

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ÁREA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA**



**“Reducción de defectos en una microempresa metalmecánica mediante la aplicación de herramientas de Manufactura Esbelta”**

**T E S I S**

**Que para obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS**

**presenta:**

**Ivett Chairez Martínez**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**M. C. Elvira Aurora Rodríguez Velarde**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA, MEXICALI**  
**Maestría y Doctorado en Ciencias e Ingeniería**

**ACTA DE REVISIÓN DE TESIS**

TESIS DE GRADO

**"Reducción de defectos en una microempresa  
metalmecánica mediante la aplicación de herramientas de  
Manufactura Esbelta"**

PRESENTADA POR

**Ivett Chairez Martínez**

Y APROBADA POR EL SIGUIENTE COMITÉ

M.C. Elvira Aurora Rodríguez  
Velarde  
Director del Comité

M.C. Elvira Aurora Rodríguez  
Velarde  
Codirector del Comité

Dra. Silvia Vanessa Medina León  
Miembro del Comité

M.C. Juan Ceballos Corral  
Miembro del Comité

M.C. Rigoberto Zamora Alarcón  
Miembro del Comité

Dr. Guillermo Galaviz Yáñez

Coordinador de Investigación y  
Posgrado  
Facultad de Ingeniería

06 de junio de 2016

## ÍNDICE GENERAL

<b>AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA</b>	<b>II</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>III</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>IX</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>XI</b>
<b>HIPÓTESIS</b>	<b>XIII</b>
<b>OBJETIVO</b>	<b>XIII</b>
<b>METAS</b>	<b>XIII</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>XIV</b>

### **Capítulo 1. Estado del arte**

1.1 Historia de la microempresa	1
1.1.1 Misión y visión	2
1.1.2 Compañías y servicios del grupo	2
1.2 Breve historia de la manufactura	4
1.3 Tendencias de la manufactura	5
1.4 Tipos de sistemas de manufactura	5
1.5 La evolución de la manufactura global	6
1.6 La historia de la Manufactura esbelta	8
1.6.1 Producción artesanal	8
1.6.2 Producción en masa	9
1.6.3 Desarrollo del Sistema de producción Ford	10
1.6.4 El nacimiento de la Manufactura esbelta	12
1.6.5 Desarrollo del Sistema de producción Toyota	13
1.6.6 Eventos de la manufactura a través de la historia	13
1.6.7 Principios de manufactura esbelta	15
1.7 El sistema de producción esbelto	15
1.7.1 ¿Por qué producción esbelta?	15

1.7.1.1 El principio de la reducción de costos	16
1.8 Mejoramiento tradicional en el proceso vs. mejoramiento de la manufactura esbelta	16
1.9 Calidad total aplicada a los sistemas de manufactura	16
1.9.1 Historia y origen	17
1.10 Evolución del control de calidad	18
1.11 Competitividad global y costos de manufactura	19
1.12 Casos de éxito	20

## Capítulo 2. Marco teórico

2.1 El concepto de manufactura esbelta	22
2.2 Herramientas de la manufactura esbelta	22
2.2.1 Las cinco eses	23
2.2.1.1 Definición y objetivo	23
2.2.2 Jidoka	24
2.2.2.1 Definición y objetivo	24
2.2.2.2 Características	25
2.2.2.3 Beneficios	26
2.2.3 Poka Yoke	26
2.2.3.1 Definición	26
2.2.3.2 Funciones del sistema poka yoke	27
2.2.3.3 Defectos vs. errores	27
2.2.3.4 Tipos de errores causados por el factor humano	27
2.2.3.5 Clasificación de los métodos poka yoke	28
2.2.3.6 Los cinco mejores poka yoke	28
2.2.4. Fábrica visual	29
2.2.4.1 Definición y objetivo	29
2.2.4.2 Fases para implementar el control visual	30
2.2.4.3 Las 4 eses visibles	31
2.3 Enfoque de calidad total	32
2.3.1 Enfoques estratégicos	32

2.4 Algunas herramientas básicas para el control de la calidad .....	33
2.4.1 Diagrama de Pareto .....	33
2.4.2 Diagrama causa-efecto .....	34
2.5 Análisis Modal de Fallos y Efectos .....	36
2.5.1 Definiciones de términos fundamentales del AMFE .....	36
2.5.2 Descripción del método .....	38

### **Capítulo 3. Metodología de la propuesta**

3.1 Defectos por compañía y costos .....	42
3.2 Descripción de Baja Tool & Die .....	45
3.3 Identificación de defectos prioritarios en Baja Tool & Die .....	50
3.4 Identificación de causas de los defectos prioritarios en Baja Tool & Die .....	51
3.5 Determinación de los índices de evaluación para cada defecto .....	52
3.5 Herramientas de manufactura esbelta a utilizar en los defectos prioritarios .....	54
3.6 Etapas a seguir para la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta .....	55
3.6.1 Cinco eses .....	56
3.6.1.1 Metodología a seguir para la implementación de cinco eses .....	57
3.6.1.2 Recomendaciones para la implementación de cinco eses .....	69
3.6.1.3 Efecto de 5's sobre los defectos .....	70
3.6.1.4 Cronograma de implementación de 5's .....	72
3.6.2 Fábrica Visual .....	73
3.6.2.1 Metodología a seguir para la implementación de Fábrica Visual .....	73
3.6.2.2 Diseño de los controles visuales .....	77
3.6.2.3 Efecto de Fábrica visual en los defectos .....	82
3.6.2.4 Cronograma de implementación de Control Visual .....	83
3.6.3 Jidoka .....	83
3.6.3.1 Metodología a seguir para la implementación de Jidoka .....	83
3.6.3.2 Efecto de Jidoka sobre los defectos .....	89
3.6.3.3 Cronograma de implementación de Jidoka .....	89
3.6.4 Poka Yoke .....	90

3.6.4.1 Metodología a seguir para la implementación de Poka Yoke_	90
3.6.4.2 Efecto de poka yoke sobre los defectos	94
3.6.4.3 Diseño de los poka yokes	95
3.6.4.4 Cronograma de implementación de Poka Yoke	95

#### **Capítulo 4. Análisis de resultados**

4.1 Evaluación financiera del proyecto	96
4.1.1 Descripción de las inversiones	96
4.1.2 Elaboración del flujo neto	100
4.1.3 Resultados de la evaluación del proyecto	101
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>103</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>105</b>
<b>DIAGRAMA DE FLUJO</b>	<b>106</b>
<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b>	<b>107</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>108</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>112</b>

## **Agradecimientos y dedicatoria**

*A mis padres, les doy mi profundo agradecimiento, ya que ellos me apoyaron muchísimo para poder seguir estudiando y preparándome profesionalmente, gracias, un millón de gracias por siempre estar a mi lado y no soltarme de la mano.*

*A mis hijas, porque ellas son la razón por la cual me sigo preparando y me motivan a ser mejor cada día, gracias mis niñas por esperarme despiertas sólo para darme el beso de las buenas noches, aun sabiendo que mamá llegaría tarde por estar en la escuela, las amo hermosas.*

*A mi esposo, por apoyarme incondicionalmente en esta etapa de mis estudios, por ser un pilar fuerte en mi vida y comprenderme cuando estaban mis días muy pesados en la universidad, te amo Javier.*

*A mi director de tesis, por confiar en mí y en este proyecto, por guiarme para poder concluir esta tesis, aprobarla y siempre ayudarme cuando surgía cualquier tipo de duda, mil gracias M.C Elvira Aurora Rodríguez Velarde.*

*A la Dra. Sílvia Vanessa Medina León, a los maestros M.C. Juan Ceballos Corral y M.C. Rigoberto Zamora, quienes aceptaron ser mis sinodales. Gracias por tomarse el tiempo de leer mi tesis y dar el visto bueno, definitivamente son unos grandes maestros.*

## **Resumen**

Resumen de la Tesis de Ivett Chairez Martínez, presentada como requisito para la obtención del grado de MAESTRO EN CIENCIAS

Mexicali, Baja California, México. Julio de 2016.

### **Reducción de defectos en una microempresa metalmecánica mediante la aplicación de herramientas de Manufactura Esbelta**

Resumen aprobado por:



---

(M.C. Elvira Aurora Rodríguez Velarde)

Director de tesis

Hoy en día todas las empresas buscan tener mejor calidad dentro de sus productos, ya que en un mundo tan globalizado, se necesita competir y sobresalir de las demás empresas. Es por ello, que se busca disminuir los defectos en los productos que realizan y se le entregan al cliente.

Uno de los métodos utilizados para poder hacer esta reducción en los productos, es la aplicación de ciertas herramientas de manufactura esbelta, tales como cinco eses, jidoka, poka yoke, y fábrica visual. Estas herramientas de manufactura, son muy utilizadas en las compañías desde hace mucho tiempo y hasta la actualidad. Uno de los motivos por los que se utilizan es que son económicas y fáciles de aplicar, pero requiere de mucha constancia, buen trabajo y, sobre todo, una gran comunicación entre el personal administrativo y operativo.

Han sido más las compañías que poco a poco van adoptando estas herramientas, ya que además de facilitar el trabajo, tener una mayor eficiencia en los procedimientos y así, entregar el producto al cliente a tiempo y con una buena calidad, también se obtiene grandes recompensas hablando monetariamente.

Este trabajo de tesis utiliza algunas de las herramientas de manufactura esbelta, las cuales ayudan a reducir defectos en un área de trabajo. A lo largo del proyecto, se observa la historia de manufactura esbelta, algunos de sus conceptos más importantes y cómo empezó el hombre a utilizar las herramientas en su vida diaria.

En el proceso de aplicación de las herramientas en este trabajo de tesis, se muestra cómo se van incorporando las herramientas, así como también la importancia que tiene cada una de ellas al momento de ponerlas en práctica en un lugar de trabajo determinado.

Es por ello que, manufactura esbelta es un herramienta de mucha utilidad para las empresas y porque no, también se puede aplicar en nuestra vida cotidiana.

## **Abstract**

Abstract of the thesis presented by Ivett Chairez Martínez, in order to obtain the MASTER OF SCIENCE.

Mexicali, Baja California, Mexico. July 2016.

### **Reduction defects in a metalmecánica microenterprise by applying lean manufacturing tools**

Approved by:



(M.C. Elvira Aurora Rodríguez Velarde)

Thesis Advisor

Today, all the companies are looking to have a better quality of their products, getting along with the globalization where is needed to be competitive and bright between the others. Therefore, they are willing to decrease the defects of the products delivered to the customer.

One of the ways to achive this mentioned decrease is the early application of lean manufacturing tools like 5 S, JIDOKA, POKA JOKE, and Visual Factory. This lean tools were being used a lot since a time ago until today because are easy to deploy and cheaper, but requires a lot of following up, team work, and especially an effective communication between the blue and white collars.

Lately more and more companies have been adopted this tools, because make the job easy, achieve more efficiency on procedures leading to delivery the finish goods in time and with good quality, also for the companies this represent a financial return.

This thesis uses some of the lean manufacturing tools, wich help reduce defects in a workspace.

Throughout the Project the history of lean manufacturing is observed, some of its most important concepts and how men began to use the tools in their daily lives

In the process of applying the tools in this thesis, it shows how are incorporated the tools, as well as the importance of each when implementing them in a workplace.

Because of that, the lean manufacturing tool is really usefull for the companies, and why not, also for the daily live.

## Índice de figuras

<b><u>Figura</u></b>	<b><u>Página</u></b>
1.1.- Evolución de la manufactura	8
1.2.- El sueño americano: el Ford T	10
1.3.- Personajes involucrados en la historia de la Manufactura Esbelta	12
1.4.- Evolución del control de calidad	18
2.1.- Ejemplo de implementación de 5's	24
2.2.- Ejemplos de poka yoke	29
2.3.- Ejemplo de funcionamiento de control visual	29
2.4.- Panel de control de producción en tiempo real	31
2.5.- Tarjeta roja	31
2.6- Ejemplo de diagrama de Pareto	34
2.7.- Ejemplo de diagrama causa-efecto	35
3.1.- Gráfica de costo de defectos por compañía	44
3.2.- Gráfica de pastel del porcentaje de costo de defectos por compañía	44
3.3 a).-Fresadora	45
3.3 b).-Rectificadora	45
3.3 c).-Segueta	45
3.3 d).-Máquina CNC	45
3.3 e).-EDM WIRE	45
3.3 f).-EDM SINKER	45
3.4.- Layout actual del área de producción en Baja Tool & Die	47
3.5 a).-Foto 1 del área de producción	48
3.5 b).-Foto 2 del área de producción	48
3.6.-Dado (Die set inferior)	48
3.7.-Dado (Die set inferior)	48
3.8.-Dado pequeño (22")	49
3.9.-Dado terminado	49

3.10.- Diagrama de Pareto de costo de defectos de calidad en Baja Tool & Die	50
3.11.-Diagrama de clasificación	61
3.12 a).-Identificación de herramienta 1	62
3.12 b).-Identificación de herramienta 2	62
3.13.-Identificación de material y producto	62
3.14.-Identificación de herramientas de precisión	62
3.15.-Identificación de herramientas de trabajo	62
3.16 a).-Delimitación de área 1	63
3.16 b).-Delimitación de área 2	63
3.16 c).-Delimitación de área 3	63
3.16 d).-Delimitación de área 4	64
3.16 e).-Delimitación de área 5	64
3.17.-Área de escuadre y barreno	74
3.18.-Ayuda visual porta punzón 2	77
3.19.-Ayuda visual plegador macho	78
3.20.-Ayuda visual matriz 2	78
3.21.-Ayuda visual matriz 1	79
3.22.-Ayuda visual porta punzón 1	79
3.23.-Ayuda visual plegador hembra 1	80
3.24.-Ayuda visual die set superior	80
3.25.-Ayuda visual punzón radio	81
3.26.-Letrero máquina descompuesta	81
3.27.-Letrero máquina fallando	81
3.28.-Área de barrenación	85
3.29.-Dispositivo poka yoke propuesto (sensores)	94
3.30.-Dispositivo poka yoke propuesto (pins de guía)	95
4.1.-Gráfico flujo de fondos del proyecto	101
4.2.- Gráfica costo-beneficio	102

## Índice de tablas

<b><u>Tabla</u></b>	<b><u>Página</u></b>
1.1.- Eventos de la manufactura a través de la historia	14
1.2.- Casos de éxito	20
2.1.- Clasificación de gravedad	39
2.2.- Clasificación de frecuencia	40
2.7.- Clasificación de detectabilidad	40
3.1.- Defectos por compañía y costos	42
3.2.- Equipo y mobiliario actual de Baja Tool & Die	47
3.3.- Características de los dados	48
3.4.- Defectos de calidad en Baja Tool & Die	51
3.5.- Análisis modal de fallos y efectos	53
3.6.- Herramientas de Manufactura Esbelta a utilizar	54
3.7.-Material a utilizar para implementar 5's	56
3.8.-Herramienta y equipo necesario	59
3.9.-Herramienta y equipo innecesario	60
3.10.- Cronograma de implementación de 5's	72
3.11.-Cronograma de actividades de fabrica visual	83
3.12.- Cronograma de implementación de Jidoka	89
3.13.-Formato para enlistar propuestas de Poka Yoke	92
3.14.-Cronograma de implementación de Poka Yoke	95
4.1.- Costo promedio de horas extra	96
4.2.- Costo horas de capacitación	97
4.3.- Frecuencia y horas invertidas por defecto	97
4.4.- Porcentaje de reducción	98
4.5.- Información general	98
4.6.- Producción adicional	99
4.7.- Inventarios	99

4.8.- Plan de inversión	100
4.9.- Flujo de fondos del proyecto	101
4.10.- Resultados del proyecto	102

## **Glosario**

**Celda de manufactura.-** Es un conjunto de componentes electromecánicos, que trabajan de manera coordinada para el logro de un producto, y que además permiten la fabricación en serie de dicho producto.

**Control visual.-** Es una técnica empleada en distintos lugares, donde la información se transmite mediante el uso de señales visuales, que están diseñados para administrar o controlar las operaciones o procesos en un área determinada.

**Diagrama de causa-efecto.-** También conocido como diagrama de pescado o Ishikawa, es una forma gráfica de representar el conjunto de causas potenciales que podrían estar provocando el problema bajo estudio o influir en una determinada característica de calidad.

**Diagrama de flujo.-** Es una representación gráfica de un algoritmo o de una parte del mismo, los cuales utilizan ciertos símbolos como rectángulos, diamantes, óvalos que están conectados entre sí mediante flechas.

**Diagrama de Pareto.-** Es una herramienta utilizada en programas de mejoramiento de la calidad para identificar y separar de manera crítica los pocos proyectos que provocan la mayor parte de los problemas de calidad.

**Estratificación.-** Es una estrategia de clasificación de datos, de tal forma que en una situación dada se facilite la identificación de las fuentes de variabilidad. Clasifica los problemas de acuerdo con los diversos factores que influyen en los mismos.

**Hoja de verificación.-** Es un formato construido para coleccionar datos, de forma que su registro sea sencillo, sistemático y que sea fácil analizarlos.

**Jidoka.-** Es un método aplicado en labores manuales y/o automatizadas que permite detectar y corregir defectos de la producción utilizando mecanismos y procedimientos que permiten detectar una anomalía en el sistema.

**Manufactura.-** Es el proceso de convertir la materia prima en productos.

**Manufactura esbelta.-** Es una metodología de trabajo simple, profunda y efectiva, enfocada a incrementar la eficiencia productiva en todos los procesos.

**Poka yoke.-** Son dispositivos conocidos como “a prueba de errores”. La idea básica es detener el proceso donde ocurra un defecto, definir las causas y prevenir aquellas que son recurrentes.

**5's.-** Es una metodología japonesa que tiene por objetivo el desarrollar un ambiente de trabajo agradable y eficiente, el cual permita el correcto desempeño de las operaciones diarias, logrando los estándares de calidad del producto o servicio.

## **Hipótesis**

Basándose en la filosofía de Manufactura Esbelta, se logrará diseñar una propuesta para la reducción de defectos en el área de producción de una empresa.

## **Objetivo**

Analizar y determinar las herramientas de manufactura esbelta que ayuden a obtener el mejor provecho de todos los recursos que se utilizan para minimizar defectos en los productos y reducir costos.

## **Metas**

- 1) Determinar los defectos prioritarios de calidad en los productos.
- 2) Definir las posibles causas y soluciones de los defectos.
- 3) Definir cuáles de las herramientas de manufactura esbelta se pueden aplicar a la microempresa metalmeccánica de acuerdo a los defectos prioritarios.
- 4) Elaborar la metodología a seguir para la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta.
- 5) Evaluar el impacto de las herramientas sobre los defectos.
- 6) Realizar un análisis económico de las herramientas.
- 7) Elaborar un análisis costo-beneficio del proyecto.
- 8) Obtención de resultados de la evaluación del proyecto.

## **Justificación**

Debido a la constante competencia en el mercado, las empresas necesitan entregar productos con buena calidad, a precio competitivo y a tiempo. Es por ello que, para Grupo Metalnica, surge la necesidad de aplicar herramientas que ayuden a mejorar la calidad de sus productos y de esta manera satisfacer las exigencias de los clientes.

Manufactura esbelta, brinda las herramientas para mejorar la calidad de los productos, disminuir costos y aumento en la productividad.

Por lo tanto, con la aplicación de herramientas de manufactura esbelta se obtienen grandes beneficios, tales como:

- Disminución de defectos en los productos.
- Productos con una mejor calidad.
- Reducción de costos de defectos de calidad.
- Minimizar el tiempo de entrega del producto al cliente.
- Mayor eficiencia.
- Menor desperdicio de material y equipo.
- Empresa competitiva.

# Capítulo 1

## Estado del arte

### 1.1 Historia de la microempresa

Grupo Metalnica es una empresa de servicio completo de ingeniería y desarrollo ubicado en Mexicali, Baja California. Fue fundada en 2001. Ofrece una gama completa de servicios, de desarrollo conceptual, fabricación de herramientas, así como la producción de configuraciones. Con los años, ha seguido creciendo en capacidad y clientes. En este contexto nos da información clave para lo último en diseño, la ingeniería y las tendencias de desarrollo que ocurren en diferentes industrias. Su filosofía es la de concentrar sus esfuerzos en su éxito.

Grupo Metalnica inició a generar algunos negocios sólo de boca en boca y ser competitivos en precios. Originalmente el plan era construir herramientas y accesorios solamente. No pasó mucho tiempo para descubrir que había muchas oportunidades de mecanizado CNC de pequeñas y medianas piezas de precisión. Desde enero de 2002, ha crecido hasta 22 empleados. El éxito a la microempresa llegó de una gran cantidad de sangre, sudor y lágrimas a lo largo del camino, así como la dificultad de encontrar un equipo de trabajo bueno para que la calidad de los componentes y accesorios que requieren sus clientes fuera acertado.

Grupo Metalnica ha proporcionado servicios en el área de Mexicali-Tijuana-California con la más alta calidad de fabricación y servicios de maquinado. Sigue creciendo gracias al apoyo de sus clientes y las nuevas demandas de un mundo de fabricación constantemente cambiante. Están comprometidos a proporcionar soluciones innovadoras y funcionales. Entienden que cada cliente es diferente y requiere su propio enfoque personalizado. La base de clientes del Grupo Metalnica incluye desde marcas consolidadas a nivel mundial, así como

pequeñas empresas de nueva creación, sobre todo en la industria aeroespacial, automotriz, médica y del vidrio.

### **1.1.1 Misión y visión**

#### **Misión:**

Ser proveedor líder en la industria, proporcionando servicios de ingeniería, diseño y fabricación; integrando procesos y tecnología de primer nivel a través de un equipo de trabajo con liderazgo, enfoque al cliente e innovación constante. Su meta es satisfacer las necesidades de sus clientes logrando los objetivos económicos de los accionistas, sus colaboradores y la sociedad. Su diferencia competitiva: equipo de ingeniería y diseño y la garantía de servicio 24/7 los 365 días del año.

#### **Visión:**

Ser el principal proveedor de servicios de diseño y fabricación metalmecánica en la industria global, desarrollándose en un adecuado ambiente de disciplina, respeto, control y confianza. Hacer de su empresa, un negocio altamente rentable, productivo y competitivo, enfocada al logro de la calidad total y la satisfacción de las necesidades de sus cliente.

### **1.1.2 Compañías y servicios del grupo**

Grupo Metalnica está conformado por 4 compañías que ofrecen distintos productos y servicios, los cuales se mencionan a continuación:

Compañía: **Baja Tool & Die**

Servicios:

- Diseño y fabricación de dados y herramientas

Compañía: **Metalnica**

Servicios:

- Servicios de diseño y maquinados convencionales
- Maquinados CNC
- Fabricación en acero de herramientas

Compañía: **Manufacturas Metalmecanicas**

Servicios:

- Fabricación metalmecanica
- Servicios de Corte y Dobleza de lámina
- Soldadura TIG y MIG

Compañía: **Metalcraft Supply**

Servicios:

- Venta y distribución de:
  - Punzones, matrices, retenedores y resortes
  - Refacciones y MRO's
  - Maquinaria y Equipo
  - Materiales como: aceros, aluminio y plásticos industriales [1].

## 1.2 Breve historia de la manufactura

La manufactura se originó entre los años 5,000 y 4,000 a. C. Es más antigua que la historia registrada. Las marcas y los dibujos en las cuevas o en las rocas primitivas dependían de alguna forma de marcador o brocha, y se empleaba una “pintura” o algún medio para grabar en la roca. Era necesario fabricar herramientas apropiadas para esas aplicaciones. La manufactura de productos que tenían diversos usos específicos comenzó con la producción de artículos de madera, cerámica, piedra y metal. Los materiales y procesos que se utilizaron para dar forma a productos mediante la fundición y el martillado se han desarrollado gradualmente a lo largo de los siglos, usando nuevos materiales y operaciones más complejas, con crecientes capacidades de producción y mayores niveles de calidad.

Los primeros materiales utilizados para fabricar utensilios domésticos y objetos ornamentales incluían metales como el oro, cobre y hierro, seguidos de la plata, el plomo, estaño, latón y bronce. La producción de acero (entre los años 600 y 800 d. C.) constituyó un hito importante; desde entonces se ha desarrollado una variedad muy amplia de metales ferrosos y no ferrosos. En la actualidad, los materiales que se emplean en productos avanzados, como computadoras y aeronaves supersónicas, incluyen materiales de ingeniería (desarrollados para ese fin) con propiedades únicas, como cerámicos avanzados, plásticos reforzados, materiales compuestos y nano materiales.

Hasta antes de la Revolución Industrial, que comenzó en Inglaterra durante la década de 1,750, los bienes se producían en lotes y se requería mucha confianza en la mano de obra en todas las fases de la producción. A dicha revolución también se le denomina Primera Revolución Industrial, ya que la segunda comenzó a mediados del siglo XX con el desarrollo de los dispositivos electrónicos de estado sólido y las computadoras. La mecanización moderna comenzó en Inglaterra y el resto de Europa con el desarrollo de la maquinaria textil y de las máquinas herramienta para cortar metales. Esta tecnología se trasladó rápidamente a Estados Unidos, en donde se desarrolló más y se introdujo el importante avance del diseño, la

fabricación y el uso de partes intercambiables, creadas por Eli Whitney a principios de 1,800. Antes de esta aportación era necesario en gran medida el ajuste a mano, porque no se podían fabricar dos partes exactamente iguales. Ahora se da por entendido que podemos reemplazar un tornillo roto de cierto tamaño con uno idéntico comprado años después en una ferretería local.[2].

### **1.3 Tendencias de la manufactura**

A partir de 1820 las máquinas herramienta y los sistemas productivos han tenido una constante evolución que han permitido aumentar la producción y mejorar las calidades y precisiones de sus productos. También con el descubrimiento y uso de nuevos materiales se ha logrado aumentar notablemente la disponibilidad de materiales y posibilidades de fabricación y producción. En todos los sistemas productivos existen dos factores que han generado la modernización o actualización: 1. La industria de la guerra y 2. La libre competencia

La tendencia de la mayoría de los sistemas productivos es la automatización total. En estos sistemas el hombre únicamente participa en: El diseño de los sistemas, la construcción de la maquinaria, en la supervisión de los sistemas, en el mantenimiento o reparación de las máquinas. [3].

### **1.4 Tipos de sistemas de manufactura**

Los sistemas de manufactura se pueden dividir en las siguientes tres categorías: a) Sistema especial de manufactura, b) Celda de manufactura y c) Sistema flexible de manufactura.

*El sistema especial de manufactura* es el sistema integrado por computadora menos flexible. Es adecuado para producir un número limitado de partes diferentes (generalmente de 6 a 8) en la misma familia de manufactura. La capacidad de producción diaria puede ubicarse

entre 2,000 y 20,000. En otras palabras, la configuración de este sistema es similar al de la línea de transferencia.

*La celda de manufactura*, tiene la menor capacidad de producción de los tres tipos de sistemas de manufactura que se mencionaron. Es adecuada cuando la variedad de las partes varía entre 40 y 600, y el nivel de producción de cada parte se encuentra entre 20 y 600 al año.

*El sistema flexible de manufactura* es adecuado para procesar varias familias de partes con 40 a 200 números de parte diferentes. La capacidad de producción anual de partes variaría entre 40 y 200.

La mano de obra humana es necesaria para cargar y descargar la parte de trabajo de un punto central del sistema flexible de manufactura. Una vez que una parte se carga en el sistema de manejo, se enruta automáticamente hacia la estación de trabajo que la requiere en particular para su procesamiento. Las rutas pueden ser para los diferentes tipos de trabajo. Las herramientas que se necesitan en cada estación de trabajo también pueden ser diferentes. La coordinación y control de todas estas actividades se logra mediante el mando de una computadora. Se pueden utilizar una o más computadoras para controlar un solo sistema flexible de manufactura [4].

## **1.5 La evolución de la manufactura global**

El valor cultural de la confianza es el elemento pivotante con el que la colaboración apalanca los esfuerzos dentro de las organizaciones por alcanzar sistemas más flexibles de producción.

Paradójicamente, la intensa competencia global ha demandado un nuevo salto evolutivo entre las empresas manufactureras que aspiran o han alcanzado el estatus de empresas de clase mundial: colaboración, muy por encima de la tradicional actitud depredadora que marcó el paradigma de la revolución industrial a lo largo del siglo XX.

Algunas formas en las que la colaboración ha impulsado el salto evolutivo en la manufactura global son:

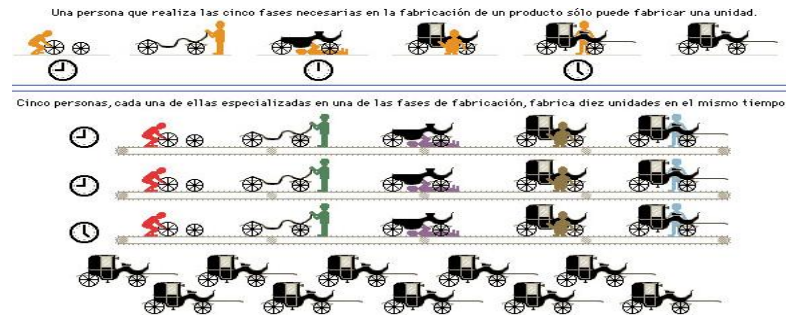
*Alianzas estratégicas.* Las alianzas estratégicas son mucho más que fusiones y adquisiciones, que en algunos casos son depredadoras. Las alianzas estratégicas más frecuentes son las licencias, franquicias, contratos de manufactura y participaciones minoritarias. Son una forma de colaboración entre empresas, grandes o pequeñas, que puede incluir a los mismos competidores actuales o futuros competidores.

*Enfoques de abastecimiento equilibrado.* Es mejor conocido como desarrollo de proveedores. Cientos de ingenieros de empresas americanas y europeas han tenido retiros hasta de dos años dentro de las instalaciones de la empresa japonesa Toyota para empaparse de su filosofía y aplicarla en sus respectivas plantas de origen; pero sus resultados son magros porque no han logrado impregnar sus organizaciones de la esencia de Toyota: su actitud de colaboración y apoyo hacia sus proveedores, que no se contrapone con elevados niveles de exigencia en calidad y cumplimiento de entregas.

*Crowdsourcing (Colaboración masiva).* Los casos más relevantes de esta innovadora forma de colaboración son Linux y Wikipedia, que Don Tapscott y Anthony Williams ilustran en detalle en su obra Wikinomics. Éstos y otros casos ponen en tela de juicio el futuro del capitalismo depredador y sientan las bases de un análisis sobre la colaboración en red, voluntaria y de nuevas actitudes exentas de afán de lucro, con un prometedor horizonte en los negocios.

*Organizaciones colaborativas vs organizaciones jerárquicas.* Lowell y Joyce, autores de Mobilizing minds, sostienen: "Hay sólo dos formas reales que los seres humanos han encontrado para organizar el trabajo: jerarquías, que organizan el trabajo a través de la autoridad; y la colaboración, la cual organiza el trabajo a través de auto-interés mutuo. En una jerarquía, las interacciones entre trabajadores son principalmente de arriba hacia abajo. La

jerarquía funciona porque reduce los costos de las interacciones. Es eficiente decir a la gente qué hacer.



**Figura 1.1.** Evolución de la manufactura.

En la colaboración el trabajo se organiza a través de auto-interés mutuo. Los trabajadores son libres de interactuar con alguien más, y ellos escogen sus asociaciones basados en la naturaleza del trabajo a ser hecho. La colaboración, sin embargo, usualmente requiere de un mayor volumen de transacciones y de interacciones más complejas que las jerarquías para organizar el trabajo. La figura 1.1 muestra la colaboración a gran escala [5].

## 1.6 La historia de la manufactura esbelta

### 1.6.1 Producción artesanal

En 1900, si alguien deseaba, por ejemplo, un auto, debía visitar una fábrica de los productores artesanales de su área. El dueño de la fábrica, usualmente un artesano (empresario) que sabía cómo reparar y construir un auto, tomaba sus especificaciones y necesidades. Mucho meses después, tenía su carro, pero requería probarlo acompañado de un mecánico, quien debía modificarlo de acuerdo con las indicaciones que se le diera. El carro era único en su especie y el costo era demasiado alto, pero se quedaba satisfecho con el trato directo con los fabricantes y su equipo.

La producción artesanal tiene las siguientes características:

- Fuerza de trabajo formada por artesanos con habilidades en el diseño, en la maquinaria y en el ensamble.
- Organización descentralizada. Pequeña fábrica que provee la mayoría de las partes. El dueño/comerciante coordina el proceso en contacto directo con los contratistas, trabajadores y clientes.
- Maquinaria de uso general, empleada para cortar, perforar, triturar partes.
- Bajos volúmenes de producción y altos precios.

La producción artesanal continúa sobreviviendo en pequeños nichos, usualmente en productos de lujo. Por ejemplo, compañías como Lamborghini, Ferrari y Aston Martin continúan produciendo pequeños volúmenes de carros muy especiales y a precios altos a un grupo de compradores que buscan prestigio y la oportunidad de tratar directamente con la fábrica.

Las desventajas de la producción artesanal eran: Sólo los ricos podían comprar un producto, la calidad era impredecible: cada producto era esencialmente un prototipo y las actividades de mejoramiento no son completamente compartidas.

### **1.6.2 Producción en masa**

Fred Winslow Taylor, un gerente de fundición en Filadelfia, convirtió el proceso de fundición a la producción en masa. Fue el primero que aplicó sistemáticamente los principios científicos a la manufactura. El sistema artesanal era sumamente empírico, así que, mediante la pura observación, Taylor identificó el mejor camino para hacer el trabajo basado en principios científicos, y, de esta forma, inventó la ingeniería industrial.

El sistema de Taylor está basado en la planeación separada de la producción. Los ingenieros industriales, a través de nuevas técnicas, como el estudio de tiempos y movimientos, encontraban la mejor manera de hacer el trabajo, dejando que la fuerza laboral hiciera ciclos cortos de operaciones repetitivas.

El taylorismo, logró muchas innovaciones como las siguientes:

- Trabajo estandarizado. Identificaba la mejor y más fácil manera de hacer el trabajo.
- Reducción del ciclo de tiempo que llevaba hacer un proceso.
- Estudio de tiempos y movimientos, una herramienta desarrollada para estandarizar el trabajo.
- Medición y análisis para el mejoramiento continuo de los procesos [6].

### 1.6.3 Desarrollo del Sistema de producción Ford

Henry Ford ocupaba la mayor parte de su tiempo libre, en la construcción del que sería su primer coche sin caballos, que acabó en el pequeño taller que tenía en su casa en 1896. Se trataba de un vehículo de cuatro ruedas arrastrado por un motor de dos cilindros y de cuatro tiempos, refrigerado con agua y sin marcha atrás. Introdujo novedades relacionadas con su construcción en serie y con las ventajas económicas que proporcionaba a los futuros usuarios (el coche salió a la venta por tan sólo 200 dólares). Gracias al relativo éxito de ventas de su primer coche, en 1899 Ford abandonó la Edison y se asoció con su antiguo taller mecánico para fabricar coches de encargo. Pero, debido a su fuerte carácter, en 1903, decidió fundar su propia compañía, la Ford Motor Company, donde pudo poner en práctica su propósito y construir un modelo estándar, en serie, como lo muestra la figura 1.2, para abaratar el costo y tener acceso al mayor mercado posible. En Europa, la mayoría de las fábricas de coches habían sido constituidas entre los años 1880 y 1890 por la compañía Daimler, que en 1896 sacó a la calle el primer camión y en 1900 el primer automóvil verdadero (el moderno Mercedes), y por la Benz (ambas acabarían fusionándose para constituir la Mercedes Benz); pero en Estados Unidos, la industria y producción de coches aún estaba sin desarrollar.



**Figura 1.2.** El sueño americano: el Ford T

Asociado con los hermanos Dodge, fabricantes de motores, Henry Ford, con tan sólo el 25% del total de las acciones, comenzó a cosechar los primeros éxitos y también los primeros problemas con sus socios. Los hermanos Dodge se inclinaban por la fabricación de un coche de lujo y de alto precio, mientras que Ford defendía lo contrario: un coche sencillo, popular y, sobre todo, barato. La idea principal de Ford era que, si fabricaba en serie los coches, los costos de producción del automóvil se reducirían ostensiblemente, lo cual contribuiría a bajar también el precio de venta en la calle, circunstancia que haría aumentar la demanda, el mercado y las ganancias.

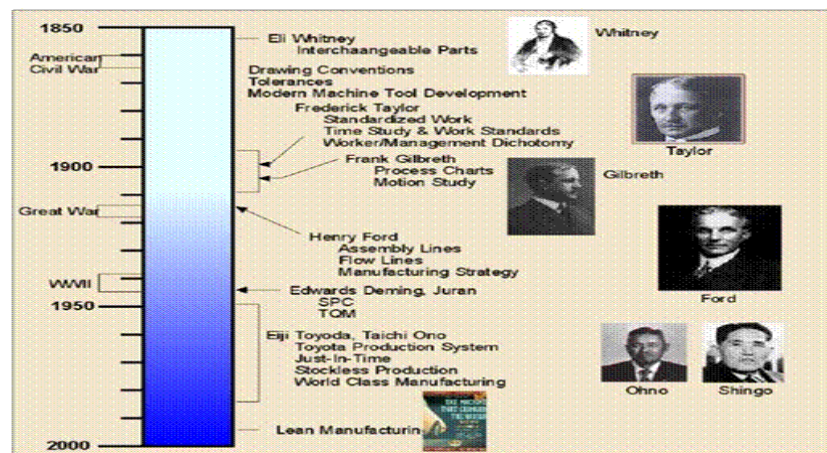
Tras solucionar los problemas con sus socios y optar por la compra del 58% de las acciones de los Dodge, Ford lanzó por fin, a principios de 1908, la primera serie de su flamante Ford-T a un precio único y revolucionario en el mercado, 500 dólares, bastante bajo en comparación con los 2.000 dólares que constituían el precio medio de un coche por aquella época. El éxito fue fulminante y las ventas se multiplicaron por cinco. Fue por aquel entonces cuando Ford, exultante y feliz, afirmaba: "Daré a cada americano un automóvil del color que prefiera, con tal de que sea negro". De repente, una gran cantidad de campesinos y obreros de las ciudades podían disponer de su propio vehículo, lo cual revolucionó incluso los hábitos sociales del país.

Desde el punto de vista estrictamente empresarial, el secreto de Henry Ford fue el haber sabido combinar tres factores decisivos. El primero fue la normalización y la fabricación masiva de todas las piezas que componían el vehículo, de tal forma que, al congregarse ordenada y racionalmente todas las piezas sobre la cadena de montaje, se podían ensamblar, en tan sólo 1 hora y 33 minutos, un centenar largo de unidades diarias listas para salir a la calle. El segundo factor fue la concesión a sus trabajadores de unos salarios bastante altos (según sus competidores desorbitados), de cinco dólares al día, con lo que logró dos propósitos a la vez: incrementar el nivel de vida de éstos, que inmediatamente pasaban a comprarse un Ford-T, y rebajar todavía más los precios de venta. Finalmente, [7].

### 1.6.4 El nacimiento de la Manufactura esbelta

Después de la Primera Guerra Mundial Henry Ford y Alfred Sloan (General Motors) cambiaron la manufactura artesanal –utilizada por siglos y dirigida por las empresas europeas- por manufactura en masa. En gran parte como resultado de ello, Estados Unidos pronto dominó la economía mundial. Luego de la Segunda Guerra Mundial, Eiji Toyoda y Taiichi Ohno, de la fábrica de automóviles Toyota, empezaron a utilizar el concepto de lean manufacturing. En 1950 Eiji Toyoda visitó por tres meses la planta de Rouge de Ford en Detroit, un tío la había visitado en 1929.

La Toyota Motor Company fue fundada en 1937. En 1950, después de 13 años de trabajo y esfuerzo producían 2,685 automóviles, comparados con los 7,000 que producían diariamente en Rouge. Después de estudiar cada centímetro de la planta Rouge, que era la más grande y eficiente del mundo, Eiji indicó a la sede que había encontrado algunas posibilidades para mejorar el sistema de producción. Se encontró que copiar y mejorar lo que había visto en Rouge sería muy difícil, por lo que Eiji Toyoda y Taiichi Ohno concluyeron que la producción en masa no iba a funcionar en Japón. De esta conclusión, nació lo que llamaron “Sistema de Producción Toyota”, a lo que actualmente se le conoce como Manufactura Ágil (Lean Manufacturing). Toyoda inició la fabricación de telares manuales, los cuales eran baratos pero requerían de mucho trabajo. [8].



**Figura 1.3.** Personajes involucrados en la historia de la manufactura

### **1.6.5 Desarrollo del Sistema de producción Toyota**

Cuando Eiji Toyoda y sus directivos hicieron sus doce semanas de viaje de estudio por plantas de Estados Unidos en 1950, se esperaban quedar deslumbrados por sus progresos en producción. Por el contrario, quedaron sorprendidos al comprobar que el desarrollo de las técnicas de producción en masa no habían cambiado mucho desde los años treinta. Constataron los altos costos en equipos y su llamada eficiencia en producción, basada en la reducción del costo por pieza y en trabajadores ocupados que mantenían el equipamiento ocupado. En los años cincuenta, Ohno volvió a la planta y fue para cambiar las reglas del juego. No disponía de una gran consultoría para reinventar los procesos de su negocio. Se presentaba armado con sus conocimientos de la planta, y con ingenieros, directivos, y trabajadores que darían lo mejor de ellos para alcanzar el éxito de la compañía. Tras años y décadas de práctica, había construido el nuevo Sistema de Producción de Toyota (TPS).

Siguiendo con las lecciones de Henry Ford, el TPS tomó prestadas muchas de sus ideas de Estados Unidos. Una idea muy importante fue el concepto de sistema de tirado (pull), inspirado en los supermercados americanos. En cualquier supermercado bien gestionado, cada uno de los artículos se repone cuando algunos de ellos empieza a escasear en la estantería. De manera que la reposición de material se inicia en su consumo. Aplicado a una planta, significa que la etapa 1 de un proceso no debería reponer sus piezas hasta que el siguiente proceso (etapa 2) utilizase las piezas ya aprovisionadas anteriormente desde la etapa 1 (hasta llegar a una pequeña cantidad de stock de seguridad). En el TPS cuando la etapa 2 agota la pequeña cantidad de stock de seguridad, dispara una señal de la etapa 1, que pide más piezas [9].

### **1.6.6 Eventos de la manufactura a través de la historia**

En la tabla 1.1 se mencionan los eventos de manufactura que, de una u otra manera, han influido en el sistema que cambió al mundo:

**Tabla 1.1.** Eventos de la manufactura a través de la historia.

<b>Fecha</b>	<b>Evento</b>
4000 A.C	Los egipcios coordinan proyectos a gran escala para construir pirámides.
1500 D.C	Leonardo Da Vinci hace estudios sobre las fuerzas mecánicas.
1733	John Kay inventa un dispositivo volador (lanzadera) que aumenta la eficacia de la tela y posibilita la fabricación de tejidos más anchos.
1765	James Hargreaves inventa la máquina de hilar y James Watt inventa la máquina de vapor.
1776	Adam Smith publica Wealth of nations y James Watt vende su primera máquina de vapor.
1781	James Watt inventa el sistema para producir el movimiento rotacional.
1793	Primera máquina textil en América establecida en Pawtucket, RI.
1801	Eli Whitney es contratado por el gobierno de Estados Unidos para producir mosquetes.
1814	Se estableció un complejo textil en Waltham, Wa.
1832	Charles Babbage publicó On the Economy of Machinery and Manufactures.
1854	Daniel C. McCallum desarrolló e implementó el primer sistema administrativo a gran escala en una organización en Nueva York.
1870	Marshall Field hace uso de las vueltas del inventario como medible de las ventas al por menor.
1894	Sakichi Toyoda inventa una máquina para hilar.
1908	Henry Ford hace el modelo T y Frederick Taylor publica su texto The Principles of Scientific Management.
1913	Henry Ford introduce la primera línea de ensamble automotriz en Highland Park, MI y Ford W. Harris publica el artículo “How many parts to make at once”.
1920	Alfred P. Sloan reorganiza General Motors para constituirlo en una oficina general y varias divisiones autónomas.
1926	Henry Ford publica el libro Today and Tomorrow y Sakichi Toyoda inicia Toyoda Automatic Loom Works.
1930	Sakichi y Kiichiro Toyoda inician la construcción de Toyota Motor Company. Los líderes de Toyota visitaron Ford y GM para estudiar sus líneas de ensamble y leer cuidadosamente el libro de Henry Ford, Today and Tomorrow.
1950	Eiji Toyoda y sus gerentes realizan un segundo viaje de 12 semanas por plantas automotrices de Estados Unidos.
1964	IBM 360 se convierte en la primera computadora.
1975	Joseph Orlicky publica Material Requirements Planning.
1977	Se introduce la Apple II, iniciando la revolución de las computadoras personales.
1978	Taichi Ohno publica “Toyota sesian hoshiki” sobre el Sistema de producción Toyota.
1982	Snoichiro Toyoda, presidente de Toyota, aprueba el acuerdo con General Motors para la creación

	de New United Motors Manufacturing, Inc. (NUMM).
1991	Womack, et al. Publican el libro The Machine That Changed the World.
1996	Jim Womack y Daniel Jones publican el libro Lean Thinking [10].

### 1.6.7 Principios de manufactura esbelta

Según Womack & Jones, la manufactura esbelta posee 5 principios básicos cuyo objetivo es hacer a las empresas más flexibles y capaces de responder efectivamente a las necesidades de los clientes.

1. Determinar el valor específico del producto, y el punto de partida debe ser definido según las expectativas del cliente.
2. Identificar todos pasos necesarios para identificar, solicitar y fabricar un producto a través del flujo total de valor. Para destacar las operaciones que no añaden valor al producto.
3. Hacer fluir el valor sin interrupciones. Es importante hacer que las operaciones que agregan valor fluyan, ya que con eso se exige un cambio de mentalidad y el producto debe ser el objetivo; no las máquinas y los equipos.
4. Realizar solo aquello que sea solicitado por el cliente; permitiendo que el producto sea empujado solo cuando sea necesario.
5. Buscar la mejora continua, repitiendo los 4 principios anteriores [11].

## 1.7 El sistema de producción esbelto

### 1.7.1 ¿Por qué producción esbelta?

Producción esbelta, también conocida como Sistema de Producción Toyota, quiere decir hacer más con menos – menos tiempo, menos espacio, menos esfuerzos humanos, menos maquinaria, menos materiales -, siempre y cuando se le esté dando al cliente lo que desea. James Womack, Daniel Jones y Daniel Roos, fueron los que bautizaron al sistema con el nombre de Lean Manufacturing (Manufactura Esbelta), y es un conjunto de técnicas que

Toyota había venido trabajando en sus plantas por décadas, con el fin de eliminar los desperdicios dentro de sus procesos de producción.

#### **1.7.1.1 El principio de la reducción de costos**

Los clientes constantemente tienen a las compañías bajo presión para reducir los costos y los tiempos de entrega, así como para tener la más alta calidad. El pensamiento tradicional dicta que el precio de venta es calculado por el costo más el margen de utilidad que desea. Pero en el ambiente económico de hoy, eso es un problema. El mercado es tan competitivo que hay siempre alguien listo para tomar su lugar. Los clientes pueden marcar el precio y no se tendrá la ganancia que se espera. Bajo estas circunstancias, el único camino para obtener una ganancia es eliminando desperdicios de sus procesos, y por lo tanto, reduciendo los costos.

### **1.8 Mejoramiento tradicional en el proceso vs. mejoramiento de la Manufactura esbelta**

Tradicionalmente, el mejoramiento en el proceso se enfocaba en identificar eficiencias locales. El resultado podía tener un significativo porcentaje de mejora para esos procesos individuales, pero tenían un pequeño impacto sobre toda la cadena de valor.

En el mejoramiento de la Manufactura esbelta, el mayor avance viene porque mucho de los pasos que no agregan valor se eliminan. En la Manufactura esbelta, una célula consiste en un arreglo de personas, máquinas o estaciones de trabajo en una secuencia de procesos. Se crea una célula con el fin de facilitar el flujo de una pieza de un producto o servicio; es decir, se suelda, ensamble y empaca una unidad a la vez; el ritmo se determina según las necesidades del cliente y con la menor cantidad posible de retrasos y espera [6].

### **1.9 Calidad total aplicada a los sistemas de manufactura**

A continuación se mencionan los intereses de cada componente del sistema en relación con la calidad:

- Mercadotecnia y ventas: Milton Hershey, entendió la relación entre calidad y ventas. Durante los primeros 68 años en que participó en el mundo de los negocios, no tuvo necesidad alguna de anunciar sus productos en los medios.
- Ingeniería y diseño de productos: Los productos con ingeniería deficiente fracasan en el mercado. Un buen diseño ayuda a prevenir os defectos de manufactura.
- Compras y recepción: La calidad de las partes, servicios adquiridos y entrega a tiempo son cruciales. El departamento de compras ayuda a que la calidad se lleva a cabo [12].

### **1.9.1 Historia y origen**

Cabe señalar que el fenómeno que ha llevado a Japón, de ser un país hundido y arruinado al término de la segunda guerra mundial, a constituirse en una potencia industrial se debe a su alto compromiso con la calidad. En el Congreso de Calidad en Japón de 1985, el presidente Matsushita lanzó su famoso desafío: "nosotros vamos a ganar y el oriente industrial va a poder. Ustedes no podrán evitarlo porque son portadores de una enfermedad mortal: tienen empresas tayloristas. Pero lo peor es que sus mentes también lo son.

Por otra parte, Takashi Ishihara, presidente de Nissan Motor Co., rompe con otro estereotipo, al afirmar que el primer paso en el proceso creativo debe ser, resistir la tentación de imitar. En 1931, Walter A. Shewart (1891 - 1967), de la Bell Telephone Laboratories, que había publicado una serie de escritos sobre la aplicación de la estadística a la calidad de los productos industriales, saca a la luz su famoso trabajo. "Economic Control of Quality of Manufactured Products", que constituye un hito en la historia de la calidad mundial. Confirmando la teoría de que, por desgracia, las guerras son uno de los fenómenos que más favorecen el desarrollo tecnológico y la investigación, la segunda guerra mundial impulsó extraordinariamente el control de calidad en los Estados Unidos, como respuesta a la necesidad de producir rápidamente suministros bélicos de elevada fiabilidad.

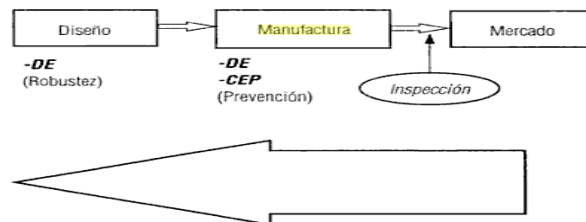
Dos años después la JUSE (Unión Japonesa de Científicos e Ingenieros), consciente de las graves deficiencias de calidad de los productos japoneses, así como de las repercusiones de

dicho problema en el mercado exterior, decide fundar un comité de investigación, el <<Q. C. Rercarch Group>>, cuyo fruto inmediato son los primeros cursos de calidad impartidos en 1949.

También en 1949 llega a Japón como consultor en investigación estadística W. Edward Deming bajo el patrocinio de la SCAP. En 1950, en una segunda visita como invitado por la JUSE, celebra un seminario de ocho días al que asisten 21 personas de la alta dirección de empresas japonesas. Desde entonces Deming y Juran visitan Japón muchas veces, impartieron sus respectivas y complementarias lecciones sobre calidad; en el caso de Deming, basadas en el uso de la estadística y en el caso de Juran, estructuradas sobre los problemas y enfoques de su implantación [13].

### 1.10 Evolución del control de calidad

La figura 1.4 muestra cómo ha ido evolucionando el control (ahora mejoramiento) de la calidad, y cómo se relaciona esto con el diseño de experimentos. Antes del desarrollo de las gráficas de control por Walter A. Shewhart a principios de la década de 1920, en muchos casos la inspección final era la única manera de verificar la calidad del producto. Deming (1982) menciona que esto es tardío, costoso e ineficiente. Las gráficas de control, sin embargo, son un mecanismo de prevención usado durante la manufactura del producto, cuando todavía es tiempo de evitar el desperdicio.



**Figura 1.4.** Evolución del control de calidad.

De acuerdo con Fowlkes y Creveling (1995), un proceso o un producto es robusto cuando es insensible a los efectos de la variación, aunque tales fuentes de variación no hayan sido eliminadas. [14].

### **1.11 Competitividad global y costos de manufactura**

La economía de la manufactura siempre ha resultado un factor principal, y todavía más conforme la competencia internacional (competitividad global) para productos de alta calidad (manufactura de clase mundial) y los precios bajos se han convertido en un hecho simple en los mercados mundiales.

A partir de la década de 1960, se han desarrollado las tendencias siguientes, que han tenido un importante impacto sobre la manufactura: La competencia global se ha incrementado rápidamente, y los mercados se convirtieron en multinacionales y dinámicos, las condiciones de mercado fluctuaron de una manera amplia, los clientes demandaban alta calidad, productos de bajo costo y entregas a tiempo, la variedad de los productos se incrementó substancialmente y se hicieron técnicamente complejos y los ciclos de la vida de los productos se hizo más corta. Comúnmente, los costos de manufactura representan aproximadamente 40% del precio de venta de un producto. El costo total de manufactura de un producto consiste del costo de los materiales, herramental y mano de obra, los costos fijos y los costos de capital. Están involucrados varios factores en cada una de las categorías de costos. Los costos de manufactura se pueden minimizar analizando el diseño del producto para determinar si el tamaño y la forma de la pieza son óptimas y si los materiales seleccionados son los menos costosos con las propiedades y características deseadas. Los costos de herramental dependen de la complejidad de la forma de la pieza, de los materiales involucrados, del proceso de manufactura y del número de piezas que se deben fabricar.

Los costos de mano de obra directa por lo general son sólo una pequeña porción del costo total, y comúnmente oscilan de 10 a 15%. La tendencia hacia una mayor automatización

y un control por computadora de todos los aspectos de la manufactura, ayuda a minimizar la mano de obra y por consiguiente a reducir los costos directos por mano de obra, que continúan reduciéndose de manera continua como un porcentaje del costo total. Los costos fijos y los costos de capital dependen del fabricante y de las instalaciones de planta específicos. La maquinaria controlada por computadora, que constituye un costo de capital, puede resultar muy costosa. [2].

## 1.12 Casos de éxito

A continuación, en la tabla 1.2 se muestran alguna tesis leídas en donde ha funcionado de manera exitosa la implementación de manufactura esbelta.

**Tabla 1.2** Casos de éxito.

NOMBRE DEL PROYECTO	IMPACTO DEL PROYECTO
<b>Manufactura Esbelta aplicada en fabricación de alambres conductores de plata para contactos eléctricos</b>	Este trabajo de tesis se desarrolló en la empresa AMI DODUCO de México, D.F. Se aplicaron algunos conceptos de manufactura esbelta como MTP, 5's, poka yoke, control visual, entre otros, con los cuales se obtuvieron los siguientes resultados: * Disminución de scrap, debido a materiales defectuosos por mala calidad de 4.89% hasta 1.18% (3.71%). * Incremento en la producción de 8 a 10 lingotes por día. * Mejora en el proceso para fundición, de 2 días a 2.5 horas. * Mejor ambiente laboral. * Disminución de mantenimiento correctivo por preventivo. * Mayor eficiencia y disponibilidad de las máquinas [15].
<b>Diseño de una plan de mejoras en una industria de plástico aplicando técnicas de Manufactura Esbelta</b>	Este trabajo de tesis se desarrolló en una empresa de plásticos de Guayaquil, Ecuador. Se analizaron algunas herramientas, tales como 5's, MTP, Jidoka, en donde se indica que con una adecuada aplicación de las herramientas se pueden obtener los siguientes resultados: * Reducción de desperdicio del 30%. * Reducción de tiempos de un 25% [16].
<b>Implementación de la estrategia Manufactura Esbelta en una empresa ensambladora de controles electro-mecánicos para</b>	Este trabajo de tesis se desarrolló en la empresa CELMEX de México, D.F. Se aplicaron algunas herramientas tales como 5's, Control visual, MTP, Jidoka y Poka yoke, logrando los siguientes resultados: * Costo de mala calidad de 5.3% a 2.1%. * Productividad 47.6% a 60.3%.

<b>secadoras eléctricas</b>	* Entregas a tiempo de 70.3% a 92.5% [17].
<b>Implementación de Lean Manufacturing en la línea número 7 de la compañía Hoffman planta de Reynosa</b>	Este trabajo de tesis se desarrolló en la empresa Hoffman de Monterrey, Nuevo León. Se aplicaron herramientas como Control visual, MTP, Jidoka y Poka yoke, con los cuales se obtuvieron los siguientes resultados: * Desempeño de producción hasta el 94%. * Reducción de defectos y averías en los equipos. * Aumento de la calidad [18].
<b>Diagnóstico y diseño de una metodología para la implementación de Lean Manufacturing en el sector manufacturero de la industria salvadoreña</b>	Este trabajo de tesis se desarrolló en la industria salvadoreña. Se analizaron las siguientes herramientas: MTP, 5's, Jidoka, entre otras, obteniendo los siguientes resultados: * El 64.6 de las empresas cuentan con Mantenimiento preventivo. * El 45.8 de las empresas aplican 5's. * El 77.1 corrige los defectos mediante controles visuales. * Las herramientas con mayor utilización son Jidoka, MTP, 5's y líneas de trabajo flexible [19].
<b>Mejoramiento del área de mezcla de plastisol de una empresa de productos mediante la aplicación de la metodología de las 5's</b>	Este trabajo de tesis se desarrolló en una empresa de productos plásticos de Guayaquil, Ecuador. Se aplicó la metodología 5's, logrando lo siguiente: * Reducción del tiempo de búsqueda de material del 67%. * El área para circulación de materiales aumentó del 25.15% a 34.02% (8.87%). * Mejor ambiente laboral. * Ordenamiento más eficiente de los elementos necesarios [20].
<b>Aplicación de la metodología de Oficina Esbelta en el departamento de administración de CAHOVA</b>	Este trabajo de tesis se desarrolló en la Casa Hogar CAHOVA de Mexicali, B.C. Se aplicaron algunas herramientas de manufactura esbelta, tales como 5's, Fábrica visual, kanban, entre otras, con las cuales se obtuvo lo siguiente: * Incremento de eficiencia en un 10%. * Reducción de tiempos en un 28.88% [21].
<b>Integración de las metodologías de Manufactura Esbelta y Seis Sigma para el mejoramiento de los procesos</b>	Este trabajo de tesis se desarrolló en la empresa Honeywell de Mexicali, B. C. Se aplicaron herramientas de manufactura esbelta y six sigma, obteniendo lo siguiente: * Incremento de entregas a tiempo de un 70%. * Reducción de tiempo para procesar una orden de 25 a 5 días. * Reducción de entregas atrasadas de 2 semanas a 1 día [22].
<b>Optimización de recursos en una empresa de manufactura utilizando algunas de las herramientas de Lean Manufacturing</b>	Este trabajo de tesis se desarrolló en una empresa de reguladores de voltaje de México, D.F. Se aplicó 5's, ayudas visuales y celdas de manufactura, con lo cual se obtuvo: * Limpieza y orden en el área. * Mejor control de inventario. * Ubicación correcta de las herramientas. * Aumento en la calidad de los productos al reducir los defectos[23].

## Capítulo 2

### Marco teórico

#### 2.1 El concepto de manufactura esbelta

Se puede definir como un método sistemático para identificar y eliminar el desperdicio, a través de la mejora continua, dónde el producto fluye a través del cliente persiguiendo la perfección. Aunque esta definición es breve, contiene mucha información. Primero, el método para llegar a ser esbelto debe ser sistemático, es decir, que se pueda intentar mejorar en ciertas áreas de la empresa y lograr cierto éxito. Segundo, una estrategia de manufactura esbelta se enfoca en la eliminación de desperdicio. Tercero, observe la frase mejora continua y persiguiendo la perfección. En realidad, la perfección nunca se alcanza, sin embargo en cada paso se incrementa la rentabilidad y viabilidad de una compañía. Por su parte Taichii Ohno, definió así a ésta metodología: “Es el sistema de fabricación desarrollado por Toyota que busca la optimización a lo largo de todo el flujo de valor mediante la eliminación de pérdidas y persigue incorporar la calidad en el proceso de fabricación reconociendo al mismo tiempo el principio de la reducción de costos”. [24].

#### 2.2 Herramientas de la manufactura esbelta

En un ambiente de manufactura moderno, las compañías deben dar respuesta tanto a las necesidades de los clientes y sus requisitos específicos como a las cambiantes demandas globales del mercado. Al mismo tiempo, la empresa manufacturera tiene que manejarse con una cantidad mínima de desperdicio de recursos para garantizar la competitividad.

Lean es un conjunto de “Herramientas” que ayudan a la identificación y eliminación o combinación de desperdicios (muda), a la mejora en la calidad y a la reducción del tiempo y

del costo de producción. Algunas de estas herramientas son la mejora continua (kaizen), métodos de solución de problemas como 5 porqués y son sistemas a prueba de errores (poka yokes).

Algunas técnicas para mejorar el flujo son la producción nivelada (reducción de muri), kanban o la tabla de heijunka. La diferencia entre estos dos enfoques, no es el objetivo, sino la forma en cómo alcanzarlo. La implementación de un flujo de producción deja al descubierto problemas de calidad, los cuales siempre han existido y entonces la reducción del desperdicio se tendría que dar como una consecuencia, la ventaja de éste es que su propuesta está basada desde una perspectiva de todo el sistema, mientras que el de reducción de desperdicios la asume por concepto. [25].

## **2.2.1 Las cinco eses**

### **2.2.1.1. Definición y objetivo**

Las cinco eses es una metodología japonesa que tiene por objetivo el desarrollar un ambiente de trabajo agradable y eficiente, el cual permita el correcto desempeño de las operaciones diarias, logrando así los estándares de calidad del producto o servicio, precio y condiciones de entrega requeridos por el cliente. Las cinco eses se dividen en dos grupos:

- Lo que está orientado a las condiciones de trabajo y en general al entorno físico, que es:
  1. Clasificación (Seiri). Consiste en retirar del área de trabajo todos aquellos objetos y herramientas que no son necesarios para realizar las tareas diarias, dejando solo aquellos que se requieren para trabajar productivamente y con calidad.
  2. Organización (Seito). Se basa en el principio de colocar cada cosa en su lugar para localizarla más fácil y rápidamente cuando se necesita.
  3. Limpieza (Seiso). Mantener el área de trabajo limpia. Se crea un ambiente propicio para la producción de un bien o servicio de calidad y se mantiene un ambiente agradable.

- Los conceptos que se orientan a la persona:

4. Bienestar personal (Seiketsu). Es todo lo relacionado con el estado de la salud física y mental que requiere una persona para estar en condiciones óptimas y así poder desempeñar su responsabilidad con calidad. Consiste en aplicar las primeras tres eses al individuo. Sugiere observar hábitos como el aseo personal, vestimenta correcta, uso de equipo de protección, revisión médica, descanso adecuado, actitud positiva en el trabajo, alimentación adecuada, cumplir con las normas de seguridad, etc.

5. Disciplina (Shitsuke). El efecto de las cuatro primeras eses desaparecerá si no se cuenta con la disciplina necesaria que ayude a incorporarlas en los hábitos diarios. Consiste en fomentar el apego a los estándares establecidos como parte de la aplicación de las otras cuatro eses. Esto permite tener un mejor autocontrol en la administración de las actividades diarias. [26].

En la figura 2.1 se muestra un ejemplo de implementación de 5's en una sala de estudio.



**Figura 2.1.** Ejemplo de implementación de cinco eses.

## 2.2.2 Jidoka

### 2.2.2.1 Definición y objetivo

Es un método aplicado en labores manuales y/o automatizadas (o mecánicas) que permite detectar y corregir defectos de la producción utilizando mecanismos y procedimientos que permiten detectar una anomalía en el sistema, llegando al punto de detener una línea de producción o una máquina para evitar la elaboración de productos defectuosos. Esto asegura que la calidad sea controlada por el proceso mismo.

La palabra Jidoka significa verificación en el proceso, por tanto cuando en el proceso de producción se instalan sistemas Jidoka se hace referencia a la verificación de calidad integrada al proceso. El objetivo de jidoka es:

- Verificar la calidad del producto en forma integrada al proceso de producción. Por lo tanto se destacan como aspectos fundamentales: Aseguramiento de la calidad el 100% del tiempo, prevención de averías de equipos y uso eficaz de la mano de obra.

#### **2.2.2.2 Características**

Jidoka realiza el control de defectos de manera autónoma, de tal forma que se impide el paso de unidades defectuosas de un proceso al siguiente; para esto se desarrollan dispositivos que automáticamente detengan las máquinas y no permitan la producción de más defectos. Lo peor no es parar el proceso, lo peor es producir artículos con defectos.

La filosofía Jidoka establece los parámetros óptimos de calidad en el proceso de producción, el sistema Jidoka compara los parámetros del proceso de producción contra los estándares establecidos y hace la comparación, si los parámetros del proceso no corresponden a los estándares preestablecidos el proceso se detiene, alertando que existe una condición inestable en el proceso de producción la cual debe ser corregida, esto con el fin de evitar la producción masiva de partes o productos defectuosos. Jidoka pretende disminuir los costos de implementación de procesos automatizados que den como resultado la separación del trabajo humano y el trabajo de las máquinas. La filosofía Jidoka busca que las máquinas sigan trabajando de forma autónoma, dando al operador la posibilidad de realizar otras actividades y operaciones mientras la máquina continúa trabajando. Por tanto, la filosofía Jidoka se apoya en los sistemas Poka Yoke, realizando un trabajo conjunto en la disminución y control de defectos dentro del proceso.

#### **2.2.2.3 Beneficios**

Algunos de los beneficios de esta herramienta son:

- Se inspeccionan el 100% de los productos lo que garantiza la calidad de sus componentes y del producto terminado como tal.
- Se reducen tiempos de fabricación debido a la integración de la inspección con la línea de producción.
- Se reducen inventarios de seguridad y pueden disminuir también el número de inspectores de calidad.
- Aumenta la productividad [27].

### **2.2.3 Poka Yoke**

#### **2.2.3.1 Definición**

Poka Yoke quiere decir “a prueba de errores”, también conocido como “cero defectos”. La idea básica es detener el proceso donde ocurra un defecto, definir las causas y prevenir aquellas que son recurrentes. En este proceso no se utiliza el muestreo estadístico. Una parte clave del procedimiento es la inspección de todas las causas de defectos que se presentan durante la producción, para identificar errores antes de que se conviertan en defectos. A diferencia del muestreo estadístico, Shigeo Shingo utiliza el 100% de inspección.

Otra parte importante del Poka Yoke es el Sistema de Control Visual: los aparatos de control, información, código de colores, distribución de tableros, están estandarizados y crean un lenguaje visual común para distinguir rápidamente lo normal de lo que no lo es. Esto ayuda a llevar la decisión. El objetivo es que el operador que actúe como fuente de una falla tenga la información lo más pronto posible, de manera que pueda tomar decisiones y evitar que el error avance en el proceso. Cuanto más pronto y cerca de su origen se pueda prevenir la falla, costará menos resolverla. [28].

### 2.2.3.2 Funciones del sistema poka yoke

Un sistema poka yoke posee dos funciones: una es la de hacer la inspección al 100% en las partes producidas, y la segunda es que al ocurrir anomalías pueden dar retroalimentación y acción correctiva. Los efectos del método en reducir defectos va a depender en el tipo de inspección que se esté llevando a cabo, ya sea en el inicio de la línea, auto-chequeo o chequeo continuo. Los efectos de un sistema poka yoke en la reducción de defectos varían dependiendo del tipo de inspección.

### 2.2.3.3 Defectos vs. errores

El primer paso para lograr cero defectos es distinguir entre errores y defectos. Defectos y errores no son la misma cosa.

- ❖ Defectos: son resultados.
- ❖ Errores: son las causas de los resultados. Es un acto mediante el cual, debido a la falta de conocimiento, deficiencia o accidente se desvía en alcanzar lo que se debe hacer.
- Un enfoque para atacar problemas de producción es analizar los defectos, primero identificar y clasificar en categorías, del más al menos importante.
- Lo siguiente será intentar determinar las causas de los errores que producen los defectos.
- El paso final es diseñar e implementar un dispositivo a prueba de errores o de detección de errores.

### 2.2.3.4 Tipos de errores causados por el factor humano

A continuación se exponen los tipos de errores causados por:

1. Olvidar. El olvido de la persona.
2. Mal entendimiento. Un entendimiento incorrecto/inadecuado.
3. Identificación. Falta de identificación o inadecuada la que existe.

4. Principiante. Falta de experiencia de la persona.
5. Errores a propósito por ignorar reglas o políticas. Causados a propósito por ignorancia de reglas o políticas.
6. Desapercibido. Causada por descuido, pasa por desapercibida alguna situación.
7. Lentitud. Por lentitud del individuo o algo relacionado con la operación o sistema.
8. Falta de estándares. Falta de documentación en procedimientos o estándares de operación o sistema.
9. Sorpresas. Por falta de análisis de todas las posibles situaciones que pueden suceder y se dé la sorpresa.
10. Intencionales. Por falta de conocimiento, capacitación y/o integración del individuo con la operación o sistema se dan causas intencionales.

#### **2.2.3.5 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 por medio de la inspección de un número específico de movimientos, en casos donde las operaciones deben de repetirse un número predeterminado de veces.

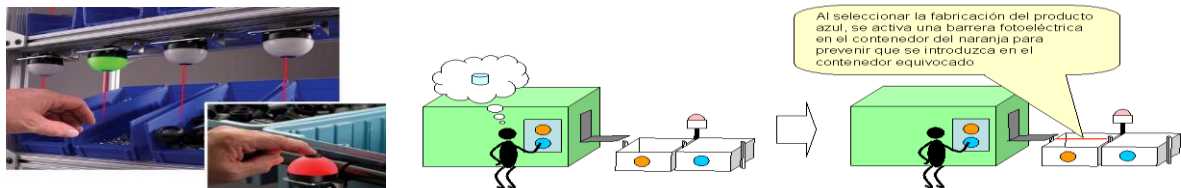
3. Método del paso-movimiento. Estos son métodos en el cual las anomalías son detectadas inspeccionando los errores en movimientos estándares donde las operaciones son realizadas con movimientos predeterminados. Este extremadamente efectivo método tiene un amplio rango de aplicación, y la posibilidad de su uso debe de considerarse siempre que se esté planeando la implementación de un dispositivo poka yoke [29].

#### **2.2.3.6 Los cinco mejores poka yoke**

De acuerdo con Nikkan Kogyo Shimbun (1988), los cinco mejores poka yoke son:

1. Los pasadores de guía o dispositivos para alinear dos partes o molde en forma simétrica.

2. Detectores de errores y alarmas (visuales y auditivas).
3. Interruptores de límite o dispositivos que no permiten que la operación se realice hasta que la pieza esté colocada en posición incorrecta.
4. Contadores de piezas para que no existan faltantes o sobrantes.
5. Lista de verificación para no omitir operaciones [30].



**Figura 2.2.** Ejemplo de poka yoke.

## 2.2.4 Fábrica visual

### 2.2.4.1 Definición y objetivo

La fábrica visual es un sistema de comunicación que tenemos incorporado en nuestra vida cotidiana, por el cual mediante imágenes se explicitan mensajes claros y precisos que permiten conocer, ubicar y recordar normas de comportamiento en un lugar determinado, tal como se muestra en la figura 2.3.



**Figura 2.3.** Ejemplo de funcionamiento de control visual

El objetivo de fábrica visual es:

1. Compartir información: Se refiere a la información necesaria respecto del funcionamiento del área tal como: objetivos, mejoras, normas, control de stocks, etc.

2. Distinguir, evidenciar y corregir desvíos: Cada norma o procedimiento debe ser lo suficientemente visible para que cualquier desvío o anomalía pueda ser detectado y corregido. Distinguir anomalías permite tomar medidas que evitan su repetición.
3. Eliminar desperdicios: El desperdicio es aquel elemento que no agrega valor, por lo cual debe ser fácilmente identificado y corregido.
4. Dar autonomía al trabajador: Es capacitar a las personas para que realicen acciones apropiadas para mejorar procedimientos, normas, corregir desvíos y prevenir recurrencia.
5. Desarrollar criterios para el uso del CONTROL VISUAL: Comunicar en forma clara y precisa la información. Su implementación es sencilla y de bajo costo.

#### 2.2.4.2 Fases para implementar la Fábrica visual

Es necesario preparar el lugar de trabajo con la aplicación de las primeras “S”.

Medios utilizados por la Fábrica visual:

- Cartelería: Se utilizan para identificar áreas, máquinas, sectores peligrosos, oficinas, personal que trabaja en un área, etc.; para explicitar normas, rutinas de control operativo, etc.
- Exhibidores de Información “5S”: Se conocen como paneles, se utilizan para la difusión de la gestión de Las “5S” en el área.
- Paneles de Comunicación Visual: Su finalidad es establecer un sistema ágil y dinámico de información comunicación entre los integrantes del grupo o entre grupos usuarios de un área de uso común.
- Otros medios visuales: Sirven para indicar anomalías en alguna máquina o línea productiva, así como para:



**Figura 2.4.** Panel de control de producción en tiempo real

1- Compartir información y difundir los resultados de las actividades. Se refiere a toda información útil para las actividades y metas de las personas relacionadas con el área, como se muestra en la figura 2.4.

2 - Comunicar normas y procedimientos en el área de trabajo. Permite preparar el lugar de forma tal que facilite el desarrollo y control de las tareas.

3 - Implementar alarmas para avisar anomalías. Usar luces, timbres y bocinas de alarma u otros dispositivos que puedan ser vistos u oídos fácilmente para alertar ante una anomalía o necesidad.

### 2.2.4.3 Las 4 eses visibles

1) El Separar Visible, Las tarjetas rojas hacen que el SEPARAR (1ra. "S") se convierta en SEPARAR VISIBLE. Las tarjetas rojas se adjuntan a todos los objetos innecesarios; deben indicar el destino que el grupo les asignó evitando que se mezclen con los necesarios, tal como se muestra en la figura 2.5.



**Figura 2.5.** Tarjeta roja

2) El Orden Visible:

Cuando en el área solo queda lo necesario para realizar las tareas comienza el ordenamiento de los objetos. El criterio es usar un sistema similar al de las direcciones postales: para realizar un envío a una persona es necesario indicar la ciudad (sección), la calle (el estante), el número (la columna) y el nombre del destinatario (identificación del ítem). El ítem que va en ese lugar lleva adherida en forma bien visible idéntica identificación. El control es sencillo: si ambas identificaciones coinciden, el ítem está bien guardado, de lo contrario ésta mal colocado. En lo que respecta a las herramientas de mano, su lugar se identifica con el número de tablero y el perfil de la herramienta, mientras que ésta última lleva adherido el número del tablero.

### 3) La Limpieza Visible:

En este punto nos referimos a la limpieza que se hace en el área, en las máquinas, en los equipos, etc. Para hacer visible esta tarea se utiliza el panel que contiene la rutina correspondiente.

### 4) La Estandarización Visible:

Se manifiesta en las normas establecidas que se comunican a partir de la cartelería y otros medios de comunicación [31].

## **2.3 Enfoque de calidad total**

El enfoque de la calidad total está basado en un credo que puede resumirse bajo cuatro apartados:

- La satisfacción del cliente.
- La calidad como prioridad.
- La mejora continua.
- La involucración y el compromiso.

### **2.3.1 Enfoques estratégicos**

Cuando se lanzan programas de calidad total, es importante notar que la mayoría de los nuevos enfoques estratégicos de hoy en el área de operaciones son “hijos” de la calidad total. Este reconocimiento no tiene solamente un valor cultural, sino que constituye una oportunidad empresarial y gerencial.

- Aseguramiento total de la calidad. La revisión, desde el punto de vista de la calidad total, de los sistemas de aseguramiento de la calidad y del uso de estándares y certificación.

- Despliegue de calidad. Es el enfoque de calidad total que tiene que ver con el desarrollo de lo necesario para crear un negocio enfocado a la satisfacción del cliente, tanto en cuanto al producto/servicio a ofertar a los consumidores (despliegue de las funciones de calidad), como en los modelos organizativos (procesos operativos), que deben ser introducidos en la compañía para asegurar la satisfacción del cliente (despliegue organizativo de la calidad).
- Gestión global del servicio. Enfoque que persigue la completa satisfacción del cliente, con un énfasis particular en la calidad del servicio. Este enfoque es fundamental para asegurar que las personas en la línea de frente de contacto con el cliente son capaces de asegurar que éste es satisfecho [37].

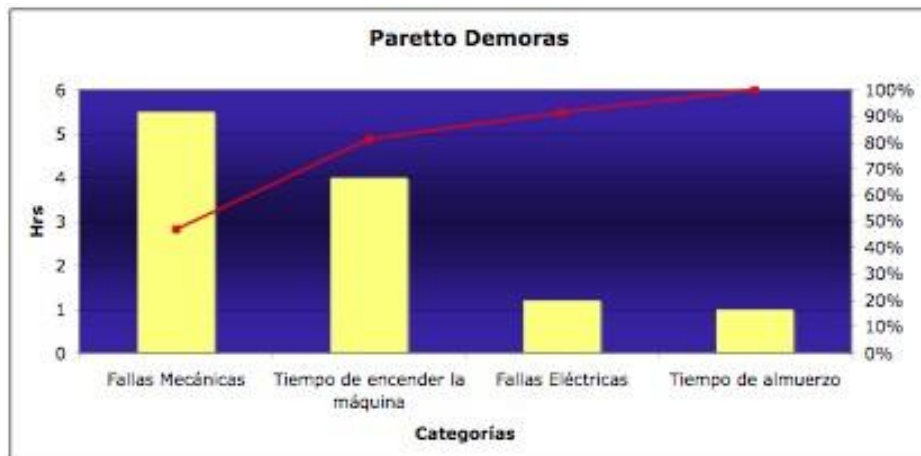
## **2.4 Algunas herramientas básicas para el control de la calidad**

Existen herramientas básicas que han sido ampliamente adoptadas en las actividades de mejora de la Calidad y utilizadas como soporte para el análisis y solución de problemas operativos en los más distintos contextos de una organización, y hay que señalar, que no solo en las empresas de manufactura, tal como se entendía al principio, son aplicables estas herramientas. Cada organización adopta y utiliza las que más les puedan ayudar a mejorar su gestión [38].

### **2.4.1 Diagrama de Pareto**

Ésta es otra herramienta utilizada en programas de mejoramiento de la calidad para identificar y separar en forma crítica los pocos proyectos que provocan la mayor parte de los problemas de calidad. Este sistema debe su nombre al economista italiano del siglo XVII Wilfredo Pareto, quien observó que 80% de la riqueza de una sociedad estaba en manos de 20% de las familias. Es Juran el que toma este principio y lo aplica a la mala distribución de las causas de un problema, al establecer que 80% de los efectos de un problema se debe solamente 20% de las causas involucradas. El diagrama de Pareto es una grafica de dos

dimensiones que se construye listando las causas de un problema en el eje horizontal, empezando por la izquierda para colocar aquellas que tienen un mayor efecto sobre el problema, de manera que vayan disminuyendo en orden de magnitud. El eje vertical se dibuja en ambos lados del diagrama: el lado izquierdo representa la magnitud del efecto provocado por las causas, mientras que el lado derecho refleja el porcentaje acumulado de efecto de las causas, empezando por la de mayor magnitud, como se muestra en la figura 3.4.



**Figura 2.6.** Ejemplo de Diagrama de Pareto

#### 2.4.2 Diagrama causa-efecto

Estos diagramas reciben también el nombre de su creador, Ishikawa, y en algunos casos también el de espina de pescado por la forma que adquieren. Son una forma gráfica de representar el conjunto de causas potenciales que podrían estar provocando el problema bajo estudio o influir en una determinada característica de calidad. Se utilizan para ordenar las ideas que resultan de un proceso de lluvia de ideas al dar respuesta a alguna pregunta de partida que se plantea al grupo que realiza el análisis. Ishikawa recomienda que las causas potenciales se clasifiquen en seis categorías, comúnmente conocidas como las seis M: materiales, maquinaria, métodos de trabajo, medición, mano de obra y medio ambiente.

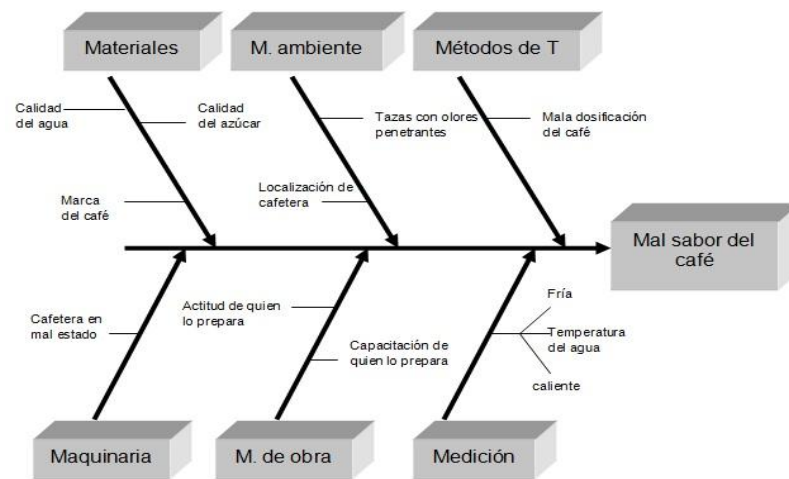
Los pasos para la elaboración de un diagrama causa-efecto son:

Paso 1. Decidir cuál es el problema a analizar o la característica de calidad a considerar, lo cual se hace normalmente mediante el uso del diagrama de Pareto.

Paso 2. Escribir la característica seleccionada en un recuadro en el lado derecho de una hoja, y dibujar una flecha gruesa que comienza en el lado izquierdo y apunta hacia el recuadro.

Paso 3. Escribir los factores principales que se cree podrían estar causando el problema en cuestión de acuerdo con la clasificación ya mencionada de las Seis Emes.

Paso 4. En cada rama, según la categoría de que se trate, se deben anotar con mayor nivel de detalle las causas que se considere podrían estar provocando el problema.



**Figura 2.7.** Ejemplo de Diagrama causa-efecto

Como se puede observar en la figura 2.7, la relación que existe entre los factores causales y el problema se expresa por medio de una gráfica integrada por dos secciones. La primera está constituida por el conjunto de causas potenciales representado por una flecha principal hacia la que convergen las otras flechas consideradas como ramas del tronco principal, y sobre las que inciden igualmente flechas más pequeñas. En la otra sección, se encuentra el nombre de la característica de calidad que se está analizando. La flecha principal de la primera sección apunta precisamente hacia este nombre, lo cual indica que la relación que existe entre el conjunto de factores causa el problema [39].

El diagrama causa-efecto puede utilizarse:

- Para obtener la mejora: de los procesos, calidad de los productos, eficiencia de las instalaciones, del servicio.
- Para lograr una reducción de costos.
- Para afrontar problemas contingentes, como: las causas de las reclamaciones, defectos y anomalías.
- Para establecer procedimientos operativos normalizados [40].

## **2.5 Análisis Modal de Fallos y Efectos**

El propósito del AMFE consiste en sistematizar el estudio de un proceso/producto, identificar los puntos de fallo potenciales, y elaborar planes de acción para combatir los riesgos, el procedimiento, es asimilable a otros métodos simplificados empleados en prevención de riesgos laborales.

### **2.5.1 Definiciones de términos fundamentales del AMFE**

Como paso previo a la descripción del método y su aplicación es necesario sentar los términos y conceptos fundamentales, que a continuación se describen.

- a) Cliente o usuario: Solemos asociar la palabra cliente al usuario final del producto fabricado o el destinatario-usuario del resultado del proceso o parte del mismo que ha sido analizado.

Si uno de los aspectos determinantes del método es asegurar la satisfacción de las necesidades de los usuarios, evitando los fallos que generan problemas e insatisfacciones, para conocerlas es necesario tener herramientas que nos permitan registrarlas. Para ello disponemos, entre otras, de dos herramientas: los cuestionarios de satisfacción de necesidades de clientes o usuarios y la doble matriz de información para comprobar cómo los resultados esperados de productos/procesos responden a las expectativas de sus usuarios.

- b) Producto: El producto puede ser una pieza, un conjunto de piezas, el producto final obtenido de un proceso o incluso el mismo proceso. Lo importante es poner el límite a lo que se pretende analizar y definir la función esencial a realizar, lo que se denomina identificación del elemento y determinar de qué subconjuntos / subproductos está compuesto el producto.
- c) Seguridad de funcionamiento: Se habla de seguridad de funcionamiento como concepto integrador, ya que además de la fiabilidad de respuesta a sus funciones básicas se incluye la conservación, la disponibilidad y la seguridad ante posibles riesgos de daños tanto en condiciones normales en el régimen de funcionamiento como ocasionales.
- d) Detectabilidad: Este concepto es esencial en el AMFE, aunque como se ha dicho es novedoso en los sistemas simplificados de evaluación de riesgos de accidente. Si durante el proceso se produce un fallo o cualquier “output” defectuoso, se trata de averiguar cuan probable es que no lo “detectemos”, pasando a etapas posteriores, generando los consiguientes problemas y llegando en último término a afectar al cliente – usuario final. Cuanto más difícil sea detectar el fallo existente y más se tarde en detectarlo más importantes pueden ser las consecuencias del mismo.
- e) Frecuencia: Mide la repetitividad potencial u ocurrencia de un determinado fallo, es lo que en términos de fiabilidad o de prevención llamamos la probabilidad de aparición del fallo.
- f) Gravedad: Mide el daño normalmente esperado que provoca el fallo en cuestión, según la percepción del cliente - usuario. También cabe considerar el daño máximo esperado, el cual iría asociado también a su probabilidad de generación.
- g) Índice de Prioridad de Riesgo (IPR): Tal índice está basado en los mismos fundamentos que el método histórico de evaluación matemática de riesgos de FINE, William T., si bien el índice de prioridad del AMFE incorpora el factor detectabilidad. Por tanto, tal índice es el producto de la frecuencia por la gravedad y por la

detectabilidad, siendo tales factores traducibles a un código numérico adimensional que permite priorizar la urgencia de la intervención, así como el orden de las acciones correctoras. Por tanto debe ser calculado para todas las causas de fallo.

$$IPR = D.G.F$$

Es de suma importancia determinar de buen inicio cuales son los puntos críticos del producto/proceso a analizar. Para ello hay que recurrir a la observación directa que se realiza por el propio grupo de trabajo, y a la aplicación de técnicas generales de análisis desde el “brainstorming” a los diagramas causa-efecto de Isikawa, entre otros, que por su sencillez son de conveniente utilización. [43].

### 2.5.2 Descripción del método

Los pasos necesarios para el AMFE deben estar de manera ordenada y esquemática, con las correspondientes informaciones a cumplimentar en la hoja de análisis.

- 1) Denominación del componente e identificación: Debe identificarse el producto o parte del proceso incluyendo todos los subconjuntos y los componentes que forman parte del producto/proceso que se vaya a analizar, bien sea desde el punto de vista de diseño del producto/proyecto o del proceso propiamente dicho.
- 2) Parte del componente, operación o función: Se completa con distinta información dependiendo de si se está realizando un AMFE de diseño o de proceso. Para el AMFE de diseño se incluyen las partes del componente en que puede subdividirse y las funciones que realiza cada una de ellas, teniendo en cuenta las interconexiones existentes.
- 3) Fallo o modo de fallo: El Modo de Fallo Potencial se define como la forma en la que una pieza o conjunto pudiera fallar potencialmente a la hora de satisfacer el propósito de diseño/proceso, los requisitos de rendimiento y/o las expectativas del cliente.
- 4) Efectos del fallo: Se trata de describir las consecuencias no deseadas del fallo que se puede observar o detectar, y siempre deberían indicarse en términos de rendimiento o eficacia del producto/proceso.

- 5) Causas del modo de fallo: La causa o causas potenciales del modo de fallo están en el origen del mismo y constituyen el indicio de una debilidad del diseño cuya consecuencia es el propio modo de fallo. Es necesario relacionar con la mayor amplitud posible todas las causas de fallo concebibles que pueda asignarse a cada modo de fallo. Normalmente un modo de fallo puede ser provocado por dos o más causas encadenadas.
- 6) Medidas de ensayo y control previstas: En muchos AMFE suele introducirse este apartado de análisis para reflejar las medidas de control y verificación existentes para asegurar la calidad de respuesta del componente/producto/proceso.
- 7) Gravedad: Determina la importancia o severidad del efecto del modo de fallo potencial para el cliente (no teniendo que ser este el usuario final); valora el nivel de consecuencias, con lo que el valor del índice aumenta en función de la insatisfacción del cliente, la degradación de las prestaciones esperadas y el costo de reparación.

Este índice sólo es posible mejorarlo mediante acciones en el diseño, y no deberían afectarlo los controles derivados de la propia aplicación del AMFE o de revisiones periódicas de calidad. El cuadro de clasificación de tal índice debe ser diseñado por cada empresa en función del producto, servicio, proceso en concreto. Generalmente el rango es con números enteros, en donde la puntuación va del 1 al 10, desde una pequeña insatisfacción, pasando por una degradación funcional en el uso, hasta el caso más grave de no adaptación al uso, problemas de seguridad o infracción reglamentaria importante. Una clasificación podría ser la representada en la siguiente tabla.

Desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales, la gravedad valora las consecuencias de la materialización del riesgo, entendiéndolas como el accidente o daño más probable/habitual.

**Tabla 2.1.** Clasificación de gravedad

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Repercusiones imperceptibles	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
Baja Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observará un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable	2-3
Moderada Defectos de relativa importancia	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy Alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10	9-10

- 8) Frecuencia: Es la Probabilidad de que una causa potencial de fallo (causa específica) se produzca y dé lugar al modo de fallo. Se trata de una evaluación subjetiva, con lo que se recomienda, si se dispone de información, utilizar datos históricos o estadísticos.

FRECUENCIA	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-5
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10

**Tabla 2.2.** Clasificación de frecuencia

- 9) Controles actuales: En este apartado se deben reflejar todos los controles existentes actualmente para prevenir las causas del fallo y detectar el efecto resultante.
- 10) Detectabilidad: Es la capacidad de detectar el fallo antes de que llegue al cliente final.

**Tabla 2.3.** Clasificación de detectabilidad

DETECTABILIDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes	1
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posteriori.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción	4-6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final	9-10

- 11) Inversamente a los otros índices, cuanto menor sea la capacidad de detección mayor será el índice de detectabilidad y mayor el consiguiente Índice de Riesgo, determinante para priorizar la intervención.
- 12) Índice de Prioridad de Riesgo (IPR): Es el producto de los tres factores que lo determinan. Dado que tal índice va asociado a la prioridad de intervención, suele llamarse Índice de Prioridad del Riesgo. Debe ser calculado para todas las causas de fallo. No obstante un IPR inferior a 100 no requeriría intervención salvo que la mejora fuera fácil de introducir y contribuyera a mejorar aspectos de calidad del producto, proceso o trabajo. El ordenamiento numérico de las causas de modos de fallo por tal índice ofrece una primera aproximación de su importancia.
- 13) Acción correctora: Generalmente el tipo de acción correctora que elegiremos seguirá los siguientes criterios, de ser posible: Cambio en el diseño del producto, servicio o proceso general / Cambio en el proceso de fabricación / Incremento del control o la inspección.
- 14) Responsable y plazo: Como en cualquier planificación de acciones correctoras se deberá indicar quien es el responsable de cada acción y las fechas previstas de implantación.
- 15) Acciones implantadas: Este apartado es opcional, no siempre lo contienen los métodos AMFE, pero puede ser de gran utilidad recogerlo para facilitar el seguimiento y control de las soluciones adoptadas. Se deben reflejar las acciones realmente implantadas que a veces puede ser que no coincidan exactamente con las propuestas inicialmente. En tales situaciones habría que recalcular el nuevo IPR para comprobar que está por debajo del nivel de actuación exigido [44].

## Capítulo 3

### Metodología

#### 3.1 Defectos por compañía y costos

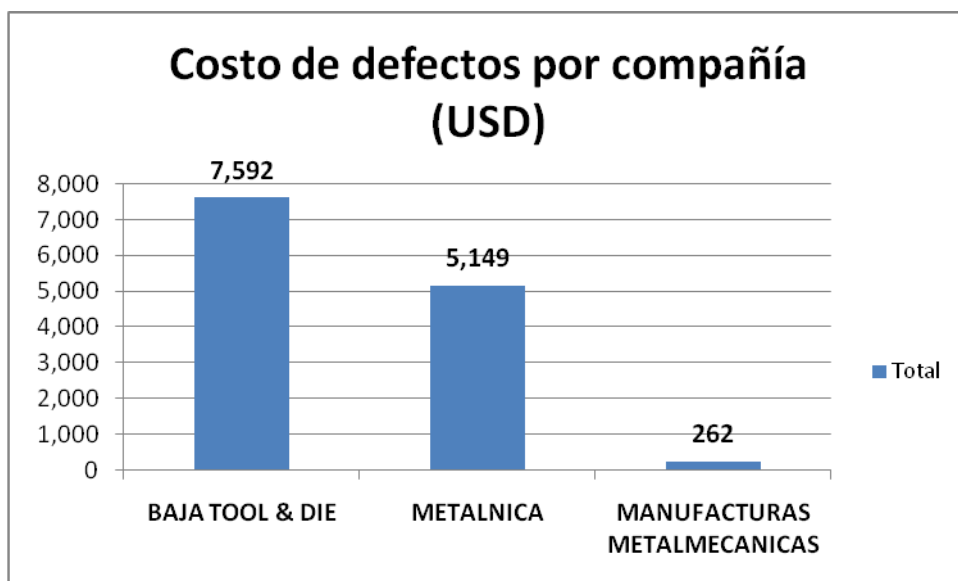
Se necesita saber cual compañía está generando el mayor costo de los defectos, para enfocarse en la que resulte con el costo más elevado. Debido a esta necesidad, se tomó en cuenta la información de las No conformidades presentadas en cada compañía de Octubre de 2011 a marzo de 2012. El ejemplo de no conformidades de la compañía, se muestra en los anexos (Anexo A). La información recolectada se muestra en la tabla 3.1

**Tabla 3.1.** Defectos por compañía y costos

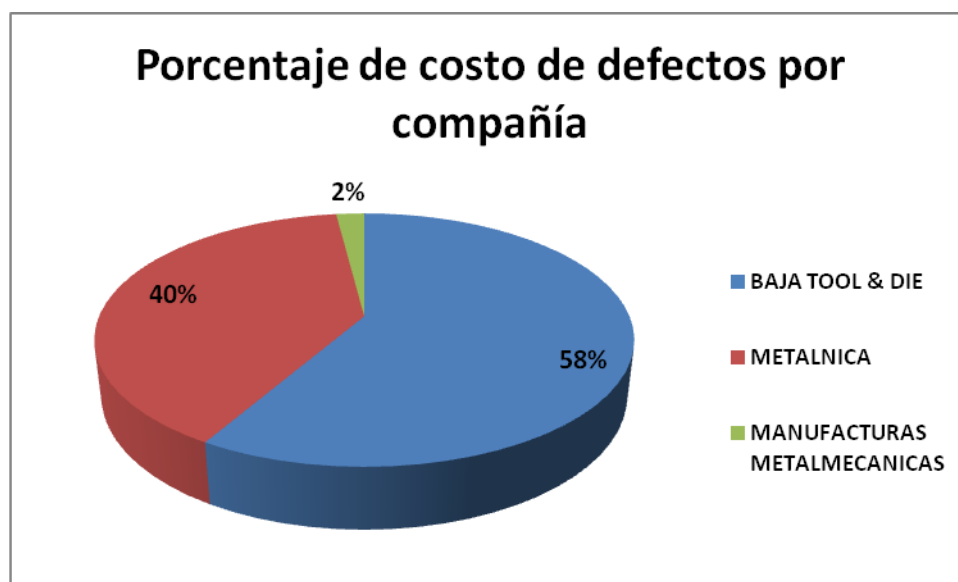
COMPAÑÍA	DEFECTOS	FRECUENCIA	COSTO (USD)
BAJA TOOL & DIE	Ángulo cerrado en plantilla	8	120
	Dimensiones incorrectas en matriz 2 (die set inferior)	25	375
	Botador de dado se quedó pegado	7	105
	Cortador golpeó pieza de plantilla durante maquinado	2	30
	Corte incorrecto de EDM en matriz 1 (die set inferior)	30	450
	Corte de plantilla no requerido	4	60
	Diámetro fuera de tolerancia (manga 001)	8	120
	Barrenos incorrectos en matriz 2 (die set inferior)	60	900
	Dimensiones incorrectas en porta punzón 1 (die set superior)	30	450
	Barrenos incorrectos en plegador hembra 1 (die set inferior)	29	435
	El material proporcionado es de un espesor menor al requerido para la fabricación del dado	2	32
	El radio del dado no es uniforme	8	120
	Dimensiones incorrectas punzón radio (die set superior)	15	225
	Error en programa CNC al fabricar dado	15	225
	Fabricación de barreno en lado incorrecto de matriz 1 (die set inferior)	40	600
	Golpes a la orilla del diametro interno del dado	10	150
	Barreno con dimensiones incorrectas en die set superior	15	225
	Los start holes del dado no corresponden con los que se realizaron los programas	4	60
	Orientación incorrecta de corte en dado	5	75
	Barrenos incorrectos en plegador macho (die set superior)	80	1,200
	Perforación de plantilla en lugar incorrecto	9	135
	Diametro incorrecto de porta punzón 2 (die set superior)	90	1,350
	Placa de plantilla con dimensiones incorrectas	4	60
	Rebaba en corte de dado	3	45
Se escuadró material a una dimensión incorrecta (carrier horizontal)	2	30	
Se extravió pieza fabricada de dado	1	15	
	<b>TOTAL</b>	<b>506</b>	<b>7,592</b>

	Altura de bástago de gage es menor a la requerida	8	120
	Ángulo de punzón de dado pega en el botador	4	63
	Barra del contador de dado instalada incorrectamente	5	75
	Base de dado quedó arriba	7	105
	Cuñero desfasado	10	150
	Diámetro de brida fuera de tolerancia	3	45
	Diámetro de dado fuera de tolerancia	20	300
	Diámetro de gage fuera de tolerancia	47	705
	Diámetro de plantilla fuera de tolerancia	3	45
	Dimensiones incorrectas de base de sujeción	4	60
	Dimensiones incorrectas de dado	6	90
	Dimensión incorrecta de heli coils	1	15
	El tornillo queda apretado en carrier horizontal	90	1,350
	Fabricación de barreno en posición equivocada	7	105
	Fabricación de rosca incorrecta de plantilla	15	225
	Falta de maquinado de toe clamp	8	120
	Maquinado de ángulo en lado opuesto	1	15
	Maquinado incorrecto de barrenos en dado	9	135
	Maquinado incorrecto de barrenos en plantilla	15	225
	Maquinado incorrecto de barrenos en rastras para máquina	1	21
	Maquinado incorrecto de carrier vertical	1	15
	No se dejó excedente de material en dado para la sujeción de la pieza en el proceso de rectificado	5	75
	Orillas de dado golpeadas	1	16
	Pandeamiento en dado deformado	33	495
	Pedazo de machuelo dentro del barreno en rastras para máquina	1	15
	Pieza floja de toe clamp	1	11
	Roscas lisas de manga	6	90
	Se abrió plantilla de goma	3	45
	Se capó tornillo durante ensamble	1	15
	Se desbastó material de mas en plantilla	3	45
	Se desgarró material en área de ángulo de placa de transferencia imantada	4	63
	Se escuadró material a una dimensión incorrecta	16	240
	Se extravió pieza fabricada de dado	3	45
	Uno de los insertos no entra en barreno	1	11
	<b>TOTAL</b>	<b>343</b>	<b>5,149</b>
<b>METALNICA</b>	Contención inadecuada de soldadura	7	105
	Se dejó rebaba en barra para prensa	9	135
	Soldadura en barrenos inadecuada	1	22
	<b>TOTAL</b>	<b>17</b>	<b>262</b>
<b>MANUFACTURAS METALMECÁNICAS</b>	<b>GRAN TOTAL</b>	<b>867</b>	<b>13,002</b>

Después de obtener la información, se realizó una gráfica de barras y una gráfica de pastel para ver de una manera más visible la compañía que genera el mayor costo de los defectos. Los resultados se muestran en las figuras 3.1 y 3.2



**Figura 3.1.** Gráfica de costo de defectos por compañía.



**Figura 3.2.** Gráfica de pastel del porcentaje de costo de defectos por compañía.

Como se puede apreciar en la figura 3.1 y la figura 3.2, la compañía que está generando el mayor costo de defectos es Baja Tool & Die con 7,592 dls a lo largo de 6 meses, lo cual representa un 58% del total de costo de defectos en Grupo Metalnica. Es por esta razón que el presente proyecto se enfocará en la compañía Baja Tool & Die.

### 3.2 Descripción de Baja Tool & Die

A continuación se muestran las máquinas utilizadas en la compañía para realizar los procesos de trabajo.

Número de máquinas = 14



**Figura 3.3 a) Fresadora**



**Figura 3.3 b) Rectificadora**



**Figura 3.3 c) Segueta**



**Figura 3.3 d) Máquina CNC**



**Figura 3.3 e) EDM WIRE**



**Figura 3.3 f) EDM SINKER**

## **Flujo de trabajo del área**

### **Flujo del proceso**

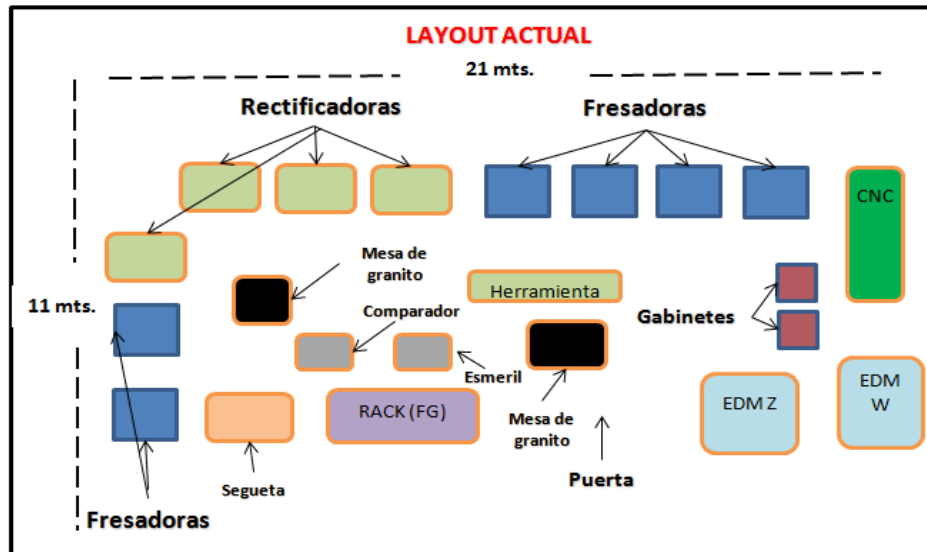
1. Encargado de diseño entrega el plano de la pieza o componente al Supervisor del taller.
2. Supervisor del taller analiza el diseño de la pieza, si necesita alguna modificación se regresa a encargado de diseño, si no necesita modificación, el dibujo se le entrega al operador.
3. Operador analiza el diseño de la pieza y empieza a trabajar en ella.
4. El material se escuadra.
5. Después se verifican las medidas del escuadre, si se escuadró de mas, se levanta una No conformidad, si el escuadre es correcto, el material se barrena.
6. Se verifican las medidas del barreno, si se barrenó de mas, se levanta una No conformidad, si el barreno es correcto, el material se desbasta.
7. Se toman las medidas para revisar que sean las correctas, si son incorrectas se desbasta de nuevo, si son las correctas se manda al siguiente paso.
8. Dependiendo de la pieza se da un tratamiento térmico o se pasa a la rectificadora.
9. Después del tratamiento térmico, se deja que el material se enfríe y se manda a la rectificadora.
10. El material se deja en el área de producto terminado y se le notifica al supervisor del taller.
11. Supervisor de taller inspecciona las medidas de la pieza, si son incorrectas se levanta una No Conformidad, si son correctas se genera un reporte de inspección.
12. Supervisor de taller notifica al encargado.
13. El material se acomoda en el rack y allí se deja hasta terminar todos los componentes faltantes para completar la pieza final.
14. Una vez terminados todos los componentes se procede a armar la pieza.
15. La pieza final se inspecciona, si no cumple con los requerimientos solicitados se levanta una No Conformidad, si cumple con los requerimientos se genera reporte de inspección y se le notifica al encargado general.
16. La pieza se entarima y se fleja.

17. Envío al cliente.

En el Anexo B, se encuentra el diagrama de flujo.

A continuación se muestra el layout de la compañía y como está acomodada la maquinaria que se utiliza en la misma.

**Figura 3.4.** Layout actual del área de producción en Baja Tool & Die.



Como se puede apreciar, el área mide 21 metros de largo por 11 metros de ancho, esto quiere decir que el área de la compañía está conformada por 231 m<sup>2</sup>.

La tabla 3.2 muestra la descripción del equipo y mobiliario en el área:

**Tabla 3.2.** Equipo y mobiliario actual de Baja Tool & Die

Número	Descripción	Número	Descripción
1	4 Rectificadoras	12	Mesa grande de granito 1
2	4 Fresadoras	13	Esmeril
3	CNC	14	Comparador
4	Computadora	15	Mesa grande de granito 2
5	2 Gabinetes	16	2 fresadoras automáticas
6	Carrito azul con 1 caja de herr.	17	Producto terminado

7	EDM Wire	18	Cooler
8	EDM Sinkers	19	Carrito azul con 1 caja de herramientas
9	2 mesas de trabajo con 4 cajas de herramientas	20	Carritos para cargar material
10	Carrito café con 1 caja de herramientas	21	2 botes de basura para la rebaba
11	Productos de limpieza	22	Segueta

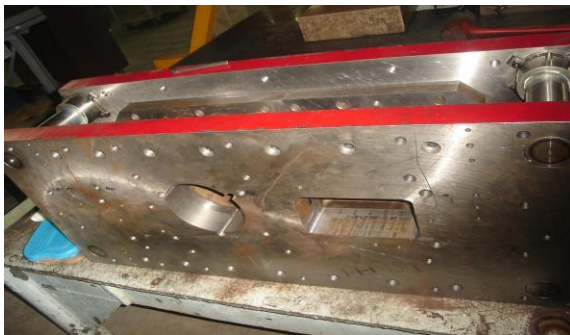


**Figura 3.5 a)** Foto 1 del área de producción. **Figura 3.5 b)** Foto 2 del área de producción.

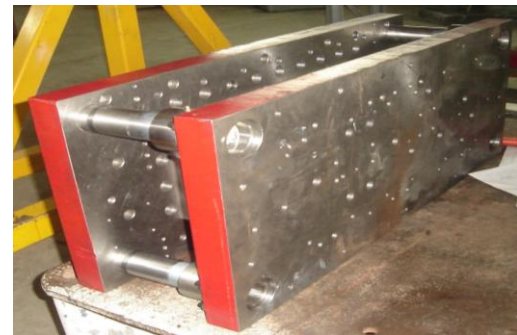
En la siguiente tabla se muestran las características de los dados que manejan:

**Tabla 3.3.** Características de los dados.

PRODUCTO	MEDIDAS	MATERIAL
Dado	22" (55.8 cm) a 40" (101.6 cm)	Acero



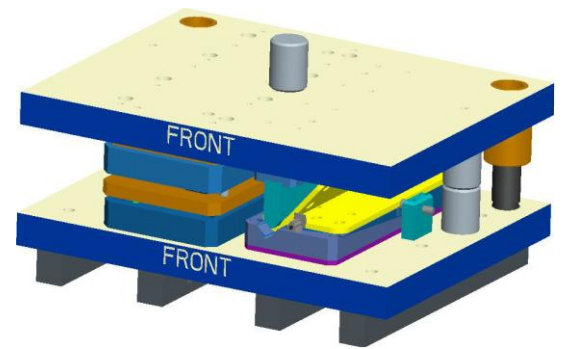
**Figura 3.6.** Dado (die set inferior).



**Figura 3.7.** Dado (die set superior).



**Figura 3.8.** Dado pequeño (22'').



**Figura 3.9.** Dado terminado.

De acuerdo al programa de flujo de dado (Anexo C), el tiempo en el que lleva el proceso de fabricación de piezas y del dado es de **779 horas**, teniendo esta información se procede a obtener el tiempo en días en el que los empleados de la empresa manufacturan el dado, tomando en cuenta los siguientes aspectos:

Supervisor = 1

Operadores = 6

Horario laboral = de 8 am a 5:30 pm ( 9.5 horas)

Horas de trabajo por operador en el día = horario laboral – hora de comida =  $9.5 - 1 = 8.5$  hrs.

Horas de fabricación por turno =

(Operadores) (Horas de trabajo por operador en el día) =  $(6) (8.5) = 51$  hrs.

Días requeridos para la fabricación de un dado =

Horas en que se fabrica un dado / Horas de fabricación por turno =  $779 / 51 = 15$  días

Se necesitan 15 días para terminar la fabricación de un dado.

### **Cálculo de takt time**

La fórmula para el cálculo de takt time es la siguiente:

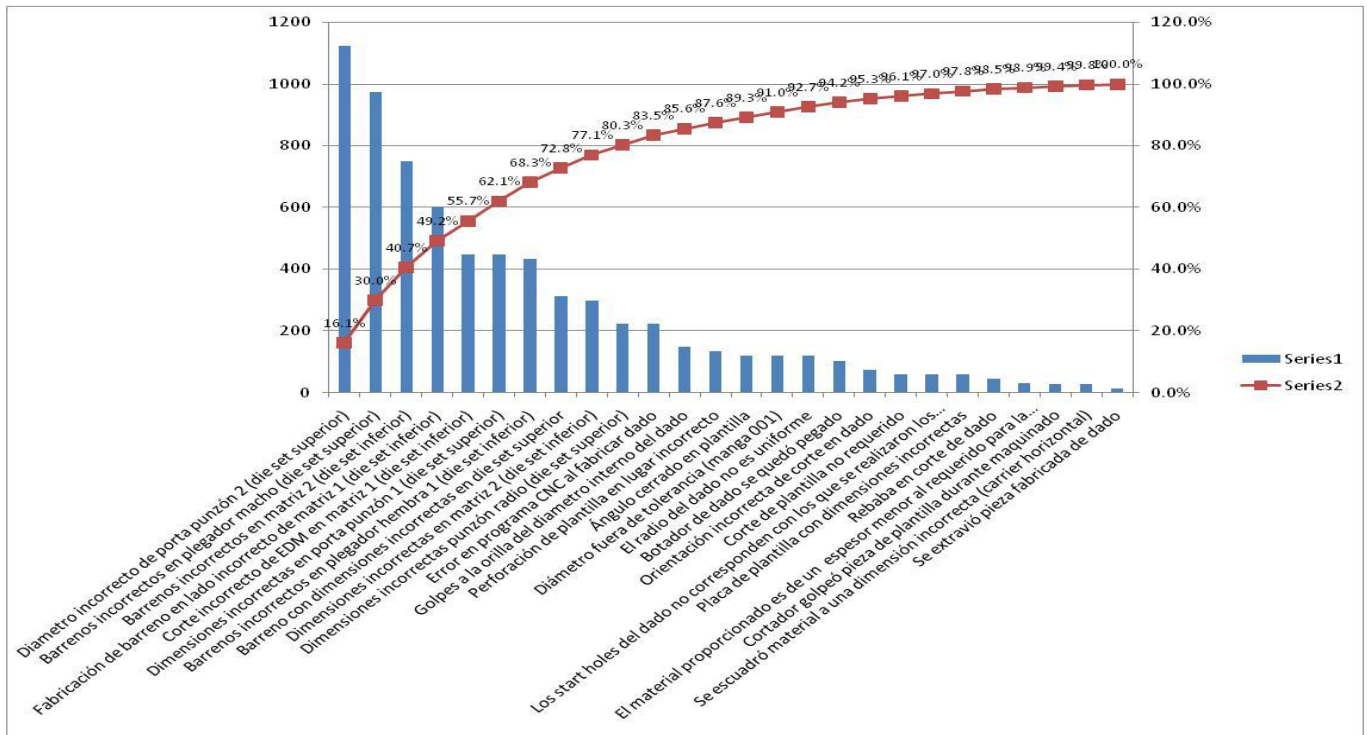
$$\text{Takt time} = \frac{\text{(tiempo disponible por día)}}{\text{(pedidos del cliente por día)}}$$

Se tiene una demanda de 4 dados por proyecto.

Para obtener el tiempo disponible/día se multiplica 51 (horas de fabricación por turno) \* 5 (días laborados en la semana) = 255, después 255 se multiplica por 12 (semanas requeridas para terminar el proyecto de 4 dados) = 3,060 hrs., por último las 3,060 hrs. se divide entre 4 (demanda por proyecto) = **765 hrs.** (takt time). En los anexos D y E se encuentra el diagrama de operaciones.

### 3.3 Identificación de defectos prioritarios en Baja Tool & Die

A partir de la información obtenida de los defectos de calidad en la compañía Baja Tool & Die, se realizó un diagrama de Pareto (figura 3.10) para ver cuáles son los defectos principales que están generando el mayor costo.



**Figura 3.10.** Diagrama de Pareto de costo de defectos de calidad en Baja Tool & Die.

Como se puede observar en el diagrama de Pareto, el 19.97% de los defectos de calidad (es decir, 10 defectos) representan aproximadamente un 80.03% del costo de defectos, por lo tanto, se centrará en esos 10 defectos en Baja Tool & Die.

La tabla 3.4 muestra todos los defectos de calidad presentados en el área.

**Tabla 3.4.** Defectos de calidad en Baja Tool & Die.

DEFECTO	%	% acum
Diametro incorrecto de porta punzón 2 (die set superior)	16.1%	80.03%
Barrenos incorrectos en plegador macho (die set superior)	13.9%	
Barrenos incorrectos en matriz 2 (die set inferior)	10.7%	
Fabricación de barreno en lado incorrecto de matriz 1 (die set inferior)	8.6%	
Corte incorrecto de EDM en matriz 1 (die set inferior)	6.4%	
Dimensiones incorrectas en porta punzón 1 (die set superior)	6.4%	
Barrenos incorrectos en plegador hembra 1 (die set inferior)	6.2%	
Barreno con dimensiones incorrectas en die set superior	4.5%	
Dimensiones incorrectas en matriz 2 (die set inferior)	4.3%	
Dimensiones incorrectas punzón radio (die set superior)	3.2%	
Error en programa CNC al fabricar dado	3.2%	19.97%
Golpes a la orilla del diametro interno del dado	2.1%	
Perforación de plantilla en lugar incorrecto	1.9%	
Ángulo cerrado en plantilla	1.7%	
Diámetro fuera de tolerancia (manga 001)	1.7%	
El radio del dado no es uniforme	1.7%	
Botador de dado se quedó pegado	1.5%	
Orientación incorrecta de corte en dado	1.1%	
Corte de plantilla no requerido	0.9%	
Los start holes del dado no corresponden con los que se realizaron los programas	0.9%	
Placa de plantilla con dimensiones incorrectas	0.9%	
Rebaba en corte de dado	0.6%	
El material proporcionado es de un espesor menor al requerido para la fabricación del dado	0.5%	
Cortador golpeó pieza de plantilla durante maquinado	0.4%	
Se escuadró material a una dimensión incorrecta (carrier horizontal)	0.4%	
Se extravió pieza fabricada de dado	0.2%	
Grand Total	100.0%	

### 3.4 Identificación de causas de los defectos prioritarios en Baja Tool & Die

Para lograr una adecuada identificación de las causas de los defectos prioritarios, se hizo un análisis y revisión con cada una de las personas involucradas en dichos defectos, a través de una lluvia de ideas para poder determinar el origen o las posibles causas de los

defectos principales. La información recolectada se organizó y se plasmó en un diagrama de causa-efecto por defecto principal. Los diagramas obtenidos se muestran en el Anexo F. Una vez analizadas las causas y organizarlas en los diagramas de causa-efecto, se puede observar que varios de los defectos tienen causas comunes y que representan puntos importantes a los cuales se les debe prestar mayor atención.

A continuación se muestran los puntos más relevantes dentro de los factores analizados.

*Métodos de trabajo:* En los métodos de trabajo, se aprecia que los empleados realizan varias actividades de manera simultánea, sin tener en claro las prioridades de piezas a fabricar.

*Medio ambiente:* En el medio ambiente, se aprecia la falta de orden, limpieza, iluminación y el factor ruido, en el área de producción.

*Materiales:* En los materiales, se aprecia realmente que este no es un factor tan repetitivo entre los principales defectos.

*Medición:* En la medición, se aprecia la falta de claridad en los procedimientos, diseños mal elaborados y los diferentes métodos de inspección.

*Mano de obra:* En la mano de obra, se aprecia que casi todos los defectos coinciden en la falta de atención por parte de los empleados, además que presentan la falta de experiencia y concentración al momento de que los empleados realizan su trabajo.

La información presentada permite destacar la necesidad de crear una propuesta metodológica, que ayude a determinar cómo aplicar herramientas de manufactura esbelta para la solución de las causas de los defectos encontrados.

### **3.5 Determinación de los índices de evaluación para cada defecto**

Una vez que se tienen identificados los defectos prioritarios y sus posibles causas, lo que sigue es conocer los índices de evaluación de cada defecto, aquí es donde se va a utilizar algunos pasos del AMFE ( **A**nálisis **M**odal de **F**allos y **E**fectos). La evaluación del índice de gravedad (G) se realiza en una escala del 1 al 10. La tabla se presenta a continuación.

**Tabla 3.5. Clasificación de frecuencia**

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE)								
Defecto	Efecto	Causa potencial	Controles actuales	G	F	D	IPR	Acciones correctivas
Diámetro incorrecto de portapunzón 2 (die set superior)	Retrabajos, insatisfacción del cliente	Falta de iluminación/ Operador con múltiples actividades/ Falta de concentración, experiencia y capacitación/ Falta de especificaciones en diseño/ Falta de claridad en tolerancias utilizadas	Ninguno	9	8	6	432	Diseño de ayudas visuales. Mantener área ordenada.
Barrenos incorrectos en plegador macho (die set superior)	Rechazos, desperdicio, insatisfacción del cliente	Acero de mala calidad/ Falta de iluminación/ Operador con múltiples actividades/ Falta de concentración, experiencia y capacitación/ Falta de claridad en tolerancias utilizadas/ Diferentes métodos de inspección	Ninguno	8	8	6	384	Diseño de ayudas visuales.
Barrenos incorrectos en matriz 2 (die set inferior)	Rechazos, desperdicio, insatisfacción del cliente	Falta de orden e iluminación/ Hta. no identificada y almacenada en lugares equivocados/ Falta de concentración y conocimiento/ Falta de claridad en especificaciones de herramienta	Ninguno	9	7	6	378	Identificar la herramienta y maquinaria. Diseño de ayudas visuales.
Fabricación de barreno en lado incorrecto de matriz 1 (die set inferior)	Rechazos, desperdicio, insatisfacción del cliente	Múltiples actividades el operador/Falta de orden e iluminación/ Hta. de precisión inadecuada/ Falta de concentración y sensibilidad/ Mala interpretación de plano/ Falta de especificaciones, claridad y diseño mal elaborado	Ninguno	9	8	5	360	Diseño de un poka yoke
Corte incorrecto de EDM en matriz 1 (die set inferior)	Retrabajos, insatisfacción del cliente	Variabilidad en el proceso de corte/Falta de limpieza e iluminación/ Falta de concentración y experiencia/ Falta de claridad en parámetros de calidad	Ninguno	8	6	7	336	Mantenimiento y calibración a maquinaria y herramienta. Diseño de ayudas visuales.
Dimensiones incorrectas en porta punzón 1 (die set superior)	Retrabajos	Múltiples actividades del operador/ Falta de concentración y conocimiento/ Falta de claridad en especificaciones de diseño/ Diseño mal elaborado	Ninguno	6	6	7	252	Indicar donde se encuentra la herramienta a utilizar en dicha operación.
Barrenos incorrectos en plegador hembra 1 (die set inferior)	Retrabajos	Múltiples actividades del operador/ Falta de conocimiento/ Falta de claridad en procedimientos y parámetros de calidad/ Falta de comunicación	Ninguno	7	7	5	245	Diseño de ayudas visuales y comunicación.
Barreno con dimensiones incorrectas en die set superior	Retrabajos	Falta de orden, limpieza e iluminación/ Múltiples actividades del operador/ Falta de experiencia, concentración y capacitación/ Falta de claridad en procedimientos/ Utilización de diferentes métodos de inspección	Ninguno	6	6	6	216	Diseño de ayudas visuales. Diseño de dispositivos poka yoke.
Dimensiones incorrectas en matriz 2 (die set inferior)	Retrabajos	Falta de iluminación/ Múltiples actividades del operador/ Falta de experiencia, concentración y capacitación/ Falta de claridad en procedimientos/ Utilización de diferentes métodos de inspección	Ninguno	7	5	6	210	Mantener área más limpias y ordenadas. Diseño de ayudas visuales.
Dimensiones incorrectas punzón radio (die set superior)	Retrabajos, mal estampado de dado	Diseño mal elaborado/ Falta de comunicación/ Falta de iluminación/ Múltiples actividades del operador/ Falta de experiencia, concentración y capacitación/ Falta de claridad en procedimientos/	Ninguno	9	4	5	180	Diseño de ayudas visuales.

### 3.5 Herramientas de manufactura esbelta a utilizar en los defectos principales

Teniendo las posibles causas de los defectos prioritarios, se analizan las herramientas a utilizar en el proyecto, considerando los principios de cada una. La información obtenida se muestra en la tabla 3.6.

**Tabla 3.6.** Herramientas de Manufactura Esbelta a utilizar.

DEFECTO	HERRAMIENTA A UTILIZAR	FUNDAMENTO
Diámetro incorrecto de porta punzón 2 (die set superior)	5's	Áreas más limpias, ordenadas y seguras, de esta manera se tendrán ordenadas todas las herramientas a utilizar.
	Fábrica visual	Diseño de ayudas visuales.
Barrenos incorrectos en plegador macho (die set)	Fábrica visual	Diseño de ayudas visuales.
Barrenos incorrectos en matriz 2 (die set inferior)	5's	Áreas más limpias, ordenadas y seguras, de esta manera se tendrán ordenadas todas las herramientas a utilizar.
	Fábrica visual	Indicar donde se encuentra la herramienta / Diseño de ayudas visuales.
Fabricación de barreno en lado incorrecto de matriz 1 (die set)	Poka Yoke	Para que el empleado deje de fabricar la pieza al momento de detectar un problema y avise al supervisor.
Corte incorrecto de EDM en matriz 1 (die set inferior)	Fábrica visual	Diseño de ayudas visuales.
Dimensiones incorrectas en porta punzón 1 (die set superior)	Fábrica visual	Para indicar donde se encuentra las herramientas adecuadas a utilizar en dicha operación.
	Jidoka	Creación de mecanismos para detectar anomalías en el proceso.
Barrenos incorrectos en plegador hembra 1 (die set inferior)	Fábrica visual	Diseño de ayudas visuales.
Barreno con dimensiones incorrectas en die set superior	Poka Yoke	Utilización de dispositivos que permiten que el empleado no cometa un error y disminuyan las piezas defectuosas.
Dimensiones incorrectas en matriz 2 (die set inferior)	5's	Áreas más limpias, ordenadas y seguras, de esta manera se tendrán ordenadas todas las herramientas a utilizar.
	Fábrica visual	Para indicar donde se encuentra la herramienta a utilizar en dicha operación / Diseño de ayudas visuales
Dimensiones incorrectas punzón radio (die set superior)	Fábrica visual	Diseño de ayudas visuales.

Cada una de las herramientas anteriores representan las posibles soluciones a los defectos presentados.

### 3.6 Etapas a seguir para la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta

Después de haber analizado las herramientas de manufactura esbelta que se proponen utilizar en este proyecto, ahora se presentan las etapas a seguir para su implementación, esto de acuerdo al Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE):

- ❖ **Etapa 1: Cinco eses:** La primera herramienta que se debe aplicar es cinco eses, ya que ésta herramienta está asociada con el defecto más recurrente y costoso, además el área se encuentra desordenada, sucia y el personal no tiene la disciplina de mantener su espacio de trabajo ordenado y limpio, para poder aplicar las otras herramientas propuestas en el presente proyecto, es necesario que el área esté más organizada, limpia y segura.
- ❖ **Etapa 2: Fábrica visual:** Esta herramienta se debe aplicar inmediatamente después de cinco eses, ya que también está asociada con el defecto principal, además ayuda a reforzar las herramientas por medio de controles visuales.
- ❖ **Etapa 3: Jidoka:** Una vez que el área se encuentra ordenada, limpia y segura, se podrá tener una visión más clara de los mecanismos y procedimientos que servirán para la detección de errores, por lo tanto ya se puede aplicar la herramienta Jidoka.
- ❖ **Etapa 4: Poka yoke:** Una vez que ya se tienen los mecanismos para la detección de errores, lo siguiente es aplicar los dispositivos poka yoke, el cual es una herramienta ligada con Jidoka, es por eso la importancia de aplicarla después de Jidoka.

### 3.6.1 Cinco eses

Debido a las aplicaciones de cinco eses hechas en otras organizaciones, se han desarrollado una serie de pasos para su implementación, como se muestra a continuación:

- 1. Organizar el comité del programa:** Lo primero que se debe de hacer es definir al coordinador para la implementación y seguimiento de cinco eses, así como también a los responsables por área.
- 2. Capacitación y difusión:** Capacitar al personal para seguir un hábito de buena calidad en la organización.
- 3. Implantación de cinco eses:** Clasificar, ordenar, limpiar, disciplinar y estandarizar.
- 4. Auditorías del sistema cinco eses.**
- 5. Acciones correctivas:** Elaborar planes para prevenir y corregir no conformidades.
- 6. Seguimiento:** Monitorear el área y cerrar auditorías.
- 7. Mantenimiento y mejora.**
- 8. Listado de material necesario para la implementación de 5's:** Para esto, se realizó una lista de material necesario para su implementación, la cual se muestra a continuación:

**Tabla 3.7.** Material a utilizar para implementar 5's.

MATERIAL	SITUACIÓN	CANTIDAD
Trapos	existente	14
Escobas	existente	2
Hojas blancas	necesario comprar	1 resma
Micas	necesario comprar	10
Tapes para delimitar	necesario comprar	15
Químicos de limpieza	existente	4
Tijeras	existente	2
Trapeador	existente	2
Tapes	existente	1

Como se observa, ya existe algún material disponible en el área, el restante se tendrá que comprar.

### 3.6.1.1 Metodología a seguir para la implementación de cinco eses

Tomando en cuenta la secuencia de pasos presentada con anterioridad, algunos textos bibliográficos y las necesidades de adaptación de las herramientas a la microempresa, se presenta como metodología de aplicación de cinco eses en la microempresa lo siguiente:

1. Verificar requisitos para la implementación de cinco eses en la microempresa
2. Capacitar a todas las personas involucradas en el área de aplicación
3. Desarrollar un plan para cada ese
4. Clasificar
5. Ordenar
6. Limpiar
7. Corroborar la clasificación realizada
8. Realizar ajustes necesarios
9. Estandarizar
10. Disciplinar

#### **1. Verificar requisitos para la implementación de cinco eses en la microempresa.**

Para la aplicación de cinco eses en la microempresa se requiere:

- Capacitar al personal.
- Seguir con la secuencia de las eses, no hacerlo de manera desordenada.
- Realizar una lista de los recursos necesarios para su aplicación.

#### **2. Capacitar a todas las personas involucradas en el área de aplicación**

La capacitación debe de tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Dar a conocer las utilidades y beneficios de la aplicación en el área correspondiente.
- Que el empleado pueda asociar la herramienta en su entorno laboral.
- Dar a conocer la manera en que se implementarán las cinco eses.

Duración de la capacitación: 4 horas.

La metodología de la capacitación se desarrolla en las siguientes etapas:

- I. Entregar un tríptico a cada empleado, en donde se redacte el concepto de cinco eses, así como también el objetivo y metas de la implementación.
- II. Preguntar al empleado, antes de iniciar la sesión, que es lo que espera de la capacitación y al final verificar si se cumplió con las expectativas del empleado.
- III. Incluir en la sesión, además de teoría, actividades prácticas como ejemplos de la aplicación de cinco eses en la vida cotidiana.

### **3. Desarrollar un plan para cada ese**

En esta etapa de la metodología se requiere hacer una planeación de lo que se hará en cada ese, así como también planear la selección de días para la aplicación de cada ese. Este paso incluye la participación del director general de la empresa, así como también de los responsables por área en donde se aplicarán las herramientas.

### **4. Clasificar**

#### **Pasos a seguir para clasificar**

La primera ese a implementar es **Clasificar**, por lo cual se sugiere seguir con los siguientes pasos:

**I. Herramienta y equipo:** Revisar en el área de producción todo el equipo y herramienta que se encuentra disponible y enlistarlo, la lista de los elementos necesarios se encuentra en el anexo G.

**II. Elementos necesarios e innecesarios:** Identificar los elementos necesarios e innecesarios para la tarea laboral.

## LISTA DE ELEMENTOS NECESARIOS

**Tabla 3.8.** Herramientas y equipo necesarios.

Descripción	
Caja de Herramienta Kennedy	Machuelos diferentes medidas en diferentes estados
Llave del Taller	Juego de limas chicas
Vernier de 6" Digital	Set insertos para volador
Micrometro de 0" a 1" Digital	Prensas, 2 de 4 1/2, 2 de 2 1/2 y 2 de 2"
Indicador	Counters de distintas medidas
Sujetador de indicador	Rimas de distintas medidas
Base de indicador	Martillos de plástico 5oz.
Escala de 6"	Vernier de 12"
Escala de 12"	Prensas para fresa
Escuadra	Set de rimas de 1/16 a 1/2 de 1/64
Transportador	Porta boring 11 piezas
Set de paralelas	Buring std. diferentes medidas
Set de 1-2-3 block de precisión	Set de dados con 8 piezas
Juego. de radios gage	Caja de punzones
Juego. de calibrador (gage de linaas)	Juegos de letras con 27 y 26 piezas
Juego. de punch para sacar dowels pins	Juegos de llaves "T" std.
Juego. de llaves allen (L) Estándar	Juego llaves "T" mm
Juego. de llaves allen (L) M.M.	Set corta punch
Juego. de llaves allen ( " T " ) Estándar	Aumentos para rectificadora
Set de brocas de número del ( 1 / 60 )	Brocas con 0 grande
Set de brocas de fracción de ( 1/32 a 1/2 )	Caja con herramienta para torno con buriles
Juego. de brocas de centro ( 3 ) 3 & 4 & 5	Par de guantes para horno
Set de Cortadores	Juego de brocas con 14 pzs.
Set de Machuelos	Caja con buring chicos
Set de Rimas	Set de micrómetros completos
Juego. de manerales de puño ( 3 )	Prensa
Juego. de ponches para transferir barrenos	Angle Block Set con 12 piezas
Juego. de punzones de centro	Set de teletopic gage 5/16 6" con 6 piezas
Martillo duro	Caja con punzones 60pzs.
Martillo de plastic	Set de punch & die con 9 piezas
Lapicero de imán	Set de paralelas ajustables con 6 piezas
Doble lapicero	Index de collets
Rebabeador	Bastidor para radios
Juego. de limas pequeñas	Set de gage de 0.1 a 4", 1
Juego. De limas de Diamante	Lenses and Magnifications con 2 piezas
Limas para hacer rebaba	Caja con 18 collets de diferentes medidas
Piedras de Asentado	Prensa de presión Sencilla
Barra para abrir dados	Height gage mitutoyo 12"
Gatos de tornero	Pallet block
Seguros para eyectores	Micrómetro para espesores digital
Palpador	Piezas de grafito para EDM
Avellanadores	Digimatic Master
Espejo	Tuercas T grandes
Calculadora	Caja con accesorios para EDM de grafito
Lámpara	Caja con brocas de diferente medida
Foco	Height gage de 18"
Brocha	Porta herramienta para CNC con 6 piezas
Candado	40ER para CNC
Trapo Rojo	Collet ER32
Carro para herramienta	BT40
Set transfer punch de 28, 24 y 18 piezas	Collet R8 para Fresadora
Tarrajás	Angulo Eron No. 28 (azul) 12x12
Rimas diferente medida en estado regular	Escuadra S/N(gris) 12x12
Machuelos métricos	Escuadra S/n (verde) 10x8
	Hight Master Mitutoyo
	Escuadras Grandes
	Calibrador de Verticalidad
	Boring de ½
	Portaincertos de 1"

## LISTA DE ELEMENTOS INNECESARIOS

**Tabla 3.9.** Herramientas y equipo innecesarios.

Descripción
Trapos sucios
Cables sueltos
Cortadores en mal estado
Envases de botellas
Cajas vacías
Indicadores sin funcionar
Vernier en mal estado

**III. Tarjeta roja:** Utilizar el método de tarjeta roja, el cual consiste en colocar una tarjeta roja a los artículos que se tenga duda en desecharlos del área, al poner la tarjeta significa que el artículo estará a prueba por un periodo definido. La tarjeta roja incluye la siguiente información:

- Número de artículo
- Nombre del artículo
- Fecha de inicio
- Fecha de utilización
- Descripción de la tarea
- Tiempo de utilización
- Número de empleado

**IV.** Retirar del área de trabajo aquellos artículos clasificados como innecesarios para realizar la actividad laboral.

La secuencia se puede describir mejor mediante el diagrama que se muestra en la figura 3.18:



**Figura 3.11.** Diagrama de clasificación.

## 5. Ordenar

### Pasos a seguir para ordenar

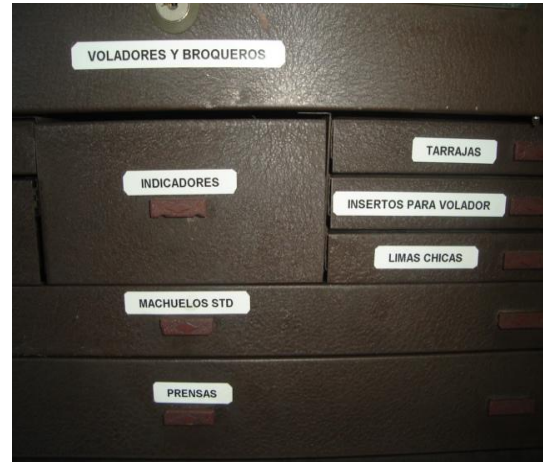
Después de seleccionar las herramientas necesarias para trabajar, se procede a organizar el área de trabajo. Los pasos que se sugieren para realizar esta segunda fase son los siguientes:

**I. Organización de la herramienta:** Organizar la herramienta de manera que los artículos que se utilizan con mayor frecuencia estén más cerca del empleado. Los artículos utilizados con menor frecuencia, pueden ser acomodados a una distancia mayor del empleado o área de trabajo, tomando en cuenta la practicidad y comodidad para realizar la tarea laboral.

**II. Identificación del material:** Una vez que la herramienta se acomodó en el área de trabajo, se procede a identificar los artículos por medio de etiquetas, así como también las cajas de herramientas o todo elemento que necesite ser identificado para tener una mayor visibilidad de donde se encuentran los artículos, en el anexo H, se encuentran las fotos del antes.



**Figura 3.12 a)** Identificación de herramienta 1.



**Figura 3.12 b)** Identificación de herramienta 2.



**Figura 3.13** Identificación de material y producto.



**Figura 3.14** Identificación de htas. de precisión



**Figura 3.16** Identificación de htas. de trabajo

**III. Delimitación de áreas:** La identificación de las distintas localizaciones, permitirá la delimitación de los espacios de trabajo, de las vías de tránsito y de las áreas de almacenamiento. Para la delimitación de áreas se puede utilizar pintura o cinta adhesiva, dependiendo del presupuesto o condiciones de la empresa.

**Figura 3.16 a).** Delimitación de área 1.



**Figura 3.16 b).** Delimitación de área 2.



**Figura 3.16 c).** Delimitación de área 3.



**Figura 3.16 d).** Delimitación de área



**Figura 3.16 e).** Delimitación de área



**IV. Tablero estratégico:** El tablero deberá indicar lo siguiente:

- Metas de producción y estatus.
- Indicadores del área (inventario, entrenamiento, calibración, etc).

## **6. Limpiar**

Esta tercera fase consiste en eliminar todas las fuentes de suciedad en el área, de tal forma que desaparezcan las causas que producen el deterioro.

## **Pasos a seguir para limpiar**

La implementación se da de la siguiente manera:

**I. Planificar el mantenimiento de limpieza:** El encargado del área debe de realizar un cronograma de limpieza en el área designada, asignando a las personas responsables de realizar dicha actividad.

**II. Preparar el manual de limpieza:** Es necesario elaborar un manual de entrenamiento para limpiar, el cual debe de incluir lo siguiente:

- Propósito.
- Fotografía del área a limpiar.
- Fotografías de las personas involucradas.
- Artículos de limpieza y seguridad necesarios para realizar la actividad.
- Diagrama de flujo que se seguirá para su implementación.

**III. Implantación de limpieza:** Retirar polvo, aceite y grasa del equipo y maquinaria, asegurar que se limpien paredes, pisos, muebles, si es necesario pintar algunas áreas.

**IV. Limpiezas periódicas:** Se deben de realizar al menos una vez al día, esto para asegurar que el área seguirá limpia.

**V. Inspecciones periódicas:** Es necesario realizar inspecciones de manera periódicas, esto para asegurar que el empleado está haciendo la labor de limpieza.

En la anexo J se encuentra el formato donde se muestran los elementos del área que tienen que verificarse para conocer el grado de limpieza de cada uno.

## **Reglas de limpieza**

Se considera importante tomar en cuenta estas dos reglas para la limpieza:

- ❖ Antes de empezar a trabajar, asegurarse que todo esté limpio y funcionando.
- ❖ Al terminar de trabajar, todo debe de estar de nuevo limpio y cada cosa en su lugar.

## **7. Corroborar la clasificación realizada**

Después de que ya se clasificó, organizó y limpió el área, se pueden dar 7 días de prueba, esto con el fin de verificar que la clasificación en el puesto de cada empleado sea la adecuada. Con esto se asegura que los elementos que se encuentran en el área de trabajo son los necesarios para realizar la actividad laboral y que aquellos elementos que se clasificaron como innecesarios no se utilicen en el puesto de trabajo.

## **8. Realizar ajustes necesarios**

Una vez que se tiene la certeza de que aquellos elementos que se encuentran en el puesto de trabajo son los adecuados, se procede a realizar los cambios pertinentes de acuerdo a la comodidad y practicidad del operador en su puesto de trabajo, esto significa que cada empleado puede realizar los cambios necesarios dentro de su área de trabajo para facilitar la actividad laboral.

Se debe de tomar en cuenta que para realizar este paso, no se debe de volver a desorganizar ni ensuciar el puesto de trabajo, se debe de seguir con el mismo orden que se tuvo al aplicar las primeras eses.

## **9. Estandarizar**

Ahora lo que sigue es estandarizar los logros alcanzados con la realización de los pasos anteriores, es decir, después de definir la manera correcta en que debe estar organizado el puesto de trabajo, se utilizan criterios de organización y se normaliza la ubicación de los artículos en el puesto de trabajo, esto con la finalidad de que se mantengan los logros alcanzados con las primeras tres eses. Si no existe un proceso para conservar lo que se ha logrado con las eses anteriores, es muy posible que se vuelvan a acumular elementos innecesarios en el puesto de trabajo y por lo tanto ocurra una desorganización.

Se debe de enseñar al operador a crear normas con ayuda de la dirección, las cuales deben de contener, tiempos, medidas de seguridad, medios necesarios y procedimientos para realizar el trabajo de limpieza.

### **Pasos a seguir para estandarizar**

**I. Definir responsables y asignar tareas:** Para poder mantener las condiciones de las primeras tres eses, cada empleado del área debe de saber cuáles son sus responsabilidades, que hacer, cuando, donde y como hacerlo.

Se propone realizar un programa de trabajo para eliminar las fuentes de contaminación y mejorar los métodos de limpieza.

**II. Integrar las cinco eses a las actividades diarias:** Para que funcione de una manera adecuada la aplicación de las eses anteriores, se recomienda que cinco eses forme parte de las actividades cotidianas Baja Tool & Die, no debe de tomarse tiempo extra para la aplicación de cinco eses, ya que el personal se confundirá y creará que solamente en tiempo extra se dedicará espacio para su aplicación y los otros días de la semana se trabajará sin aplicarlo. Por eso es bien importante que se aplique como rutina diaria dentro del área de la empresa.

**III. Cinco eses visuales:** Consiste en exponer los niveles de las condiciones de las cinco eses mediante la visibilidad, para lo cual se propone utilizar un tablero en donde se registren los avances y logros obtenidos con las eses anteriores. Se pueden utilizar gráficas y fotos del área.

**IV. Limpieza preventiva:** Antes de limpiar, se debe de evitar que la suciedad se produzca. Para eliminar la tarea de estar limpiando todo aquello que sea factible, se debe de atacar las fuentes que provocan esa suciedad. Para esto, es necesario utilizar el método de los cinco porque y un cómo. Este paso aplicado en Baja Tool & Die, puede ser en la rebaba que se tira al suelo, investigar porque existe tanta rebaba en el suelo y ver una solución.

¿Por qué se barre el piso a cada rato?

Porque hay bastante rebaba en el suelo.

¿Por qué hay bastante rebaba en el suelo?

Porque cae de las máquinas fresadoras.

¿Por qué cae de las máquinas fresadoras al suelo?

Porque no se tiene un bote de basura a la mano el momento de realizar una operación de fresado.

¿Por qué no se cuenta con un bote de basura a la mano?

Porque existe escasez de botes de basura.

¿Por qué existe escasez de botes de basura?

Porque no se han mandado pedir más.

¿Cómo se puede coordinar para comprar más?

El encargado de compras puede verificar proveedores y compra los botes de basura necesarios.

Cuanto más se acerque a la fuente de suciedad, más información, capacidad y soluciones se tiene para atacar dicha fuente.

**V. Realizar una lista de verificación:** Debe de establecerse una verificación periódica, ésta puede ser semanalmente mediante chequeos elaborados para tal efecto. La lista de verificación se muestra en el anexo K.

## 10. Disciplinar

Esta quinta y última es el hábito de mantener correctamente los procedimientos adecuados, buscando la mejora continua. Su aplicación garantiza que la seguridad será permanente, la productividad se mejore progresivamente y la calidad de los productos sea excelente.

### **Pasos para crear disciplina**

**I. Hacer visibles los resultados de las eses anteriores:** Es necesario que los logros alcanzados con las eses anteriores (clasificar, ordenar, limpiar y estandarizar) se hagan visible dentro del área de producción, esto con el fin de concientizar al empleado de seguir haciendo las cosas de manera ordenada y limpia para que no se regrese a las costumbres anteriores.

**II. Crítica constructiva:** Provocar la crítica constructiva con otras áreas para generar ideas entre los empleados y realizar acciones de mejora.

**III. Participación de todos:** Provocar la participación de todos en la generación de ideas para fomentar y mejorar la disciplina de las 5'S, así mismo, se promueve la confianza entre los trabajadores de que sus ideas son escuchadas e incluso, si son factibles, se llegan hasta la implementación, esto ayuda a que el empleado se estimule y siga generando compartiendo sus ideas y puntos de vista.

**IV. Apoyo de la alta administración:** Es recomendable que la alta administración participe en periódicas visitas y promueva el programa de 5'S.

**V. Boletines informativos:** Uso de carteles, insignias, concursos de lema y logotipo.

**VI. Medición de la ejecución y sistema de compensaciones:** Es recomendable hacer inspecciones semanales usando hojas de evaluación o checklist. Los resultados obtenidos deben ser mostrados en tableros o áreas públicas.

#### **3.6.1.2 Recomendaciones para la implementación de cinco eses**

Algunas recomendaciones para la implementación de cinco eses son las siguientes:

- **Liderazgo:** Es importante que el Director General de la empresa tome el liderazgo y que todos formen parte de las cinco eses.
- **Actitud:** La actitud de los responsables por área es clave, si no lo toman con seriedad, nadie más lo tomará, de ellos depende el éxito o fracaso de la campaña.
- **Realizar por etapas:** No debe hacerse la labor de mantenimiento de las cinco eses como algo cansado y sucio, por eso debe efectuarse en etapas. Lo importante es empezar con cinco eses y mantener el esfuerzo.

### 3.6.1.3 Efecto de 5's sobre los defectos

Mediante la aplicación de 5'S en el área de producción de Baja Tool & Die, se logra una disminución o incluso una eliminación de los defectos asociados con esta herramienta de 5'S.

Los defectos asociados con esta herramienta son:

#### **Dimensiones incorrectas en matriz 2**

Para que las piezas cuenten con la tolerancia requerida, se necesita que la herramienta a utilizar esté limpia y en las condiciones óptimas de funcionamiento. La suciedad que se encuentre dentro del área de trabajo y el uso de la herramienta, hace que ésta se deteriore con el tiempo y ya no funcione de la manera adecuada, por lo tanto puede provocar errores de medición al momento de estar trabajando con dicha herramienta. El puesto de trabajo donde se realiza dicha operación debe estar limpia, ya que la hoja del diseño de la pieza que los operadores utilizan para revisar las medidas específicas de la pieza en cuestión, debe de estar libre de suciedad para que el operador verifique de manera correcta las medidas, de otra manera la hoja se ensucia y se toman medidas equivocadas provocando defectos en la pieza.

Con la aplicación de cinco eses en el área de producción, se logra mantener la limpieza para que la herramienta y la maquinaria estén en las condiciones óptimas para laborar y de esta manera se minimizan los defectos.

**Diámetro incorrecto de porta punzón 2**

Para realizar el diámetro correcto de la matriz de troquelado en el dado, se debe de contar con las medidas específicas para que este funcione de la manera correcta, además, la herramienta con la cual se hará el diámetro a la matriz debe de estar en condiciones óptimas para su funcionamiento, esto quiere decir, que debe de estar limpia y lista para funcionar. Cualquier suciedad que se encuentre dentro del área de trabajo, pueden hacer que la herramienta ya no funcione de la manera adecuada, por lo tanto puede provocar errores de medición al momento de estar trabajando con ella.

El área donde se realiza dicha operación debe estar limpia, ya que la hoja del diseño de la pieza que los operadores utilizan para revisar las medidas específicas de la pieza en cuestión, debe de estar libre de suciedad para que el operador verifique de manera correcta las medidas, ya que la mugre en el diseño puede hacer que las medidas de especificaciones incluidas en el mismo se deterioren provocando confusión con las medidas y esto hace que el operador tome las medidas incorrectas del diseño de la pieza.

Con la aplicación de cinco eses en el área de producción, se logra mantener el orden, la identificación y la limpieza para que la herramienta y la maquinaria estén en las condiciones óptimas y se pueda realizar la actividad laboral minimizando los defectos asociados con la misma.

**Barrenos incorrectos en matriz 2**

Para realizar la barrenación en el die set del dado, se necesitan tener en buenas condiciones los cortadores, esto significa, que estén limpios y que sean funcionales, además de que deben estar ordenados e identificados. Cualquier tipo de suciedad o residuo en los cortadores, puede hacer que el diámetro para una pieza sea mayor que el especificado en el diseño.

El puesto de trabajo donde se realiza dicha operación debe de estar limpia, ya que la hoja del diseño que los operadores utilizan para revisar y rectificar las medidas de los barrenos del dado, debe de estar libre de cualquier polvo y/o suciedad, esto con el fin de que las medidas se puedan apreciar de manera correcta, ya que cualquier tipo de suciedad que exista en la hoja de diseño, puede hacer que éste se deteriore provocando confusión con las medidas y esto hace que el operador tome las medidas incorrectas del diseño de la pieza. Por medio de la aplicación de cinco eses en el área de producción, se logra mantener el orden, la identificación y la limpieza para que la herramienta, maquinaria y área de trabajo estén en las condiciones óptimas, de esta manera se puede realizar la actividad laboral disminuyendo los defectos producidos por no contar con la aplicación de 5'S en el área.

### 3.6.1.4 Cronograma de implementación de 5's

A continuación se muestra, en la tabla 3.8 el cronograma de implementación de 5's propuesto.

**Tabla 3.10.** Cronograma de implementación de 5's.

Task Name	Duration	Predece	Resource Names
<b>[-] Implementación de 5S's</b>	<b>53 days</b>		
1. Verificar requisitos de la implementación en la empresa	1 day		Supervisor de producción
2. Capacitación	1 day	2	Gerente Gral.
3. Desarrollar un plan para cada ese	4 days	3	Gerente Gral.
<b>[-] 4. Clasificar</b>	<b>7 days</b>	<b>4</b>	
Hacer una lista del equipo y herramientas del área	1 day	4	Operador
Revisar que elementos de la lista son necesarios para trabaj	1 day	6	Supervisor
Utilización del método tarjeta roja	5 days	7	Supervisor de producción
<b>[-] 5. Ordenar</b>	<b>14 days</b>	<b>8</b>	
Organización de la herramienta	3 days	8	Supervisor
Identificación del material	2 days	10	Supervisor y control de producción
Delimitación de áreas	5 days	11	Supervisor y gerente
Tablero estratégico	4 days	12	Control de producción
<b>[-] 6. Limpiar</b>	<b>8 days</b>	<b>13</b>	
Planificar el mantenimiento de limpieza	2 days	13	Supervisor
Preparar el manual de limpieza	4 days	15	Supervisor y control de producción
Implantación de limpieza	2 days	16	Supervisor y control de producción
7. Corroborar la clasificación realizada	7 days	17	Supervisor de producción
8. Realizar ajustes necesarios	2 days	18	Supervisor de producción
<b>[-] 9. Estandarizar</b>	<b>5 days</b>	<b>19</b>	
Definir responsables y asignar tareas	2 days	18	Gerente de producción
5's visuales	2 days	21	Supervisor y control de producción
Realizar una lista de verificación	1 day	22	Control de producción
<b>[-] Disciplinar</b>	<b>4 days</b>	<b>23</b>	
Hacer visibles los resultados de las 4 primeras eses	2 days	23	Control de producción
Crítica constructiva y participación de todos	1 day	25	Control de producción
Boletines informativos	1 day	26	Control de producción
Medición de la ejecución	Permanente		Supervisor y control de producción

Existe la necesidad fundamental de la comunicación visual dentro de la empresa para poder identificar de una mejor manera las condiciones anormales en un sitio de trabajo. La

fábrica visual ayuda a distinguir fácilmente una situación anormal de otra anormal y a establecer cómo actuar para corregir esas desviaciones.

### **3.6.2.1 Metodología a seguir para la implementación de Fábrica Visual**

En base a la información que existe en la diversa bibliografía y tesis acerca de fábrica visual y tomando en cuenta las características de la compañía, se propone la siguiente metodología para el área de Baja Tool & Die:

1. Verificar requisitos para la implementación de Fábrica Visual en la empresa.
2. Identificar restricciones en el área de aplicación.
3. Alcance de la herramienta.
4. Capacitar a todas las personas involucradas en el área de aplicación.
5. Establecer los Controles Visuales a utilizar.
6. Diseñar los Controles Visuales.
7. Período de prueba
8. Retroalimentación, ajustes y correcciones.

#### **1. Verificar requisitos para la implementación de Fábrica Visual en la empresa**

Para el desarrollo de Fábrica Visual en el área se necesita:

- Contar con el apoyo del Director general de la empresa.
- Capacitar al personal sobre el funcionamiento de Fábrica Visual.
- Enlistar los recursos necesarios para su aplicación.

#### **2. Identificar restricciones en el área de aplicación**

Se debe de identificar cualquier tipo de restricción que se tenga en el área para la aplicación de Fábrica Visual, de esta manera se sabe desde el principio cualquier tipo de limitación que se pueda presentar. Para el área de Baja Tool & Die no hay restricciones de aplicación de esta herramienta.

### 3. Alcance de la herramienta

De acuerdo a los defectos asociados con esta herramienta en el área de Baja Tool & Die, se sugiere aplicar Fábrica Visual en el área de barrenación y escuadre, la cual se muestra en la figura 3.31, ya que los defectos en cuestión provienen de esas áreas.

Los factores que se deben administrar visualmente dentro del área de trabajo son:

- Ambiente de equipo de trabajo
- Documentación visual
- Indicadores de desempeño
- Control visual de la producción

Una vez que se aplique Fábrica Visual en éstas áreas, se sugiere aplicar Fábrica Visual en las áreas restantes de la compañía.



**Figura 3.17.** Área de barrenación y escuadre.

### 4. Capacitar a todas las personas involucradas en el área de aplicación

La capacitación debe de tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Dar a conocer el concepto de Fábrica Visual, beneficios, ventajas y desventajas.
- Dar a conocer las utilidades y beneficios de la aplicación en el área correspondiente.
- Que el empleado pueda asociar la herramienta en su entorno laboral.
- Dar a conocer la manera en que se implementará Fábrica Visual.

Duración de la capacitación: 2 horas.

Los pasos de la capacitación se desarrollan en las siguientes etapas:

1. Entregar un tríptico a cada empleado, en donde se redacte el concepto de Fábrica Visual, así como también el objetivo y metas de la implementación.
2. Incluir en la sesión, además de teoría, actividades prácticas como analizar uno de los defectos del área que se pueden atacar con Fabrica Visual, que los empleados participen en la generación de ideas para ver que mecanismo se puede utilizar para la solución de dicho defecto.

### **5. Establecer los Controles Visuales a utilizar**

Los siguientes son algunos medios de Control Visual que se pueden implementar en el área.

1. Cartelería: Para identificar áreas, máquinas o sectores peligrosos.
2. Exhibidores de Información “5S”: Para la difundir la gestión de Las “5S” en el área.
3. Otros medios visuales: Para indicar anomalías en alguna máquina o línea productiva, así como para:
  - Compartir información útil para las actividades y metas de las personas relacionadas con el área.
  - Comunicar normas y procedimientos en el área de trabajo.
  - Implementar alarmas para avisar anormalidades. Usar luces, timbres y bocinas de alarma u otros dispositivos que puedan ser vistos u oídos fácilmente para alertar ante una anormalidad o necesidad.

Se tiene que considerar que los Controles Visuales deberán ser vistosos y entendibles, esto con el fin de que el empleado tenga una mejor visibilidad y entendimiento al momento de ver el Control Visual.

## 6. Diseñar los Controles Visuales

En este punto es cuando, una vez analizados los controles visuales a utilizar, se procede a la realización de los mismos, es decir diseñarlos. Las características que deben poseer los controles visuales son los siguientes:

- Fiabilidad
- Independencia
- Objetividad

Después de haber elegido los Controles Visuales a utilizar, se procede con la implementación de los mismos en el área designada.

## 7. Período de prueba

En este punto, el encargado del área y las personas involucradas en el proceso de implementación del Control Visual, deberán medir, por al menos una semana, la frecuencia y el tiempo de respuesta frente a las situaciones clasificadas como anormales., por ejemplo: máquina descompuesta, pieza defectuosa o falta de material. Para esto se sugiere el siguiente formato:

**Tabla 3.14.** Formato para período de prueba.

Situación	Número de veces presentada	Tiempo promedio de respuesta sin Control Visual	Tiempo promedio de respuesta con Control Visual
Pieza defectuosa			
Máquina descompuesta			
Falta de material			

El encargado agrupa los resultados obtenidos durante el período de prueba para después analizar el comportamiento de los diferentes problemas que se presentaron durante la semana.

### 8. Retroalimentación, ajustes y correcciones.

Después del período de prueba de los controles visuales, si éstos no funcionaron de la manera esperada, se deben de realizar los ajustes y las correcciones oportunas, revisar los controles visuales que se implementaron en el área en cuestión y hacerle las modificaciones correspondientes para que funcionen de la manera adecuada y arrojen resultados favorables.

#### 3.6.2.2 Diseño de los controles visuales

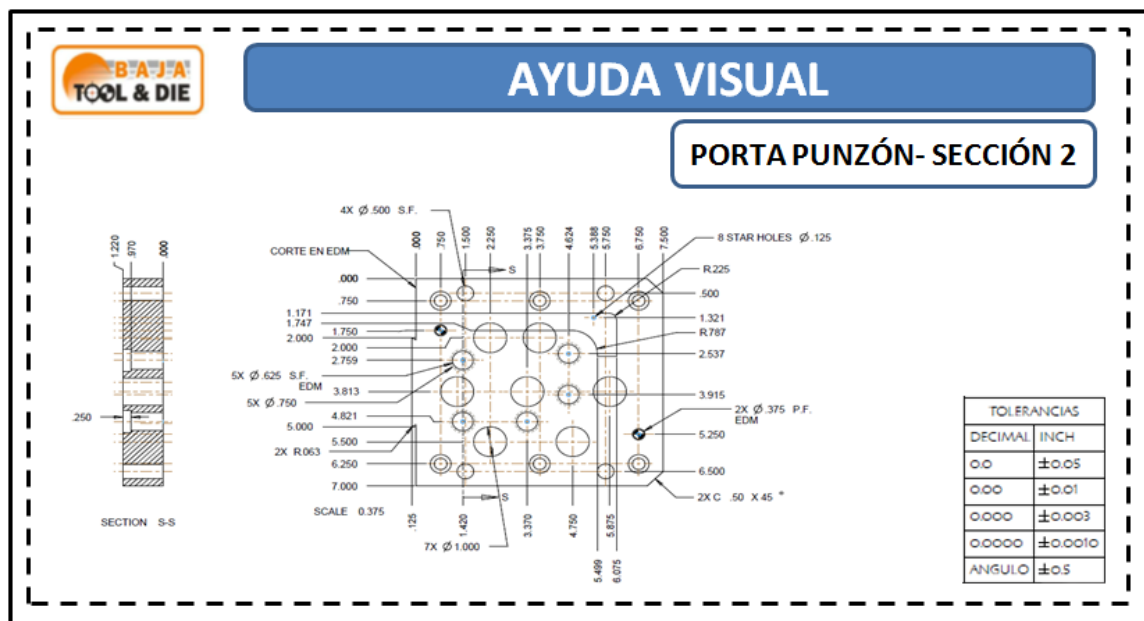


Figura 3.18. Ayuda visual porta punzón 2.

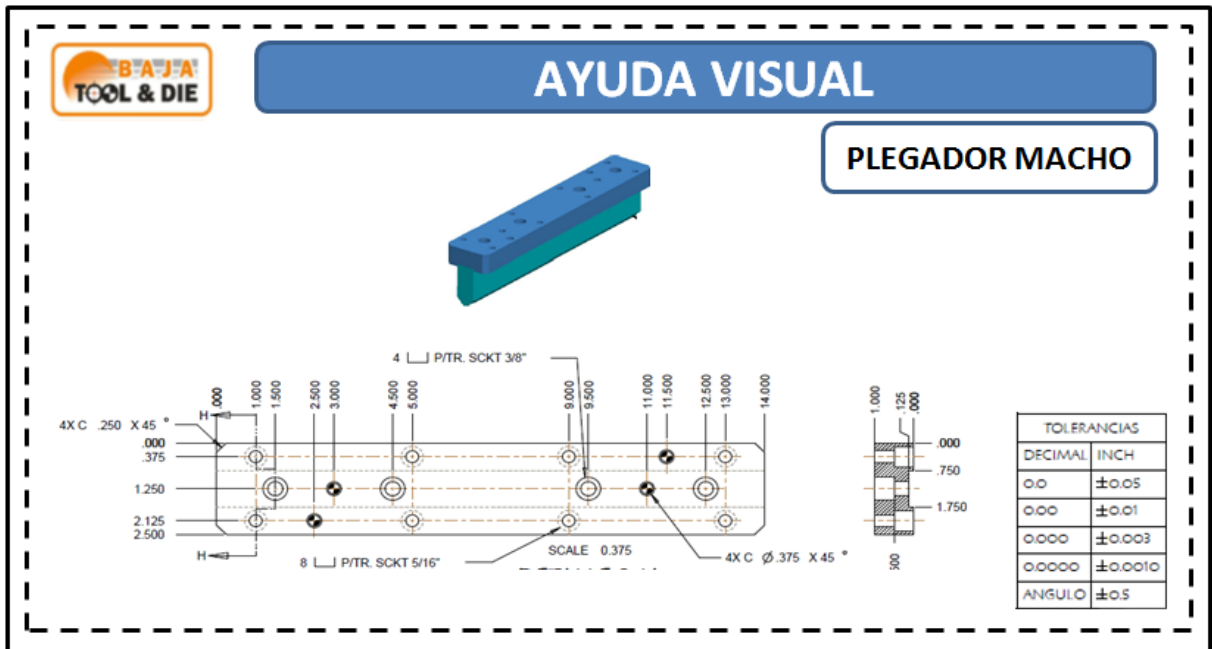


Figura 3.19. Ayuda visual plegador macho.

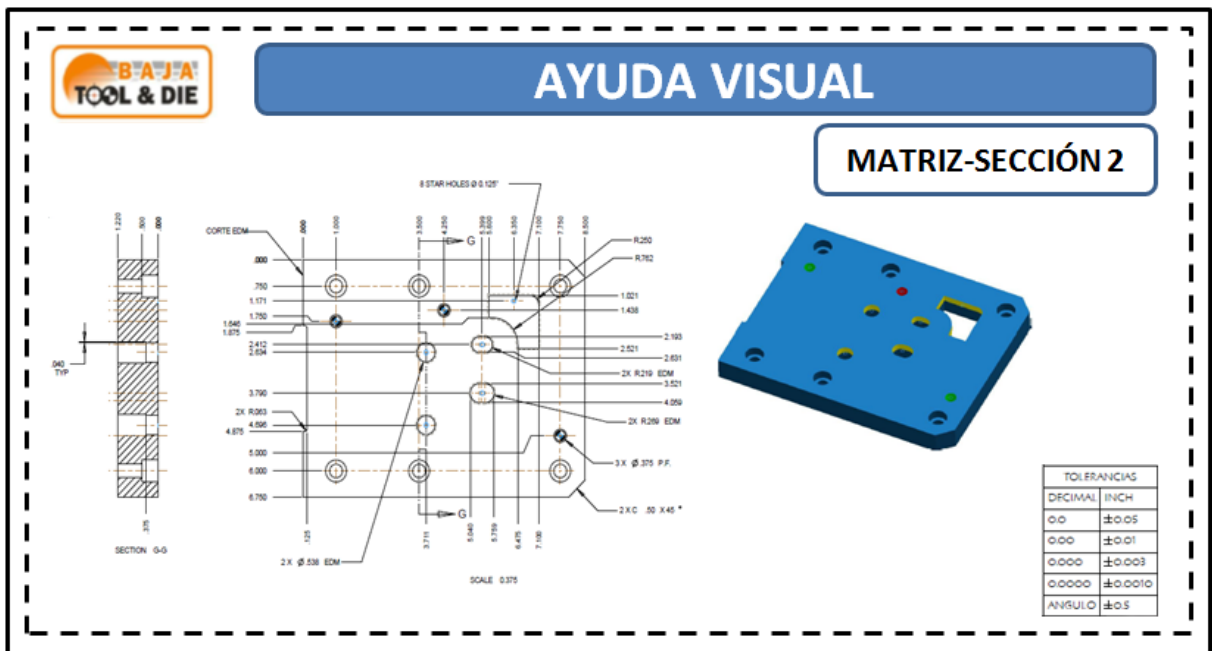


Figura 3.20. Ayuda visual matriz 2.

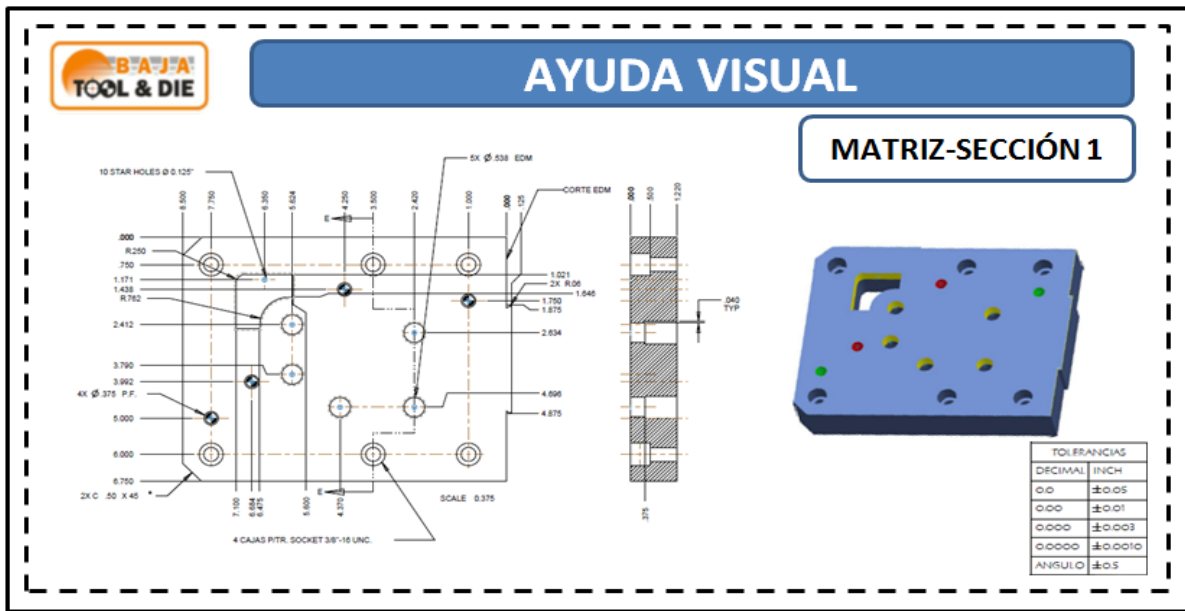


Figura 3.21. Ayuda visual matriz 1.

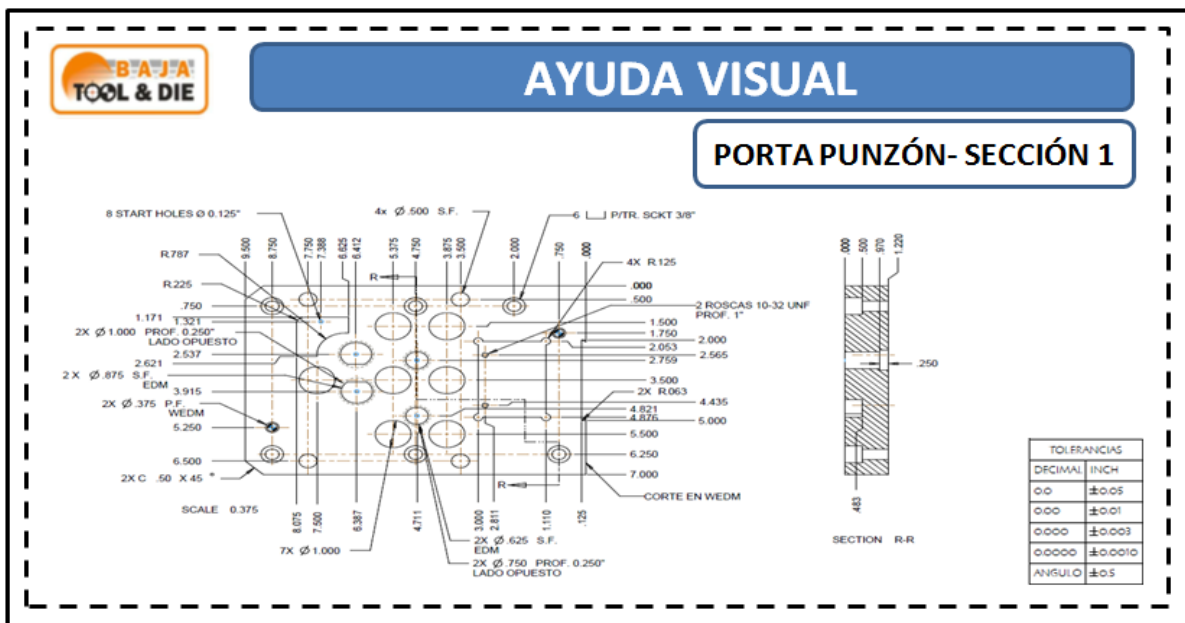


Figura 3.22. Ayuda visual porta punzón 1.

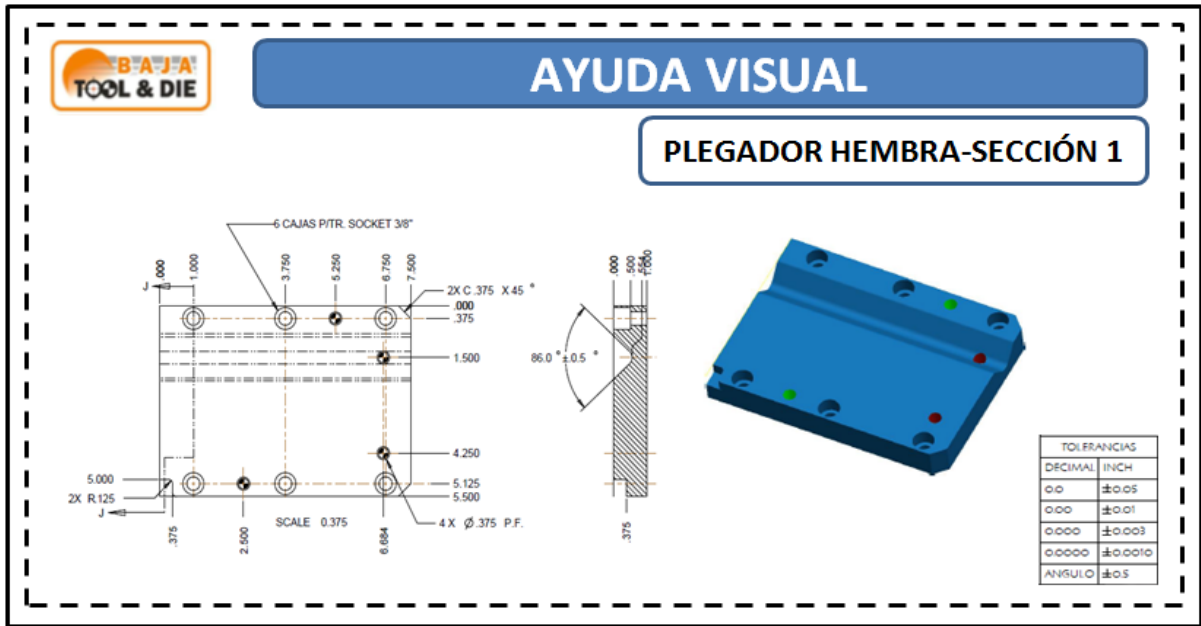


Figura 3.23. Ayuda visual plegador hembra 1.

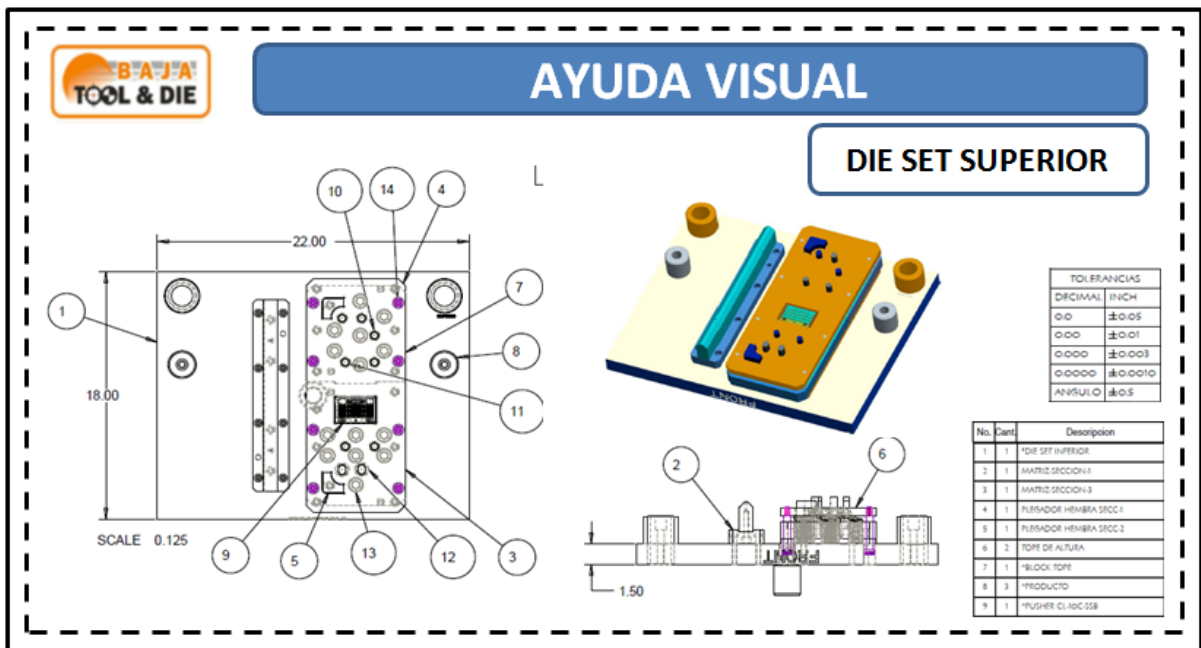
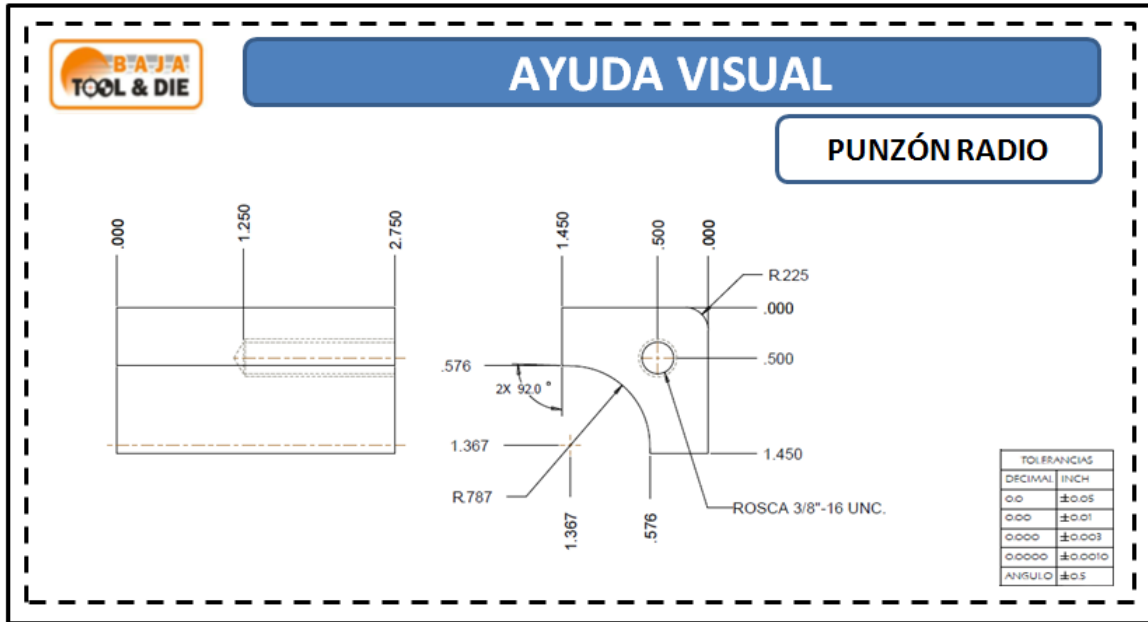


Figura 3.24. Ayuda visual die set superior.



**Figura 3.25.** Ayuda visual punzón radio.



**Figura 3.26.** Letrero máquina descompuesta.



**Figura 3.27.** Letrero máquina fallando.

### 3.6.2.3 Efecto del Fábrica Visual sobre los defectos

Los defectos relacionados con esta herramienta son:

- ❖ Diámetro incorrecto de porta punzón 2
- ❖ Barrenos incorrectos en plegador macho
- ❖ Barrenos incorrectos en matriz 2
- ❖ Corte incorrecto de EDM en matriz 1
- ❖ Dimensiones incorrectas en porta punzón 1
- ❖ Barrenos incorrectos en plegador hembra 1
- ❖ Dimensiones incorrectas en matriz 2
- ❖ Dimensiones incorrectas en punzón radio

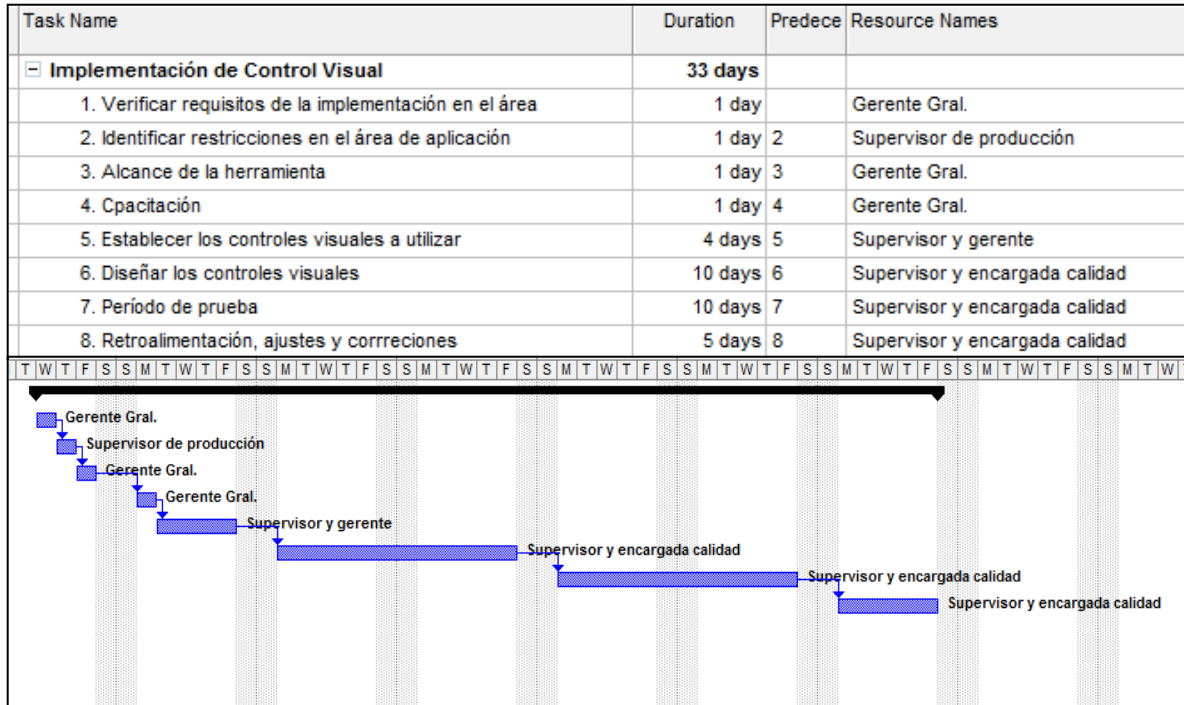
Es necesario que existan controles visuales que indiquen si la maquinaria tiene alguna falla o no, ya que muchas veces el operario utiliza alguna sin revisarla con anterioridad y con esto puede causarle alguna medida incorrecta a la pieza o algún defecto mayor que incluso puede derivar en que la pieza se haga scrap.

La herramienta que se vaya a utilizar en la máquina, debe de estar debidamente identificada, ya que muchas veces el operador no se fija bien en la herramienta y puede utilizar otra, como ejemplo un cortador de diferente medida a la deseada, puede ocasionar diámetros incorrectos en algunas partes de los dados.

Las fotos de la herramienta identificada se encuentran en el anexo L.

### 3.6.2.4 Cronograma de implementación de Fábrica visual

**Tabla 3.11.** Cronograma de implementación de Fábrica Visual.



### 3.6.3 Jidoka

#### 3.6.3.1 Metodología a seguir para la implementación de Jidoka

En base a la información que existe en la diversa bibliografía acerca de Jidoka y tomando en cuenta las características de la compañía, se propone la siguiente metodología para el área de Baja Tool & Die:

1. Verificar requisitos para la implementación de Jidoka en la empresa.
2. Identificar restricciones en el área de aplicación.
3. Alcance de la herramienta

4. Capacitar a todas las personas involucradas en el área de aplicación.
5. Clarificar especificaciones de los productos elaborados en la compañía
6. Integrar al trabajador en la empresa
7. Definir los procedimientos a utilizar

### **1. Verificar requisitos para la implementación de Jidoka en la empresa**

Para el desarrollo de Jidoka en el área se necesita contar con el apoyo del Director general de la empresa, ya que es muy importante debido a que Jidoka implica realizar algunos cambios en los procesos de inspección de la piezas, para que de esta manera disminuyan los defectos y Jidoka se pueda implementar de manera exitosa.

También es importante verificar que el personal que labora directamente con el producto conozca de manera clara las especificaciones de calidad, para que de esta manera los empleados puedan tomar decisiones al momento de estar inspeccionando el producto o la pieza en cuestión.

### **2. Identificar restricciones en el área de aplicación**

Se debe de identificar cualquier tipo de restricción que se tenga en el área para la aplicación de Jidoka, de esta manera se sabe desde el principio cualquier tipo de limitación que se pueda presentar.

Para el área de Baja Tool & Die no hay restricciones de aplicación de esta herramienta, sin embargo, debido a las características del proceso que en su mayoría es manual, se debe de generar en primera instancia procedimientos que verifiquen los productos de manera manual, una vez que se hayan implementado los procedimientos, se procede a implementar los automatizados para reforzar la herramienta Jidoka en el área. Por lo tanto, se debe de trabajar más en el comportamiento y disponibilidad del personal que labora en el área para que exista mayor sensibilidad al momento de verificar las piezas durante el proceso y al momento de tener el producto terminado.

### 3. Alcance de la herramienta

De acuerdo a los defectos asociados con esta herramienta en el área de Baja Tool & Die, se sugiere aplicar Jidoka en las áreas de escuadre y barrenación, la cual se muestra en la figura 3.17, debido a que los defectos asociados con esta herramienta provienen de esas áreas.



**Figura 3.28.** Área de escuadre y barreno.

Una vez que se aplique Jidoka en éstas áreas, se sugiere aplicar Jidoka en las áreas restantes de la compañía.

### 4. Capacitar a todas las personas involucradas en el área de aplicación

La capacitación debe de tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Dar a conocer el concepto de Jidoka, beneficios, ventajas y desventajas.
- Dar a conocer las utilidades y beneficios de la aplicación en el área correspondiente.
- Que el empleado pueda asociar la herramienta en su entorno laboral.
- Dar a conocer la manera en que se implementará Jidoka.

Duración de la capacitación: 2 horas.

Los pasos de la capacitación se desarrollan en las siguientes etapas:

1. Entregar un tríptico a cada empleado, en donde se redacte el concepto de Jidoka, así como también el objetivo y metas de la implementación.

2. Preguntar al empleado, antes de iniciar la sesión, que es lo que espera de la capacitación y al final verificar si se cumplió con las expectativas del empleado.
3. Incluir en la sesión, además de teoría, actividades prácticas como analizar uno de los defectos del área que se pueden atacar con Jidoka, que los empleados participen en la generación de ideas de cómo desarrollar un mecanismo Jidoka para la solución de dicho defecto.

### **5. Clarificar especificaciones de los productos elaborados en la compañía**

Las especificaciones de los productos que se elaboran en el área de Baja Tool & Die, deben de ser establecidas por el director general de la empresa, ya que esta persona cuenta con la experiencia para determinar las especificaciones de acuerdo a las necesidades de los clientes.

De esta manera, tomando en cuenta las especificaciones que debe de tener el producto para la satisfacción del cliente, los operarios al momento de inspeccionar el producto lo hacen de una manera confiable y acertada debido a que conocen las especificaciones de manera detallada que debe de tener el producto para que cuente con la calidad que el cliente desea obtener. Si el empleado conoce las especificaciones del producto facilitará la detección de los defectos en su puesto de trabajo y en los otros puestos de trabajo del área, esto ayuda a que un producto defectuoso se pueda detectar en cualquier momento del proceso de elaboración.

### **6. Integrar al trabajador en la empresa**

Este paso es muy importante, se debe de integrar al trabajador en la empresa para que de esta manera consiga el autocontrol. En Jidoka, el autocontrol por parte de los trabajadores es muy importante ya que evita que los empleados engañen al inspector. En el caso de Baja Tool & Die cada empleado es su propio inspector ya que cada uno trabaja su pieza hasta que queda terminada, es decir, un mismo empleado trabaja su pieza hasta el final, por lo tanto tiene más responsabilidad al momento de estar inspeccionando su pieza, es por eso que necesita tener autocontrol para poder tomar decisiones al momento de trabajar con la pieza en cuestión.

## 7. Definir los procedimientos a utilizar

Una vez que los empleados tienen una idea más clara de las especificaciones de calidad de los productos y se comprometen a cumplir con éstas, se procede a identificar los procedimientos a utilizar que cumplan con lo siguiente:

- Disminuir o incluso eliminar los defectos y errores que se presentan a lo largo del proceso de producción.
- Identificar mecanismos y/o procedimientos que eviten la presencia de los defectos o no conformidades en el proceso de producción.

La verificación que se realiza de las especificaciones del producto debe ser constante y permanente a lo largo del proceso de producción. Considerando que la calidad es la parte esencial de cualquier proceso de producción, se debe de realizar de manera simultánea a la elaboración del proceso. Con la aplicación de Jidoka se realiza una verificación en el proceso, por lo tanto, lo que se busca con la implementación de Jidoka es asegurar y verificar la calidad de los productos por medio de mecanismos y/o procedimientos que se encuentran integrados al proceso.

Para lograr realizar los procedimientos y/o mecanismos a utilizar, se debe de considerar lo siguiente:

*1) Identificar las anomalías en el proceso de producción.* Las anomalías que se presentan en el proceso pueden ser antes y después, esto quiere decir, de manera preventiva o correctiva, lo que se busca en primera instancia es lograr convertir la detección correctiva en preventiva para después llegar a la reducción de defectos en el proceso.

Detección de anomalías de manera preventiva. Considerando los parámetros de calidad establecidos en el proceso de producción, se debe de realizar una continua comparación entre el comportamiento de los parámetros de los procesos y los estándares establecidos para asegurar el cumplimiento de las especificaciones definidas. Si los parámetros

del proceso no corresponden a los estándares establecidos se genera una alerta que manifiesta la existencia de una anomalía o defecto en el proceso de producción.

Detección de anomalías de manera correctiva. Considerando las especificaciones definidas para los productos se pueden detectar en el proceso de producción defectos que están siendo generados, en el área de fresado de BajaTool & Die, se detectaron defectos que ya fueron generados y que deben ser corregidos a la brevedad, esto con el fin de evitar que se produzcan partes y/o productos defectuosos.

2) *Parar el proceso de producción.* Una vez que ya se detectó la anomalía en el proceso de producción se procede a parar la línea de producción, en el caso de Baja Tool & Die, el operador que está trabajando con la pieza a la cual se le detectó el defecto, debe de dejar de fabricarla en ese instante y podrá volver a trabajarla hasta que se corrija la anomalía, esto con el fin de evitar que se produzcan piezas defectuosas.

3) *Investigar la causa raíz del problema.* Después de que el operador paró el proceso de producción de la pieza en cuestión, se procede a investigar cual es la causa de esa anomalía o defecto. Debe de identificarse de manera clara la causa por la cual se está generando dicho defecto en la pieza o producto.

4) *Corregir la condición anormal.* Una vez que ya se sabe y se conoce de manera clara el origen o la causa que genera que la pieza o el producto sea defectuosa, se procede a la generación de ideas para llegar a una solución efectiva, en este paso es muy importante que los operadores se involucren dando sus puntos de vista, opiniones e ideas para corregir la anomalía. Se deben desarrollar mecanismos y/o procedimientos que faciliten la corrección de los defectos o dificultades que se presenten durante el proceso de producción, en este paso se consideran los dispositivos Poka Yoke, los cuales están asociados con la herramienta Jidoka, más adelante se presentará su metodología.

### 3.6.3.2 Efecto de Jidoka sobre los defectos

Mediante la aplicación de Jidoka en las áreas de escuadre y barrenación de Baja Tool & Die, se logra una disminución o incluso una eliminación de los defectos asociados con esta herramienta de Jidoka.

Los defectos asociados con esta herramienta son:

#### Dimensiones incorrectas en porta punzón 1

Jidoka facilita el desarrollo de procedimientos que permiten verificar las dimensiones del porta punzón, asegurando de esta manera que se cuente con las dimensiones adecuadas para su ensamble. El uso de esta herramienta, permite que cuando se termine el proceso de escuadre y barrenación del porta punzón y matriz, el operador lo inspeccione para tener una mayor claridad de las medidas antes de iniciar con el proceso de rectificado, de esta manera las medidas serán las correctas y no se pasará al siguiente proceso con medidas erróneas generando costo y pérdida de tiempo.

### 3.6.4.3 Cronograma de implementación de Jidoka

A continuación se muestra, en la tabla 3.9 el cronograma de implementación de Jidoka propuesto.

**Tabla 3.12.** Cronograma de implementación de Jidoka.

Task Name	Duration	Precede	Resource Names
<input type="checkbox"/> <b>Implementación de Jidoka</b>	<b>21 days</b>		
1. Verificar requisitos de la implementación en la empresa	1 day		Gerente Gral.
2. Identificar restricciones en el área de aplicación	1 day	2	Supervisor de producción
3. Alcance de la herramienta	1 day	3	Gerente Gral.
4. Cpacitación	1 day	4	Gerente Gral.
5. Clarificar especificaciones de los productos	4 days	5	Gerente Gral.
6. Integrar al trabajador en la empresa	3 days	6	Supervisor y gerente
7. Definir los procedimientos a utilizar	10 days	7	Supervisor y gerente

### **3.6.4 Poka Yoke**

#### **3.6.4.1 Metodología a seguir para la implementación de Poka Yoke**

En base a la información que existe en la diversa bibliografía y tesis acerca de los dispositivos Poka Yoke y tomando en cuenta las características de la compañía, se propone la siguiente metodología para el área de Baja Tool & Die:

1. Verificar requisitos para la implementación de Poka Yoke en la empresa.
2. Identificar restricciones en el área de aplicación.
3. Alcance de la herramienta
4. Capacitar a todas las personas involucradas en el área de aplicación
5. Identificar los tipos de dispositivos Poka Yoke requeridos para prevenir el defecto y elegir propuestas
6. Elaborar los dispositivos poka yoke
7. Etapa de prueba de los dispositivos
8. Realizar correcciones oportunas
9. Monitoreo de los dispositivos

#### **1. Verificar requisitos para la implementación de Poka Yoke en la empresa**

Para la aplicación de Poka Yoke en el área se necesita contar con un conocimiento y desarrollo previo de Jidoka, ya que, como se había mencionado con anterioridad, los dispositivos Poka Yoke refuerzan los procedimientos de Jidoka. Una vez analizados los procedimientos de Jidoka, se procede a desarrollar los dispositivos Poka Yoke.

#### **2. Identificar restricciones en el área de aplicación**

En este paso se identifica cualquier tipo de restricción que se tenga en el área para la aplicación de Poka Yoke, en este caso Baja Tool & Die no presenta ninguna restricción para

su proceso de aplicación, sin embargo, se debe revisar con el Director General y el supervisor del área los dispositivos a implementar.

### **3. Alcance de la herramienta**

De acuerdo a los defectos asociados con esta herramienta en el área de Baja Tool & Die, se sugiere aplicar Poka Yoke en el área de barrenación, debido a que los defectos asociados con esta herramienta provienen de esa área.

### **4. Capacitar a todas las personas involucradas en el área de aplicación**

La capacitación de Poka Yoke debe de tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Dar a conocer el concepto de Poka Yoke, beneficios, ventajas y desventajas.
- Dar a conocer los beneficios de la aplicación en el área correspondiente.
- Dar a conocer la manera en que se implementará Poka Yoke.
- Informar al personal sobre los defectos en el área que están asociados con Poka Yoke..

Duración de la capacitación: 2 horas.

Los empleados a los cuales se les vaya a dar la capacitación, deben de haber entrado a la capacitación de Jidoka, esto con el fin de tener un mayor entendimiento al momento de la capacitación de Poka Yoke. Los pasos de la capacitación se desarrollan en las siguientes etapas:

1. Entregar un tríptico a cada empleado, en donde se redacte el concepto de Poka Yoke, así como también el objetivo y metas de la implementación.
2. Preguntar al empleado, antes de iniciar la sesión, que es lo que espera de la capacitación y al final verificar si se cumplió con las expectativas del empleado.
3. Incluir en la sesión, además de teoría, actividades prácticas como analizar uno de los defectos del área que se pueden atacar con Poka Yoke, que los empleados participen en la generación de ideas sobre que dispositivos ayudarían en la eliminación de ese defecto.

## 5. Identificar los tipos de dispositivos Poka Yoke requeridos para prevenir el defecto y elegir propuestas

Una vez que se ha dado la capacitación a todas las personas involucradas en el área de trabajo, se propone realizar una reunión con el personal a cargo para la obtención de ideas y propuestas de diversos dispositivos que pueden funcionar para la eliminación de defectos en el área. Se debe de enlistar todas las alternativas, métodos o ideas para detectar el error. Con las ideas de los empleados, que son los que trabajan directamente con la pieza, se logran identificar los dispositivos Poka Yoke necesarios para la eliminación de los defectos.

Para esto se sugiere el siguiente formato que se muestra en la tabla 3.15.

**Tabla 3.13.** Formato para enlistar propuestas de poka yoke.

Fecha	Nombre del empleado	Defecto analizado	Dispositivo propuesto	Área de aplicación	Beneficios del dispositivo

Una vez, teniendo las propuestas enlistadas, se procede a elegir las propuestas más factibles para la compañía, incluyendo lo siguiente:

- Los dispositivos deben ser de bajo costo y de fácil implementación.
- Evaluar la factibilidad del dispositivo antes de invertir en el.
- Si no se puede prevenir el defecto, el dispositivo deberá prevenir que este se pase a la siguiente operación.

## 6. Elaborar los dispositivos Poka Yoke

Después de haber elegido los dispositivos Poka Yoke, se procede con la implementación de los mismos en el área designada. Se sugiere realizar pruebas piloto para

verificar el funcionamiento de los dispositivos y ver el efecto que éste probablemente tendrá en los defectos asociados con esta herramienta.

### **7. Etapa de prueba de los dispositivos**

Una vez que se implementaron los dispositivos Poka Yoke para reducir las anomalías y/o defectos en el proceso de producción, se sugiere monitorearlos de manera diaria por un lapso de diez días, esto con el fin de verificar su efectividad real en el proceso de producción, los cuales ayudarán a esclarecer si los mecanismos funcionan o no de la manera correcta, o si fueron los adecuados de acuerdo a los defectos detectados.

### **8. Realizar correcciones oportunas**

Después de la etapa de prueba de los dispositivos, si éstos no funcionaron de la manera adecuada, es decir, si los resultados no son los que se esperaban, se deben de realizar las correcciones oportunas, esto es, revisar los dispositivos que se introdujeron al sistema y hacerle las modificaciones correspondientes para que funcionen de la manera correcta o tomar en consideración otras propuestas.

### **9. Monitoreo de los dispositivos**

Una vez realizadas las correcciones a los dispositivos, se debe de seguir monitoreando los resultados, esto con la ayuda de indicadores que estarán evaluando dichos mecanismos de manera constante para poder detectar, en un futuro, mejoras continuas en los dispositivos o incluso implementar más dispositivos Poka Yoke.

#### **3.6.4.2 Efecto de Poka Yoke sobre los defectos**

Mediante la aplicación de Poka Yoke en el área de fresado de Baja Tool & Die, se logra una disminución o incluso una eliminación de los defectos asociados con esta herramienta.

Los defectos asociados con esta herramienta son:

### **Barreno con dimensiones incorrectas en die set superior**

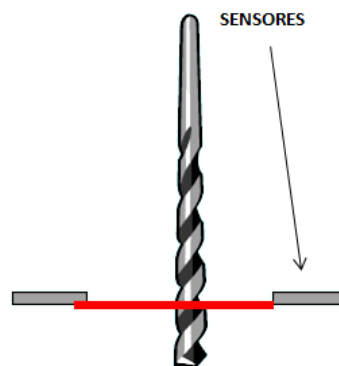
En el proceso de barrenación, algún cortador de la máquina fresadora automática puede llegar a romperse, el operador puede no estar en ese momento, la máquina seguirá operando y puede generar la obtención de diámetros incorrectos en la pieza o incluso scrap. Sencillos sensores se pueden colocar en la máquina, creando un Poka Yoke de prevención, con eso la máquina se detiene y alerta al operador que algo sucede.

### **Fabricación de barreno en lado incorrecto de matriz 1**

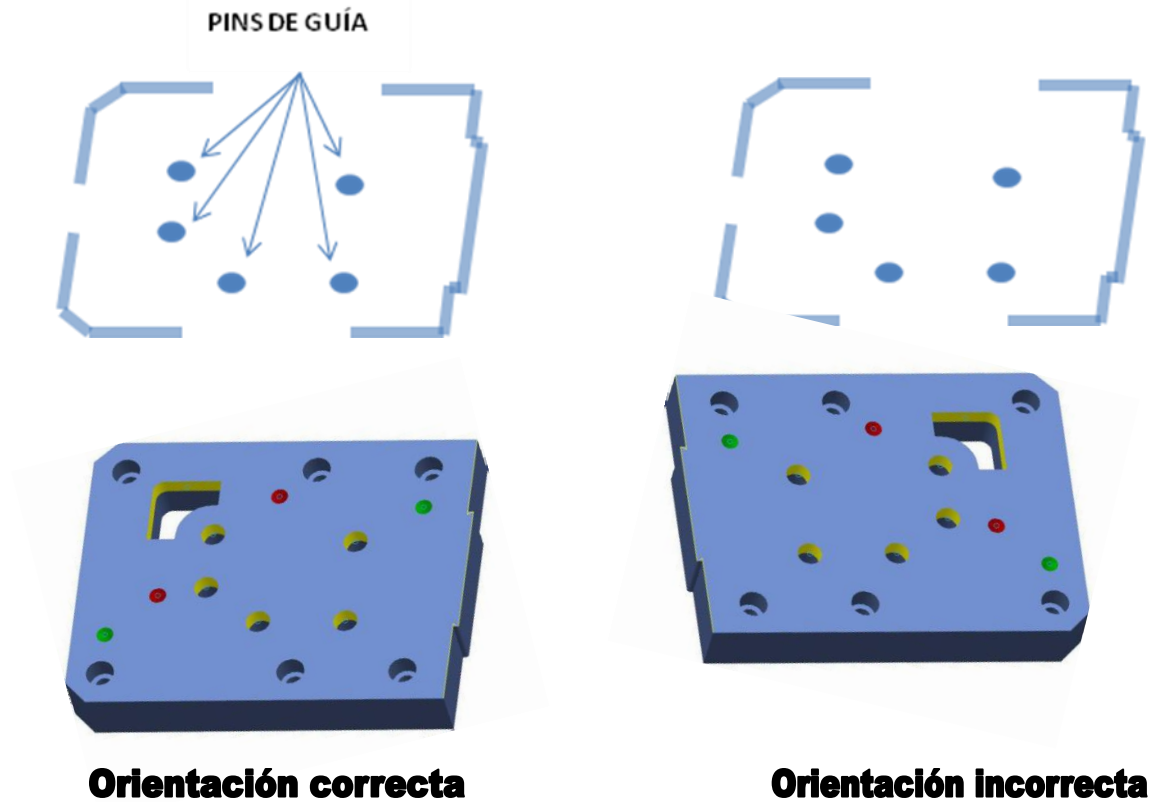
Al momento de realizar la barrenación en la matriz del dado los empleados se confunden de posición del barreno, ya que el dado tiene dos matrices casi idénticas, por lo tanto se realiza un barrenación en posición equivocada. Un sistema poka yoke ayudaría a que esos defectos disminuyan o incluso desaparezcan por completo. Se propone un dispositivo tan sencillo como puede ser una guía de pins, en donde al momento de acomodar la pieza para realizar la barrenación solo se pueda acomodar de un solo lado, este dispositivo ayuda a que la orientación de la pieza sea la correcta y le sirva de guía al empleado para que deje de cometer los defectos.

#### **3.6.4.3 Diseño de los poka yokes**

A continuación se proponen los siguientes dispositivos poka yoke:



**Figura 3.29.** Dispositivo poka yoke propuesto (sensores).



**Figura 3.30.** Dispositivo poka yoke propuesto (pins de guía).

#### 3.6.4.4 Cronograma de implementación de Poka Yoke

A continuación se muestra, en la tabla 3.11 el cronograma de implementación de Poka Yoke propuesto.

**Tabla 3.14.** Cronograma de implementación de Poka Yoke.

Task Name	Duration	Predece	Resource Names
<input type="checkbox"/> <b>Implementación de Poka Yoke</b>	<b>36 days</b>		
1. Verificar requisitos de la implementación en la empresa	1 day		Gerente Gral.
2. Identificar restricciones en el área de aplicación	1 day	2	Supervisor de producción
3. Alcance de la herramienta	1 day	3	Gerente Gral.
4. Cpacitación	1 day	4	Gerente Gral.
5. Identificar los tipos de dispositivos poka yoke requeridos	7 days	5	Supervisor y gerente
6. Elaborar los dispositivos poka yoke	10 days	6	Supervisor y gerente
7. Etapa de prueba de los dispositivos	10 days	7	Supervisor y gerente
8. Realizar correcciones oportunas	5 days	8	Supervisor y gerente
9. Monitoreo de los dispositivos	Permanente		Supervisor y control de producción

## Capítulo 4

### Análisis de resultados

#### 4.1 Evaluación financiera del proyecto

En este capítulo se especificará que tan factible o viable es el proyecto. Es necesario resaltar que la implementación de herramientas de manufactura esbelta implica un proceso continuo de mejoramiento, que debe continuar siendo ajustado y evaluado de manera permanente, convirtiéndose así en parte de la cultura y principios de la empresa.

##### 4.1.1 Descripción de las inversiones

Dentro del análisis que se realizó a la propuesta tomando como referencia los resultados sobre la reducción de defectos prioritarios, se determinó los puntos en los cuales se necesita aplicar una inversión, considerándose los siguientes:

- **Capacitación:** La capacitación se necesita aplicar a todos los miembros involucrados en la implementación de manufactura esbelta. Para determinar el valor de la inversión en capacitación, se tomó en cuenta el salario por hora de los empleados, así como también el costo de tiempo extra por hora ya que se considera la opción de realizar la capacitación al final del turno, esto con el fin de no afectar la producción. En la siguiente tabla, se muestra la inversión en capacitación de las herramientas de manufactura esbelta:

**Tabla 4.1.** Costo promedio de horas extra.

Personal a capacitar	Numero de personas a capacitar	Costo de 1 hora de trabajo (por empleado)	Costo de 1 hora de tiempo extra (por empleado)	Costo de 1 hora de trabajo extra (todos los empleados)
Operadores	6	\$31.6	\$63.2	\$379
Supervisor de producción	1	\$47.4	\$94.7	\$95
Control de producción y calidad	1	\$42.1	\$84.2	\$84
				<b>\$558</b>

**Tabla 4.2.** Costo horas de capacitación.

Herramienta a utilizar	Cantidad de horas requeridas	Costo por hora de capacitación	Costo total a invertir
5's	4	\$558	\$2,232
Jidoka	2	\$558	\$1,116
Poka Yoke	2	\$558	\$1,116
Fábrica Visual	2	\$558	\$1,116
			<b>\$5,579</b>

Como se muestra en la anterior tabla, se necesita invertir \$ 5,579 en la capacitación de todas las herramientas desarrolladas en el proyecto, tomando en cuenta solo los trabajadores involucrados en la implementación. Esto, teniendo presente que la capacitación será permanente y que se generarán equipos de trabajo, los cuales estarán involucrados en actualizar sus conocimientos e ideas necesarias para el área de trabajo, de esta manera no se necesitará capacitar nuevamente.

- Capital de trabajo: Al momento de reducir defectos en el área de Baja Tool & Die, se permite la elaboración de más productos, esto quiere decir, que con el ahorro en tiempo que se obtiene a partir de la reducción de defectos, aumenta la capacidad de producción en el área de la empresa, por lo tanto se necesita una inversión en materiales.

A partir de los tiempos requeridos para solucionar cada uno de los defectos y de la frecuencia con la cual estos se presentan, se muestra la siguiente tabla:

**Tabla 4.3.** Frecuencia y horas invertidas por defecto.

DEFECTO	FRECUENCIA	HORAS INVERTIDAS	PRODUCCION ADICIONAL	%
Diametro incorrecto de porta punzón 2 (die set superior)	75	1	75	20%
Barrenos incorrectos en plegador macho (die set superior)	65	2	130	17%
Barrenos incorrectos en matriz 2 (die set inferior)	50	3	150	13%
Fabricación de barreno en lado incorrecto de matriz 1 (die set superior)	40	3	120	11%
Corte incorrecto de EDM en matriz 1 (die set inferior)	30	2	60	8%
Dimensiones incorrectas en porta punzón 1 (die set superior)	30	2	60	8%
Barrenos incorrectos en plegador hembra 1 (die set inferior)	29	2	58	8%
Barreno con dimensiones incorrectas en die set superior	21	1	21	6%
Dimensiones incorrectas en matriz 2 (die set inferior)	20	3	60	5%
Dimensiones incorrectas punzón radio (die set superior)	15	3	45	4%
<b>TOTAL</b>	<b>375</b>	<b>22</b>	<b>779</b>	<b>100%</b>

Con la información presentada en la tabla anterior se determina que el tiempo utilizado en el arreglo de los defectos prioritarios es de 779 horas, ahora bien, si el tiempo promedio para elaborar un dado es de 779 horas, se determina que se puede elaborar 1 dado adicional (en periodo de 6 meses) al momento de eliminar por completo los defectos prioritarios.

Se presenta, a continuación, la tabla de reducción de defectos, comparando las frecuencias anteriores con las actuales, considerando de Abril a Septiembre del 2012, (ver anexo M), aclarando que las herramientas que se alcanzaron a aplicar en el periodo de 6 meses fue 5's (limpiar, clasificar y organizar) y fábrica visual, los procedimientos de jidoka y la aplicación de los poka yokes no se alcanzaron a aplicar en el área, sin embargo, se consideró que los defectos asociados a poka yoke se reducen al 100%, es por ello que se tomó dicha reducción en los resultados mostrados a continuación:

**Tabla 4.4.** Porcentaje de reducción.

DEFECTOS	ANTES		DESPUÉS		PORCENTAJE DE REDUCCIÓN
	FRECUENCIA	COSTO (USD)	FRECUENCIA	COSTO (USD)	
Díametro incorrecto de porta punzón 2 (die set superior)	75	1,125	67	1,005	11%
Barrenos incorrectos en plegador macho (die set superior)	65	975	60	900	8%
Barrenos incorrectos en matriz 2 (die set inferior)	50	750	45	675	10%
Fabricación de barreno en lado incorrecto de matriz 1 (die set inferior)	40	600	0	0	100%
Corte incorrecto de EDM en matriz 1 (die set inferior)	30	450	25	375	17%
Dimensiones incorrectas en porta punzón 1 (die set superior)	30	450	22	330	27%
Barrenos incorrectos en plegador hembra 1 (die set inferior)	29	435	24	360	17%
Dimensiones incorrectas en matriz 2 (die set inferior)	20	300	16	240	20%
Barreno con dimensiones incorrectas en die set superior	21	315	0	0	100%
Dimensiones incorrectas punzón radio (die set superior)	15	225	11	165	27%
<b>TOTAL</b>	<b>375</b>	<b>5,625</b>	<b>270</b>	<b>4,050</b>	<b>28%</b>

Teniendo esta información, se tomará en cuenta el 28% que se logró reducir en un período de 6 meses, para determinar la producción adicional anual, calculando 1 año a partir del 2012.

**Tabla 4.5.** Información general.

Tiempo utilizado en el arreglo de defectos (hrs.) =	<b>779</b>
Tiempo de elaboración de un dado industrial =	<b>779</b>
Valor promedio de un dado industrial =	<b>\$130,000</b>
Reducción de defectos =	<b>28%</b>

**Tabla 4.6.** Producción adicional.

<b>PRODUCCIÓN ADICIONAL</b>	<b>1er. Semestre (Abril-2012 a Sept-2012)</b>	<b>2do. Semestre (Oct.-2012 a Marzo-2013)</b>	<b>3er. Semestre (Abril-2013 a Sept.-2013)</b>
Inflación		4.2%	4.4%
Incremento en demanda		20%	22%
Tiempo total por defectos (hr)	779	935	1140
Tiempo a reducir hrs. (28%)	218	262	319.3
Piezas adicionales totales a producir	0.3	0.34	0.4
<b>Ahorro total en defectos (dlls.)</b>	<b>\$ 1,575.00</b>	<b>\$ 1,969.38</b>	<b>\$ 2,507.64</b>

Ahora se necesita saber el porcentaje de inventario necesario para suplir la producción adicional, de acuerdo a las políticas de la empresa, se debe de mantener un 28% de inventario con respecto a las ventas.

De acuerdo a la tabla anterior y a los costos de fabricación del dado (Ver Anexo N), se obtienen los siguientes datos:

**Tabla 4.7.** Inventarios.

<b>INVENTARIOS 28%</b>	<b>1er. Semestre (Abril-2012 a Sept-2012)</b>	<b>2do. Semestre (Oct.-2012 a Marzo-2013)</b>	<b>3er. Semestre (Abril-2013 a Sept.-2013)</b>
Inflación		4.2%	4.4%
Piezas adicionales posibles a producir	0.3	0.3	0.4
Ventas adicionales promedio	\$ 36,400.00	\$ 43,680.00	\$ 53,289.60
Costo de fabricación	\$ 39,363.96	\$ 41,017.24	\$ 42,809.69
Inventario requerido	\$ 10,192.00	\$ 10,620.06	\$ 11,084.16
<b>Inventario total requerido</b>	<b>\$ 2,853.76</b>	<b>\$ 3,568.34</b>	<b>\$ 4,543.62</b>

donde se aprecia el inventario total necesario para satisfacer la producción adicional.

Una vez que se tiene las principales inversiones que se requieren de acuerdo a las características del proyecto, se elabora el plan de inversiones donde se establece la cantidad de inversión que se debe de realizar por semestre, calculando para esto 1 año, tomando en cuenta los implementos de organización y las horas por implementación, (ver anexo O).

**Tabla 4.8.** Plan de inversión.

<b>PLAN DE INVERSIÓN</b>			
<b>Activos diferidos</b>	<b>1er. Semestre (Abril-2012 a Sept-2012)</b>	<b>2do. Semestre (Oct.-2012 a Marzo-2013)</b>	<b>3er. Semestre (Abril-2013 a Sept.-2013)</b>
Capacitación	\$ 5,578.95		
Horas por implementación (\$)	\$18,063.16		
Implementos de organización	\$ 1,020.15	\$ 530.70	\$ 530.70
<b>Total activos diferidos</b>	<b>\$ 24,662.26</b>	<b>\$ 530.70</b>	<b>\$ 530.70</b>
<b>Capital de trabajo</b>			
Inventarios	\$ 3,568.34	\$ 4,543.62	\$ -
<b>Total inversiones</b>	<b>\$ 28,230.60</b>	<b>\$ 5,074.32</b>	<b>\$ 530.70</b>

Como se puede apreciar en la tabla anterior, la inversión fuerte sería en el primer semestre que es cuando se inicia el proyecto.

#### 4.1.2 Elaboración del flujo neto

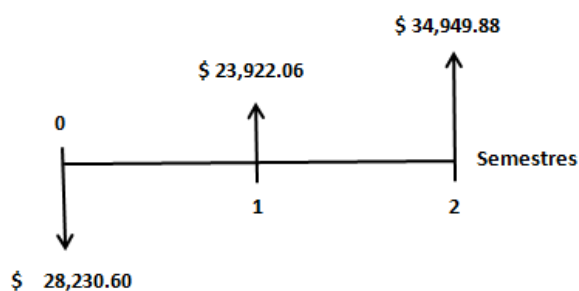
Teniendo las inversiones, se procede a elaborar el flujo neto de fondos del proyecto, esto con la finalidad de tener una visión más clara de la información y poder tomar decisiones más adecuadas. La información se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 4.9.** Flujo de fondos del proyecto.

FLUJO DE FONDOS DEL PROYECTO			
	1er. Semestre (Abril-2012 a Sept-2012)	2do. Semestre (Oct.-2012 a Marzo-2013)	3er. Semestre (Abril-2013 a Sept.-2013)
Inflación		4.2%	4.4%
Impuestos	35%	17.5%	17.5%
Costo ventas (% sobre ventas)	30%	15%	15%
Gastos operacionales (% sobre ventas)	20%	10%	10%
Ventas		\$ 43,680.00	\$ 53,289.60
(-) Costo de venta		\$ 6,552.00	\$ 7,993.44
Utilidad bruta		\$ 37,128.00	\$ 45,296.16
(-) Gastos operacionales		\$ 4,368.00	\$ 5,328.96
Utilidad operacional		\$ 32,760.00	\$ 39,967.20
(-) Provisión impuestos		\$ 5,733.00	\$ 6,994.26
Utilidad neta		\$ 27,027.00	\$ 32,972.94
(+) Ahorro potencial en reducción de defectos		\$ 1,969.38	\$ 2,507.64
(-) Inversión en capacitación	(-) \$ 5,578.95	\$ -	
(-) Inversión horas de implementación	(-) \$ 18,063.16	\$ -	
(-) Implementos de organización	(-) \$ 1,020.15	\$ 530.70	\$ 530.70
(-) Inversión en capital de trabajo	(-) \$ 3,568.34	\$ 4,543.62	\$ -
<b>Total</b>	<b>(-) \$ 28,230.60</b>	<b>\$ 23,922.06</b>	<b>\$ 34,949.88</b>

#### 4.1.3 Resultados de la evaluación del proyecto

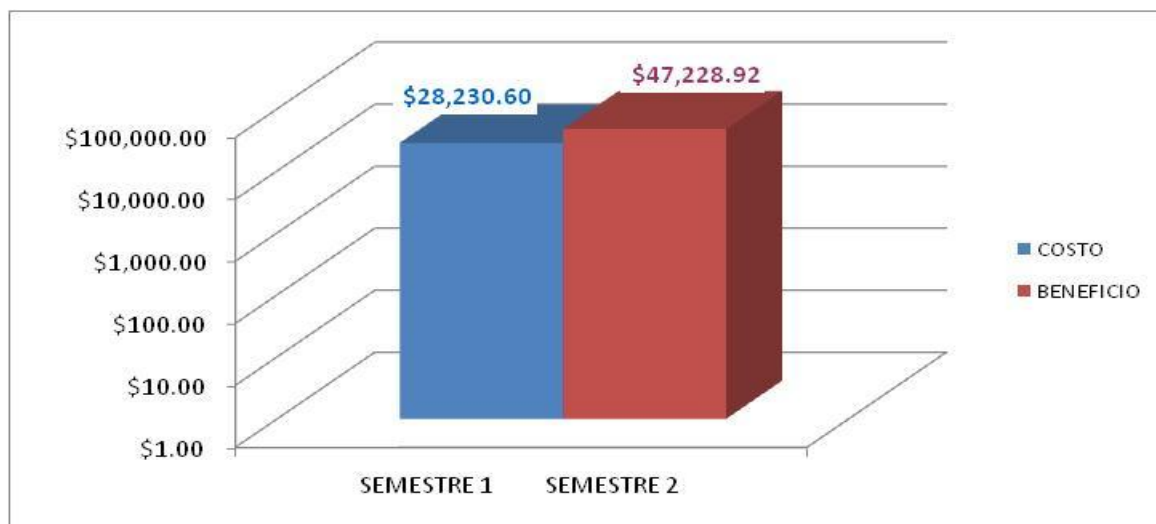
Representando gráficamente los resultados del flujo de fondos del proyecto, se obtiene lo siguiente:

**Figura 4.1.** Gráfico de flujo de fondos del proyecto.

Teniendo esta información, se procede a evaluar la propuesta por medio de diferentes técnicas de análisis. La información necesaria se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 4.10.** Resultados del proyecto.

TMAR (Tasa mínima atractiva de retorno)		15%
VPN (Valor presente neto)	\$	18,998.32
TIR (Tasa interna de retorno o rendimiento)		61%
B/C (Relación Beneficio Costo)		1.7

**Tabla 4.2.** Gráfica costo-beneficio.

Con esta información se obtienen las siguientes conclusiones:

- Considerando la Tasa Interna de Retorno (TIR) el proyecto resulta factible e interesante para Baja Tool & Die ya que supera las expectativas de rentabilidad que son del 15% anual, ofreciendo un retorno a la inversión del 61% .
- Debido a que el VPN es mayor a cero, esto permite indicar que el proyecto obtiene ganancias a favor del inversionista. También permite determinar que reduciendo un 28% los defectos, la inversión podría llegar a aumentar hasta \$28, 230.60, siendo de cualquier manera atractivo para la compañía.
- La relación beneficio/costo determina que el proyecto supera 1.7 veces el mismo, es decir, que las retribuciones que se obtienen con la implementación de la propuesta son mayores a la inversión que se necesita hacer para el mismo.

## CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos y los capítulos que respaldan la presente tesis, se permite concluir lo siguiente:

- ❖ El desarrollo de la metodología implica una serie de pasos para implementar de manera exitosa las herramientas de manufactura esbelta para la compañía Baja Tool & Die. La metodología propuesta puede ser repetible para las otras compañías y áreas de la empresa.
- ❖ Los defectos que sean detectados a lo largo del proceso productivo, deben definirse de manera clara para que no existan dudas por parte de las personas involucradas en el proceso.
- ❖ El análisis y valoración realizado a los defectos debe permitir identificar y seleccionar aquellos que son más relevantes para la compañía y de esta manera se les de la debida importancia y prioridad hasta lograr obtener resultados satisfactorios en su reducción.
- ❖ Con la identificación clara de los defectos prioritarios se pudo determinar que el proceso de escuadre y barrenación son las etapas en donde que requiere mayor atención en la solución de defectos.
- ❖ Al reducir un 28% de los defectos prioritarios en Baja Tool & Die, se reduce un 13% del total de todos los defectos detectados en las tres compañías de la microempresa (Metalnica, Baja Tool & Die y Manufacturas metalmecánicas).
- ❖ La determinación y análisis de las causas que originan los defectos encontrados en el proceso de producción, permite entender que las soluciones y mejoras en una de las causas pueden repercutir directamente en la solución de más de un defecto, esto quiere decir, que la solución de un defecto puede impactar varias áreas del proceso productivo.
- ❖ Las características específicas de cada herramienta permite determinar el efecto que tendrá en cada defecto relacionado con dicha herramienta, quiere decir que la

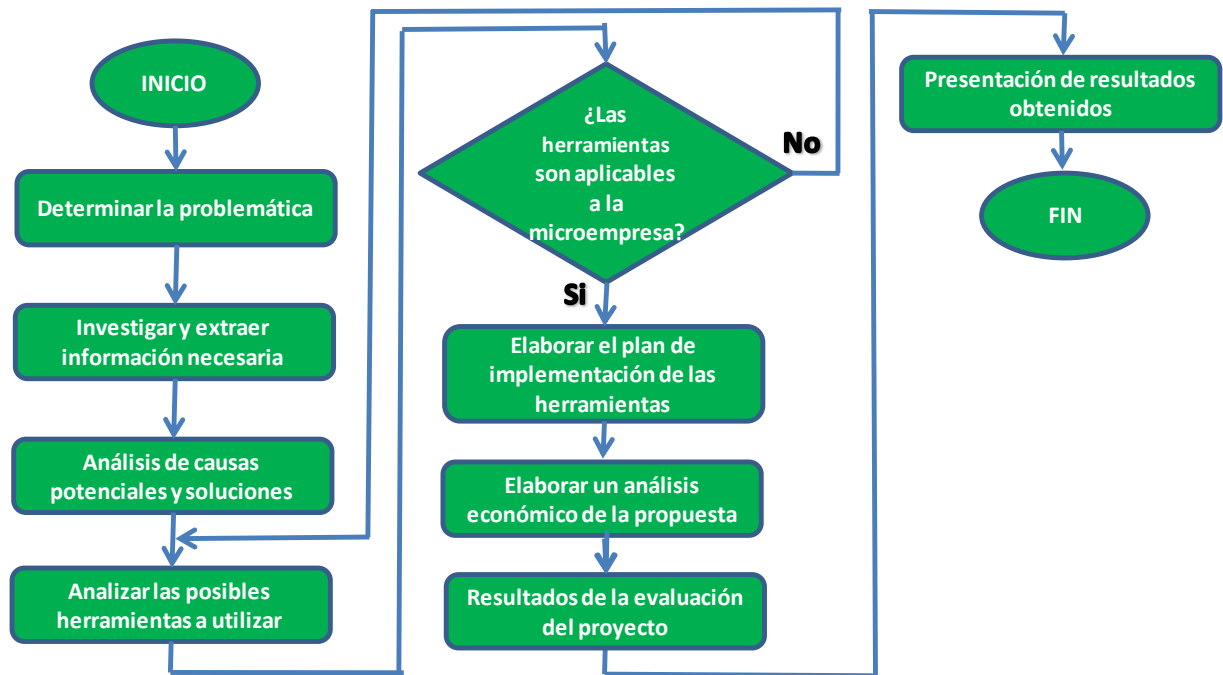
asignación de herramientas para cada uno de los defectos seleccionados como prioritarios está determinada por el impacto que pueden generar en la reducción de los mismos.

- ❖ La información obtenida en el análisis de resultados, son lo suficientemente específicos y claros para que sirva a la gerencia de evidencia y sustento para contemplar la implementación de manufactura esbelta en la compañía.
- ❖ El compromiso de la gerencia y directivos de la compañía es fundamental para obtener un desempeño exitoso en la implementación de las herramientas, así como también la capacitación del personal involucrado en el área, el involucramiento y compromiso de cada unos de ellos, son factores decisivos en el proceso y desarrollo de un pensamiento esbelto dentro de la compañía.
- ❖ Tomando en cuenta los resultados obtenidos en este proyecto, se determina que se acepta la hipótesis.

## RECOMENDACIONES

- ❖ Es necesario entender por manufactura esbelta, que es una filosofía en donde las herramientas forman parte del desarrollo de un trabajo dentro del flujo de proceso en donde se busca reducir problemas y aumentar la productividad y eficiencia dentro de las líneas de producción.
- ❖ Se recomienda a la microempresa llevar a cabo una capacitación intensa del factor humano en el área. De esta manera, las fallas podrían ser detectadas a tiempo y atacadas de la manera más eficiente posible, con lo que se evitará en gran medida las continuas pérdidas de tiempo y dinero.
- ❖ En el instante en donde se decida retomar con la implementación de las herramientas mencionadas en el proyecto, es necesario que todas las personas que forman parte del área de implementación tengan claro que este es un proceso de mejoramiento continuo, el cual requiere atención constante y responsables por cada una de las áreas donde se vaya a implementar, así como también retroalimentación en los avances de la implementación.
- ❖ Los cálculos realizados en el proyecto se deben de revisar de manera periódica y se deben de ajustar de acuerdo a las modificaciones que se presenten en la realidad.
- ❖ El desarrollo exitoso de la implementación de manufactura esbelta se fundamenta en los avances realizados por los equipos de trabajo que se conformen.

## DIAGRAMA DE FLUJO



**Figura 3.42.** Diagrama de flujo del proyecto de tesis.

## CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

**Tabla 4.11.** Cronograma de actividades del proyecto de tesis

ETAPAS	ACTIVIDAD	SEMESTRES			
		PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	CUARTO
ANALÍTICA	Determinar la problemática				
	Investigar y extraer información necesaria				
	Análisis de causas potenciales y soluciones				
	Análisis de las herramientas a utilizar				
	Revisión bibliográfica				
	Materias de primer semestre				
EXPERIMENTAL	Elaborar el plan de implementación de 5's, Jidoka y Poka Yoke (3er. Capítulo)				
	Efecto del impacto de las herramientas (3er. Capítulo)				
	Revisión bibliográfica				
	Materias de segundo semestre				
	Elaborar el plan de implementación de Control Visual y MTP (3er. Capítulo)				
	Diseño de controles visuales y formatos para mantto. autónomo (3er. Capítulo)				
	Análisis económico de la propuesta (5's y Jidoka, 4to. Capítulo)				
	Revisión bibliográfica				
Materias de tercer semestre					
DE RESULTADOS	Análisis económico de la propuesta (Poka Yoke, Fábrica Visual y MTP, 4to. Capítulo)				
	Descripción de inversiones y flujo neto				
	Obtención de resultados finales				
	Revisión bibliográfica				
	Materias de cuarto semestre				

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Grupo Metalnica. [Citado 02/09/11]; Disponible en: <http://www.metalcraftdivision.com/about-us>
- [2] Kalpakjian Serope, Steven R. Schmid. Manufactura, ingeniería y tecnología. Prentice Hall. Quinta edición. México. 1295 pp. 2008.
- [3] La ingeniería y los procesos de manufactura. [Citado 19/09/11]; Disponible en: [http://www.aprendizaje.com.mx/Curso/Proceso1/Temario1\\_1.html#siete](http://www.aprendizaje.com.mx/Curso/Proceso1/Temario1_1.html#siete)
- [4] Bawa H.S. Procesos de manufactura. Mc Graw Hill. Primera edición. New Dheli. 597 pp. 2007.
- [5] Roldán Juvencio. Artículos informativos. [Citado 20/09/11]; Disponible en: [http://www.articulosinformativos.com.mx/La\\_Evolucion\\_De\\_La\\_Manufactura\\_Global\\_a1058939.html](http://www.articulosinformativos.com.mx/La_Evolucion_De_La_Manufactura_Global_a1058939.html)
- [6] Villaseñor Contreras Alberto, Galindo Cota Edber. Manual de Lean Manufacturing. Limusa. Segunda edición. México. 112 pp. 2009.
- [7] La vida de Henry Ford. [Citado 13/11/11]; Disponible en: [http://www.portalplanetasedna.com.ar/henry\\_ford.htm](http://www.portalplanetasedna.com.ar/henry_ford.htm)
- [8] Padilla Lillian. Revista Ingeniería Primero. Guatemala. 69 pp. 2010.
- [9] Liker K. Jeffrey. Las claves del éxito de Toyota: 14 principios de gestión del fabricante más grande del mundo. Gestión 2000. Primera edición. España. 429 pp. 2006.
- [10] Hutchins Christopher. Five “s” improvement system: an assessment of employee attitudes and productivity improvements. Tesis. Michigan. 103 pp. 2006.
- [11] Renovato Álvarez Francisco Javier. Metodología para la aplicación de herramientas de Manufactura Esbelta en el departamento de conformado en una fábrica de calzado deportivo. Tesis. Guanajuato. 105 pp. 2007.
- [12] Evans James, Lindsay William. Administración y control de calidad. Cengage. Séptima edición. México, D.F. 714 pp. 2008.
- [13] Calidad total aplicada a los sistemas de manufactura. [Citado 14/09/11]; Disponible en: [http://www.oocities.org/es/cibercero/gdc/foro/calidadtotal\\_19.htm](http://www.oocities.org/es/cibercero/gdc/foro/calidadtotal_19.htm)


- [14] Escalante Vázquez Edgardo. Análisis y mejoramiento de la calidad. Limusa. Primera edición. México. 421 pp. 2006.
- [15] Bravo Bonilla Roberto Carlos. Manufactura Esbelta aplicada en fabricación de alambres conductores de plata para contactos eléctricos. Tesis. México, D.F. 161 pp. 2009.
- [16] Bravo Indacochea Danny Fabián. Diseño de un plan de mejoras en una industria de plástico aplicando técnicas de Manufactura Esbelta. Tesis. Guayaquil, Ecuador. 113 pp. 2008.
- [17] Estrada Crespo Héctor. Implementación de la estrategia Manufactura Esbelta en una empresa ensambladora de controles electro-mecánicos para secadoras eléctricas. Tesis. México, D.F. 60 pp. 2009
- [18] Serna Castellanos Sergio Alejandro. Implementación de Lean Manufacturing en la líneas número 7 de la compañía Hoffman planta Reynosa. Tesis. Monterrey, Nuevo León. 103 pp. 2001.
- [19] Balibrera Benavides Luis María. Diagnóstico y diseño de una metodología para la implementación de Lean Manufacturing en el sector manufacturero de la industria salvadoreña. Tesis. San Salvador, El Salvador. 131 pp. 2005.
- [20] Vizuela Méndez Willian Alberto. Mejoramiento del área de mezcla de plastisol de una empresa de productos plásticos mediante la aplicación de la metodología de las 5's. Tesis. Guayaquil, Ecuador. 166 pp. 2009.
- [21] Arredondo Robledo Verónica. Aplicación de la metodología de oficina esbelta en el departamento de administración de CAHOVA. Tesis. Mexicali, B.C. 101 pp. 2008.
- [22] Ling López Juan Carlos. Integración de las metodologías de Manufactura Esbelta y Seis Sigma para el mejoramiento de los procesos. Tesis. Mexicali, B.C. 85 pp.
- [23] Cano Gorra Mario. Optimización de recursos en una microempresa de manufactura utilizando algunas de las herramientas de Lean Manufacturing. Tesis. Mexico, D.F. 117 pp. 2006.
- [24] Merli Giorgio. La calidad total como herramienta de negocio. Díaz de Santos. Primera edición. España. 203 pp. 1995.
- [25] Renero Gabriel. 2010 Índice global de competitividad en Manufactura. Deloitte Revista. México, D.F. 58 pp. 2010.

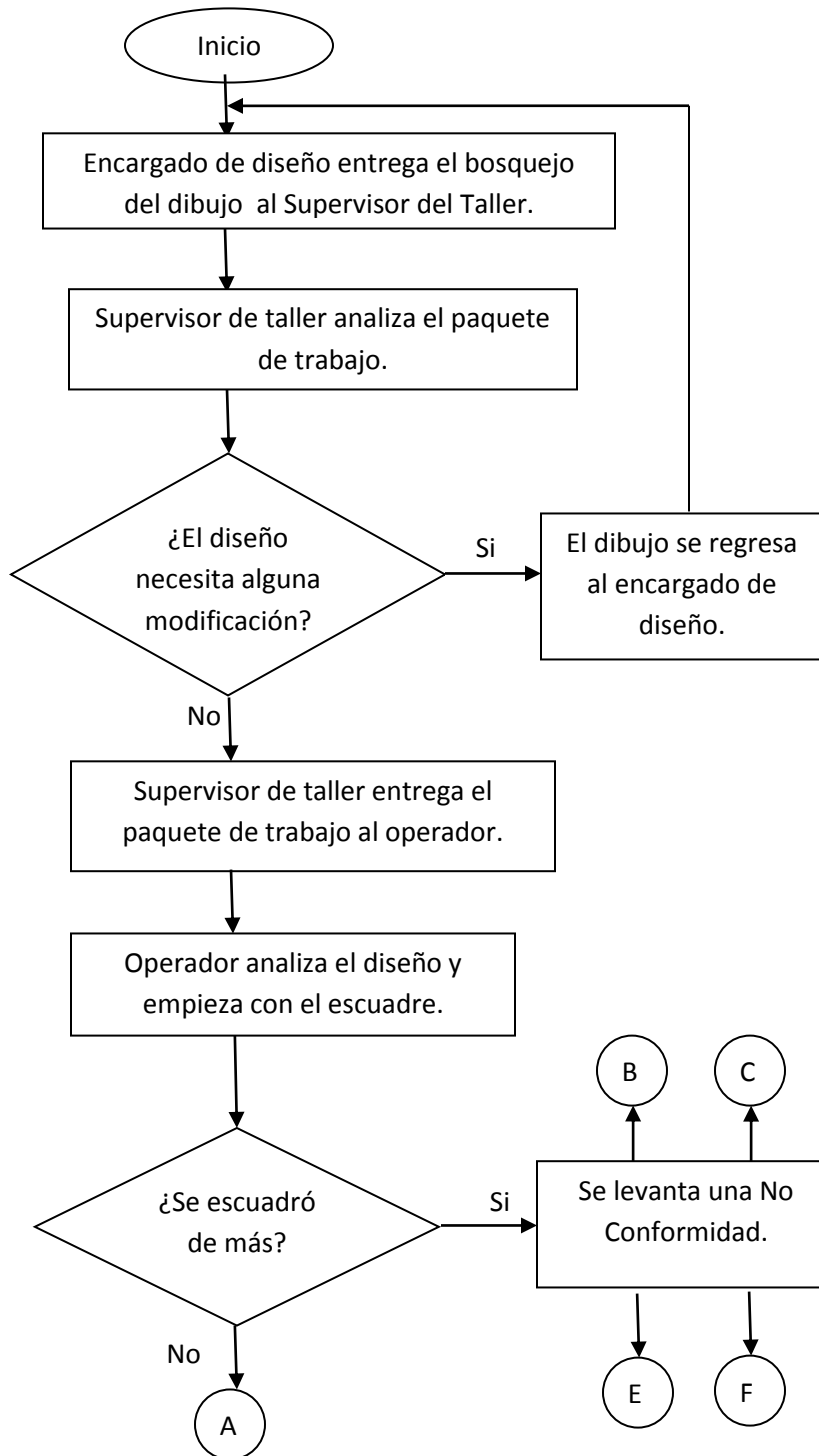
- [26] Cantú Delgado Humberto. Desarrollo de una cultura de calidad. Mc Graw Hill. Tercera edición. México. 467 pp. 2006.
- [27] Cuatrecasas Lluís. Lean Management: La gestión competitiva por excelencia. Profit. Primera edición. España. 369 pp. 2010.
- [28] Guajardo Garza Edmundo. Administración de la Calidad Total: conceptos y enseñanzas de los grandes maestros de la calidad. Pax México. Quinta edición. México. 181 pp. 2003.
- [29] Definición de Poka Yoke. Tesis. [Citado 28/11/11]; Disponible en: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/5484/Capitulo4.pdf>
- [30] Galgano Alberto. Las tres revoluciones, caza del desperdicio: Doblar la productividad con Lean Production. Grupo Galgano. Segunda edición. España. 395 pp. 2004.
- [31] Las 5's, herramientas del cambio. [Citado 24/10/11]; Disponible en: [http://www.edutecne.utn.edu.ar/5s/5s\\_cap3.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/5s/5s_cap3.pdf)
- [32] Cuatrecasas Lluís, Torrel Francesca. TPM en un entorno Lean Management. Profit. Primera edición. España. 339 pp. 2010.
- [33] Rey Sacristán Francisco. Mantenimiento total de la producción (TPM): proceso de implantación y desarrollo. Fundación Confemetal. Primera edición. España. 340 pp. 2003.
- [34] Villaseñor Contreras Alberto, Galindo Cota Edber. Conceptos y reglas de Lean Manufacturing. Limusa. Segunda edición. México. 304 pp. 2008.
- [35] L. Riggs James. Sistemas de producción: planeación, análisis y control. Limusa. Tercera edición. México. 706 pp. 1998.
- [36] García Garrido Santiago. Mantenimiento correctivo: organización y gestión de la reparación de averías. Renovetec. Volumen 4. España. 28 pp. 2009.
- [37] Merli Giorgio. La calidad total como herramienta de negocio. Díaz de Santos. Primera edición. España. 203 pp. 1995.
- [38] Román Jorge. Las 7 herramientas de la calidad. Artículos Focus wine. [Citado 20/10/11]; Disponible en: [http://focuswine.cl/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1091:las-7-herramientas-de-calidad&catid=128&Itemid=138](http://focuswine.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=1091:las-7-herramientas-de-calidad&catid=128&Itemid=138)

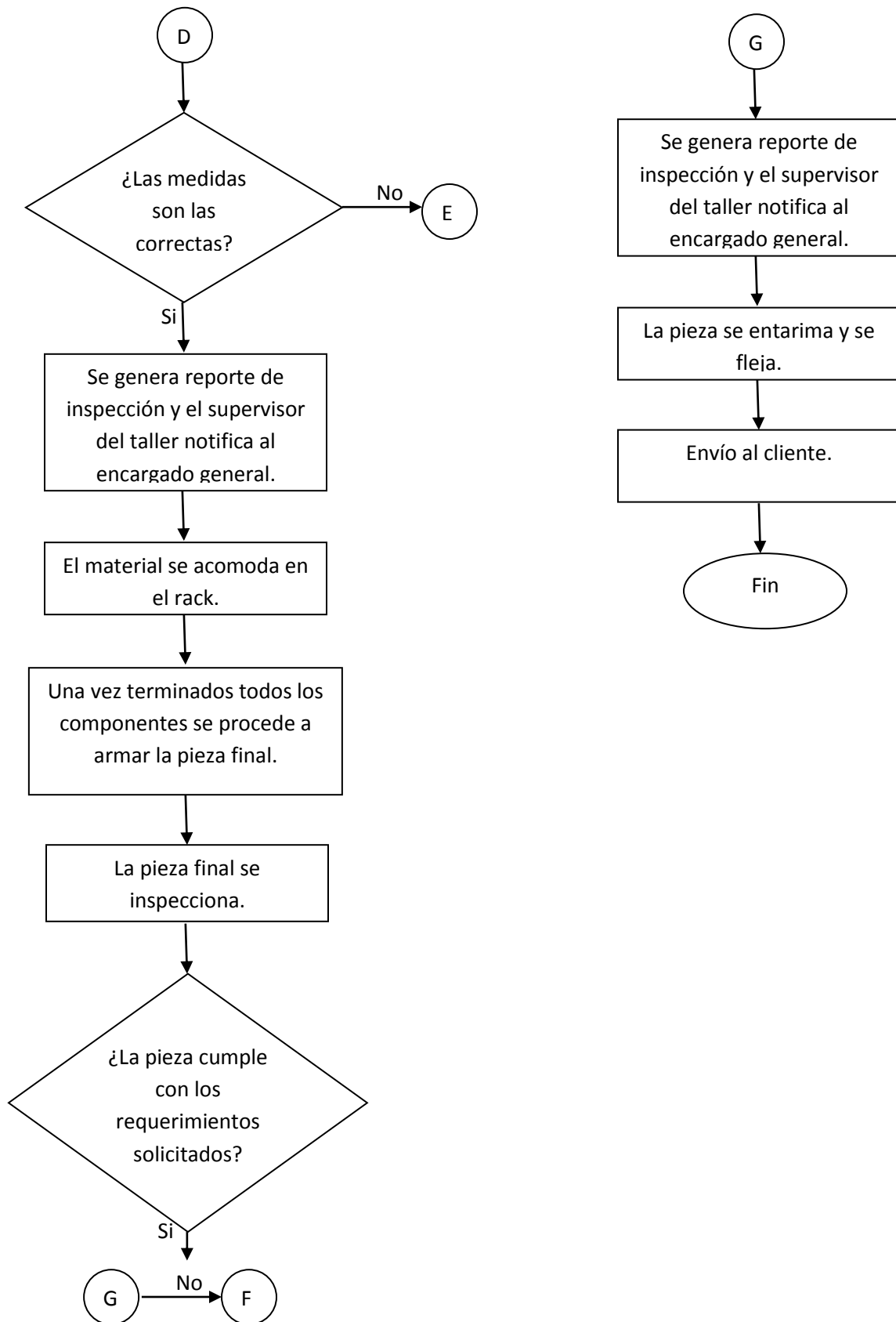
- [39] Gutiérrez Pulido Humberto, De la Vara Salazar Román. Control estadístico de calidad y seis sigma. Mc Graw Hill. Primera edición. México. 636 pp. 2004.
- [40] Galgano Alberto. Los 7 instrumentos de la calidad total. Díaz de Santos. Primera edición. España. 293 pp. 1995.
- [41] Hoja de verificación. [Citado 13/03/12]. Disponible en:  
<http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r66718.PDF>
- [42] Gutiérrez Pulido Humberto. Calidad total y productividad. Mc Graw Hill. Segunda edición. México. 421 pp. 2005.
- [43] James Paul. Gestión de la calidad total. Prentice Hall. Primera edición. España. 323 pp.1996.
- [44] Patrick Lyonnet. Los métodos de la calidad total. Ediciones Díaz de Santos. Primera edición. España. 236 pp.1989.
- [45] Reyes Aguilar Primitivo. Manufactura Delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones. México. 22 pp. 2002.

## ANEXOS

## Anexo A. Ejemplo de no conformidades

	<b>REPORTE DE NO CONFORMIDAD</b>	Código del Doc.: SAC-F-03	Rev. I												
		Aprobado/ Revisado por: Daniel Carrasco	Pág. 1 de 1												
<input checked="" type="checkbox"/> Maquinados <input type="checkbox"/> Manufacturas		No. <input type="text"/>													
<b>DATOS DEL TRABAJO</b>															
Fecha: <u>14-ABR-11</u>		Cliente: <u>BOSCH</u>													
No. de Orden: <u>2572</u>		Cant. Rechazada: <u>1</u>													
Descripción: <u>DADO BEARING SHAFT, DET 11 UPPER BEARING HOLDER</u>															
Etapa en que fue identificada la No conformidad:															
<input type="radio"/> Corte <input type="radio"/> Recibo de PVD <input checked="" type="radio"/> Durante Fabricacion <input type="radio"/> Durante Contencion <input type="radio"/> Recibo en MNF <input type="radio"/> Inspeccion Final <input type="radio"/> Despues de Entrega <small>PVD: Proveedor    MNF: Area de Manufacturas</small>															
<b>DESCRIBA LA NO CONFORMIDAD Y LA CAUSA POTENCIAL</b>															
<b>No conformidad:</b> GOLPES (0.030") A LA ORILLA DEL DIAMETRO INTERNO  <b>Causa(s) Potencial:</b>  Responsable del proceso / actividad: <u>DESCONOCIDO</u>															
<b>DISPOSICION E INDICACIONES DE CONTENCIÓN</b>															
<input type="radio"/> Retrabajo <input checked="" type="radio"/> Scrap <input type="radio"/> Liberacion <input type="radio"/> No Aplica (justificar)															
SE INTENTO PROFUNDIZAR CAJA PARA BORRAR GOLPES, FALLO CONTENCIÓN RE FABRICAR PARTE <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>															
Autoriza: <u>VICTOR GONZALEZ</u>		Horas invertidas por Scrap: <u>4 HRS</u> Horas invertidas por Retrabajo: <u>30 MIN</u>													
<b>VERIFICACION DE CONFORMIDAD DE LA CONTENCIÓN</b>															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Dimensiones</th> <th>Tolerancias</th> <th>Dimension real</th> <th>Status (✓ ✗)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Dimensiones	Tolerancias	Dimension real	Status (✓ ✗)	1.				2.				RDI adjunto <input type="checkbox"/>
Dimensiones	Tolerancias	Dimension real	Status (✓ ✗)												
1.															
2.															
<input type="checkbox"/> Aprobada <input type="checkbox"/> No Aprobada		Verifico: _____													
<b>REVISION DE LA NO CONFORMIDAD (A LLENAR POR EL AREA DE CALIDAD)</b>															
<input type="checkbox"/> Corrección <input type="checkbox"/> Accion Correctiva <input type="checkbox"/> Acción Preventiva		No. Acción: <input type="text"/>													
Comentarios: _____		Dpto. de Calidad: _____													
_____															

**Anexo B.** Diagrama de flujo del área.



## Anexo C. Programa de flujo de dado

No.	DETALLE	TIEMPO (HRS.)	No. DE PIEZAS
1	<b>DIE SET INFERIOR CONJUNTO</b>	<b>433</b>	
1.1	DIE SET INFERIOR	18	
1.2	<b>BASE /MONTACARGAS</b>	<b>8</b>	
	Corte de material	1	
	Cepillo	1	
	Escuadre	2	
	Barrenacion	2	
	Soldadura	1	
	Quitar exceso de soldadura	1/2	
	Rectificado	1/2	
1.3	<b>BASE/SUJECIÓN INFERIOR.(Izq. y Der.)</b>	<b>26</b>	<b>2</b>
	Corte de material	1	
	Cepillo	1	
	Escuadre	2	
	Barrenacion	3	
	CNC perfiles	3	
	Soldadura	1/2	
	Quitar exceso de soldadura	1/2	
	Rectificado	2	
1.4	<b>MONTAJE RAPIDO</b>	<b>40</b>	<b>4</b>
	Corte de material	1	
	Cepillo	1	
	Escuadre	2	
	Barrenacion	2	
	CNC perfiles	1	
	Soldadura	1/2	
	Quitar exceso de soldadura	1/2	
	Rectificado	2	

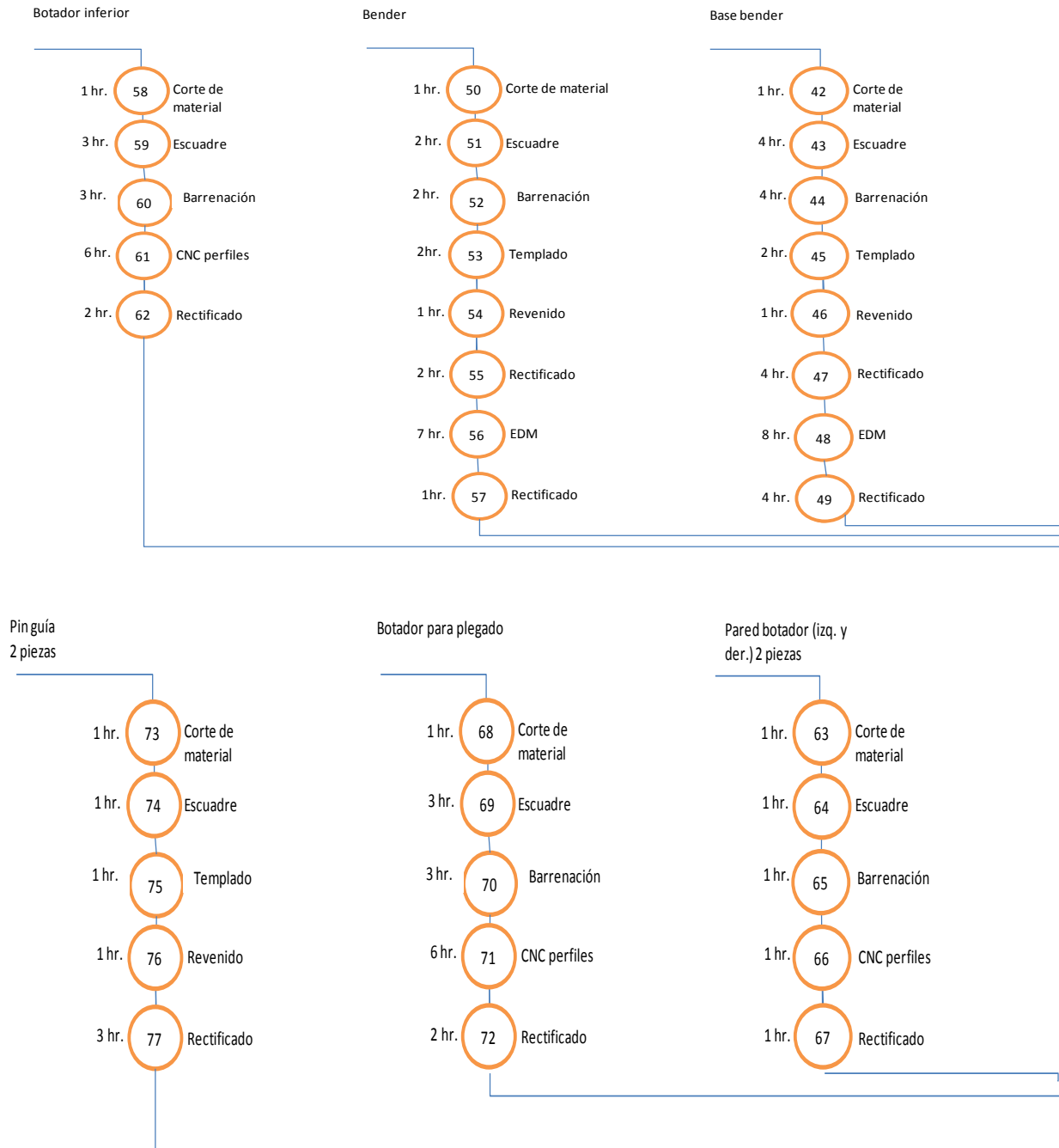
1.5	<b>MATRIZ (1 y 2)</b>	<b>58</b>	<b>2</b>
	Corte de material	1	
	Escuadre	3	
	Barrenacion	3	
	Templado	2	
	Revenido	1	
	Rectificado	2	
	EDM	15	
	Rectificado	2	
1.6	<b>ZANCO</b>	<b>40</b>	<b>4</b>
	Corte de material	1	
	Cepillo	1	
	Escuadre	3	
	Barrenacion	3	
	Rectificado	2	
1.7	<b>BASE/PLEGADOR HEMBRA</b>	<b>16</b>	<b>2</b>
	Corte de material	1	
	Escuadre	2	
	Barrenacion	2	
	Rectificado	3	
1.8	<b>BASE BENDER</b>	<b>28</b>	
	Corte de material	1	
	Escuadre	4	
	Barrenacion	4	
	Templado	2	
	Revenido	1	
	Rectificado	4	
	EDM	8	
	Rectificado	4	
1.9	<b>BENDER</b>	<b>18</b>	
	Corte de material	1	
	Escuadre	2	
	Barrenacion	2	
	Templado	2	
	Revenido	1	
	Rectificado	2	
	EDM	7	
	Rectificado	1	
1.10	<b>BOTADOR INFERIOR</b>	<b>15</b>	
	Corte de material	1	
	Escuadre	3	
	Barrenacion	3	
	CNC perfiles	6	
	Rectificado	2	

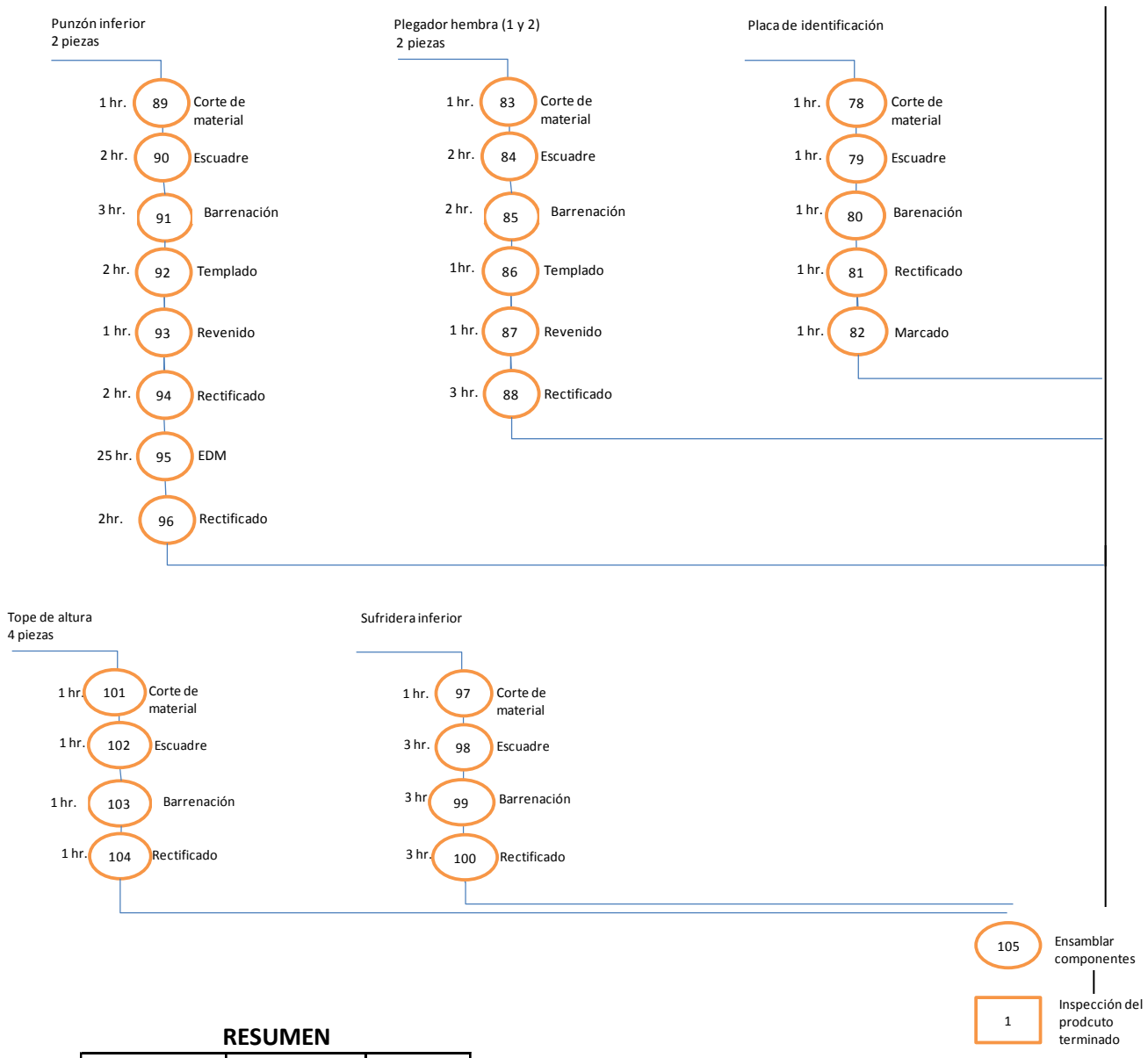
1.11	<b>PARED BOTADOR(Izq. Y Der.)</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	2	<b>DIE SET SUPERIOR</b>	<b>346</b>		
	Corte de material	1		2.1	<b>DIE SET SUPERIOR</b>	<b>16</b>		
	Escuadre	1		2.2	<b>BASE / SUJECIÓN SUPERIOR(Izq. Y Der.)</b>	<b>24</b>	<b>2</b>	
	Barrenacion	1			Corte de material	1		
	CNC perfiles	1			Escuadre	4		
	Rectificado	1			Barrenacion	4		
1.12	<b>BOTADOR PARA PLEGADO</b>	<b>15</b>			Rectificado	3		
	Corte de material	1		2.3	<b>BASE /SUJECIÓN SUPERIOR CENTRAL</b>	<b>12</b>		
	Escuadre	3			Corte de material	1		
	Barrenacion	3			Escuadre	4		
	CNC perfiles	6			Barrenacion	4		
	Rectificado	2			Rectificado	3		
1.13	<b>PIN GUIA</b>	<b>14</b>	<b>2</b>	2.4	<b>BASE /SUJECIÓN SUPERIOR CENTRAL(Izq. Y Der.)</b>	<b>24</b>	<b>2</b>	
	Corte de material	1			Corte de material	1		
	Escuadre	1			Escuadre	4		
	Templado	1			Barrenacion	4		
	Revenido	1			Rectificado	3		
	Rectificado	3			2.5	<b>BASE PLEGADOR SUPERIOR</b>	<b>12</b>	
1.14	<b>PLACA DE IDENTIFICACION</b>	<b>5</b>			Corte de material	1		
	Corte de material	1			Escuadre	2		
	Escuadre	1			Barrenacion	3		
	Barrenacion	1			Templado	1		
	Rectificado	1			Revenido	1		
	Marcado	1			Rectificado	4		
1.15	<b>PLEGADOR HEMBRA (1 Y 2)</b>	<b>20</b>	<b>2</b>	2.6	<b>BASE BENDER SUPERIOR (1)</b>	<b>35</b>		
	Corte de material	1			Corte de material	1		
	Escuadre	2			Escuadre	4		
	Barrenacion	2			Barrenacion	4		
	Templado	1			Templado	2		
	Revenido	1			Revenido	1		
	Rectificado	3			Rectificado	4		
1.16	<b>PUNZON INFERIOR</b>	<b>76</b>	<b>2</b>		EDM	15		
	Corte de material	1			Rectificado	4		
	Escuadre	2		2.7	<b>BENDER SUPERIOR (1)</b>	<b>28</b>		
	Barrenacion	3			Corte de material	1		
	Templado	2			Escuadre	4		
	Revenido	1			Barrenacion	4		
	Rectificado	2			Templado	2		
	EDM	25			Revenido	1		
	Rectificado	2			Rectificado	4		
1.17	<b>SUFRIDERA INFERIOR</b>	<b>10</b>			EDM	8		
	Corte de material	1			Rectificado	4		
	Escuadre	3			1.18	<b>TOPE DE ALTURA</b>	<b>16</b>	<b>4</b>
	Barrenacion	3			corte de material	1		
	Rectificado	3			escuadre	1		
					barrenacion	1		
					rectificar	1		

<b>2.8</b>	<b>BASE BENDER SUPERIOR(2)</b>	<b>35</b>	
	Corte de material	1	
	Escuadre	4	
	Barrenacion	4	
	Templado	2	
	Revenido	1	
	Rectificado	4	
	EDM	15	
	Rectificado	4	
<b>2.9</b>	<b>BENDER SUPERIOR(2)</b>	<b>28</b>	
	Corte de material	1	
	Escuadre	4	
	Barrenacion	4	
	Templado	2	
	Revenido	1	
	Rectificado	4	
	EDM	8	
	Rectificado	4	
<b>2.10</b>	<b>PLEGADOR MACHO</b>	<b>10</b>	
	Corte de material	1	
	Escuadre	2	
	Barrenacion	2	
	Templado	1	
	Revenido	1	
	Rectificado	3	
<b>2.11</b>	<b>BOTADOR SUPERIOR CENTRAL</b>	<b>18</b>	
	Corte de material	1	
	Escuadre	3	
	Barrenacion	3	
	CNC perfiles	8	
	Rectificado	3	
<b>2.12</b>	<b>PORTAPUNZON (1 y 2)</b>	<b>18</b>	2
	Escuadre	1.5	
	Barrenacion	1	
	Rectificado	1	
	Inspeccion	1/2	
	EDM	4	
	Inspeccion	1/2	
	rectificar	1/2	
<b>2.13</b>	<b>PUNZON (1 y 2)</b>	<b>76</b>	2
	Corte de material	1	
	Escuadre	2	
	Barrenacion	3	
	Templado	2	
	Revenido	1	
	Rectificado	2	
	EDM	25	
	Rectificado	2	
<b>2.14</b>	<b>SUFRIDERA SUPERIOR</b>	<b>10</b>	
	Corte de material	1	
	Escuadre	3	
	Barrenacion	4	
	Rectificado	2	
		<b>779</b>	

## ANEXO D. Diagrama de operaciones de Die set inferior







**RESUMEN**

Evento	Número	Tiempo
Operaciones	105	433 hrs.
Inspecciones	1	.5 hrs.

## ANEXO E. Diagrama de operaciones de Die set superior

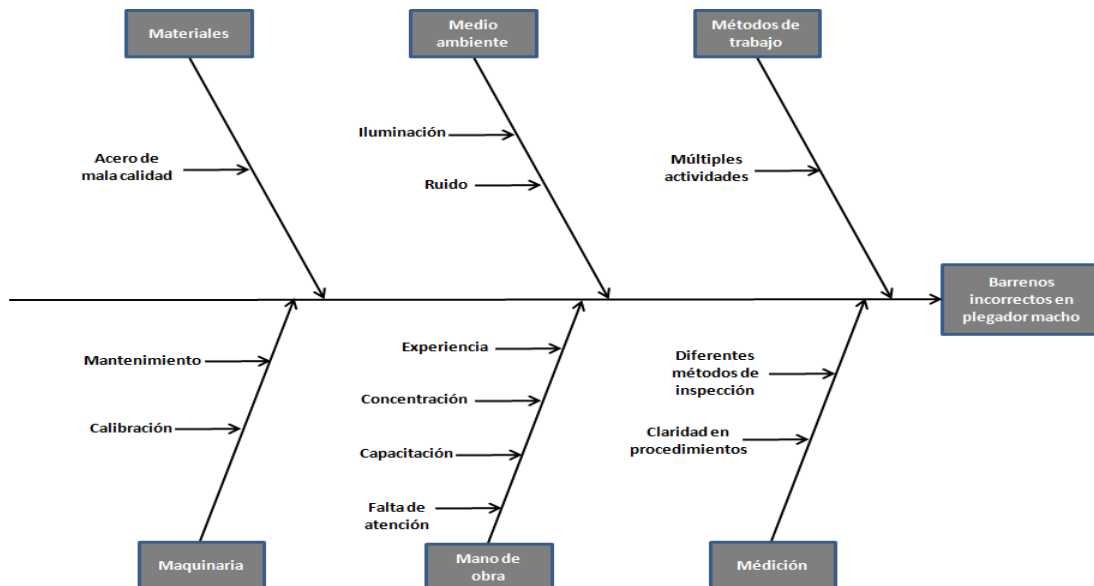
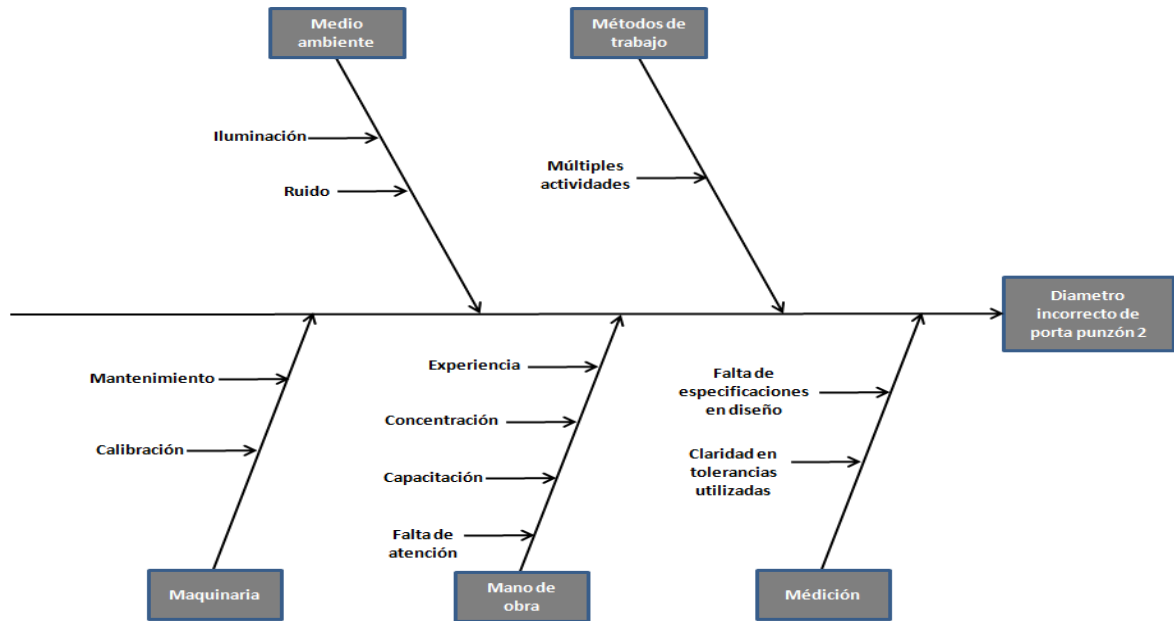


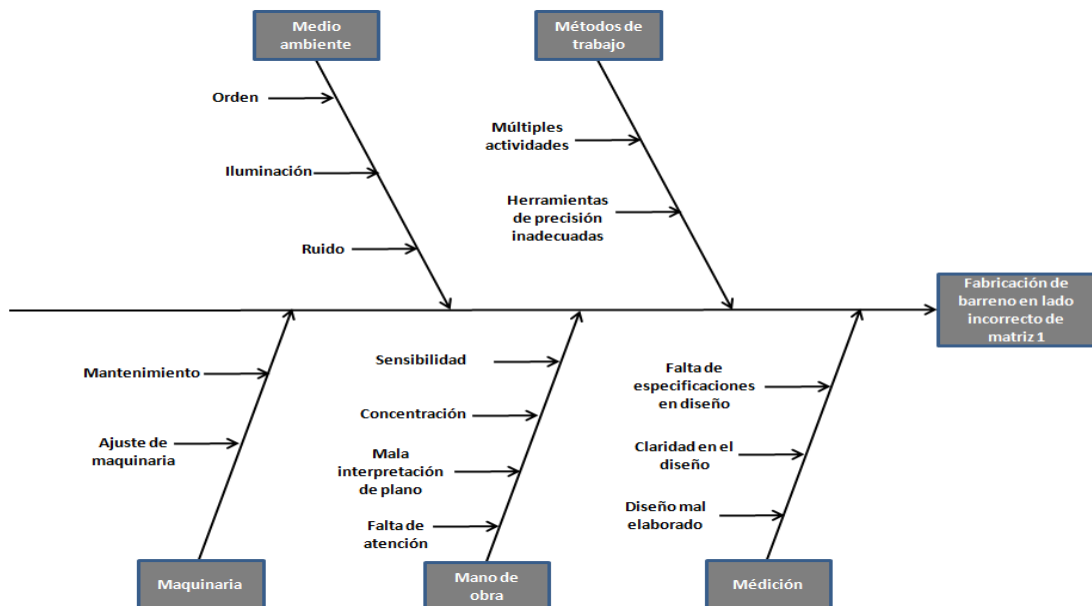
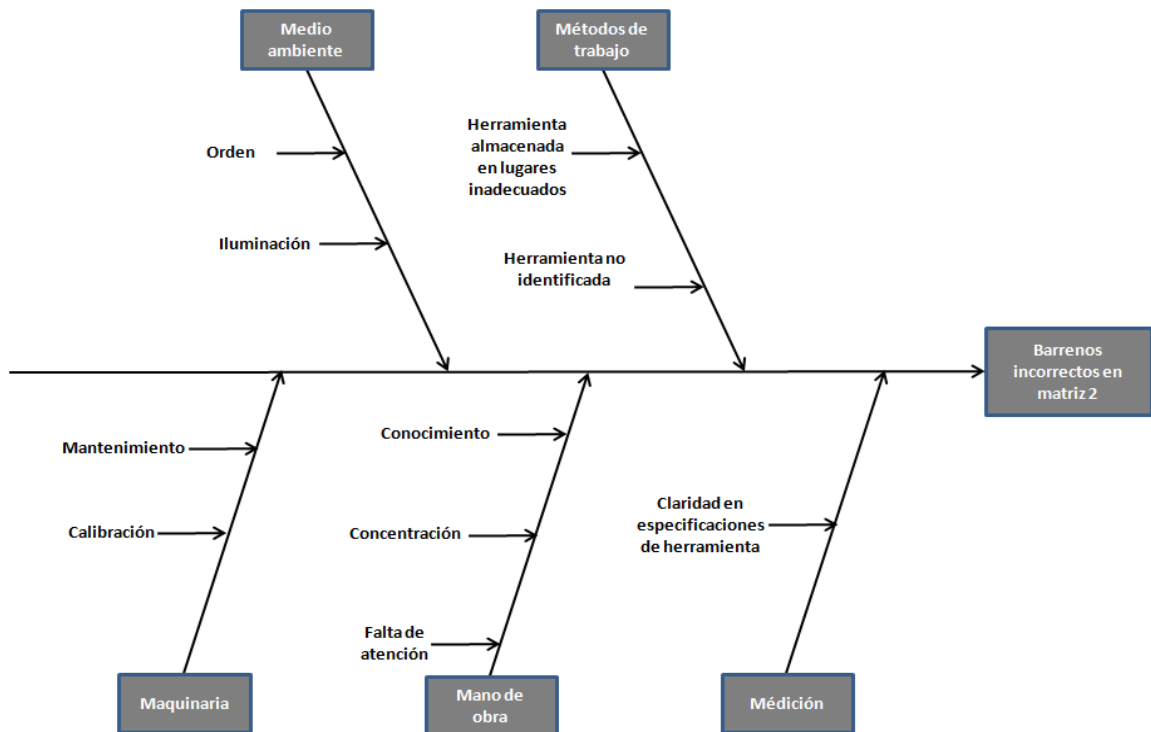


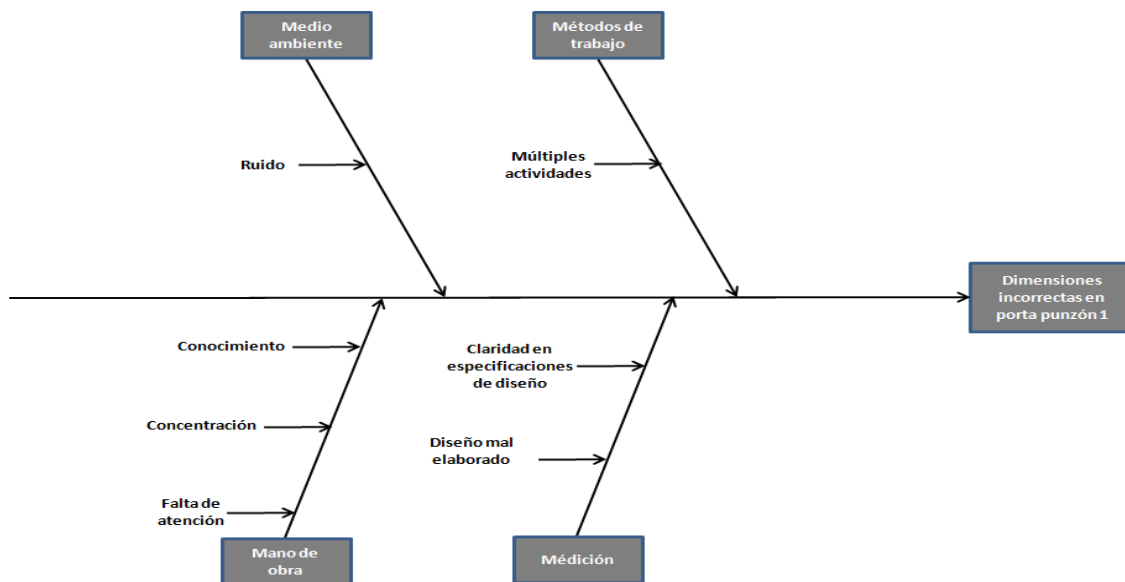
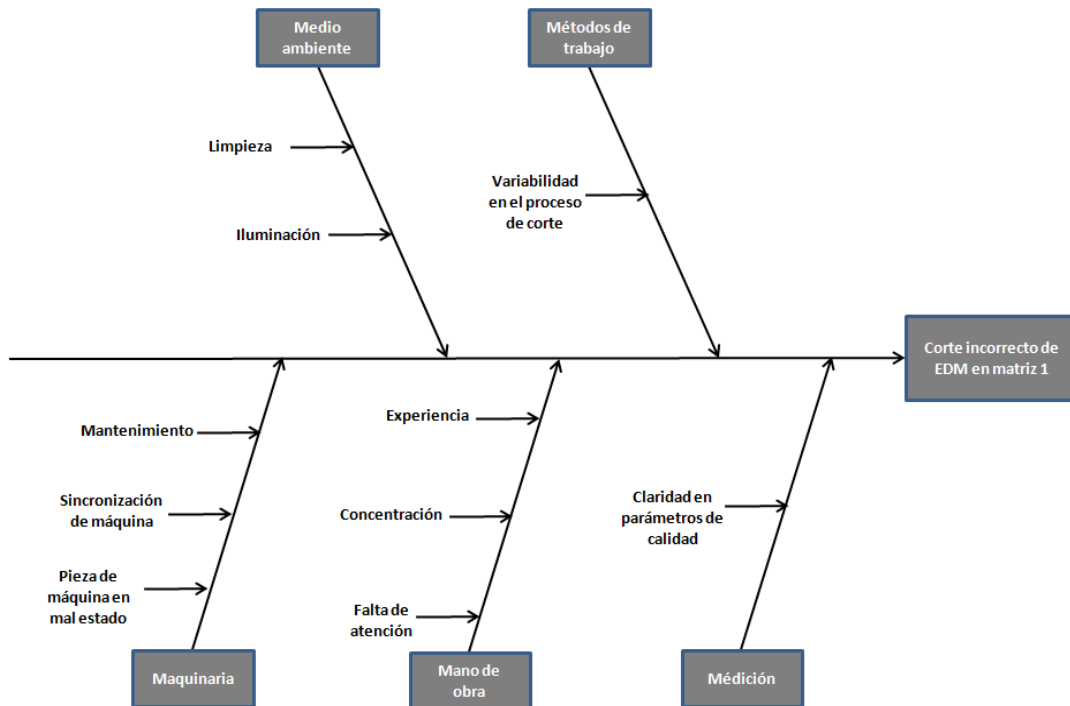
**RESUMEN**

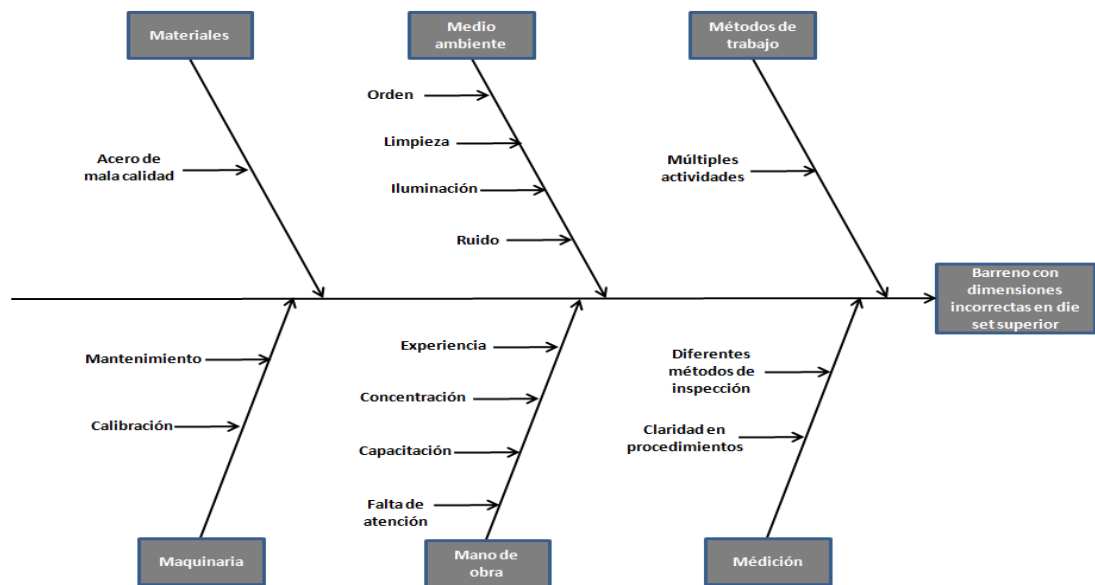
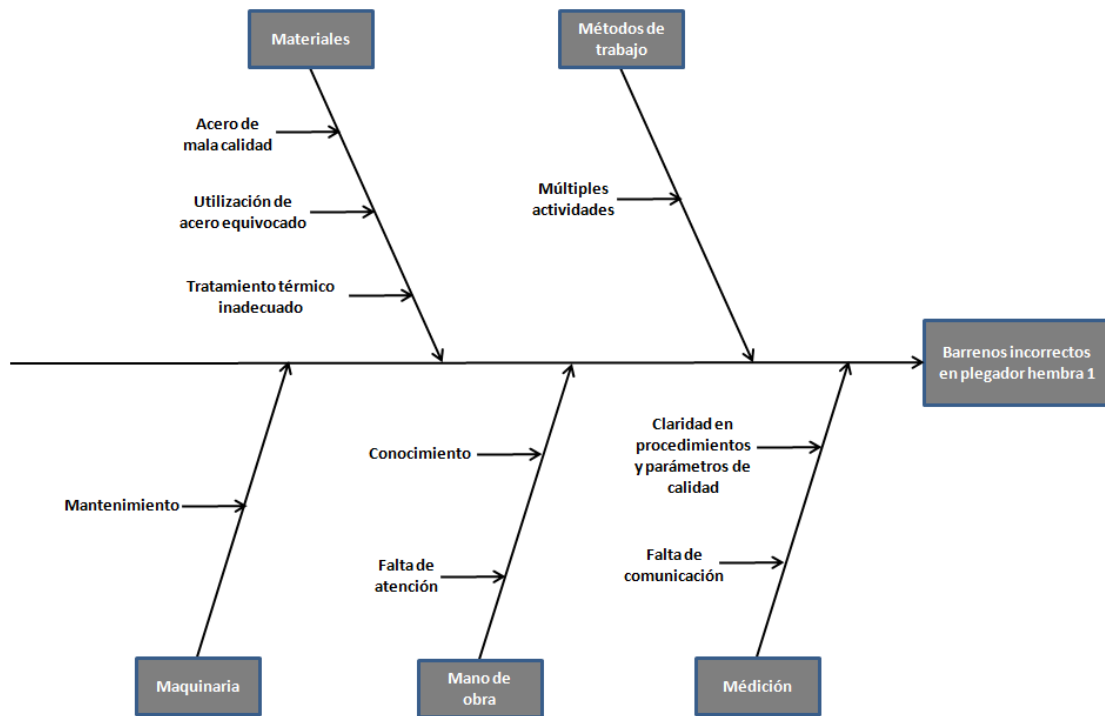
Evento	Número	Tiempo
Operaciones	79	346 hrs.
Inspecciones	3	1.5 hrs.

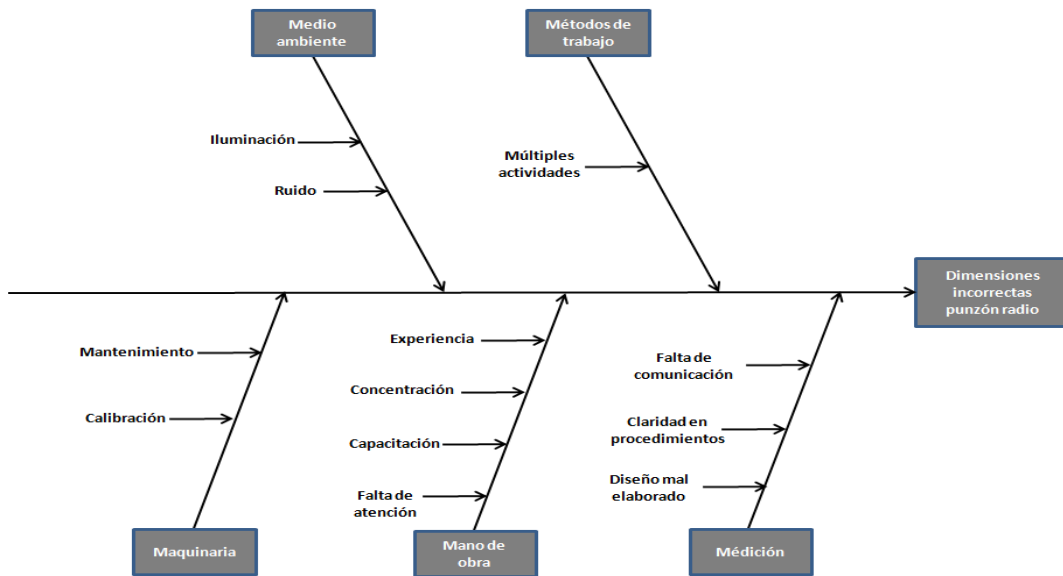
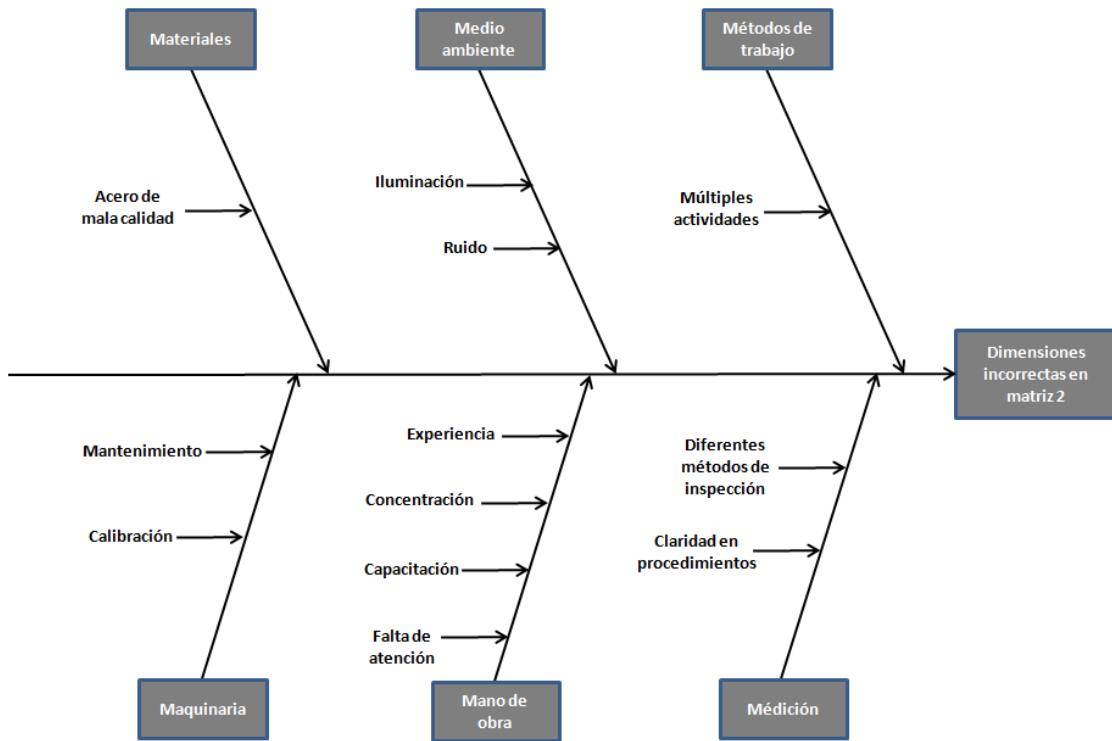
ANEXO F. Diagramas de Causa y efecto para los defectos principales







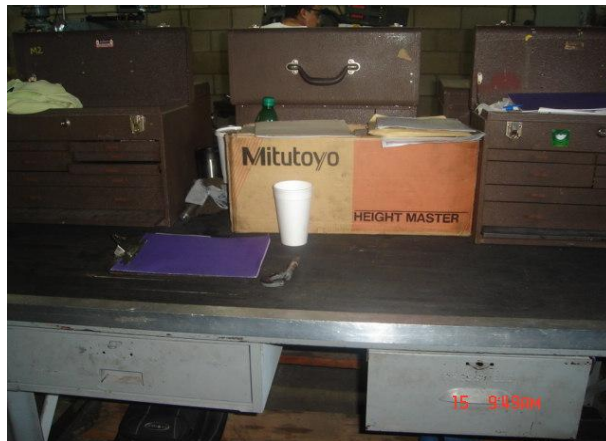




## ANEXO G. Herramienta y equipo en el área de trabajo

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>10</b>	Seguros para eyectores
1	Caja de Herramienta Kennedy	1	Palpador
1	Llave del Taller	1	Avellanadores
1	Vernier de 6" Digital	1	Espejo
1	Micrometro de 0" a 1" Digital	1	Calculadora
1	Indicador	1	Lámpara
1	Sujetador de indicador	1	Foco
1	Base de indicador	1	Brocha
1	Escala de 6"	1	Candado
1	Escala de 12"	1	Trapo Rojo
1	Escuadra	1	Carro para herramienta
1	Transportador	1	Set transfer punch de 28, 24 y 18 piezas
1	Set de paralelas	3	Tarrajas
1	Set de 1-2-3 block de precisión	15	Rimas diferente medida en estado regular
1	Juego. de radios gage	15	Machuelos métricos
1	Juego. de calibrador (gage de laines)	4	Machuelos diferentes medidas en diferentes estados
1	Juego. de punch para sacar dowels pins	86	Juego de limas chicas
1	Juego. de llaves allen (L) Estándar	1	Set insertos para volador
1	Juego. de llaves allen (L) M.M.	1	Prensas, 2 de 4 1/2, 2 de 2 1/2 y 2 de 2"
1	Juego. de llaves allen ( " T " ) Estándar	6	Counters de distintas medidas
1	Set de brocas de número del ( 1 / 60 )	16	Rimas de distintas medidas
1	Set de brocas de fracción de ( 1/32 a 1/2 )	23	Martillos de plástico 5oz.
1	Juego. de brocas de centro ( 3 ) 3 & 4 & 5	4	Vernier de 12"
1	Set de Cortadores	3	Prensas para fresa
1	Set de Machuelos	4	Set de rimas de 1/16 a 1/2 de 1/64
1	Set de Rimas	1	Porta boring 11 piezas
1	Juego. de manerales de puño ( 3 )	1	Buring std. diferentes medidas
1	Juego. de ponches para transferir barrenos	18	Set de dados con 8 piezas
1	Juego. de punzones de centro	1	Caja de punzones
1	Martillo duro	1	Juegos de letras con 27 y 26 piezas
1	Martillo de plastico	2	Juegos de llaves "T" std.
1	Lapicero de imán	2	Juego llaves "T" mm
1	Doble lapicero	1	Set corta punch
1	Rebabeador	1	Aumentos para rectificadora
1	Juego. de limas pequeñas	9	Brocas con 0 grande
1	Juego. De limas de Diamante	10	Caja con herramienta para torno con buriles
2	Limas para hacer rebaba	1	Par de guantes para horno
2	Piedras de Asentado	1	Juego de brocas con 14 pzs.
1	Barra para abrir dados	1	Caja con buring chicos
2	Gatos de tornero	1	Set de micrómetros completos
		2	

1	Prensa
1	Angle Block Set con 12 piezas
1	Set de teleopic gage 5/16 6" con 6 piezas
1	Caja con punzones 60pzs.
1	Set de punch & die con 9 piezas
1	Set de paralelas ajustables con 6 piezas
1	Index de collets
1	Bastidor para radios
2	Set de gage de 0.1 a 4", 1
1	Lenses and Magnifications con 2 piezas
1	Caja con 18 collets de diferentes medidas
2	Prensa de presión Sencilla
1	Height gage mitutoyo 12"
2	Pallet block
1	Micrómetro para espesores digital
5	Piezas de grafito para EDM
1	Digimatic Master
8	Tuercas T grandes
1	Caja con accesorios para EDM de grafito
1	Caja con brocas de diferente medida
1	Height gage de 18"
1	Porta herramienta para CNC con 6 piezas
4	40ER para CNC
2	Collet ER32
12	BT40
15	Collet R8 para Fresadora
1	Angulo Eron No. 28 (azul) 12x12
1	Escuadra S/N(gris) 12x12
1	Escuadra S/n (verde) 10x8
1	Hight Master Mitutoyo
2	Escuadras Grandes
1	Calibrador de Verticalidad
1	Boring de ½
4	Portaincertos de 1"
4	Trapos sucios
2	Cables sueltos
20	Cortadores en mal estado
5	Envases de botellas
3	Cajas vacias
6	Indicadores sin funcionar
1	Vernier en mal estado

**ANEXO H. Fotos del antes de 5's**

**ANEXO I. Fotos del antes delimitación de áreas**

## ANEXO J. Formato de verificación de limpieza

LISTA DE VERIFICACIÓN DE LIMPIEZA EN BAJA TOOL & DIE				
FECHA DE INSPECCIÓN: _____		HORA: _____		
INSPECTOR: _____				
Instrucciones.- Verifica la limpieza de los siguientes elementos marcando con una X según el nivel de limpieza.				
	NIVEL DE LIMPIEZA			
	MALO	REGULAR	BUENO	EXCELENTE
Piso				
Paredes				
Rectificadoras				
Fresadoras				
EDM Wire				
EDM Sinker				
Comparador				
CNC				
Herramienta				
Mesas de trabajo				
Gabinetes				
Carritos de trabajo				
Cajas de herramientas				
Mesa de granito				
Computadora				
Escritorio				
Impresora				
Almacén				
FIRMA DE INSPECTOR				
_____				

## ANEXO K. Lista de verificación estándar de 5's

ESTÁNDAR DE 5'S EN BAJA TOOL & DIE			
FECHA DE INSPECCIÓN: _____	HORA: _____		
INSPECTOR: _____			
Instrucciones.- Verifica el cumplimiento de los siguientes elementos marcando con una X según el nivel de cumplimiento.			
	NIVEL DE CUMPLIMIENTO		
	SI	A MEDIAS	NO
1. Las paredes se encuentran limpias y en buen estado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. La iluminación es la adecuada en el área de trabajo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Las señales de seguridad son visibles y están distribuidas de manera correcta.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Los extintores están distribuidos de manera correcta, visibles y al alcance del empleado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. El piso está limpio y libre de equipo y/o material innecesario.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Las áreas de circulación se encuentran debidamente delimitadas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Los carritos de hta. se encuentran en el lugar que se les asignó.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Las mesas de trabajo se encuentran libres de artículos innecesarios.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Los gabinetes se encuentran limpios.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Las cajas de herramientas se encuentran sin elementos innecesarios.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Las mesas de granito están limpias y libres de artículos innecesarios.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. El área de material para trabajar, producto final y scrap se encuentra debidamente señalizado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Los productos químicos se encuentran debidamente identificados.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Las máquinas se encuentran libres de cualquier artículo innecesario.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Las máquinas se encuentran libres de filtraciones innecesarias de aceite y grasa.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Las máquinas cuentan con los dispositivos de funcionamiento adecuados y están debidamente señalizadas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. La herramienta se encuentra señalizada y en el lugar que le corresponde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. La herramienta se encuentra en buen estado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. Los artículos de limpieza se encuentran en el lugar asignado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. El escritorio se encuentra limpio y las cosas en su lugar.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21. La computadora e impreso se encuentran libre de toda suciedad.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
FIRMA DE INSPECTOR			
_____			

## ANEXO L. Fotos de identificación de herramienta



### ANEXO M. Relación de no conformidades de Abril a Septiembre de 2012

#	# Sem	Fecha	Descripcion
1	Sem 1	02-abr-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2, Corte incorrecto EDM, Dimensión incorrecta porta punzón, Barrenos incorrectos plegador hembra, Dimensiones incorrectas matriz 2
2	Sem 1	04-abr-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, corte incorrecto EDM, Dimensiones incorrectas matriz 2
3	Sem 1	05-abr-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2, Corte incorrecto EDM. Dimensión incorrecta porta punzón, Barrenos incorrectos plegador
4	Sem 1	06-abr-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos
5	Sem 1	09-abr-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, Dimensión incorrecta
6	Sem 1	10-abr-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2. Corte incorrecto EDM. Dimensión incorrecta porta punzón. Dimensiones incorrectas
7	Sem 1	12-abr-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, Barrenos incorrectos
8	Sem 1	13-abr-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2. Corte incorrecto EDM. Dimensión incorrecta porta punzón. Dimensiones incorrectas
9	Sem 1	16-abr-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, Corte incorrecto EDM
10	Sem 1	17-abr-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, Barrenos incorrectos plegador hembra, Dimensiones incorrectas matriz 2
11	Sem 1	18-abr-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, Corte incorrecto EDM
12	Sem 1	20-abr-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2, Corte incorrecto EDM, Dimensión incorrecta porta punzón, Dimensiones incorrectas
13	Sem 1	18-abr-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos
14	Sem 1	23-abr-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2, Corte incorrecto EDM, Dimensión incorrecta porta punzón
15	Sem 1	24-abr-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2, Corte incorrecto EDM, Dimensión incorrecta porta punzón
16	Sem 1	27-abr-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, Dimensiones incorrectas matriz 2
17	Sem 1	22-abr-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, Dimensiones incorrectas matriz 2
18	Sem 2	30-abr-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2. Corte incorrecto EDM. Dimensión incorrecta porta punzón
21	Sem 2	02-may-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos matriz 2, Barrenos incorrectos plegador
22	Sem 2	03-may-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos
23	Sem 2	04-may-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos
24	Sem 2	07-may-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, Dimensiones incorrectas matriz 2
25	Sem 2	09-may-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, Dimensión incorrecta porta punzón, Barrenos incorrectos plegador hembra, Dimensiones incorrectas matriz 2
26	Sem 2	10-may-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, Dimensión incorrecta
27	Sem 2	11-may-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2, Corte incorrecto EDM, Dimensión incorrecta porta punzón, Barrenos incorrectos plegador
28	Sem 2	14-may-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2, Corte incorrecto EDM, Dimensión incorrecta porta punzón, Dimensiones incorrectas matriz 2
29	Sem 2	15-may-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos
30	Sem 2	16-may-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, Dimensiones incorrectas matriz 2
31	Sem 2	17-may-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2, Corte incorrecto EDM, Dimensión incorrecta porta punzón, Dimensión incorrecta porta
32	Sem 2	18-may-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2, Corte incorrecto EDM, Dimensión incorrecta porta punzón, Dimensiones incorrectas matriz 2
33	Sem 3	21-may-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho,
34	Sem 3	22-may-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, Corte incorrecto EDM
35	Sem 3	23-may-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2. Corte incorrecto EDM. Dimensión incorrecta porta punzón. Dimensión incorrecta porta

36	Sem 3	24-may-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho,
37	Sem 4	28-may-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2, Corte incorrecto EDM, Dimensión incorrecta porta punzón, Dimensiones incorrectas
38	Sem 4	29-may-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2. Corte incorrecto EDM. Dimensión incorrecta porta punzón
39	Sem 4	30-may-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho,
40	Sem 4	31-may-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos
41	Sem 4	01-jun-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos matriz 2, Corte incorrecto EDM
42	Sem 5	04-jun-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2, Corte incorrecto EDM, Dimensión incorrecta porta punzón
43	Sem 5	06-jun-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2, Corte incorrecto EDM
44	Sem 5	07-jun-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2, Corte incorrecto EDM, Dimensiones incorrectas matriz 2
45	Sem 5	08-jun-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2, Corte incorrecto EDM, Dimensión incorrecta porta punzón
46	Sem 6	11-jun-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2. Corte incorrecto EDM. Dimensiones incorrectas matriz 2
47	Sem 6	12-jun-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos matriz 2, Corte incorrecto EDM
48	Sem 6	13-jun-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos
49	Sem 6	14-jun-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, Dimensiones incorrectas matriz 2, Dimensión incorrecta punzón radio
50	Sem 6	15-jun-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho,
51	Sem 7	18-jun-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho,
52	Sem 7	19-jun-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2, Corte incorrecto EDM, Barrenos incorrectos plegador hembra, Dimensiones incorrectas matriz 2, Dimensión incorrecta punzón radio, Dimensión incorrecta punzón radio
53	Sem 7	20-jun-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2, Corte incorrecto EDM, Barrenos incorrectos plegador hembra
54	Sem 7	21-jun-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, Dimensión incorrecta porta punzón. Barrenos incorrectos plegador hembra. Dimensiones incorrectas matriz 2
55	Sem 8	25-jun-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos
56	Sem 8	26-jun-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos matriz 2, Barrenos incorrectos plegador
57	Sem 8	27-jun-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos
58	Sem 8	28-jun-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos matriz 2, Barrenos incorrectos plegador hembra
59	Sem 8	29-jun-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, Barrenos incorrectos plegador hembra, Dimensión incorrecta punzón radio
60	Sem 9	02-jul-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, Barrenos incorrectos plegador hembra. Dimensión incorrecta punzón radio
61	Sem 9	03-jul-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos matriz 2, Corte incorrecto EDM
62	Sem 9	04-jul-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos
63	Sem 9	05-jul-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos matriz 2, Corte incorrecto EDM
64	Sem 9	06-jul-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2, Corte incorrecto EDM, Barrenos incorrectos plegador hembra
65	Sem 10	09-jul-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2, Corte incorrecto EDM, Dimensión incorrecta porta punzón, Barrenos incorrectos plegador
66	Sem 10	10-jul-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2, Corte incorrecto EDM, Dimensión incorrecta porta punzón, Dimensión incorrecta punzón
67	Sem 10	11-jul-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, Barrenos incorrectos plegador hembra, Dimensión incorrecta punzón radio
68	Sem 10	12-jul-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2, Corte incorrecto EDM, Barrenos incorrectos plegador hembra
69	Sem 10	13-jul-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2, Corte incorrecto EDM, Barrenos incorrectos plegador hembra
70	Sem 11	16-jul-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos

71	Sem 11	17-jul-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos matriz 2, Barrenos incorrectos plegador
72	Sem 11	18-jul-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2
73	Sem 11	19-jul-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2, Barrenos incorrectos plegador hembra
74	Sem 11	20-jul-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos
75	Sem 12	23-jul-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, Dimensión incorrecta porta punzón, Barrenos incorrectos plegador hembra
76	Sem 12	24-jul-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos
77	Sem 12	25-jul-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos matriz 2, Corte incorrecto EDM
78	Sem 12	26-jul-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2. Corte incorrecto EDM. Barrenos incorrectos plegador hembra
79	Sem 12	27-jul-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos matriz 2, Dimensión incorrecta porta
80	Sem 13	30-jul-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos
81	Sem 13	31-jul-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos matriz 2, Dimensión incorrecta porta
82	Sem 13	01-ago-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos
83	Sem 13	02-ago-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos
84	Sem 13	03-ago-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos
85	Sem 14	06-ago-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos matriz 2, Barrenos incorrectos plegador
86	Sem 14	07-ago-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2, Barrenos incorrectos plegador hembra, Dimensión incorrecta punzón radio
87	Sem 14	08-ago-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2, Barrenos incorrectos plegador hembra
88	Sem 14	09-ago-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2. Barrenos incorrectos plegador hembra. Dimensión incorrecta punzón radio
89	Sem 14	10-ago-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos
90	Sem 15	13-ago-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos
91	Sem 15	14-ago-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos
92	Sem 15	15-ago-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos
93	Sem 15	16-ago-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos
94	Sem 15	17-ago-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2, Barrenos incorrectos plegador hembra, Dimensión incorrecta punzón radio
95	Sem 16	20-ago-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos
96	Sem 16	21-ago-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos matriz 2, Dimensión incorrecta porta
97	Sem 16	22-ago-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos
98	Sem 16	23-ago-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos
99	Sem 16	24-ago-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos
100	Sem 17	27-ago-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos matriz 2, Dimensión incorrecta porta punzón, Barrenos incorrectos plegador hembra, Dimensión incorrecta punzón radio

101	Sem 17	28-ago-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos
102	Sem 17	29-ago-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos
103	Sem 17	30-ago-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos
104	Sem 17	31-ago-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos
105	Sem 18	03-sep-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos
106	Sem 18	04-sep-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos matriz 2, Barrenos incorrectos plegador hembra, Dimensión incorrecta punzón radio
107	Sem 18	05-sep-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2, Corte incorrecto EDM, Dimensión incorrecta porta punzón
108	Sem 18	06-sep-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2. Corte incorrecto EDM. Dimensión incorrecta porta punzón. Barrenos incorrectos plegador
109	Sem 18	07-sep-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2, Corte incorrecto EDM, Dimensión incorrecta punzón radio
110	Sem 19	10-sep-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2. Corte incorrecto EDM. Dimensión incorrecta porta punzón
111	Sem 19	11-sep-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos matriz 2. Barrenos incorrectos plegador hembra. Dimensión incorrecta punzón radio
112	Sem 19	12-sep-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos
113	Sem 19	13-sep-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, barrenos incorrectos
114	Sem 19	14-sep-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos matriz 2, Corte incorrecto EDM, Barrenos incorrectos plegador hembra, Dimensión incorrecta punzón radio, Dimensión incorrecta
115	Sem 20	17-sep-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, Corte incorrecto EDM
116	Sem 20	18-sep-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, Corte incorrecto EDM
117	Sem 20	19-sep-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, Corte incorrecto EDM
118	Sem 20	20-sep-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, Corte incorrecto EDM
119	Sem 20	21-sep-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, Corte incorrecto EDM
120	Sem 21	24-sep-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos matriz 2, Corte incorrecto EDM, Dimensión incorrecta porta punzón, Dimensiones incorrectas matriz 2, Dimensión incorrecta
121	Sem 21	25-sep-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, Corte incorrecto EDM, Dimensión incorrecta porta punzón, Barrenos incorrectos plegador hembra, Dimensiones
122	Sem 21	26-sep-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, Corte incorrecto EDM
123	Sem 21	27-sep-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, Corte incorrecto EDM
124	Sem 21	28-sep-12	Diámetro incorrecto porta punzón 2, barrenos incorrectos plegador macho, Corte incorrecto EDM, Dimensión incorrecta porta punzón, Barrenos incorrectos plegador hembra, Dimensiones incorrectas matriz 2. Dimensión incorrecta punzón radio

**ANEXO N. Costos de fabricación de dado**

<b>Costo de fabricación de 1 dado</b>	
Costo de acero	\$ 2,200.00
Costo de luz	\$ 12,563.96
Costo de mano de obra	\$ 24,600.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 39,363.96</b>

**ANEXO O. Implementos de organización y horas de implementación.**

<b>HERRAMIENTA</b>	<b>DIAS</b>	<b>HORAS POR DIA</b>	<b>TOTAL HORAS</b>	<b>INVERSIÓN</b>
5's	53	2	106	\$ 6,694.74
Jidoka	21	2	42	\$ 2,652.63
Poka Yoke	36	2	72	\$ 4,547.37
Fábrica Visual	33	2	66	\$ 4,168.42
MTP	154	2	308	\$ 19,452.63
				<b>\$ 18,063.16</b>

<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
Hojas blancas	1 resma	\$ 54.90	\$ 54.90
Micas	1 paquete	\$ 71.90	\$ 71.90
Tapes para delimitar	15	\$ 32.63	\$ 489.45
			<b>\$ 616.25</b>

<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
Protectores de hojas	1 paquete c/25	\$ 45.90	\$ 45.90
Tinta para impresora	2	\$ 179.00	\$ 358.00
			<b>\$ 403.90</b>