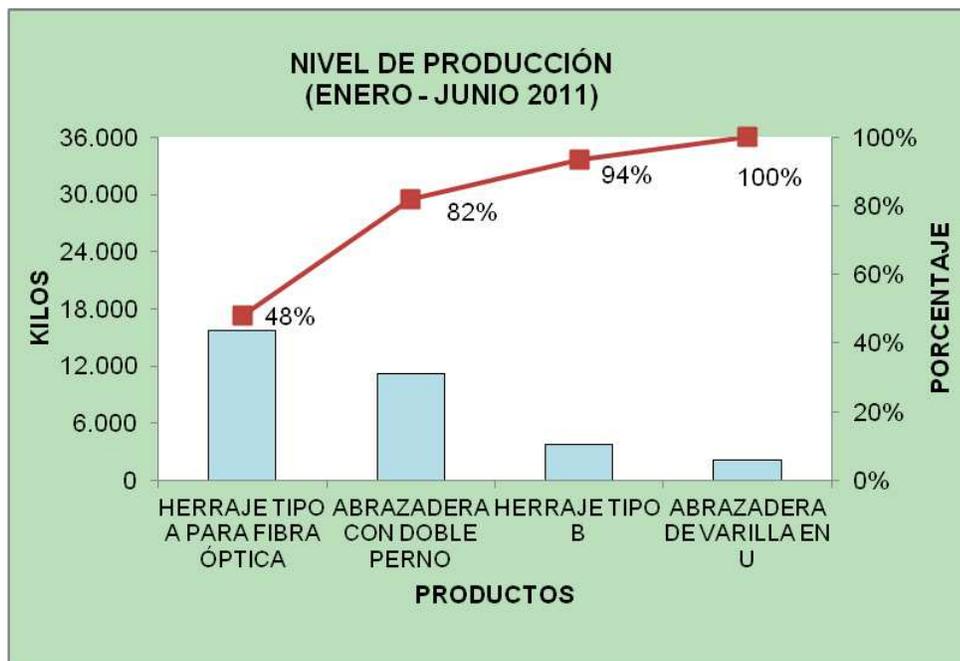
Elaborado por: Autor

Como se observa en la figura 3.24, el volumen de producción del herraje tipo A para fibra óptica es superior al volumen de los otros productos, llegando a 15.7 toneladas de producción del herrajes tipo A para fibra óptica contra 11.1 toneladas de producción de las abrazaderas con doble perno, el herraje tipo B tiene una producción de 3.8 toneladas de producto y en último lugar las abrazaderas de varilla en U con 2 toneladas de producción.

Los dos últimos productos tienen una producción baja debido a que la empresa apenas está incursionando en estos mercados y todavía no existen los clientes suficientes para esta área de productos que ofrece la empresa.

A continuación se presentara un análisis de Pareto en la figura 3.25

Figura 3.25: Porcentaje de producción de cada producto



Elaborado por: Autor

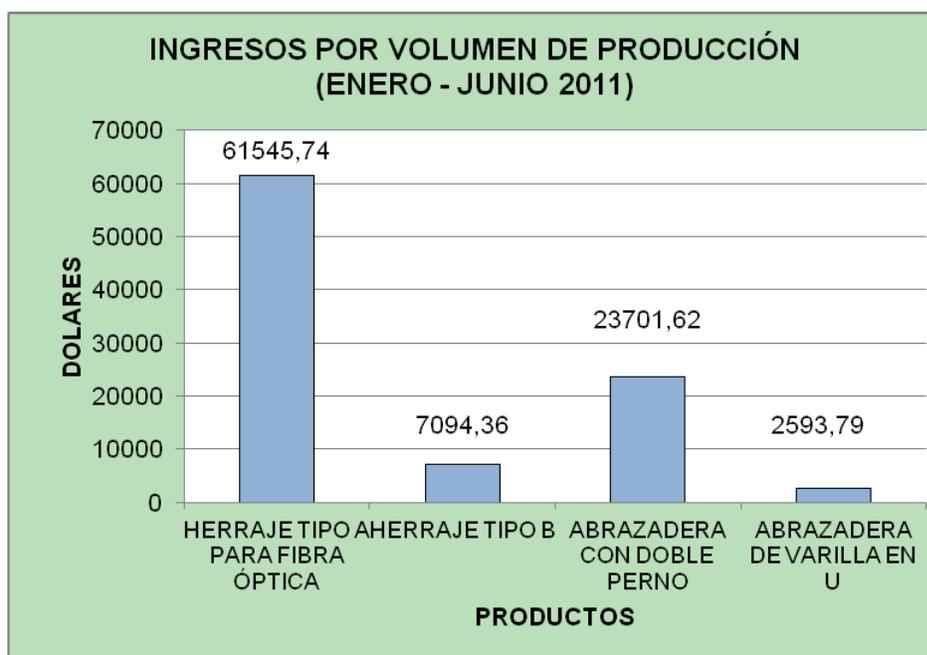
En la figura 3.25 se tiene un diagrama de Pareto que muestra el porcentaje acumulado de cada producto con respecto al nivel de producción, en un intervalo de tiempo que va desde el mes de Enero al mes de Junio del año 2011.

En el diagrama se puede analizar que los productos herraje tipo A para fibra óptica y las abrazaderas con doble perno representan el 82% de la producción total que tiene la empresa.

Detallado individualmente el herraje tipo A para fibra óptica es el producto con mayor producción en la empresa figurando con el 48% de la producción total.

- **Ingresos generados por volumen de producción**

Figura 3.26: Ingresos generados por producto



Elaborado por: Autor

Como indica la figura 3.26 el rubro más alto que percibe la empresa INDUMEVER S.A es la del herraje tipo A para fibra óptica con \$61.545, seguido por las abrazaderas con doble perno con \$23.701,

el herraje tipo B y la abrazadera de varilla en U, todavía no representan un rubro alto para la empresa debido a que son nuevos y la empresa se encuentran incursionando en este mercado.

La empresa INDUMEVER S.A percibió en el periodo de tiempo del mes de Enero a Junio del año 2011 la totalidad de \$94.935.

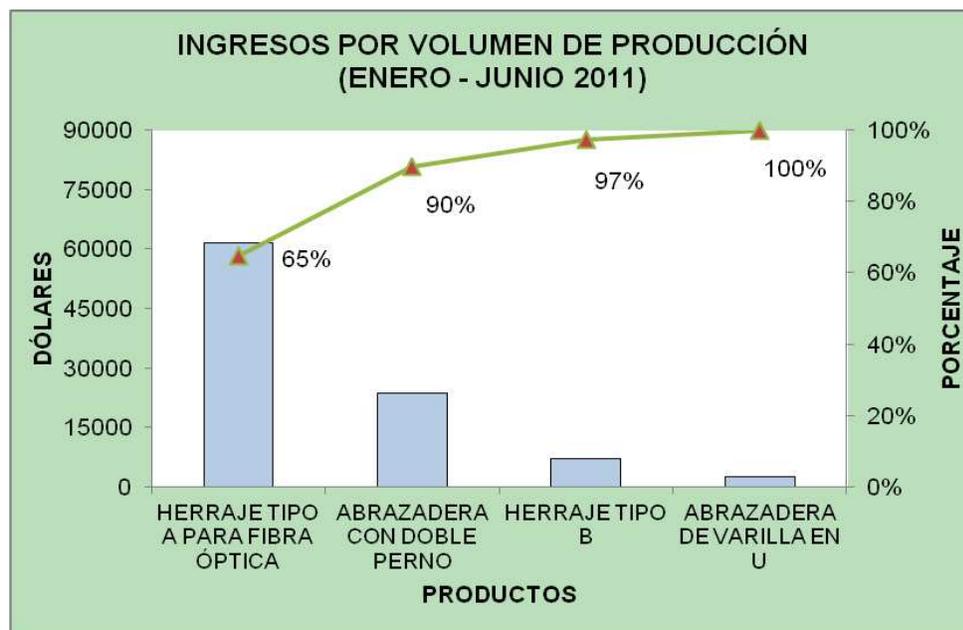
Los precios de los productos empleados para la construcción de la figura 3.35 son los siguientes:

- Herraje tipo A para fibra óptica. \$3.90
- Herraje tipo B \$1.86
- Abrazadera con doble perno \$2.13
- Abrazadera de varilla en U \$1.24

Estos precios son PVP (precio de venta al público) y no incluyen IVA.

A continuación en la figura 3.27 se realiza un análisis de Pareto para los ingresos por volumen de producción.

Figura 3.27: Porcentaje de ingresos por línea de productos



Elaborado por: Autor

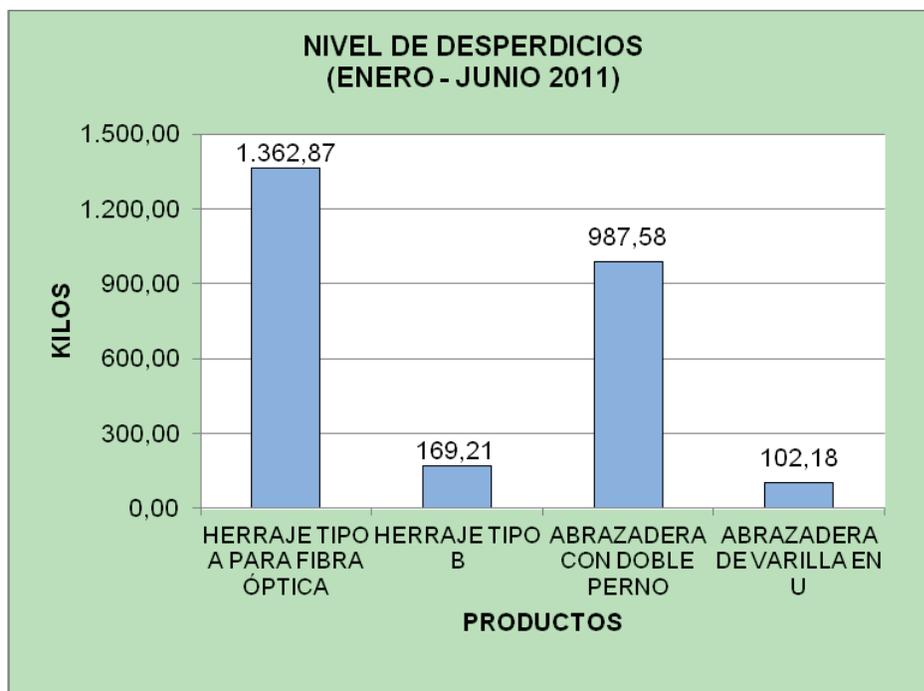
En la figura 3.27 se puede analizar que los productos herraje tipo A para fibra óptica y abrazadera con doble perno representan el 90% de los ingresos de la empresa INDUMEVER S.A con el 65% y 25% respectivamente.

Los productos herraje tipo B y abrazaderas de varillas en U representan el 10% de los ingresos, esto se debe a que son productos nuevos en la empresa y se espera que la demanda de estos productos se incremente en poco tiempo.

Tomando en cuenta la información descrita, se puede asumir que al mejorar los procesos para las principales líneas de productos, se puede aumentar significativamente el nivel de producción e ingresos para la compañía.

- **Nivel de Desperdicios**

Figura 3.28: Nivel de desperdicios de cada producto

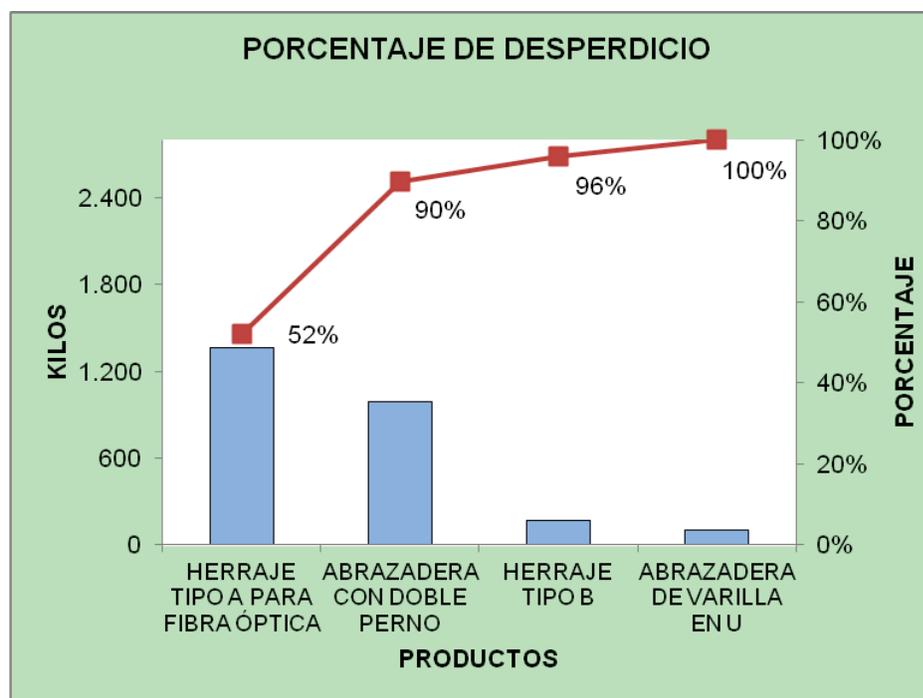


Elaborado por: Autor

La figura 3.28 indica que el herraje tipo A para fibra óptica es el producto que más desperdicio genera en la producción de la empresa INDUMEVER S.A, con 1.362 kilos, la abrazadera con doble perno es el segundo producto con mas desperdicio, con 987 Kilos.

A continuación en la figura 3.29 se detalla el porcentaje de desperdicio de cada producto.

Figura 3.29: Porcentaje de desperdicios por producto



Fuente: Autor.

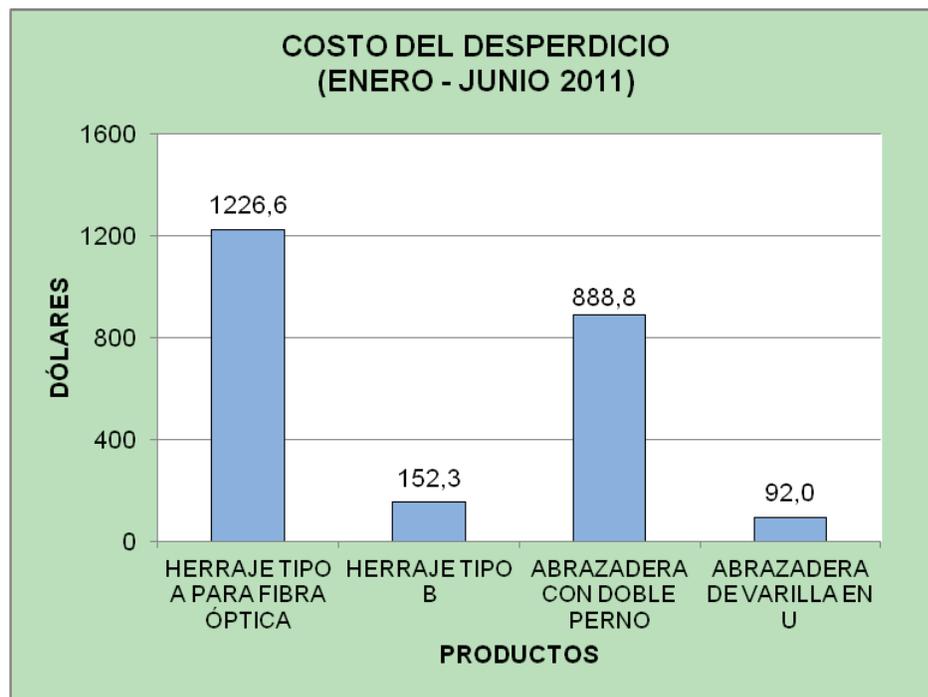
En el diagrama de Pareto de la figura 3.29 se puede concluir que el herraje tipo A para fibra óptica representa el 52% de los desperdicios de la empresa con relación al nivel de producción en el periodo de Enero a Junio del año 2011, mientras que la abrazadera con doble perno constituye el 38% de los desperdicios de la empresa.

El conjunto de los productos herraje tipo A para fibra óptica y la abrazadera con doble perno representan el 90% de el desperdicio de la empresa INDUMEVER S.A

El herraje tipo B y la abrazadera de varilla en U tienen un porcentaje de desperdicio de 6% y 4% respectivamente en la producción total de la empresa.

- **Costo del Desperdicio**

Figura 3.30: Costo del desperdicio por producto



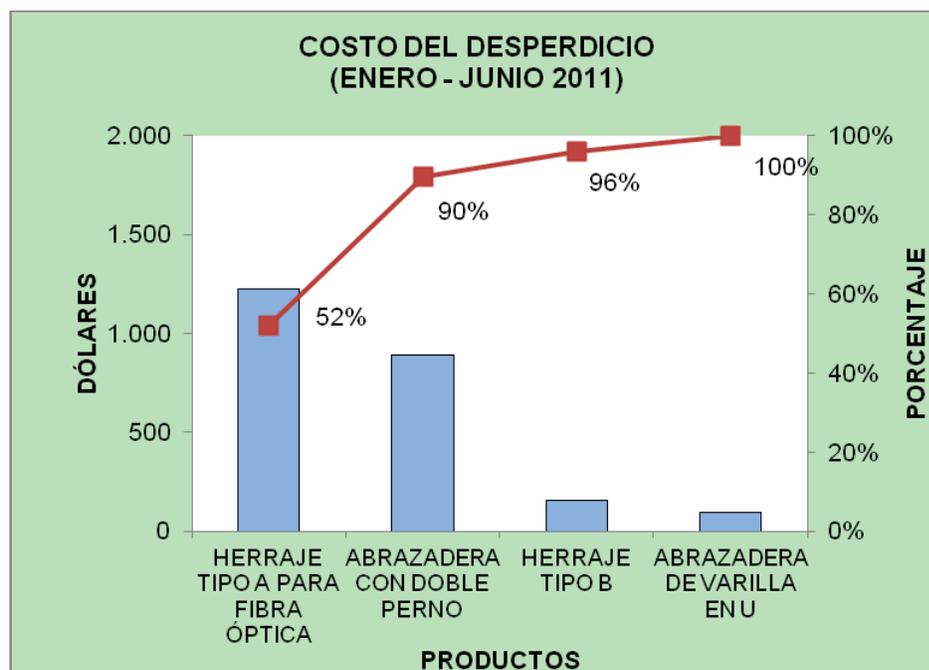
Elaborado por: Autor

La figura 3.30 detalla el dinero perdido a consecuencia del material desechado en el proceso de manufactura de cada producto que ofrece la empresa INDUMEVER S.A, y se da como resultado que el herraje tipo A para fibra óptica es el producto con mayor costo de

desperdicios con \$1226 en el periodo de tiempo del mes de Enero a Junio del año 2011.

A continuación en la figura 3.31 se presenta el porcentaje de cada producto con respecto al costo del desperdicio.

Figura 3.31: Porcentaje del costo de desperdicio por producto



Elaborado por: Autor

El porcentaje más alto de desperdicio es del herraje tipo A para fibra óptica que representa el 52%, de la misma forma la abrazadera con doble perno constituye el 38% del costo del desperdicio y juntos los productos representan el 90% de los desperdicios que produce la empresa INDUMEVER S.A.

Las otras líneas de productos por tener menor desperdicio en su producción o por ser su costo de producción más bajo, tienen un costo menor.

Una de las posibles acciones es enfocarse en la producción del producto herraje tipo A para fibra óptica debido a que representa el mayor desperdicio dentro de la empresa INDUMEVER S.A.

3.6 Elección de la Línea de Productos

Para la elección de la línea de productos se analiza y compara las diferentes variables de los productos estudiados anteriormente, con el fin de escoger el producto o productos que serán mejorados.

A continuación en la tabla 3.9 se presenta un resumen de las variables de producción que se tomaron en cuenta:

TABLA 3.9
Resumen de variables de producción.

PRODUCTOS	PRODUCCIÓN (Kg).	INGRESOS (\$).	DESPERDICIO (Kg).	COSTO DEL DESPERDICIO (\$).
HERRAJE TIPO A PARA FIBRA ÓPTICA	15.780,96	61545,74	1.362,87	1226,6
HERRAJE TIPO B	3.814,17	7094,36	169,21	152,3
ABRAZADERA CON DOBLE PERNO	11.127,52	23701,62	987,58	888,8
ABRAZADERA DE VARILLA EN U	2.091,77	2593,79	102,18	92,0
TOTAL	32814,42	94935,51	2621,84	2359,7

Fuente: Autor.

Para los cálculos posteriores es muy necesaria la tabla 3.9 ya que se considera todos los datos de las distintas variables de producción.

Para la selección del producto a mejorar se realiza una ponderación para analizar el producto que más problemas presenta en la empresa INDUMEVER S.A.

Las ponderaciones de los productos fueron analizadas, estudiadas y aprobadas mediante una reunión con el Gerente de Producción y los operarios de la empresa INDUMEVER S.A.

Las ponderaciones constan de lo siguiente:

Los números del 1 al 5 representan la calificación de cada producto en cada variable, siendo el 5 la mayor calificación y el 1 la calificación más baja.

Para realizar la selección de la línea de productos a estudiar, se establece una ponderación a cada factor de producción para indicar la importancia de este ítem en la empresa, lo cual se observa en la tabla 3.10.

TABLA 3.10

Ponderación de Variables de Producción

Variables	Ponderación
Producción	25%
Ingresos	25%
Desperdicios	10%
Costo del Desperdicio	40%

Elaborado por: Autor

Calificado cada producto, se obtiene la información que presentan las tablas 3.11 a 3.14:

TABLA 3.11

Calificación del Herraje tipo A para fibra óptica

Herraje tipo A para fibra óptica			
Variables	Ponderación	Calificación	
Producción	25%	5	1,25
Ingresos	25%	5	1,25
Desperdicios	10%	3	0,3
Costo del Desperdicio	40%	5	2
TOTAL			4,8

Elaborado por: Autor

TABLA 3.12

Calificación del Herraje tipo B

Herraje tipo B			
Variables	Ponderación	Calificación	
Producción	25%	2	0,5
Ingresos	25%	2	0,5
Desperdicios	10%	2	0,2
Costo del Desperdicio	40%	2	0,8
TOTAL			2

Elaborado por: Autor

TABLA 3.13

Calificación de la Abrazadera con doble perno

Abrazadera con Doble Perno			
Variable	Ponderación	Calificación	
Producción	25%	4	1
Ingresos	25%	4	1
Desperdicios	10%	3	0,3
Costo del Desperdicio	40%	5	2
TOTAL			4,3

Elaborado por: Autor

TABLA 3.14**Calificación de la abrazadera de varilla en U**

Abrazadera de Varilla en U			
Variables	Ponderación	Calificación	
Producción	25%	2	0,5
Ingresos	25%	1	0,25
Desperdicios	10%	2	0,2
Costo del Desperdicio	40%	2	0,8
		TOTAL	1,75

Elaborado por: Autor

Una vez obtenidas las calificaciones de los distintos productos que ofrece la empresa INDUMEVER S.A, se procede a ordenar de mayor a menor las calificaciones como se detalla en la tabla 3.15

TABLA 3.15**Lista de productos ordenados por calificación**

Productos	Calificación
Herraje tipo A para fibra óptica	4,8
Abrazadera con doble perno	4,3
Herraje tipo B	2
Abrazadera de varilla en U	1,75

Elaborado por: Autor

En la tabla 3.15 se puede observar que el producto Herraje tipo A para fibra óptica tiene la mayor calificación con 4,8 puntos, seguido por el producto Abrazadera con doble perno con 4,3 puntos.

Los dos productos restantes no poseen una calificación alta debido a que la empresa recién esta introduciéndose en el mercado de estos productos.

De acuerdo al análisis que se detalla en los puntos anteriores, se puede llegar a la conclusión que el producto a ser mejorado es el Herraje tipo A para fibra óptica.

3.7 Selección del proceso crítico a mejorar

- **Descripción del Proceso Productivo para la fabricación del Herraje tipo A para fibra óptica**

En la figura 3.13 se observa el diagrama de flujo de los diferentes procesos y subprocesos que permiten la fabricación del herraje tipo A para fibra óptica.

La fabricación del herraje tipo A para fibra óptica está comprendida por cuatro procesos los cuales son:

- Corte
- Doblado
- Soldadura
- Galvanizado.

A continuación se detalla cada uno de los cuatro procesos.

Corte

El proceso de corte abarca desde el momento en que las planchas y las varillas de acero se encuentran clasificadas, los operarios toman la plancha de acero para originar la platina que tiene unas dimensiones de 106 [mm] x 50 [mm], otros operarios son encargados en cortar las varillas de acero de diámetros de 10 [mm] y 12 [mm] en longitudes de 330 [mm] y 200 [mm] respectivamente.

Doblado

El proceso de doblado comprende tomar la varilla de acero de 10 [mm] de diámetro y doblar ambas puntas en forma de argolla para dar origen a los tensores del herraje, de la misma manera se toma la varilla de acero de 12 [mm] de diámetro y se la dobla hasta el momento que toma la forma de argolla, esta ultima varilla estará unida a la platina.

Soldadura

El proceso de soldadura inicia cuando la argolla hecha de la varilla de 12 [mm] se suelda con la platina de acero, unión que se realiza en todos los casos con suelda eléctrica, el cordón de suelda entre la argolla y la platina se la realiza en ambos lados para una mejor fijación, una vez unida la argolla con la platina las argollas de ambos tensores son soldadas, en uno de los extremos de los tensores se suelda la punta para que tome la forma de la argolla, mientras que en los extremos restantes de los tensores se realiza que primero entren en la argolla unida con la platina y después se sueldan las puntas para cerrar la argolla, con el fin de hacer que los tensores y la argolla con la platina se conviertan en una sola pieza.

Galvanizado

El proceso de galvanizado se lo puede realizar una vez terminada la pieza, el proceso comienza cuando se recolecta las piezas terminadas y son puestas sobre una plancha para luego ser llevadas y sumergidas en las piscinas de galvanizado caliente por un determinado tiempo en el cual la pieza pasa a tener un recubrimiento superficial para que en su posterior uso la pieza este protegida de la corrosión y la oxidación que es muy común en piezas que van a estar en la intemperie, terminado el tiempo de sumersión de la pieza la misma es retirada y puesta a enfriarse por unas horas más.

3.8 Análisis del Proceso Productivo

Para seleccionar el proceso crítico de producción se realiza el análisis de las siguientes variables:

- Volumen de producción
- Capacidad de producción
- Capacidad teórica vs. Volumen de producción
- Tiempo de Producción
- Nivel de desperdicios
- Costo del desperdicio

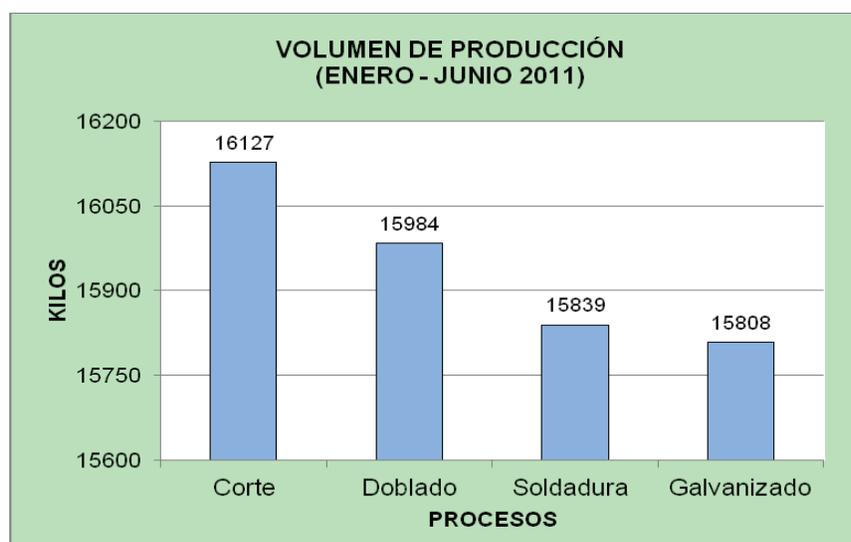
Los datos corresponden al periodo de tiempo del mes de Enero al mes de Junio del 2011.

- **Volumen de Producción**

La siguiente variable representa el volumen de producción en cada uno de los cinco procesos requeridos para elaborar el producto Herraje tipo A para fibra óptica.

A continuación se presenta los datos en la figura 3.32

Figura 3.32: Volumen de producción por cada proceso



Elaborado por: Autor

El nivel de producción de cada producto detallado en la figura 3.25, describe al nivel de producción del herraje tipo A para fibra óptica con una producción de 15.780 Kilos ya de producto terminado correspondiente a los meses de Enero a Junio del año 2011.

Los datos obtenidos en la figura 3.32 corresponden al volumen de producción que ha generado cada proceso a lo largo de ese tiempo, pero se detalla a lo posterior los datos sobre desperdicios en cada proceso, producción que pasara al inventario, entre otros.

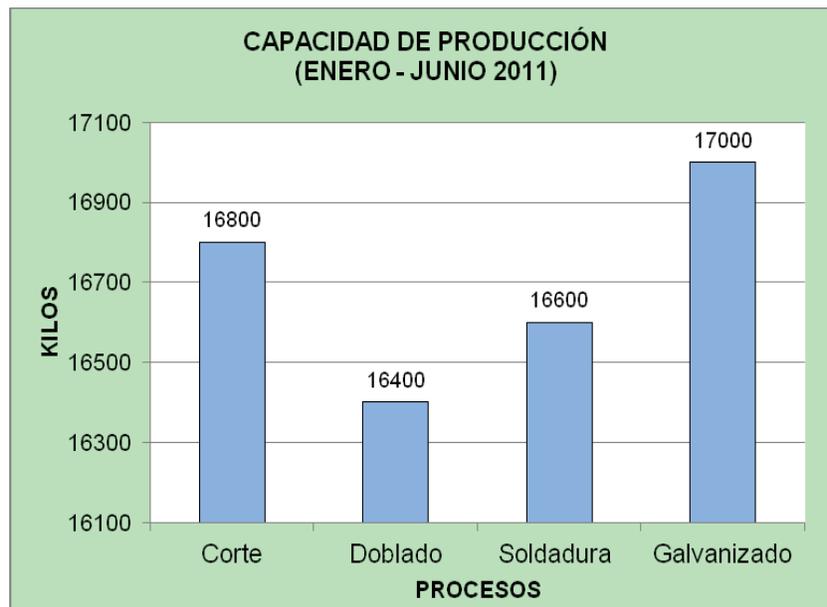
El proceso de corte según los datos tiene un volumen de producción de 16.127 kilos correspondientes a los meses de Enero a Junio del año 2011, siendo el proceso con mayor producción.

El proceso de doblado tiene un nivel de producción de 15.984 Kilos de producción, seguido de los procesos de soldadura y galvanizado con 15.839 y 15.808 Kilos de producción respectivamente.

- **Capacidad de Producción**

El volumen de producción teórica de cada proceso depende de la capacidad instalada de la maquinaria, también de la habilidad y destreza del operario, entre otros.

En la figura 3.42 se detalla el volumen teórico de producción.

Figura 3.33: Capacidad de producción por proceso

Elaborado por: Autor

Los datos de la figura 3.33 corresponden a la capacidad teórica en el intervalo de tiempo de Enero a Junio de 2011.

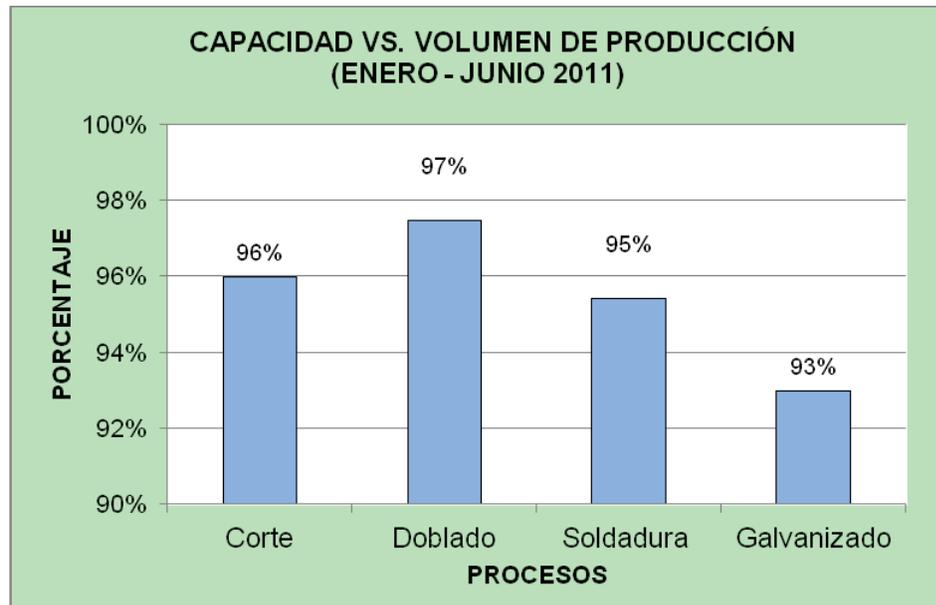
Los datos de la figura 3.33 fueron calculados tras una serie de análisis con el jefe de planta de la empresa INDUMEVER S.A, tomando en cuenta los manuales de las máquinas en horarios de trabajos normales, además de analizar las destrezas de los operarios que las manejan.

En la figura 3.33 se evidencia que el proceso de galvanizado es el de mayor capacidad de producción teórica con 17.000 Kilos, seguido del proceso de corte que tiene 16.800 Kilos de capacidad teórica.

Los procesos con menor capacidad teórica son soldadura y doblado con 16.600 y 16400 Kilos de capacidad teórica de producción respectivamente.

- **Capacidad Teórica Vs. Volumen de Producción**

Figura 3.34: Porcentaje de capacidad por procesos



Elaborado por: Autor

La figura 3.34 indica la relación porcentual que existe entre la capacidad teórica y el volumen de producción real, dando como resultado que el proceso de doblado ocupa casi toda su capacidad teórica con un 97%, seguido de los procesos de corte y soldadura con 96% y 95% respectivamente.

El proceso de galvanizado es el de menor porcentaje debido a que tienen cuatro piscinas de galvanizado, permitiendo así que el volumen de producción no exceda la capacidad instalada.

La figura 3.34 en su análisis deja abierta una posibilidad de que la empresa aumente su producción en un máximo de 2% ya que su capacidad instalada así lo permite.

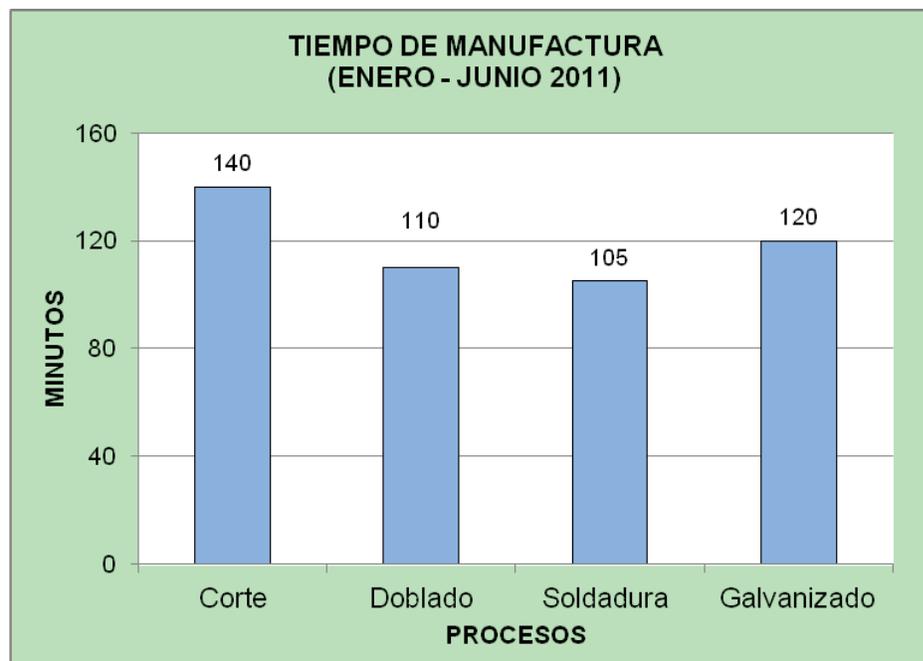
- **Tiempo de Producción**

El tiempo de manufactura del producto herraje tipo A para fibra óptica varía dependiendo del proceso por esa razón se analiza el proceso que toma el mayor tiempo de producción.

El tiempo de manufactura de cada proceso está representado en minutos [min], y se calcula para un lote de 130 unidades.

A continuación se detalla los datos en la figura 3.35

Figura 3.35: Tiempo de manufactura por proceso

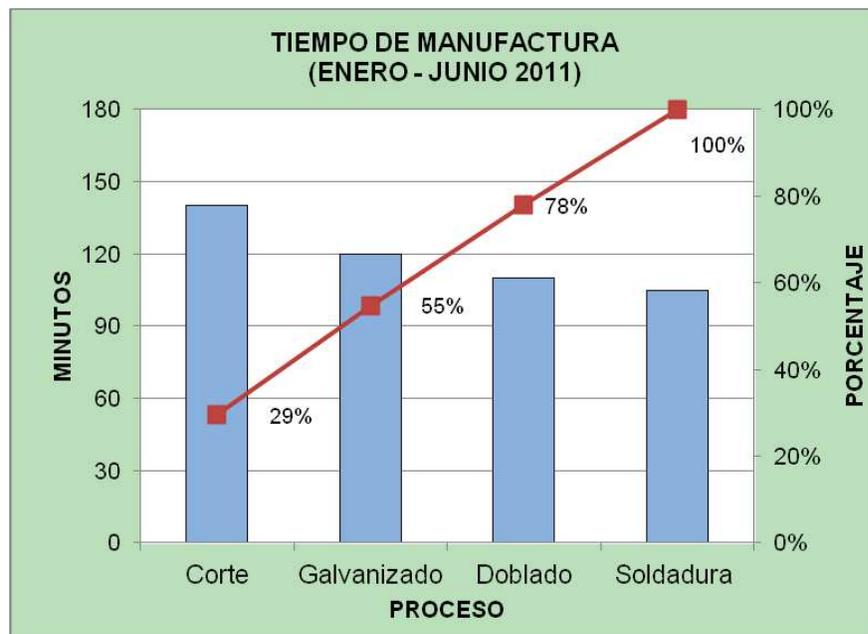


Elaborado por: Autor.

Según la figura 3.35 el proceso con mayor tiempo de manufactura es el proceso de corte con un periodo de tiempo de 140 minutos, debido a que en el área de corte las dimensiones de cada componente se lo hace manualmente y se tienen que ordenar los equipos, seguido del proceso de galvanizado con 120 minutos que es lo que se demora en galvanizarse la pieza en la piscina.

En la figura 3.35 los procesos de doblado y soldadura tienen un tiempo de manufactura de 110 y 105 minutos respectivamente por lote.

Figura 3.36: Porcentaje de tiempo de manufactura por proceso.



Fuente: Autor.

En la figura 3.36 siguiendo el análisis de Pareto se demuestra que el proceso de corte utiliza el 29% del tiempo que se demora la empresa en producir un lote de 130 piezas, seguido del proceso de galvanizado con un 26% del total del tiempo, requiriendo en total un 55% estos dos procesos que es más de la mitad del tiempo total para generar el lote.

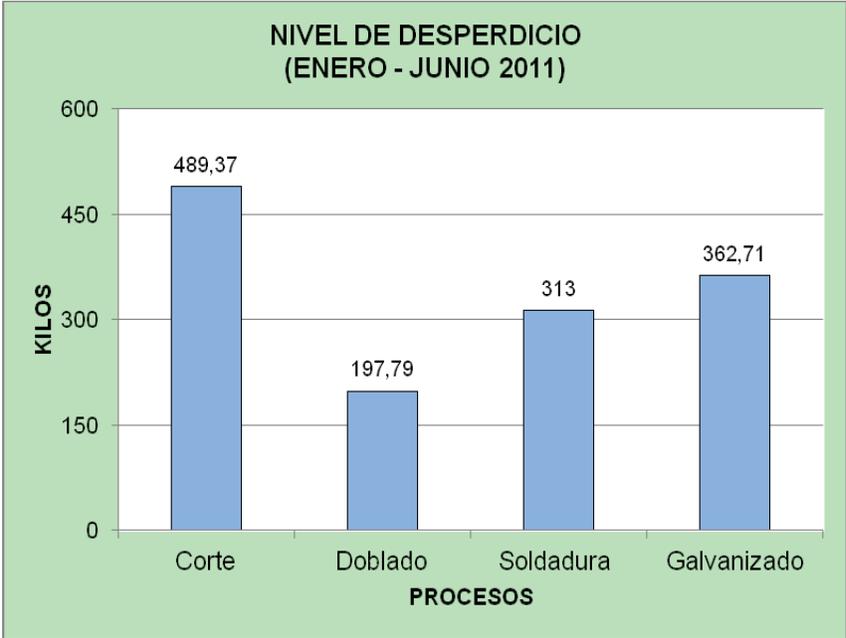
Los procesos de doblado y soldadura ocupan un 23% y 22% respectivamente del tiempo de manufactura del producto herraje tipo A para fibra óptica.

Este es el tiempo de manufactura que se ha mantenido en el periodo de tiempo que corresponde a los meses de Enero a Junio del año 2011.

- **Nivel de Desperdicios**

El nivel de desperdicio que genera cada proceso para producir el producto herraje tipo A para fibra óptica en el periodo de tiempo de Enero a Junio del año 2011 se lo detalla en la figura 3.37:

Figura 3.37: Nivel de desperdicio por proceso

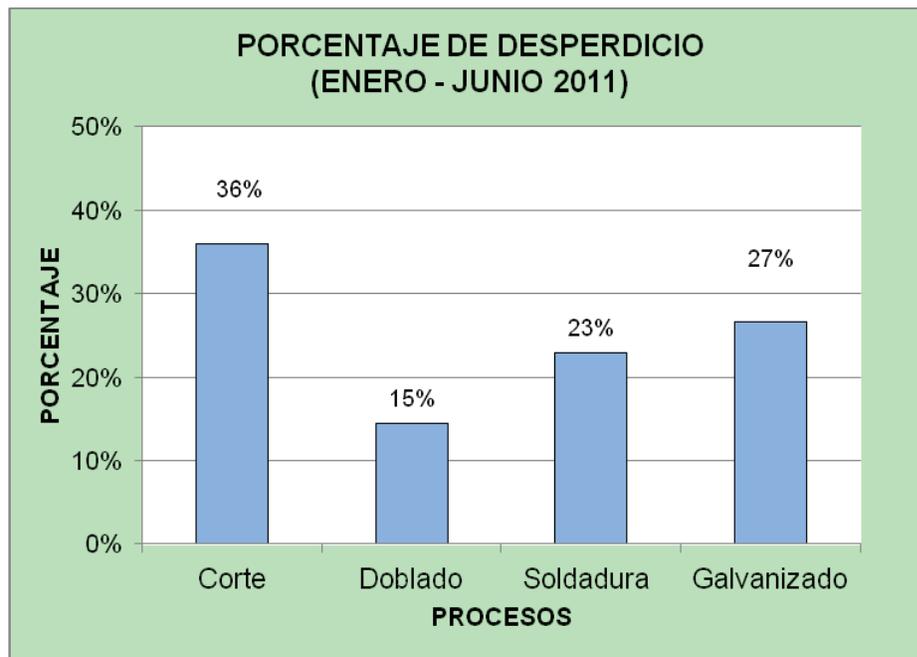


Elaborado por: Autor.

En la figura 3.37 se considera que el proceso de corte es el proceso con mayor desperdicio con un volumen de 489.37 Kilos, seguido del proceso de galvanizado con un desperdicio de 362.71 Kilos de material desperdiciado.

Los procesos de soldadura y doblado tienen un desperdicio de 313 y 197.79 Kilos respectivamente

Figura 3.38: Porcentaje de desperdicio por proceso



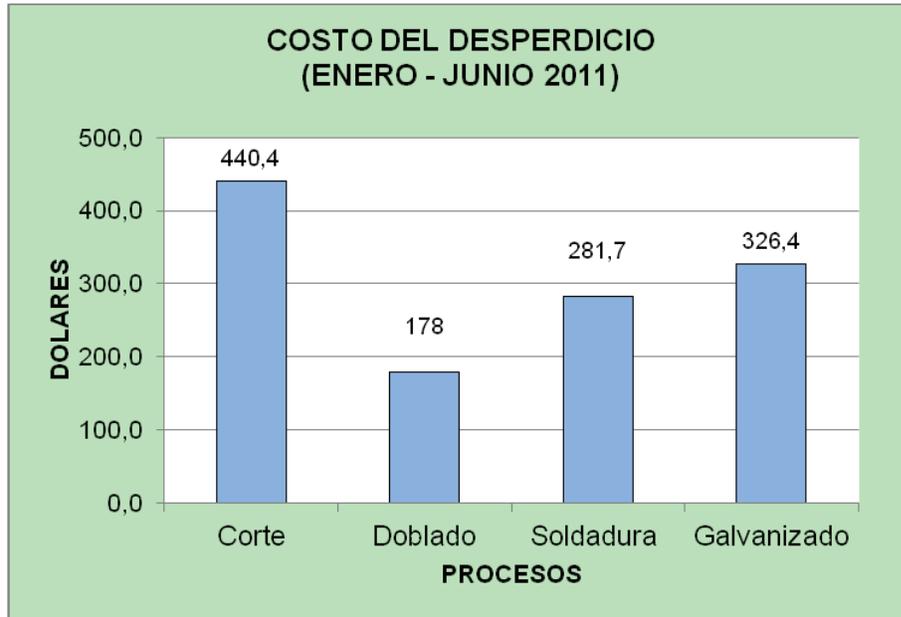
Elaborado por: Autor.

La figura 3.38 demuestra que el mayor desperdicio que desecha el producto herraje tipo A para fibra óptica, con 36% corresponde al proceso de corte, el 27% al proceso de galvanizado, en estos dos procesos se centra el mayor desperdicio.

- **Costo del Desperdicio**

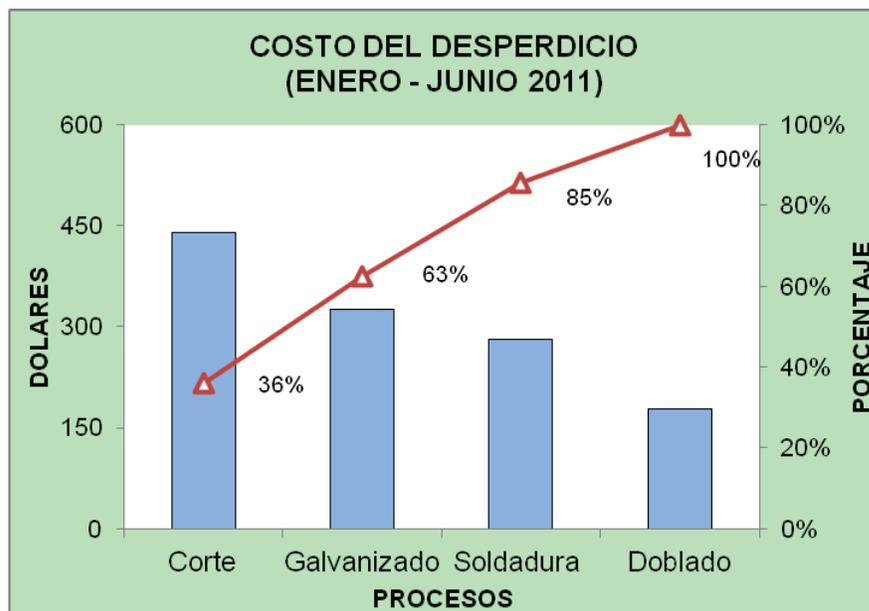
Se analiza el costo del desperdicio en cada proceso del producto herraje tipo A para fibra óptica de la empresa INDUMEVER S.A, el dinero que se pierde a consecuencia del desperdicio de cada proceso se lo detalla en las figuras 3.39 y 3.40

Figura 3.39: Costo del desperdicio por proceso



Elaborado por: Autor.

Figura 3.40: Porcentaje del costo del desperdicio por proceso



Elaborado por: Autor.

Las figuras 3.39 y 3.40 indican el costo del desperdicio que se produce por proceso, los datos de las figuras muestran que el proceso de corte es el proceso con mayor costo de desperdicio con \$404,4 que representa el 36% del costo total de desperdicio del producto herraje tipo A para fibra óptica, seguido del proceso de galvanizado con \$326,4 que constituye el 27% del costo total, esto quiere decir, que ambos procesos representan el 63% del total de los costos del producto.

Los procesos de soldadura y doblado contribuyen con \$281,7 y \$178 respectivamente, representando el 22% y 15% del total de los costos de desperdicio.

Los procesos de corte y galvanizado representan un costo de desperdicio significativo para la producción del producto herraje tipo A para fibra óptica, por lo tanto estos son los procesos que requieren algún tipo de mejora.

3.9 Selección del Proceso Crítico

Para la selección del proceso crítico se analiza y compara las diferentes variables de los procesos estudiados anteriormente, con el fin de escoger el proceso o procesos que serán mejorados.

A continuación en la tabla 3.16 se presenta un resumen de todas las variables de producción que se tomaron en cuenta:

TABLA 3.16
Resumen de variables de producción.

PROCESOS	PRODUCCIÓN (Kg).	CAPACIDAD VS. PRODUCCIÓN	TIEMPO DE PRODUCCIÓN (s).	NIVEL DE DESPERDICIOS (Kg).	COSTO DEL DESPERDICIO (\$).
CORTE	16.127	96%	140	489,37	440,4
DOBLADO	15.984	97%	110	197,79	178
SOLDADURA	15.839	95%	105	313	281,7
GALVANIZADO	15.808	93%	120	362,71	326,4
TOTAL	63.758		475	1.362,87	1.226,5

Elaborado por: Autor.

Para los cálculos posteriores es muy necesaria la tabla 3.16 ya que se considera todos los datos de las distintas variables de producción.

Para la selección del proceso que se va a mejorar se realiza una ponderación para analizar el proceso que más problemas presenta en la empresa INDUMEVER S.A.

Las ponderaciones de los productos fueron analizadas, estudiadas y aprobadas mediante una reunión con el Gerente de Producción y los operarios de la empresa INDUMEVER S.A.

Las ponderaciones constan de lo siguiente:

Los números del 1 al 5 representan la calificación de cada proceso en su respectiva variable, siendo el número 5 la mayor calificación y el número 1 la calificación más baja.

Para realizar la selección del proceso a estudiar, se establece una ponderación a cada factor de producción para indicar la importancia de este ítem en la empresa INDUMEVER S.A, lo cual se observa en la tabla 3.17.

TABLA 3.17

Ponderación de variables de producción

Variables	Ponderación
PRODUCCIÓN	20%
CAPACIDAD VS. PRODUCCIÓN	10%
TIEMPO DE PRODUCCIÓN	30%
NIVEL DE DESPERDICIOS	30%
COSTO DEL DESPERDICIO	10%

Elaborado por: Autor.

Calificado cada proceso, se obtienen las siguientes tablas:

TABLA 3.18
Calificación del proceso de corte

Corte			
Variables	Ponderación	Calificación	
Producción	20%	4	0,8
Capac. Vs. Producción	10%	4	0,4
Tiempo de Producción	30%	5	1,5
Nivel de Desperdicio	30%	5	1,5
Costo del Desperdicio	10%	4	0,4
TOTAL			3,8

Elaborado por: Autor.

TABLA 3.19
Calificación del proceso de doblado

Doblado			
Variables	Ponderación	Calificación	
Producción	20%	3	0,6
Capac. Vs. Producción	10%	3	0,3
Tiempo de Producción	30%	3	0,9
Nivel de Desperdicio	30%	4	1,2
Costo del Desperdicio	10%	3	0,3
TOTAL			2,7

Elaborado por: Autor.

TABLA 3.20
Calificación del proceso de soldadura

Soldadura			
Variables	Ponderación	Calificación	
Producción	20%	4	0,8
Capac. Vs. Producción	10%	3	0,3
Tiempo de Producción	30%	4	1,2
Nivel de Desperdicio	30%	4	1,2
Costo del Desperdicio	10%	3	0,3
TOTAL			3

Elaborado por: Autor.

TABLA 3.21
Calificación del proceso de Galvanizado

Galvanizado			
Variables	Ponderación	Calificación	
Producción	20%	4	0,8
Capac. Vs. Producción	10%	4	0,4
Tiempo de Producción	30%	4	1,2
Nivel de Desperdicio	30%	4	1,2
Costo del Desperdicio	10%	4	0,4
TOTAL			3,2

Elaborado por: Autor.

Una vez obtenidas las calificaciones de los procesos del producto herraje tipo A para fibra óptica que ofrece la empresa INDUMEVER S.A, se procede a ordenar de mayor a menor las calificaciones como se detalla en la tabla 3.22.

TABLA 3.22

Procesos ordenados por calificación

Procesos	Calificación
Corte	3,8
Galvanizado	3,2
Soldadura	3
Doblado	2,7

Elaborado por: Autor.

En la tabla 3.22 se aprecia que el proceso de corte posee la calificación más alta con un puntaje de 3,8; seguido del proceso de galvanizado que tiene un puntaje de 3,2; siendo estos procesos los más problemáticos dentro de la fabricación del herraje tipo A para fibra óptica.

Los procesos de soldadura y doblado tienen un puntaje de 3 y 2,7 respectivamente.

De acuerdo al análisis que se detalla en los puntos anteriores a los procesos que se realiza para fabricar el producto herraje tipo A para fibra óptica de la empresa INDUMEVER S.A, se puede llegar a la conclusión que el proceso a ser mejorado es el proceso de corte.

3.10 Identificación de Problemas

Para determinar los problemas que hay en el proceso de corte, en primer lugar se realizó una reunión con el Supervisor de Corte y el Jefe de Planta con el fin de investigar y definir los problemas que existen en dicho proceso.

En esta reunión se aplicó la técnica de lluvia de ideas para identificar los problemas:

- Daño en los discos abrasivos de la máquina.
- Demora en el aviso del daño en el disco al supervisor de corte.
- Demora en el cambio de disco abrasivo a la máquina.
- Averías en las máquinas de corte.
- Demora por mantenimientos correctivos.
- Errores en las medidas de los cortes.

- **Priorización de Problemas**

Para cuantificar la frecuencia con la que suceden los problemas antes mencionados se revisa los reportes de producción del área de corte en los últimos 3 meses debido a que pueden existir paradas de máquinas que no se han reportado anteriormente.

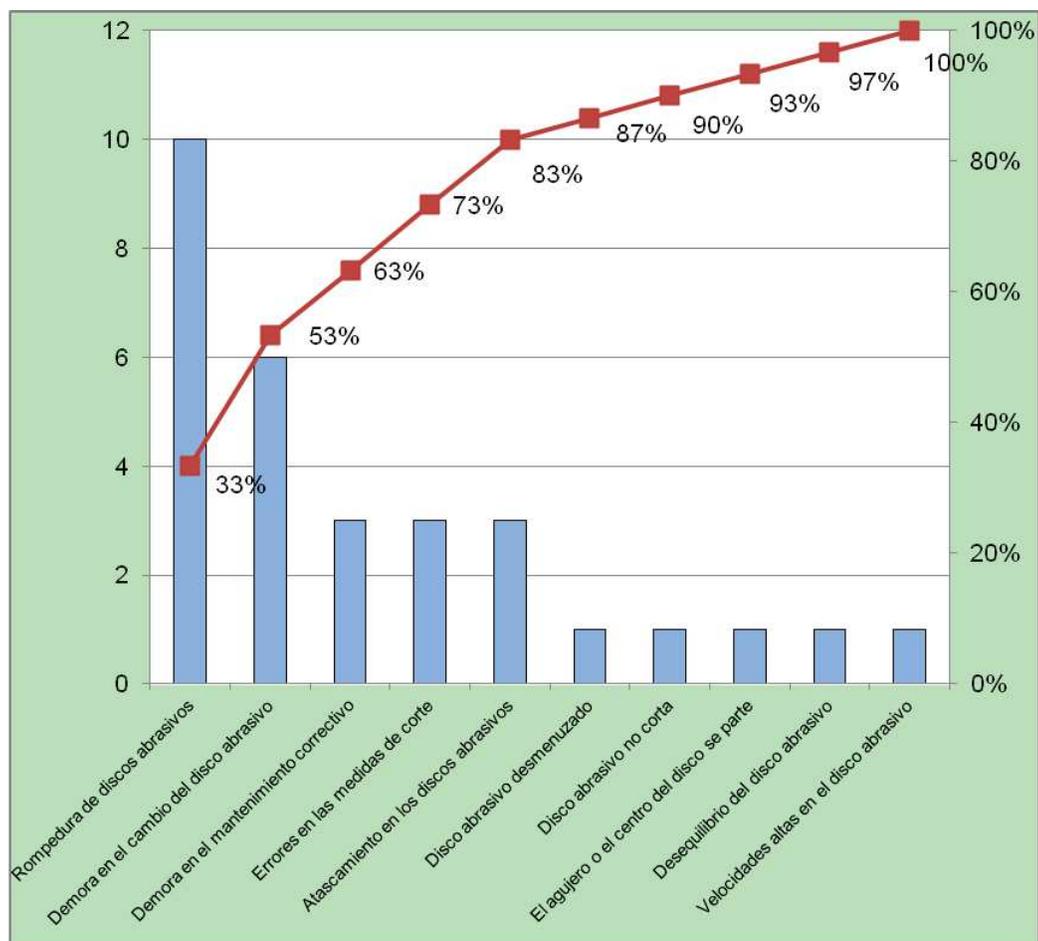
A continuación se detallará la frecuencia de los problemas en el proceso de corte en la tabla 3.23

TABLA 3.23
FRECUENCIA DE PROBLEMAS

Problemas	Frecuencia	%	Acumulado (%)
Rompimiento de discos abrasivos	10	33,3	33,3
Demora en el cambio del disco abrasivo	6	20,0	53,3
Demora en el mantenimiento correctivo	3	10,0	63,3
Errores en las medidas de corte	3	10,0	73,3
Atascamiento en los discos abrasivos	3	10,0	83,3
Disco abrasivo desmenuzado	1	3,3	86,7
No corta el disco abrasivo	1	3,3	90,0
El agujero o el centro del disco se parte	1	3,3	93,3
Desequilibrio del disco abrasivo	1	3,3	96,7
Velocidades altas en el disco abrasivo	1	3,3	100
TOTAL	30		

Elaborado por: Autor

Figura 3.41: Priorización de los problemas en el área de corte



Elaborado por: Autor.

En la figura 3.41 se observan los problemas más frecuentes en el área de corte, de los cuales se analizará por decisión de la dirección, aquellos problemas que representan el 73% del total.

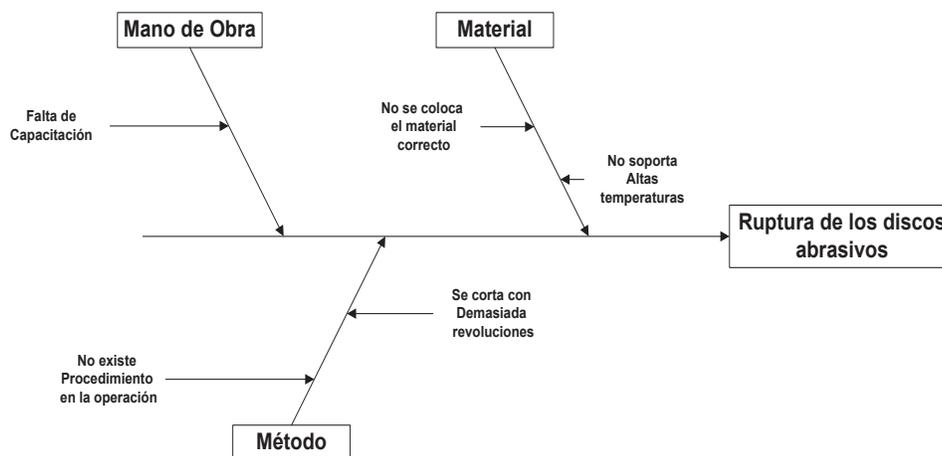
Los problemas que se analizarán a continuación para determinar sus causas son:

- Ruptura de los discos abrasivos.
- Demora en el cambio del disco abrasivo.
- Demora en el mantenimiento correctivo.
- Errores en las medidas de corte.

- **Análisis de las Causas de los Principales Problemas**

- **Ruptura de los discos abrasivos**

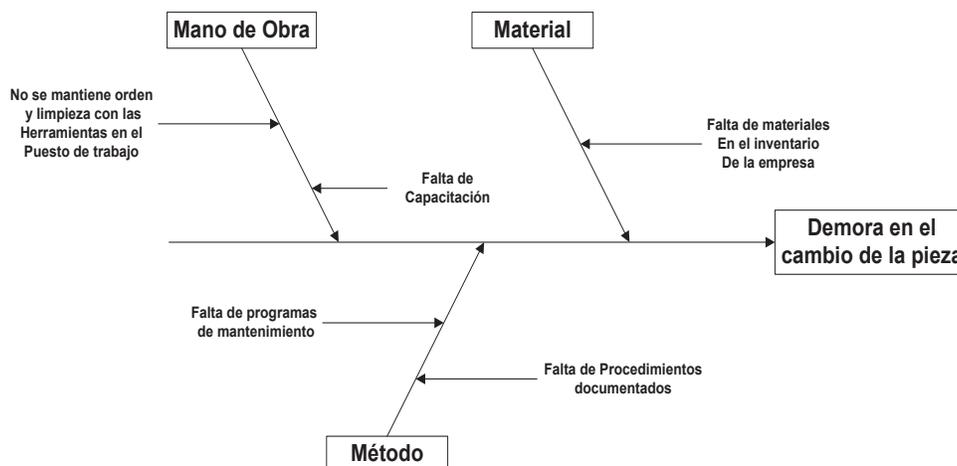
Figura 3.51: Diagrama de causa-efecto de la ruptura de los discos abrasivos



Elaborado por: Autor

- **Demora en el cambio del disco abrasivo**

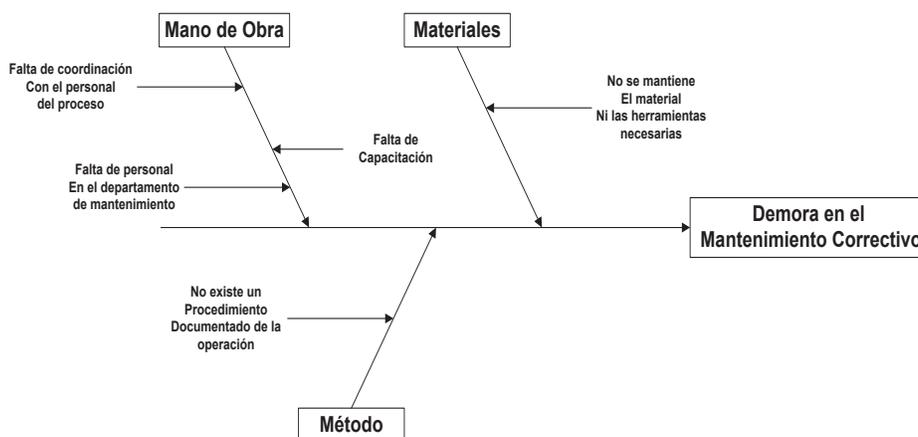
Figura 3.52: Diagrama de causa-efecto de la demora en los cambios de pieza



Elaborado por: Autor

- **Demora en el Mantenimiento Correctivo**

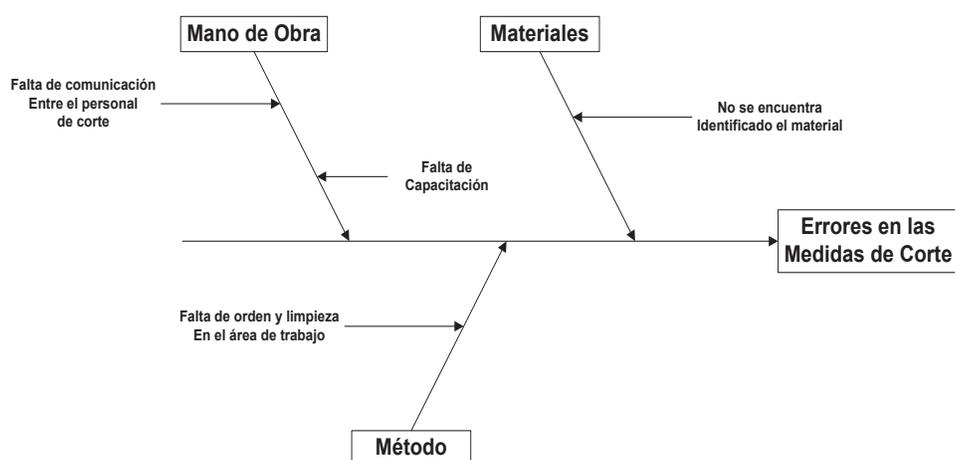
Figura 3.53: Diagrama de causa-efecto de la demora en el mantenimiento correctivo



Elaborado por: Autor

- Errores en las Medidas de Corte

Figura 3.54: Diagrama de causa-efecto de los errores en las medidas de corte



Elaborado por: Autor

Capítulo IV

4.1 Planteamiento de Opciones de Mejora

En la tabla 4.1 se hace una recopilación de los principales problemas que afectan al proceso productivo, se seleccionan las principales causas y se proponen las técnicas de Manufactura Esbelta más adecuadas para dar solución al problema planteado.

TABLA 4.1
TÉCNICAS DE MANUFACTURA ESBELTA PARA LOS PROBLEMAS PLANTEADOS

PROBLEMAS	CAUSAS	POSIBLES SOLUCIONES
Ruptura de los discos abrasivos.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Falta capacitación ▪ Cambio en el tipo de material ▪ Se corta con demasiada velocidad de giro. ▪ Altas temperaturas de corte. ▪ No existe un procedimiento para esta operación. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Poka-Yoke ▪ Kanban ▪ TPM
Demora en el cambio del disco abrasivo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Falta de material en inventario. ▪ Falta de programas de mantenimiento. ▪ Falta de procedimiento para esta operación. ▪ No se tiene la herramienta necesaria en el puesto 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ TPM ▪ 5 S's ▪ SMED
Demora en el mantenimiento correctivo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Falta de coordinación en el personal del proceso. ▪ Falta de capacitación. ▪ Demora en el aviso del mantenimiento al personal competente. ▪ No existe procedimiento. ▪ No hay el repuesto en inventario. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ TPM ▪ Andon ▪ SMED

Errores en las medidas de corte	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Falta de comunicación entre el personal. ▪ Falta de capacitación al personal nuevo. ▪ No se maneja una identificación en el material. ▪ Se tiene desordenado el material 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kaizen ▪ 5 S's ▪ Jidoka ▪ Poka-Yoke
---------------------------------	---	--

Elaborado por: Autor

4.2 Selección de Opciones de Mejora

Para la selección de las opciones de mejora se analiza el impacto y la factibilidad de cada propuesta mediante una matriz de priorización en la figura 4.1.

El análisis del impacto en la mejora y la factibilidad se realizó aplicando una ponderación de los elementos de evaluación mostrados en la tabla 4.2 y 4.3 respectivamente.

Las ponderaciones para el impacto en la mejora y la factibilidad, como también el análisis que se realizó a cada herramienta de manufactura esbelta fueron aprobadas previas a una reunión con el Gerente General, Jefe de Planta y el Supervisor de Corte de la empresa INDUMEVER S.A

TABLA 4.2
FACTORES DE ANÁLISIS EN IMPACTO A LA MEJORA

IMPACTO EN LA MEJORA	Ponderación 0% - 100%
Disminución de los errores	25%
Disminución de los tiempos improductivos	20%
Disminución de productos defectuosos	15%
Disminución de los costos	10%
Disminución del inventario	10%
Disminución de los reprocesos	10%
Disminución de los reclamos	5%
Disminución del tiempo de entrega	5%
TOTAL	100%

Elaborado por: Autor

TABLA 4.3
FACTORES DE ANÁLISIS EN LA FACTIBILIDAD

FACTIBILIDAD	Ponderación 0% - 100%
Monto de la inversión	25%
Grado de dificultad en la implementación	20%
Compromiso con el cambio propuesto	20%
Disponibilidad de poder (extensión del proyecto)	15%
Uso de tecnología	10%
Nivel de los participantes	10%
TOTAL	100%

Elaborado por: Autor

A continuación en las tablas 4.4 a 4.19 se presenta el análisis con cada herramienta de manufactura esbelta antes seleccionada.

- Kaizen

TABLA 4.4
IMPACTO EN LA MEJORA KAIZEN

IMPACTO EN LA MEJORA	Ponderación <i>0% - 100%</i>	Calificación <i>0-10</i>	
Disminución de los errores	25%	9	2,25
Disminución de los tiempos improductivos	20%	8	1,6
Disminución de productos defectuosos	15%	8	1,2
Disminución de los costos	10%	6	0,6
Disminución del inventario	10%	2	0,2
Disminución de los reprocesos	10%	8	0,8
Disminución de los reclamos	5%	7	0,35
Disminución del tiempo de entrega	5%	5	0,25
TOTAL	100%		7,25

Elaborado por: Autor

TABLA 4.5
FACTIBILIDAD DEL KAIZEN

	Ponderación	Calificación	
FACTIBILIDAD	0% - 100%	0-10	
Monto de la inversión	25%	8	2
Grado de dificultad en la implementación	20%	9	1,8
Compromiso con el cambio propuesto	20%	7	1,4
Disponibilidad de poder (extensión del proyecto)	15%	7	1,05
Uso de tecnología	10%	5	0,5
Nivel de los participantes	10%	8	0,8
TOTAL	100%		7,55

Elaborado por: Autor

Con la herramienta del Kaizen se obtuvo un impacto en la mejora de 7,25 y una factibilidad de 7,55.

- **SMED**

TABLA 4.6
IMPACTO EN LA MEJORA SMED

	Ponderación	Calificación	
IMPACTO EN LA MEJORA	0% - 100%	0-10	
Disminución de los errores	25%	6	1,5
Disminución de los tiempos improductivos	20%	10	2
Disminución de productos defectuosos	15%	4	0.6
Disminución de los costos	10%	9	0,9
Disminución del inventario	10%	4	0.4
Disminución de los reprocesos	10%	4	0,4
Disminución de los reclamos	5%	7	0,35
Disminución del tiempo de entrega	5%	9	0,45
TOTAL	100%		6,6

Elaborado por: Autor

TABLA 4.7
FACTIBILIDAD DE SMED

	Ponderación	Calificación	
FACTIBILIDAD	0% - 100%	0-10	
Monto de la inversión	25%	9	2,25
Grado de dificultad en la implementación	20%	9	1,8
Compromiso con el cambio propuesto	20%	7	1,4
Disponibilidad de poder (extensión del proyecto)	15%	8	1,2
Uso de tecnología	10%	8	0,8
Nivel de los participantes	10%	8	0,8
TOTAL	100%		8,25

Elaborado por: Autor

Con la herramienta SMED se obtuvo un impacto en la mejora de 6,6 y una factibilidad de 8,25.

- 5 S's

TABLA 4.8

IMPACTO EN LA MEJORA DE 5 S's

	Ponderación	Calificación	
IMPACTO EN LA MEJORA	0% - 100%	0-10	
Disminución de los errores	25%	9	2,25
Disminución de los tiempos improductivos	20%	10	2
Disminución de productos defectuosos	15%	8	1.2
Disminución de los costos	10%	3	0,3
Disminución del inventario	10%	3	0,3
Disminución de los reprocesos	10%	4	0,4
Disminución de los reclamos	5%	3	0,15
Disminución del tiempo de entrega	5%	3	0,15
TOTAL	100%		6,75

Elaborado por: Autor

TABLA 4.9
FACTIBILIDAD DE 5 S's

	Ponderación	Calificación	
FACTIBILIDAD	0% - 100%	0-10	
Monto de la inversión	25%	9	2,25
Grado de dificultad en la implementación	20%	8	1,6
Compromiso con el cambio propuesto	20%	6	1,2
Disponibilidad de poder (extensión del proyecto)	15%	5	0,75
Uso de tecnología	10%	3	0,3
Nivel de los participantes	10%	7	0,7
TOTAL	100%		6,8

Elaborado por: Autor

Con la herramienta 5 S's se obtuvo un impacto en la mejora de 6,75 y una factibilidad de 6,8.

- JIDOKA

TABLA 4.10

IMPACTO EN LA MEJORA JIDOKA

	Ponderación	Calificación	
IMPACTO EN LA MEJORA	0% - 100%	0-10	
Disminución de los errores	25%	10	2,5
Disminución de los tiempos improductivos	20%	2	0,4
Disminución de productos defectuosos	15%	9	1,35
Disminución de los costos	10%	7	0,7
Disminución del inventario	10%	7	0,7
Disminución de los reprocesos	10%	8	0,8
Disminución de los reclamos	5%	4	0,2
Disminución del tiempo de entrega	5%	2	0,1
TOTAL	100%		6,45

Elaborado por: Autor

TABLA 4.11
FACTIBILIDAD DE JIDOKA

	Ponderación	Calificación	
FACTIBILIDAD	0% - 100%	0-10	
Monto de la inversión	25%	9	2,25
Grado de dificultad en la implementación	20%	8	1,6
Compromiso con el cambio propuesto	20%	7	1,4
Disponibilidad de poder (extensión del proyecto)	15%	6	0,9
Uso de tecnología	10%	5	0,5
Nivel de los participantes	10%	7	0,7
TOTAL	100%		7,35

Elaborado por: Autor.

Con la herramienta Jidoka se obtuvo un impacto en la mejora de 6,45 y una factibilidad de 7,35.

- **POKA-YOKE**

TABLA 4.12**IMPACTO EN LA MEJORA POKA-YOKE**

	Ponderación	Calificación	
IMPACTO EN LA MEJORA	0% - 100%	0-10	
Disminución de los errores	25%	10	2,5
Disminución de los tiempos improductivos	20%	9	1,8
Disminución de productos defectuosos	15%	9	1,35
Disminución de los costos	10%	8	0,8
Disminución del inventario	10%	5	0,5
Disminución de los reprocesos	10%	8	0,8
Disminución de los reclamos	5%	7	0,35
Disminución del tiempo de entrega	5%	5	0,25
TOTAL	100%		8,35

Elaborado por: Autor

TABLA 4.13
FACTIBILIDAD DE POKA-YOKE

FACTIBILIDAD	Ponderación		Calificación	
	0% - 100%		0-10	
Monto de la inversión	25%		8	2
Grado de dificultad en la implementación	20%		7	1,4
Compromiso con el cambio propuesto	20%		7	1,4
Disponibilidad de poder (extensión del proyecto)	15%		5	0.75
Uso de tecnología	10%		5	0,5
Nivel de los participantes	10%		7	0,7
TOTAL	100%			6,75

Elaborado por: Autor.

Con la herramienta Poka-Yoke se obtuvo un impacto en la mejora de 8,35 y una factibilidad de 6,75.

- **KANBAN**

TABLA 4.14

IMPACTO EN LA MEJORA KANBAN

	Ponderación	Calificación	
IMPACTO EN LA MEJORA	0% - 100%	0-10	
Disminución de los errores	25%	8	2
Disminución de los tiempos improductivos	20%	7	1,4
Disminución de productos defectuosos	15%	6	0,9
Disminución de los costos	10%	6	0,6
Disminución del inventario	10%	4	0,4
Disminución de los reprocesos	10%	7	0,7
Disminución de los reclamos	5%	4	0,2
Disminución del tiempo de entrega	5%	4	0,2
TOTAL	100%		6,4

Elaborado por: Autor

TABLA 4.15
FACTIBILIDAD DE KANBAN

FACTIBILIDAD	Ponderación		Calificación
	0% - 100%	0-10	
Monto de la inversión	25%	8	2
Grado de dificultad en la implementación	20%	6	1,2
Compromiso con el cambio propuesto	20%	6	1,2
Disponibilidad de poder (extensión del proyecto)	15%	6	0,9
Uso de tecnología	10%	5	0,5
Nivel de los participantes	10%	7	0,7
TOTAL	100%		6,5

Elaborado por: Autor.

Con la herramienta Poka-Yoke se obtuvo un impacto en la mejora de 6,4 y una factibilidad de 6,5.

- TPM

TABLA 4.16
IMPACTO EN LA MEJORA TPM

	Ponderación	Calificación	
IMPACTO EN LA MEJORA	0% - 100%	0-10	
Disminución de los errores	25%	9	2,25
Disminución de los tiempos improductivos	20%	9	1,8
Disminución de productos defectuosos	15%	8	1,2
Disminución de los costos	10%	7	0,7
Disminución del inventario	10%	6	0,6
Disminución de los reprocesos	10%	7	0,7
Disminución de los reclamos	5%	5	0,25
Disminución del tiempo de entrega	5%	7	0,35
TOTAL	100%		7,85

Elaborado por: Autor

TABLA 4.17
FACTIBILIDAD DE TPM

FACTIBILIDAD	Ponderación Calificación		
	0% - 100%	0-10	
Monto de la inversión	25%	9	2,25
Grado de dificultad en la implementación	20%	8	1,6
Compromiso con el cambio propuesto	20%	7	1,4
Disponibilidad de poder (extensión del proyecto)	15%	8	1,2
Uso de tecnología	10%	8	0,8
Nivel de los participantes	10%	8	0,8
TOTAL	100%		8,05

Elaborado por: Autor.

Con la herramienta TPM se obtuvo un impacto en la mejora de 7,85 y una factibilidad de 8,05.

- **ANDON**

TABLA 4.18
IMPACTO EN LA MEJORA ANDON

	Ponderación	Calificación	
IMPACTO EN LA MEJORA	0% - 100%	0-10	
Disminución de los errores	25%	7	1,75
Disminución de los tiempos improductivos	20%	7	1,4
Disminución de productos defectuosos	15%	6	0,9
Disminución de los costos	10%	6	0,6
Disminución del inventario	10%	4	0,4
Disminución de los reprocesos	10%	6	0,6
Disminución de los reclamos	5%	4	0,2
Disminución del tiempo de entrega	5%	6	0,3
TOTAL	100%		6,15

Elaborado por: Autor

TABLA 4.19
FACTIBILIDAD DE ANDON

FACTIBILIDAD	Ponderación		Calificación	
	0% - 100%		0-10	
Monto de la inversión	25%		5	1,25
Grado de dificultad en la implementación	20%		6	1,2
Compromiso con el cambio propuesto	20%		5	1
Disponibilidad de poder (extensión del proyecto)	15%		5	0,75
Uso de tecnología	10%		4	0,4
Nivel de los participantes	10%		5	0,5
TOTAL	100%			5,1

Elaborado por: Autor.

Con la herramienta ANDON se obtuvo un impacto en la mejora de 6,15 y una factibilidad de 5,1.

En la tabla 5.21 se puede observar el resultado del análisis del impacto en la mejora y la factibilidad de cada método propuesto para solucionar los problemas planteados.

TABLA 4.20

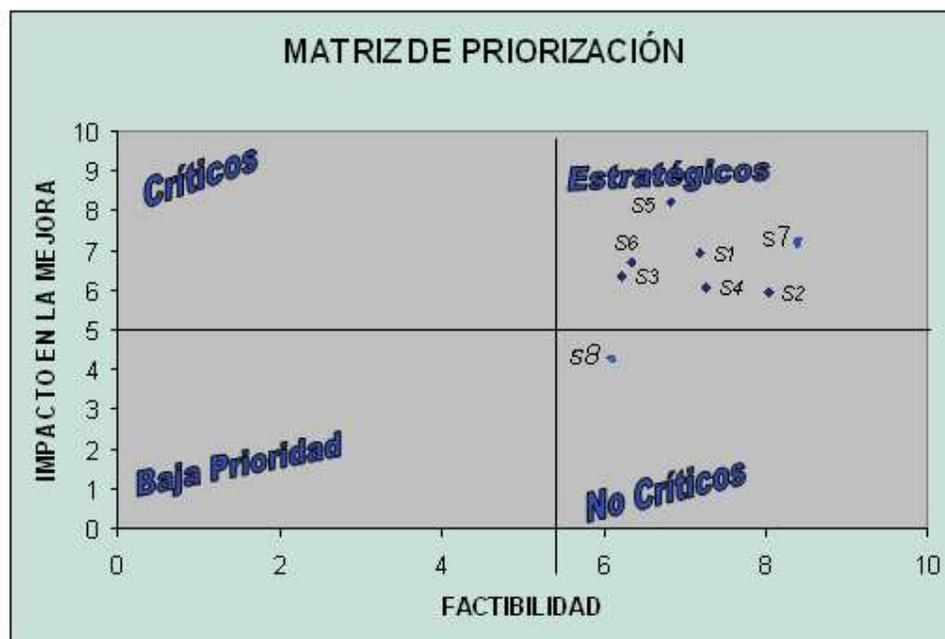
RESUMEN DE HERRAMIENTAS ANALIZADAS

Herramienta de ME	Impacto	Factibilidad	
Kaizen	7,25	7,55	S1
SMED	6,6	8,25	S2
5 S's	6,75	6,8	S3
Jidoka	6,45	7,35	S4
Poka-Yoke	8,35	6,75	S5
Kanban	6,4	6,5	S6
TPM	7,85	8,05	S7
Andon	6,15	5,1	S8

Elaborado por: Autor.

Al colocar los resultados obtenidos en la matriz de priorización se obtiene la figura 4.1.

Figura 4.1: Matriz de priorización



Elaborado por: Autor

En la figura 4.1 se puede observar que el proyecto de ANDON debe ser considerado como no crítico, aunque hay que tener en cuenta que es muy factible para ser implementado.

Las técnicas de Manufactura Esbelta consideradas con alto impacto en la mejora y alta factibilidad son: Kaizen, SMED, 5 S's, Jidoka, Poka-Yoke, Kanban y TPM.

4.3 Plan de Mejoras.

Para llevar a cabo la propuesta de implementación de las técnicas de Manufactura Esbelta seleccionadas se elabora un plan donde se determinan las actividades de cada acción de mejora, el responsable de la ejecución de cada acción, las posibles fechas planificadas de realización de las tareas, los recursos que se necesitan y los beneficios que se esperan obtener de la implementación de la acción como se muestra en la tabla 4.21

TABLA 4.21

Plan de actividades de acción de mejora

Acciones de Mejora	Tareas a desarrollar	Responsable	Fecha de Inicio	Fecha de Finalización	Recursos Necesarios	Beneficios Esperados
1.- Revisar Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> a) Revisión de los objetivos. Definición de objetivos cuantificables. b) Revisión del plan de mejoras propuesto. c) Difusión de los objetivos y del plan de mejoras 	Coordinador del proyecto Lean.	Febrero 2012	Febrero 2012	Recurso económico para la difusión en soporte impreso e informático.	Mejorar la visión global del proyecto
2.- Capacitación al personal sobre técnicas Lean	<ul style="list-style-type: none"> a) Contratar a un experto en técnicas Lean. b) Seleccionar a las personas que participarán en el proyecto. c) Capacitación en técnicas Lean señaladas 	Jefe de Recursos Humanos.	Marzo 2012	Junio 2012	<ul style="list-style-type: none"> a) Recurso Económico para contratar experto. b) Espacio físico para capacitación y materiales didácticos c) Contratar personal con habilidades. 	Los empleados conocerán técnicas de mejoramiento de procesos de producción
3.- Implementación Kaizen	<ul style="list-style-type: none"> a) Formación del equipo de mejora continua con personal clave de la línea 				<ul style="list-style-type: none"> a) Espacio físico para capacitación y materiales didácticos. 	Reducción del tiempo Total de producción

Acciones de Mejora	Tareas a desarrollar	Responsable	Fecha de Inicio	Fecha de Finalización	Recursos Necesarios	Beneficios Esperados
	de producción. b) Capacitación multidisciplinaria de los procesos productivos. c) Elaboración de un plan de Acción de Mejora Continua. d) Implementación del Equipo de Trabajo. e) Evaluación de actividades realizadas.	Jefe de Planta	Abril 2012	Junio 2012	b) Personal operativo c) Recursos Económicos para plan de incentivos	
4.- Implementación de Jidoka	a) Capacitación en Técnica Lean. b) Definir especificaciones de los productos. c) Revisión y organización de estándares de				a) Espacio físico para capacitación y materiales didácticos.	Controlar la calidad del producto en el proceso crítico, de tal forma que se impide el paso

Acciones de Mejora	Tareas a desarrollar	Responsable	Fecha de Inicio	Fecha de Finalización	Recursos Necesarios	Beneficios Esperados
	productos c) Desarrollar un sistema, una serie de mecanismos o un procedimiento que facilite la detección de anomalías en el proceso crítico. d) Implementación de mecanismos o procedimientos e) Evaluación de actividades realizadas y revisión de objetivos.	Jefe de Planta	Abril 2012	Junio 2012	b) Impresión de listas de verificaciones.	de unidades defectuosas al siguiente proceso.
5.- Implementación de Cambio Rápido (SMED)	a) Capacitación en Técnica Lean b) Documentación de actividades del proceso crítico y tiempos de cambios. c) Análisis de la situación	Jefe de Planta Y Jefe de Mantenimiento	Mayo 2012	Junio 2012	a) Espacio físico para capacitación y materiales didácticos. b) Recursos económicos para implementar ideas propuestas.	Reducir tiempos de preparación en producción

Acciones de Mejora	Tareas a desarrollar	Responsable	Fecha de Inicio	Fecha de Finalización	Recursos Necesarios	Beneficios Esperados
	actual. d) Ideas de mejora e) Implementación de ideas propuestas. f) Evaluación de actividades realizadas y revisión de objetivos.					
6.- Implementación de TPM	a) Capacitación en Técnica Lean b). Implementación de mecanismos o procedimientos c). Realizar un cronograma de mantenimiento preventivo d) Evaluación de actividades realizadas y revisión de objetivos.	Coordinador de proyecto Lean	Abril 2012	Julio 2012	a) Espacio físico para capacitación y materiales didácticos. b) Recursos económicos para implementar ideas propuestas.	Reducir distancias recorridas por los materiales y trabajadores.

Acciones de Mejora	Tareas a desarrollar	Responsable	Fecha de Inicio	Fecha de Finalización	Recursos Necesarios	Beneficios Esperados
7.- Implementación de Poka-Yoke	<ul style="list-style-type: none"> a) Capacitación en Técnica Lean b) Realizar método de control. c) Realizar método de advertencia e) Evaluación de actividades realizadas. 	Jefe de Planta	Abril 2012	Junio 2012	<ul style="list-style-type: none"> a) Espacio físico para capacitación y materiales didácticos. b) Personal operativo 	Prevenir errores en producción
8.- Implementación de 5 S's	<ul style="list-style-type: none"> a) Capacitación en Técnica Lean. b) Implementación de ideas propuestas. c) Análisis de la situación actual. d) Evaluación de actividades realizadas. 	Jefe de Planta	Abril 2012	Junio 2012	<ul style="list-style-type: none"> a) Espacio físico para capacitación y materiales didácticos. 	Mantener orden y limpieza en la planta.

- **Mejora con la Herramienta SMED.**

La mejora esperada por la aplicación de SMED, se obtendrán al producir una mayor cantidad de piezas de herraje tipo A para fibra óptica debido al 25% del tiempo que se ahorra en el cambio de piezas en el proceso de corte.

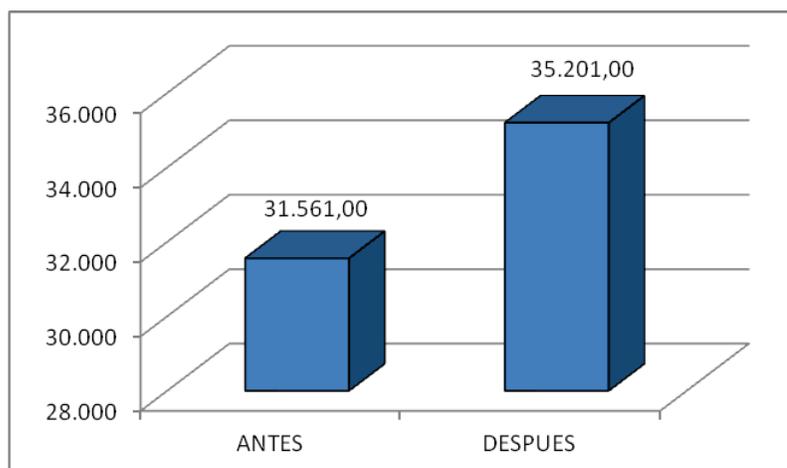
Para el cálculo del tiempo de cambio de productos, en la tabla 4.22 se toman los datos de un estudio de tiempos realizado en la empresa en Octubre del 2010.

TABLA 4.22
CÁLCULO DE LA MEJORA DE APLICACIÓN SMED

Tiempo promedio de cambios	20	min
Número de cambios por día	3	cambios
Total de cambios (1 año)	780	cambios
Tiempo total de cambio	260	horas
Ahorro debido a SMED (25%)	65	horas
Producción promedio corte	56	piezas/hora
Producción Total (1 año)	3.640	piezas

Elaborado por: Autor.

En la tabla 4.22 se observa que la aplicación de la herramienta SMED permite un incremento de 3.640 piezas en la producción en un periodo de tiempo de un año, en la figura 4.2 se obtiene que la producción aumente de 31.561 a 35.201 piezas.

Figura 4.2: Incremento en la producción del herraje tipo A para fibra óptica

Elaborado por: Autor

- **Mejora con las Herramientas Jidoka y Poka-yoke**

La mejora esperada con las herramientas Jidoka y Poka-yoke es la de reducir en un 30% los desperdicios de procesamiento que tiene el producto herraje tipo A para fibra óptica, debido a la filosofía de cada herramienta que considera un paro en el proceso en el momento que se detecte una falla o un error en el mismo y también toma en cuenta que las inspecciones se deben hacer en el transcurso del proceso de producción, no cuando el producto ya se encuentra terminado.

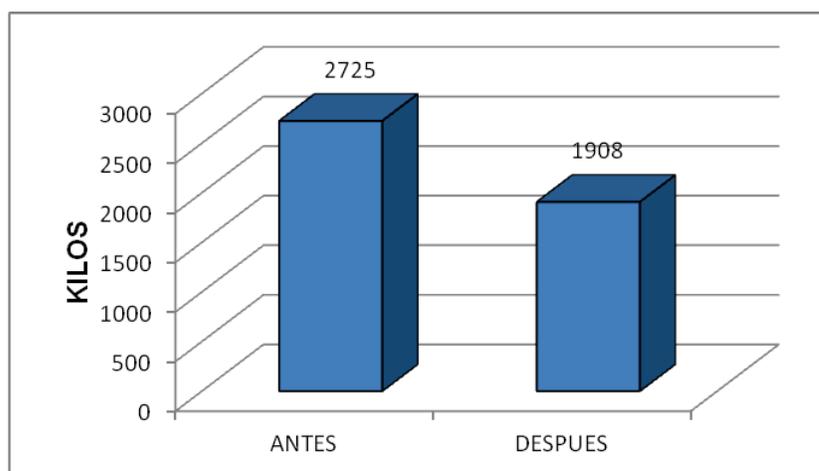
Las herramientas ayudan a disminuir el problema de errores en las medidas de corte como se describe en la figura 3.41 ya que con ayuda de Jidoka y Poka-yoke se mejora la calidad en el proceso ya que sólo se producirán piezas con cero defectos.

Jidoka y Poka-yoke funcionan sólo con el hecho de detectar una anomalía y parar la línea del proceso de corte del producto herraje tipo A para fibra óptica, pero las herramientas hacen algo más, corrigen la condición anormal e investigan la causa raíz para eliminarla, este trabajo debe ser realizado por el personal propio del proceso y con ayuda del supervisor de corte, el personal

debe detectar cualquier falla desde la actividad de la medición del producto, después debe realizar inspecciones en la actividad de corte de las piezas ya que la tecnología de la maquinaria no es la suficiente como para que detecte ciertos fallos por su cuenta.

En la figura 4.3 se observa que la empresa espera reducir el desperdicio en 817,2 kilos en un periodo de tiempo de un año, es decir que se reduzca de 2.725,7 a 1.908,5 kilos.

Figura 4.3: Reducción de los niveles de desperdicio del herraje tipo A para fibra óptica



Elaborado por: Autor

4.4 Análisis Costo-Beneficio.

Para realizar el análisis de los costos del proyecto, se toma en consideración el tiempo de 6 meses en que se planificó la propuesta de implementación.

Lo beneficios esperados se analizan en un período de tiempo de un año de acuerdo a la decisión de la gerencia.

- **Costo**

Entre los costos de operación que se toman en consideración se encuentran los siguientes:

1. Honorarios del experto en Manufactura Esbelta.

Para la ejecución del proyecto es necesario contar con la asesoría y capacitación de un experto que instruya al personal y guíe al cumplimiento de las metas trazadas, de acuerdo al cronograma de actividades planteado, se planificarán 5 semanas de capacitación a todas las personas que participan en el proyecto.

En las tablas 4.23 y 4.24 se establece el número de participante en el proyecto y las horas de capacitación que se requerirán para cada técnica de Manufactura Esbelta.

TABLA 4.23

PARTICIPANTES EN EL PROYECTO

Personal a capacitar	Número de personas
Operarios	34
Jefes de Procesos	3
Coordinador de proyecto	1
Jefe de Producción	1
Jefe de Corte	1
Jefe de Mantenimiento	1
Total de Personas	41

Elaborado por: Autor

TABLA 4.24
TIEMPO DE CAPACITACIÓN

Herramienta	Horas de Capacitación
Manufactura Esbelta	4
Herramientas Manufactura Esbelta	48
Total de Horas	52

Elaborado por: Autor.

Se establece un costo de \$ 100 por hora de capacitación en técnicas de Manufactura Lean, teniendo como resultado \$ 5.200 en las 52 horas de capacitación.

Las capacitaciones se las dictará al inicio de la implementación de cada herramienta analizada y se solicitará además la asesoría técnica del experto durante el proyecto. Para el seguimiento se destinarán 5 horas al mes, en las cuales el coordinador del proyecto se reunirá con el experto para revisar los avances obtenidos. Se destina un presupuesto de \$ 100 por hora de seguimiento, lo cual da como resultado \$ 500 al mes teniendo como efecto en los 5 meses de seguimiento \$ 2.500.

Calculado el costo de capacitación por persona, se obtiene:

$$\$ 6.240 / 41 \text{ personas} = \$ 152,2 \text{ por persona}$$

Y el costo por hora hombre capacitado

$$\$ 152,2 / 52 \text{ hh} = \$ 2,92 \text{ hora hombre}$$

2. Salario del Coordinador del Proyecto.

Se va a designar a una persona que esté al frente del proyecto, coordinando las actividades, dando seguimiento y evaluando los resultados.

Se establece un salario para el coordinador del proyecto de \$ 800 mensuales incluyendo los beneficios de ley.

Salario total \$800 x 6 meses = \$ 4.800

3. Difusión del Proyecto en la Empresa.

Es necesario que el personal de la compañía esté enterado de la ejecución del proyecto para que aporten con sus ideas y experiencias. La difusión se llevará a cabo mediante afiches, trípticos, folletos, videos, entre otros.

Se establece un presupuesto de \$ 250 para la difusión del proyecto.

4. Materiales Didácticos para Capacitación.

Implementos que se utilizarán en la capacitación del personal como copias, cuadernos, etc.

El presupuesto destinado es \$ 180.

- **Beneficios.**

Para el análisis Costo - Beneficio se va a tomar la decisión de ser moderados y se establecerá como beneficios esperados:

- Reducción de tiempos de cambio de piezas en un 25%
- Reducción de desperdicios 30%.

El resumen de los costos y los beneficios esperados se registran en la tabla 4.25.

TABLA 4.25
ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO

ANÁLISIS COSTO BENEFICIO	
Costos de Operación	Monto (USD)
Honorarios de Experto en Manufactura Esbelta	\$ 5.200
Seguimiento del proyecto	\$ 2.500
Salario del Coordinador de proyecto Lean (6 meses)	\$ 4.800
Difusión del proyecto en la compañía	\$ 250
Materiales didácticos para capacitación	\$ 180
COSTO TOTAL	\$12.930
Beneficios	
Reducción de tiempos de cambio de productos en un 25%	\$14.196
Reducción del costo del desperdicio en 30%	\$ 735,48
BENEFICIO BRUTO	\$ 14.931,48
- Bono del 10% para los trabajadores	\$ 1493
BENEFICIO NETO	\$13.438,48

Elaborado por: Autor

Se puede observar en la tabla 4.25 que el costo de implementación es de \$ 12.930 y los beneficios esperados \$ 13.438 por lo cual el proyecto se pagaría al primer año de ser implementado.

Capítulo V

5.1 Conclusiones.

1. La empresa INDUMEVER tiene un alto desperdicio en el proceso de fabricación del producto herraje tipo A para fibra óptica.
2. Se analizan variables de producción como nivel de producción, capacidad teórica vs. producción real, tiempo de producción, nivel de desperdicios, costo del desperdicio. Se selecciona al proceso de corte para ser considerado como el proceso crítico.
3. En el análisis del proceso crítico se identifican los principales problemas que generan desperdicios: Rompimiento de los discos abrasivos, Demora en el cambio del disco abrasivo, Demora en el mantenimiento correctivo, Averías en las máquinas cortadoras. Estos problemas generan el 73% de los desperdicios.
4. Las principales causas por las que se producen los problemas mencionados radican en que no existe una adecuada revisión y verificación en el proceso productivo, no hay un procedimiento establecido que defina las operaciones en los cambios de piezas y una inadecuada capacitación al personal.
5. Se proponen técnicas de Manufactura Esbelta que puedan dar solución a los problemas planteados y mediante una matriz de priorización se seleccionan: SMED, Kaizen, Jidoka, 5 S's, Poka-Yoke, Kanban y TPM.

6. Las técnicas de Manufactura Esbelta seleccionadas van a permitir la reducción de tiempos de cambio de piezas en un 25% y desperdicios en el proceso productivo en un 30%.

7. El análisis Costo-Beneficio demuestra que es conveniente la implementación de las técnicas seleccionadas, con un costo de implementación de \$ 12.930 y los beneficios esperados \$ 13.014,24 por lo cual el proyecto se pagaría al primer año de ser implementado.

5.2 Recomendaciones.

1. Para lograr una exitosa implementación del proyecto es indispensable el compromiso de la dirección de la compañía dando apoyo en las actividades de seguimiento y aportando con los recursos necesarios, así como el compromiso de la gente participando con ideas al proceso de mejoramiento continuo.
2. Resulta necesario que el experto encargado de la capacitación y la asesoría haga una revisión del plan propuesto con el objetivo de validar cada una de las actividades a seguir y el tiempo programado.
3. El coordinador del proyecto debe dar apoyo a todos los grupos de trabajo, revisar el cumplimiento de las actividades planteadas y dar retroalimentación al resto de trabajadores.
4. Es importante revisar los objetivos planteados al terminar un proyecto de mejora, con la finalidad de verificar si cumplieron los objetivos y para replantearse objetivos cada vez más altos.
5. Después de la capacitación inicial, se deben programar capacitaciones internas con la finalidad de que se propicie el avance en el proyecto.
6. Las herramientas propuestas pueden ser ejecutadas en otras empresas con el objetivo de avanzar en el proceso de mejora continua y la reducción de desperdicios.

7. Los criterios de evaluación utilizados en la matriz de priorización deben ser establecidos como variables para la selección de proyectos de mejoras con la finalidad de evaluar el impacto en la mejora y la factibilidad.
-

Bibliografía

- Cuatrecasas Luis, “Gestión Integral de la Calidad”, Gestión 2000, 2005
- Evans James R. y Lindsay William M., “Administración y control de la Calidad”, Cengage Learning, 2008
- Evans James R. y Lindsay William M., “Administración y control de la calidad”, Cengage Learning, 2008
- Galgano Alberto, “Las Tres Revoluciones: caza del desperdicio”, Ediciones Díaz de Santos, 2008
- García Alejandro y García Ángel, “Conceptos de Organización Industrial”, Marcombo, 1998
- Hernández Arnold, “Manufactura: Justo a tiempo un enfoque practico”, Cecsca, 1990
- Krajewski Lee J. y Ritzman Larry P., “Administración de Operaciones: estrategia y análisis”, Pearson Educación, 2000
- Moulding Edward, “5’s un sistema de control visual para el lugar de trabajo”, Author House, 2010
- Rey Sacristán Francisco, “Mantenimiento total de la producción (TPM): proceso de implementación y desarrollo, FC Editorial, 2001
- Ruiz Patxi, “La gestión de costos en Lean Manufacturing”, Netbiblo S.L, 2007.

- GESTIOPOLIS, “Introducción al Justo a Tiempo”, Fuente Electrónica [en línea], <http://www.gestiopolis.com/recursos2/documentos/>
- EL PRISMA, “Justo a Tiempo”, Fuente Electrónica [en línea], http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/.
- SCRIBD, “Definición de SMED”, Fuente Electrónica [en línea], <http://es.scribd.com/doc/18221557/SMED>.
- ZEUSCONSULT, “Las 5S's”, Fuente Electrónica [en línea], http://www.zeusconsult.com.mx/Las_Cinco_Ss.pdf.
- LEAN MANUFACTURING, “Definición Kaizen”, Fuente Electrónica [en línea], <http://www.leanmanufacturing.org/casalean.html>.
- ITESCAM, “Métodos del Poka-yoke”, Fuente Electrónica [en línea] www.itescam.com/principal/.