GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

TES OEM
TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES
ORIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO

TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DEL ORIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO.

DIVISIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.

ELABORACIÓN DE CUADERNILLO DE APUNTES:
SISTEMAS DE MANUFACTURA

ELABORADO POR:
ING. OSCAR EDUARDO PEREZ GAONA.

LOS REYES, LA PAZ, ESTADO DE MÉXICO. 2009.

ÍNDICE

PÁG.

INTRODUCCIÓN

UNIDAD I. ANTECEDENTES Y GENERALIDADES.

1.1. Conceptos y definiciones básicas de manufactura, sistema y sistema de manufactura; así como los indicadores y parámetros básicos. 2
1.1.1. Introducción a los sistemas de manufactura. 2
1.1.2. Sistemas de manufactura y producción. 4
1.1.2.1. Tipos de sistemas de producción. 4
1.1.2.2. Representación gráfica de los proceso. 6
1.1.2.3. Clasificación de la industria manufacturera. 7
1.1.2.4. Tipo de manufactura. 8
1.2. Indicadores y medidores de los sistemas de manufactura. 8

UNIDAD II. TECNOLOGÍAS BLANDAS.

2.1. Tecnologías blandas. 20
2.1.1. Las 6 premisas para llevas acabo las tecnologías blandas. 21
2.2. Kaizen. 21
2.2.1. Características para llevas acabo Kaizen. 22
2.2.2. Herramientas para llevar acabo Kaizen. 22
2.2.3. Importancia del Kaizen 22
2.2.4. Principios de un sistema de producción idóneo bajo Kaizen. 22
2.2.5. Filosofía de las 3M`s. 23
2.2.6. Filosofía de las 3 G`s. 23
2.3 Sistemas Poka-Yoke. 23
2.3.1. Características del sistema Poka-Yoke. 24
2.3.2. Funciones reguladoras de los sistemas Poka-Yoke. 24
2.3.3. Medidores empleados en el sistema Poka-Yoke. 24
2.3.4. Los 8 principios para la mejora básica por el sistemas Poka-Yoke. 26
2.4. 5 s'. 27
2.4.1. Forma de avaluar 5s'. 29
2.5. SMED. 30
2.5.1. Pasos básicos en los procedimientos de preparación. 31
2.5.2. Etapas para llevar acabo un SMED. 31
2.6. Control estadístico de los procesos. 33
2.6.1. Capacidad de los procesos (Cp). 33
2.6.2.Capacidad real de los procesos (Cp_k) 33
2.7. AMEF. 40
2.7.1. Partes de AMEF. 40
2.8. Técnica de las 8 disciplinas. 47
2.9. MRP (Plan de requerimientos de materiales). 48

2.9.1. Tipos de demanda. 48
2.9.2. Planeación y requerimiento de matariles. 50
2.9.3. Estructura del MRP (producto). 51
2.9.4. Elementos necesarios para implantar MRP. 52
2.9.5. Requerimientos brutos. 52
2.9.6. Beneficios del MRP. 52
2.10. Mantenimiento productivo total. 81
2.10.1. Objetivos del TPM. 82
2.10.2. TPM actividades a eliminar. 82
2.10.3. Puntos clave a tomar en cuenta. 87
2.11. Sistema Kanban. 87
2.11.1. Reglas básicas del Kanban. 87
2.11.2. Tipos de Kanban. 88
2.11.3. Requisitos para implantar Kanban. 89
2.11.4. Proceso procedente. 89
2.11.5. Procesos subsecuentes. 89
2.11.6. Sistema Pull (jalar). 89
2.11.7. Sistema push (jalar). 90
2.11.8. Formulas de Kanban. 91
2.12. 6σ. 95
2.12.1. Estructura humana dentro de 6σ. 95
2.12.2. Métrica de 6σ. 96
2.12.3. Elementos de la métrica de 6σ. 96
2.12.4. Metodología 6 sigma. 97

UNIDAD III. TECNOLOGÍAS DURAS.

3.1. Plásticos. 134
3.1.1. Características de los plásticos. 134
3.2. Termoplásticos. 135
3.2.1. Materias primas de termoplásticos. 135
3.2.2. Compuestos termoplásticos más comunes. 136
3.3. Termofraguantes. 136
3.3.1. Materia prima de termofraguantes. 136
3.4. moldeo de plástico (métodos) 137
3.4.1. Moldeo por inyección. 137
3.4.1.1. Ventajas y desventajas. 138
3.4.2. Materiales y aleaciones ligeras. 139
3.4.2.1. Ventajas y desventajas. 139
3.4.3. Moldeo por transferencia. 140
3.4.3.1. Ventajas y desventajas. 140
3.5. Sistema CAD-CAM. 141
3.5.1. CAE. 142
3.6. Funciones de la maquina CNC. 142
3.6.1. Clasificación de los tipos de máquinas de CNC. 143
3.6.2. Control numérico. 143
3.6.3. Tecnología de control numérico. 145
3.6.4. Análisis de los sistemas de posicionamiento para el CNC. 147

UNIDAD IV. SISTEMAS DE MANUFACTURA DE CLASE MUNDIAL.

4.1. El nacimiento de la manufactura esbelta. 165
4.1.1. Eventos de la manufactura a través de la historia. 166
4.1.2. Sistemas de producción esbelta. 168
4.1.2.1. El principio de la reducción de costos. 168
4.1.2.2. El valor agregado. 168
4.1.2.3. Desperdicio. 169
4.1.3. Manufactura en masa Vs Lean Manufacturing. 172
4.1.4. Orígenes de Lean manufacturing (manufactura esbelta). 173
4.1.5. Tres fases de la aplicación de Lean. 175
4.1.6. Mejoramiento tradicional en los procesos Vs. Mejoramiento de la manufactura esbelta. 176
4.2. Organización japonesa (Toyota). 177
4.2.1. El sistema de producción Toyota y el sistema esbelto. 180
4.2.2. Los 14 principios del sistema Toyota. 181
4.2.3. Desarrollo del sistema de producción Toyota, el sistema que cambio al mundo. 182
4.3. El sistema de producción Ford. 184
4.4. Organización fordista. 187
4.4.1. Flow producción/ producción en flujo. 188
4.5. Justo a tiempo. 189
4.5.1. Los principios básicos del JIT. 190
4.5.2. Principios del JIT (justo a tiempo). 191
4.6. Jidoka. 192
4.7. One piece flow. 194
4.7.1. Como lograr la producción con flujo de una pieza. 196

UNIDAD V. AUTOMATIZACIÓN EN LA MANUFACTURA.

5.1. Robótica industrial. 199
5.1.1. Anatomía de un robot. 199
5.1.2. Articulaciones y uniones para manipulación. 199
5.1.3. Manipuladores de robot. 200
5.1.4. Sistema de control y programación de robots. 203
5.1.5. Aplicación de robots industriales. 204
5.2. Tecnología de grupos. 206
5.2.1. Clasificación y codificaciones de piezas. 207
5.2.2. Manufactura celular. 209
5.2.3. Beneficios y problemas en la tecnología de duros. 213
5.2.4. Sistemas flexibles de manufactura. 213
5.2.5. Flexibilidad y sistemas automatizados de manufactura. 214
5.2.6. Componentes de un sistema flexible de manufactura. 215
5.3. Software de un FMS y funciones de control. 216
5.3.1. Aplicaciones de los sistemas flexibles de manufactura. 216
5.4. Líneas de producción automatizadas. 217
5.4.1. Fundamentos de las líneas de producción. 218
5.4.2. Variaciones de productos. 218
5.5. Métodos de transporte de trabajo. 220

INTRODUCCIÓN.

La asignatura de Sistemas de Manufactura, forma parte fundamental en el desarrollo del ingeniero industrial, su investigación es vástago; es por ello que en el presente cuadernillo se proponen los fundamentos para entenderla; sin embargo el alcance que se tiene es en el desarrollo del presente trabajo es mínimo; debido a que solo se proponen el desarrollo de contenidos temáticos que abarca la asignatura en su plan de estudios.

Sistemas de Manufactura requiere del saber hacer (técnica) es por ello que muchas de los ejercicios resueltos en el cuadernillo abarca rubro; aunque con la sabienda razón que muchos de ellos no se ven en forma practica, debido a la falta de infraestructura del TESOEM.

El presente trabajo no es otro más de los miles de intentos que se han puesto como pronostico fundamental para “facilitar” el proceso “enseñanza-aprendizaje” en la asignatura. El mismo cubre temas básicos y se apega al programa vigente de ingeniería industrial con el propósito de estandarizar nivel y conceptos en dicha materia, desde luego, representa el punto de vista derivado tanto de la experiencia frente a grupos que han tenido; como su formación académica. Dicho material puede ser empleado como texto para estudiantes del nivel superior de la Lic. Ingeniería Industrial y afinos, se ha procurado hacer un balance equilibrado entre la formalidad y confianza; en la intuición de aquellas personas interesadas en aprender esta materia.

Se esta convencido que en la materia de Sistemas de Manufactura debe de aprenderse con esfuerzo continuo por parte de los alumnos y docentes que lo imparten; procurando actualizarse en aquellos que enseñan.

Esta asignatura es extremadamente importante para las aéreas aplicadas de las ingenierías, y es una llave hacia un progreso continuo en los países desarrollados y en vías de desarrollo.

En América Latina como en otros lugares rezagados, tanto económicamente y culturalmente, el desarrollo y aplicación de esta materia no es trascendental debido a la falta de equipamiento infraestructura, lo cual propicia solo el entendimiento y técnica en las aulas y por lo tanto se acerca de la técnica cuando se ejerce en la practica.

El desarrollo del presente trabajo esta diseñado es de cuatro capítulos; mostrando siempre al inicio el objetivo del mismo; el cual para su entendimiento se encuentra de la siguiente manera.

Unidad I. ANTECEDENTES Y GENERALIDADES: describe brevemente la historia de los Sistemas de Manufactura, su importancia; así como los tipos de sistemas de producción existentes en una empresa.

Unidad II. TECNOLOGÍAS BLANDAS: se describen la herramientas de calidad, como sistemas Poka-Yoke, SMED, Kanban; 8 Ds`, Kaizen, entre otras herramientas para mejorar los Sistemas de Manufactura; de ahí su importancia y relevancia.

Unidad III. TECNOLOGÍAS DURAS: se exponen brevemente los materiales mas comunes a emplear en ingeniería como los plásticos, aleaciones ligeras, etc., así como se exponen los fundamentos para las maquinas CNC, lo cual es trascendental para los alumnos interesados en maquinas y herramienta.

Unidad IV. SISTEMAS DE MANUFACTURA DE CLASE MUNDIAL: se describe brevemente la relevancia de Lean Manufacturing, al igual que los sistemas de producción Fordista y Toyota, lo cual es base y trascendencia para comprender Lean Manufacturing al igual que se enuncian básicamente las técnicas empleadas en ellos.

Unidad V. AUTOMATIZACIÓN EN LA MANUFACTURA: se habla de manera general de que es automatización su importancia y relevancia en los sistemas de Manufactura.

UNIDAD I: Antecedentes y generalidades.

Objetivo General:

El alumno identificará las características de los diferentes sistemas de manufactura empleados en la generación de bienes y servicios y establecerá a partir de ellas el uso adecuado de los mismos para cada situación particular.

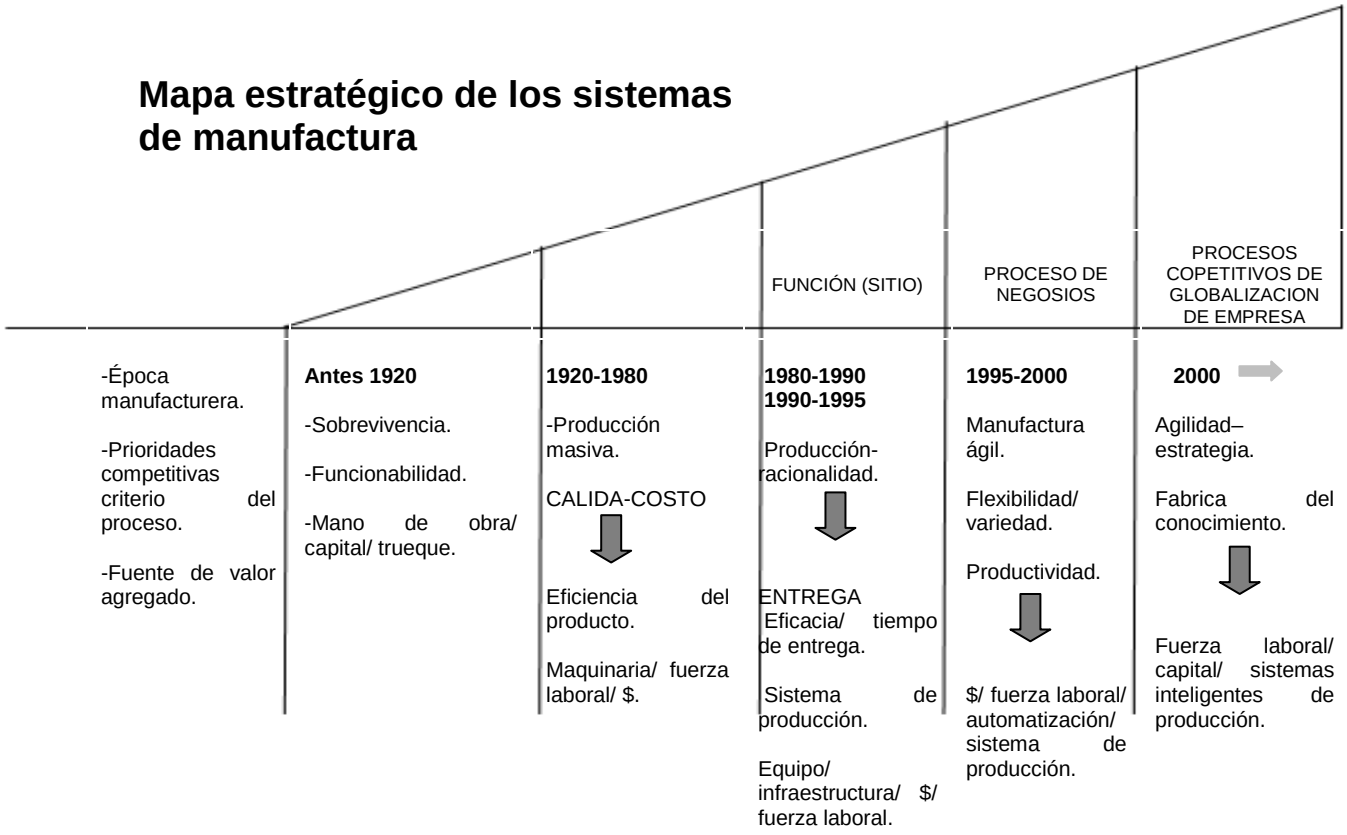
Objetivo del aprendizaje:

El alumno deberá conocer los principios e indicadores para medir los sistemas de manufactura; así como las diferentes clases que existen en el entorno.

1.1. CONCEPTOS Y DEFINICIONES BÁSICAS DE MANUFACTURA, SISTEMA Y SISTEMA DE MANUFACTURA; ASÍ COMO LOS INDICADORES Y PARÁMETROS BÁSICOS.

1.1.1. Introducción a los Sistemas de Manufactura

En el siguiente esquema se muestra el proceso del desarrollo de la manufactura



Esquema 1. Fuente:(Groover, 2007)

Desde la era primitiva se utilizaba la manufactura, tal vez, no formalmente, sino hasta la revolución industrial, donde se producía masivamente.

Para entender el término de manufactura, puede ser concebido desde, diferentes puntos de vista.

"La palabra manufactura se deriva del latín (manus = mano, factos = hecho), la combinación de ambas significa hacer con la mano, describe en forma adecuada los métodos manuales que se emplean cuando se transforma algún material. La

manufactura contemporánea, se auxilia de los sistemas de producción (maquinaria), ya sea asistida por computadora o manual. En un sentido estricto, la manufactura es la aplicación de procesos físicos y químicos para alterar la geometría, propiedades o apariencia del material de inicio para fabricar piezas o productos; los procesos para llevar a cabo la manufactura involucran la combinación de máquinas, herramientas, energía y trabajo" (Groover, 2007:12).

Mientras tanto, Chase lo define como "la fabricación de bienes y artículos a mano o especialmente por maquinaria, frecuentemente en gran escala y con división de trabajo" (Chase, 2008:25).

Por último Bustamante, lo interpreta como *una serie de actividades y operaciones interrelacionadas que involucran el diseño, selección de materiales, planeación, producción, aseguramiento de calidad, administración y mercadeo de bienes discretos y durables de consumo* (Bustamante, 2005:15).En el diagrama 1 se muestra una tormenta de ideas relativas a manufactura y cada una de ellas engloba un término que cuando se enuncia manufactura tiene que ver con su significado.

Diagrama 1.Fuente: Elaboración Propia.

Con base al anterior diagrama y a las definiciones proporcionadas de los diferentes autores con respecto a manufactura se puede decir que este término es la combinación de hacer donde se describe de forma adecuada los métodos manuales o automatizados para la transformación de algún material. En un sentido estricto la manufactura es la aplicación de procesos físicos y químicos para alterar la geometría, propiedades o apariencia de un material en un sistema de producción; los procesos para llevar a cabo la manufactura involucran: la combinación de máquinas, herramientas, energía y trabajo; los cuales deben de ser homologados a través de indicadores con el propósito de tener un control en los procesos; esto se puede ejecutar bajo un enfoque técnico o interdisciplinario.

Los Sistemas de Manufactura y producción son fundamentales para poder ejecutar la manufactura de los productos o piezas, es por ello que entender y describir como están formados, clase de sistemas de producción que hay, permite visualizar mejor el entendimiento para la elaboración de un producto, razón por la cual a continuación se describen en el apartado siguiente.

1.1.2. Sistemas de Manufactura y Producción

Los Sistemas de producción son un conjunto de recursos materiales, técnicos, financieros y humanos; relacionados para satisfacer las necesidades de los clientes, la interrelación de los sistemas se da de manera interna o externa y los recursos se les conoce como las 5 P`s. Ver diagrama 1 y 2.

5 P`s
- Personas.
- Procesos.
- Producto.
- Sistema para planear control.
- *Partes* (normas, complementos).

Diagrama 2.Fuente: Elaboración Propia.

1.1.2.1 Tipos de Sistema de Producción

Procesos continuos: siempre se emplean las mismas materias primas, maquinaria y se obtiene el mismo producto como la industria petrolera.

Tiene como particularidad que nunca cambie el proceso; siempre utiliza los mismos insumos y elabora los mismos productos. Esto ocurre siempre aun después del proceso del producto, tenga que parar por alguna circunstancia (mantenimiento, inventarios, fallas, mecánicas por falta de materiales o almacenamiento) ejemplos: industria eléctrica, minería, siderúrgica. En la producción continua se caracteriza por tener la línea funcionando las 24 horas al día, 7 días a la semana, por lo general en las industrias de procesos como refinación de petróleo, la inversión de capital en planta es muy alta y los trabajos de mantenimiento se realizan en vivo.

Procesos intermitentes.- **Serie de lote** a (gran volumen) para almacenar.
Pedido especial.

Se caracteriza por que con la misma maquinaria y recursos se obtienen diferentes productos. Esta variedad obliga a parar los procesos de productos con el fin de hacer de hacer cambios y ajustes en la maquinaria, para producir los artículos demandados, estos pueden ser de dos tipos antes mencionados.

Pedido especial: su fabricación es de pocas piezas para un determinado artículo o producto. Las instrucciones de trabajo son específicas y bien definidas, al grado que en ocasiones se requiere de planos descriptivos del producto, ejemplo: máquina CNC de control numérico.

En serie: su fabricación en gran escala y las instrucciones de trabajo de procedimientos deberán estar homogenizadas o estandarizadas. En la producción por lote es inherente y flexible. Por lo general, se ajusta una máquina para una operación y todas las partes programadas para esa operación se terminan antes de pasar al lote a la siguiente operación, ya sea en la misma máquina después de hacerle reajustes necesarios en otra máquina.

Proceso mixto: este proceso tiene mayor relevancia en las empresas maquiladoras que se caracterizan por mantener una línea propia de productos en instalaciones con capacidad sobrada para producirlos.

En consecuencia ponen a disposición de diferentes clientes o usuarios la capacidad ociosa de su planta industrial, para elaborar productos que demandan algunos arreglos o adecuaciones de su maquinaria y proceso habitual. De esta forma también pueden producir bajo serie o de pedido especial (maquiladoras por lo general)

Procesos de grandes proyectos: solo se hace una vez (aviones, barcos, obras publicas). Son representativos de la industria de la construcción y de obras de infraestructura para optar de servicios a la nación.

En la producción por trabajo, un producto lo fabrica un operador (o grupo de operadores que trabajan y terminan un objeto antes de proseguir al siguiente, que puede ser diferente o del mismo tipo)

Cuando la tecnología que interviene está en vías de desarrollo la organización es simple y puede constar de una instrucción *a ser completo*, pero en productos complejos pueden necesitarse de una estructura de control de proyecto, en donde la planeación y control pueden usar técnicas como el análisis de ruta critica.

En la producción en cadena cada, una de varios objetos idénticos se pasa a otro operable para la segunda operación en cuanto el primero termine, la primera y

así sucesivamente por varios separadores hasta terminar el objeto, el primer objeto queda terminado mientras que los que siguen están aún en proceso.

1.1.2.2 Representación gráfica de los procesos.

Serie.

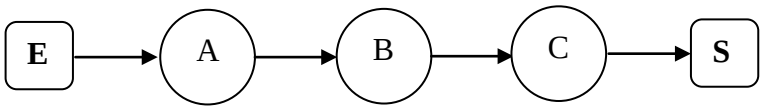


Diagrama 3. Fuente: (Bustamante, 2005:6)

- Pedido.

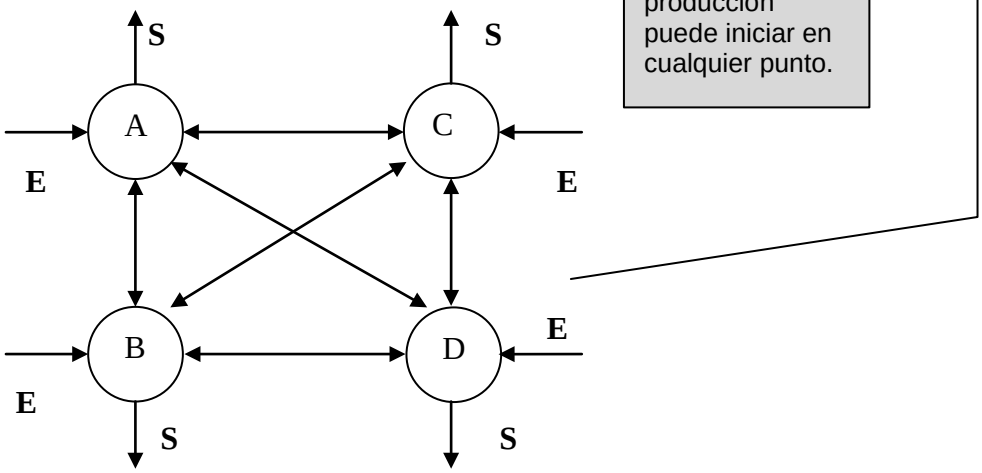


Diagrama 4. Fuente: (Bustamante, 2005:6)

- Por grandes proyectos.

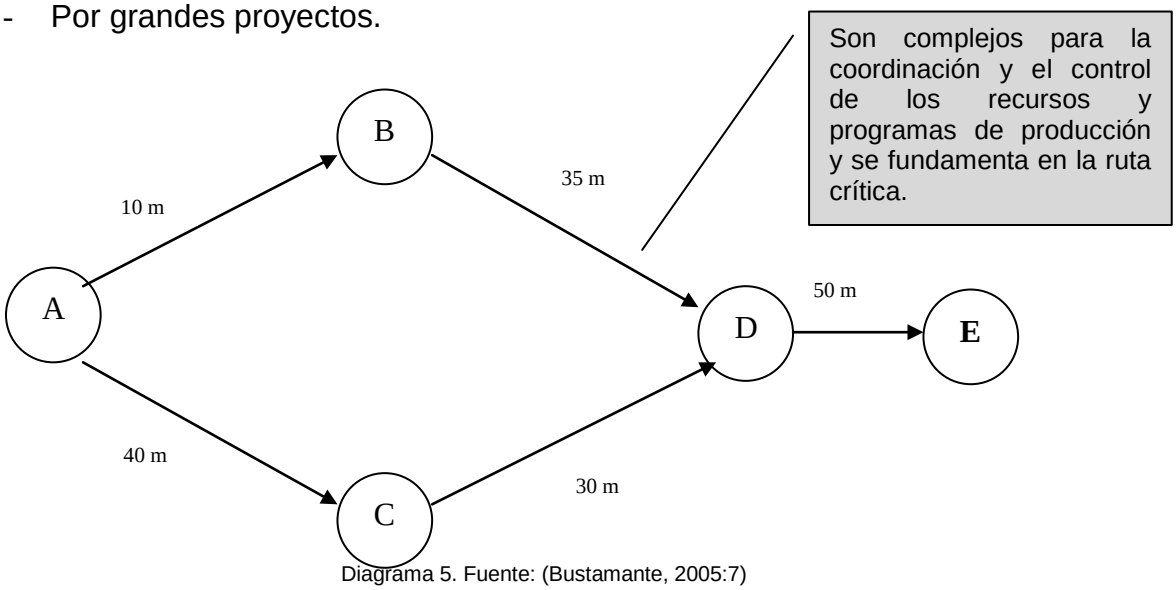


Diagrama 5. Fuente: (Bustamante, 2005:7)

- Mixtos.

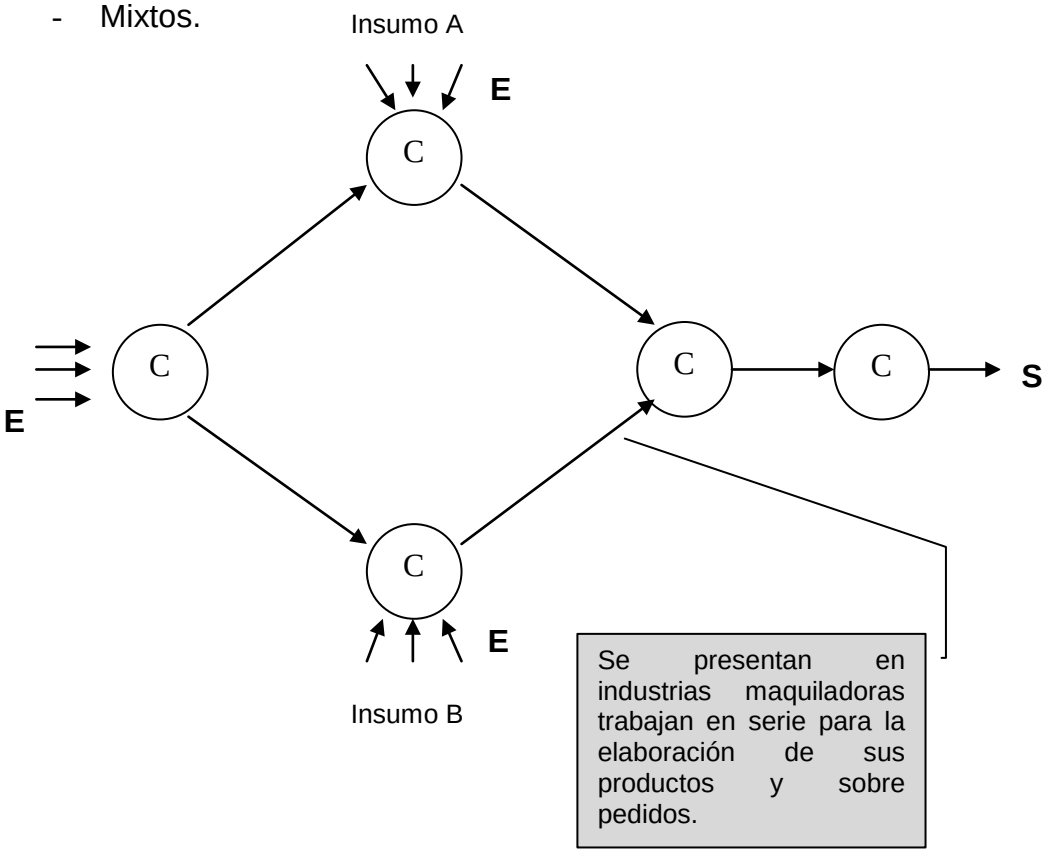


Diagrama 6. Fuente: (Bustamante, 2005:6)

1.1.2.3 Clasificación de la industria manufacturera

Industria primaria
(Explotan y cultivan recursos naturales).

- Pesca.
- Minería.
- Ganadería.
- Agricultura.
- Forestal.
- Petrolera.

Diagrama 7. Fuente: Elaboración Propia.

Industria secundaria
Toman las salidas de la industrial Primaria y lo transforman en un bien de consumo o servicio.

- Madera / muebles.
- Refinación del petróleo.
- Papel.
- Metalurgia y siderurgia.
- Alimentos procesados.
- Farmacéutica.
- Vidrio.
- Neumáticos/ llantas.

Diagrama 8. Fuente: Elaboración Propia.

Industria terciaria
Contribuyen a algún Servicio de la nación.

- Luz.
- Hospital.
- Bancos.
- Educación.
- Restaurant.
- Turismo.
- Bienes raíces.
- Comercio al mayoreo y menudeo.

Diagrama 9. Fuente: Elaboración Propia.

1.1.2.4. Tipo de manufactura

Los tipos de manufactura se pueden clasificar de acuerdo a los sistemas de producción como son:

- Fabricación por inventario.
- Fabricación sobre pedido.
- Terminación/ ensamble final sobre pedido.
- Grandes proyectos (únicos).

1.2.- Indicadores y Medidores de los Sistemas de Manufactura

- *Eficiencia*: expresa la forma en que se hace un buen uso de los recursos de la empresa (5 P`s).
    - Indicadores que permiten cuantificar esta variable.

- Tiempos muertos (paro de máquinas, mano de obra).
- Retraso del material (flujo del proceso).
- Desperdicio de material o merma desechados indiscriminadamente.
- Capacidad de manufactura o capacidad de producción.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{número de horas hombre programadas}(\blacksquare)}{\text{número de horas hombre utilizadas}}$$

($\blacksquare$) *Número horas. Hombre= hrs de trabajo (jornada * día laboral) * días laborales efectivos * número de trabajadores en línea.*

- *Eficacia*: grado de cumplimiento con los objetivos, metas o estándares, que la empresa determina en la planeación, es la realización de la producción obtenida en un cierto periodo, respecto a la meta de unidades físicas de producción previamente planeadas.

    - Indicadores que permiten cuantificar esta variable.

- Grado de cumplimiento de un programa de producción.
- Tiempos de entrega.
- Demoras o retrasos en la línea de producción.

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{Producción obtenida}}{\text{Producción real}}$$

- *Efectividad:* expresa la relación que se logra entre el buen uso de los recursos y el tiempo estipulado para su entrega, matemáticamente se puede expresar de la siguiente manera:

Efectividad= Eficiencia eficiencia*

- *Productividad:* cuando se habla de productividad se piensa que su significado consiste en hacer más con menos. La productividad es el resultado de los factores independientes: el humano y el tecnológico. Para que la productividad emerja debe darse lo siguiente:

"El trabajador quiera ser el mejor que actué en consecuencia y pueda ser mejor, las dos primera se refieren al elemento humano y la tercera al tecnológico" (Herrera, 2003:70). En el Diagrama 10, se muestran los factores que afectan la productividad

Factores que afectan la Productividad

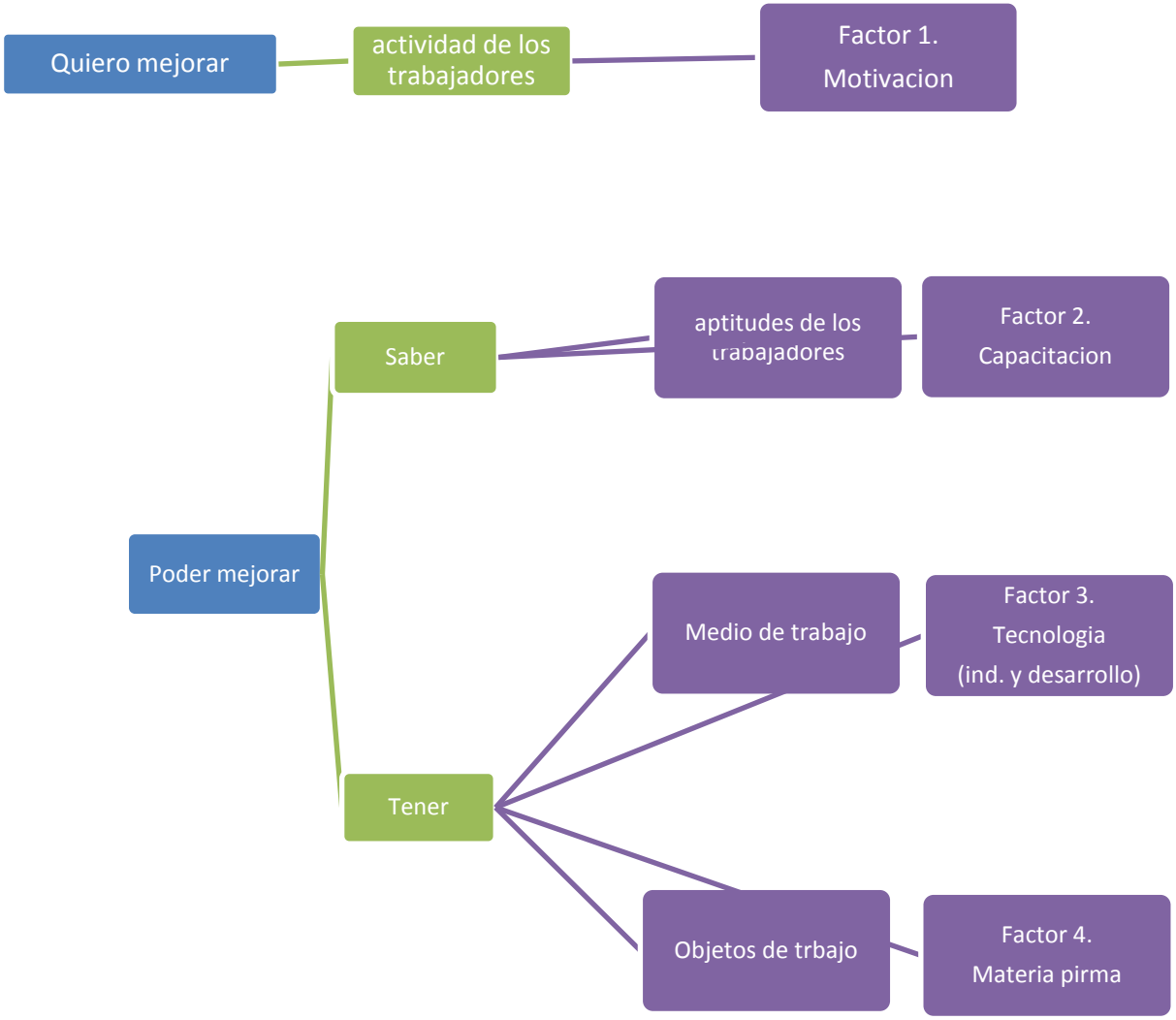


Diagrama 10. Fuente (Pacheco, 1991:23)

Se puede medir en un sistema de manufactura bajo 4 ejes:

a) Aumento del volumen o valor real de la producción utilizando igual o menor cantidad de recursos.
b) Incremento en el valor de la producción; superior al aumento del valor de los insumos.
c) Mejorar la capacidad de los productos con la misma relación del producto.
d) Incremento del valor de la producción igual que los insumos, en especial trabajo y capital, si en ambos es un reflejo de mayor calidad.

Para un mejor entendimiento y análisis de la productividad en un sistema de manufactura, deberá evaluarse a partir de mediciones (índices), los cuales pueden ser:

- Parcial: es el cociente entre la producción total y un solo grupo de insumos.

$$Medición\ \ Parcial = \frac{\text{Producción Total}}{Mano\ \ de\ \ obra}\ \ o\ \ \frac{Tiempo\ \ de\ \ total\ \ de\ \ uso\ \ de\ \ la\ \ máquina}{Tiempo\ \ disponible}\ o\ \ \frac{Material\ \ Total\ \ de\ \ entrada}{Material\ \ de\text{sechable}}$$

$$Medición\ \ Parcial = \frac{Unidades\ \ \text{Producidas}}{Hr.Hombre}\ \ o\ \ \frac{Hr\ .Totales\ \ de\ \ máquina\ \ funcionamiento}{Hr.\text{Reales}\ \ de\ \ funcionamiento}\ o\ \frac{kg_{total}\ Material}{kg_{\text{desechable}}\ Material}$$

Hr. Hombre=Número de días de trabajo por mes × No. Trabajadores × Hr-promedio-día ó Hr-días.

- Multifactoriales: es el cociente entre la producción total y varios grupos de insumos (no todos los insumos).

$$Medición\ \ \ Multifactorial = \frac{\text{Producción}}{Mano\ \ de\ \ Obra + Maquinaria + Material}$$

- Total: es el cociente entre la producción total y el total de los insumos empleados (todos los insumos).

$$Medición\ \ Total = \frac{\text{Producción}\ \ total}{Insumos\ \ totales}\ \ o\ \ \frac{Bienes\ \ y\ \ servicios\ \ \text{logrados}}{Todos\ \ los\ \ recursos\ \ empleados}\ o\ \frac{Efectividad}{Eficiencia}$$

Ejercicio 1.

La empresa Ance S.A de C.V, produce una línea de artículos de peltre para uso casero de cuatro productos. El sistema de manufactura se divide en 5 etapas: cortado, troquelado, esmaltado, acabado y empacado. A continuación se presenta la información relevante, tanto del sistema productivo como del producto.

Información sobre el sistema productivo (índice producción unidades/hrs)

Departamento	Prod. I	Prod. II	Prod. III	Prod. IV	Capacidad (hr- mes)
Cortado	25	6	20	10	400
Troquelado	14	8	20	10	380
Esmaltado	17	9	33	8	490
Acabado	20	4	-	8	450
Empacado	20	13	50	20	400

Información sobre el producto

Producto	Prod. Venta ($/ unidad)	Costo venta ($/unidad)
I.	100	50
II.	300	200
III.	160	100
IV.	250	150

Producto	Demanda mensual	
	Mínima	Máxima
I.	500	5 000
II.	750	6 000
III.	650	8 000
IV.	0	3 500

Además se sabe que en el siguiente mes solo se dispondrán de 1 200 m^2 de lámina que consumen los productos I. y II. El producto I requiere 0.50 m^2/ unidad y el II. Requiere 0.80 m^2/unidad.
Determine la eficiencia y eficacia del sistema con los datos dados

Definición de variables:

$x = \ unidades\ de\ peltre\ en\ sus\ diferentes\ presentaciones\ a\ fabricar\ para\ el\ siguiente\ mes.$
$x_1 = \ unidades\ de\ peltre\ del\ producto\ I\ a\ fabricar\ para\ el\ siguiente\ mes.$
$x_2 = \ unidades\ de\ peltre\ del\ producto\ II\ a\ fabricar\ para\ el\ siguiente\ mes.$
$x_3 = \ unidades\ de\ peltre\ del\ producto\ III\ a\ fabricar\ para\ el\ siguiente\ mes.$
$x_4 = \ unidades\ de\ peltre\ del\ producto\ IV\ a\ fabricar\ para\ el\ siguiente\ mes.$

$Max.$
$Z0 = (100 - 50)x_1 + (300 - 200)x_2 + (160 - 100)x_3 + (250 - 150)x_4$

s. a.
Capacidad de producción

$\frac{1}{25}x_1 + \frac{1}{6}x_2 + \frac{1}{20}x_3 + \frac{1}{10}x_4 \leq 400$ (cortado)
$\frac{1}{14}x_1 + \frac{1}{8}x_2 + \frac{1}{20}x_3 + \frac{1}{10}x_4 \leq 380$ (troquelado)

$\frac{1}{17}x_1 + \frac{1}{9}x_2 + \frac{1}{33}x_3 + \frac{1}{8}x_4 \leq 490$ (esmaltado)
$\frac{1}{20}x_1 + \frac{1}{4}x_2 + \quad + \frac{1}{8}x_4 \leq 450$ (acabado)
$\frac{1}{20}x_1 + \frac{1}{13}x_2 + \frac{1}{20}x_3 + \frac{1}{20}x_4 \leq 400$ (empacado)

Demanda
$500 \leq x_1 \leq 5\,000$
$750 \leq x_2 \leq 6\,000$
$650 \leq x_3 \leq 8\,000$
$0 \leq x_4 \leq 3\,500$

Material
$0.50x_1 + 0.80\,x_2 \leq 1{,}200$

Max.
$z = 50x_1 + 100\,x_2 + 60x_3 + 100x_4$

s.a
$\frac{1}{25}x_1 + \frac{1}{6}x_2 + \frac{1}{20}x_3 + \frac{1}{10}x_4 \leq 400$
$\frac{1}{14}x_1 + \frac{1}{8}x_2 + \frac{1}{20}x_3 + \frac{1}{10}x_4 \leq 380$
$\frac{1}{17}x_1 + \frac{1}{9}x_2 + \frac{1}{33}x_3 + \frac{1}{8}x_4 \leq 490$
$\frac{1}{20}x_1 + \frac{1}{4}x_2 + \quad + \frac{1}{8}x_4 \leq 450$
$\frac{1}{20}x_1 + \frac{1}{13}x_2 + \frac{1}{20}x_3 + \frac{1}{20}x_4 \leq 400$

Se utilizan desigualdades

$x_1 \leq 5{,}000$
$x_1 \geq 500$
$x_2 \leq 6{,}000$
$x_2 \geq 750$
$x_3 \leq 8{,}000$
$x_3 \geq 650$
$x_4 \leq 3{,}500$
$x_4 \geq 0$

$\therefore x_1\ x_2\ x_3\ x_4 \geq 0$ ya que no obtener producción negativa

Ejercicio 2.

El aeropuerto nacional de la Cuida de México (Benito Juárez), va a agregar vuelos desde Asia su aeropuerto base, por lo cual necesita contratar más agentes de servicio a clientes. Por otra parte, no se sabe cuántos más se deben contratar, la gerencia general reconoce la necesidad de controlar el costo y servicio por lo anterior, se contrato a los alumnos del 7I11 de ingeniería industrial del TESOEM para estudiar la forma de programar a los agentes para proponer un servicio satisfactorio en el menor costo en mano de obra (personal). Con base en la nueva programación de vuelos; se ha realizado un análisis del número mínimo de agentes de servicio a clientes que deberá encontrarse en guardia en diferentes momentos del día para dar una calidad del servicio satisfactorio. En la siguiente tabla, se muestra el número de agentes necesarios para los pedidos dados en primavera. Los otros datos refleja uno de los acuerdos del contrato colectivo entre la CIA y en sindicato que representa a los agentes de servicios a cliente

Determine y eficiente de la mejor manera los recursos del aeropuerto.

Periodo	Turnos					Nº de agentes
	I.	II.	III.	IV.	V.	
6:00 am-8:00 am	X					32
8:00 am-8:00 am	X	X				21
10:00 am-8:00 am	X	X				14
12:00 am-4:00 pm	X	X	X			24
2:00 pm-8:00 pm		X	X			61
4:00 pm-8:00 pm			X	X		45
6:00 pm-8:00 pm			X	X		15
8:00 pm-10:00 pm				X		18
10:00 pm-12:00 am				X	X	30
12:00 am-6:00 am					X	41
Costo diario * agente	$170	$160	$170	$180	$195	

Definición de variables

$x = número\ de\ agentes\ en\ servicio\ requeridos\ en\ los\ diferentes\ turnos$
$x_1 = número\ de\ agentes\ requeridos\ en\ turno\ I.$
$x_2 = número\ de\ agentes\ requeridos\ en\ turno\ II.$
$x_3 = número\ de\ agentes\ requeridos\ en\ turno\ III.$
$x_4 = número\ de\ agentes\ requeridos\ en\ turno\ IV.$

$x_5 = número\ de\ agentes\ requeridos\ en\ turno\ V.$

Min.

$$Z = 170\,x_1 + 160\,x_2 + 170\,X_3 + 180\,X_4 + 195\,X_5$$

s.a.

$$\begin{aligned}
x_1 &\geq 32\\
x_1 + x_2 &\geq 21\\
x_1 + x_2 &\geq 14\\
x_1 + x_2 + x_3 &\geq 24\\
x_2 + x_3 &\geq 61\\
x_3 + x_4 &\geq 45\\
x_3 + x_4 &\geq 15\\
x_4 &\geq 18\\
x_4 + x_5 &\geq 30\\
x_5 &\geq 41
\end{aligned}$$

$x_1 \;\; x_2 \;\; x_3 \;\; x_4 \;\; x_5 \geq 0$

Ejercicio 3.

PVC produce rollo de papel en ancho de 20 pies cada uno, los pedidos de los clientes en rollos de diversos anchos se producen recortando el tamaño estándar de 20 pies. Los requerimientos promedios de los clientes esta dado en la siguiente forma:
Rollo de 5 pies – 150 unidades
Rollo de 7 pies – 200 unidades
Rollo de 9 pies – 300 unidades

¿Qué combinación del corte es mejor, ya que la empresa quiere eficiente la materia prima en los rollo?

Tipo corte	Ton (5 ft)	Ton (7 ft)	Ton (9 ft)	Desperdicio (ton)
I.	4	-	-	0
II.	1	2	-	1
III.	-	-	2	2
IV.	2	-	2	1

V.	-	1	1	4
VI.	2	1	-	3

Definición de variables

$x =$ número $total\ de\ tipos\ de\ corte\ del\ papel.$
$x_1 =$ número $de\ cortes\ para\ el\ rollo\ I.$
$x_2 =$ número $de\ cortes\ para\ el\ rollo\ II.$
$x_3 =$ número $de\ cortes\ para\ el\ rollo\ III.$
$x_4 =$ número $de\ cortes\ para\ el\ rollo\ IV.$
$x_5 =$ número $de\ cortes\ para\ el\ rollo\ V.$
$x_6 =$ número $de\ cortes\ para\ el\ rollo\ VI.$

Min.
$Z = 0\,x_1 + x_2 + 2\,x_3 + x_4 + 4\,x_5 + 3\,x_6$

s.a.

Se busca en tablas que corte si contiene cada tipo de rollo
Si un rollo 5ft ⇥150 Uds.

$$\begin{aligned} 4\,x_1 + x_2 + + x_4 + + x_6 &\geq 150\ (5ft) \\ + 2x_2 + + + x_5 + x_6 &\geq 200(7ft) \\ + 2\,x_3 + 2x_4 + x_5 + &\geq 300\ (9ft) \end{aligned}$$

$x_1\ x_2\ x_3\ x_4\ x_5\ x_6 \geq 0$

Ejercicio 4.

En la industria vinícola Pedro Domeq S.A de C.V., planta I ha decidido establecer parámetros para medir su sistema de manufactura principalmente en la elaboración de de su producto Azteca de Oro de 1 litro; para lo cual las botellas se agrupan en cajas de 24 botellas cada una; para la elaboración de dicho producto se emplean los siguientes materiales

a) Botella.
b) Líquido.
c) Tapa.
d) Etiqueta contra o etiqueta frente con cuello.
e) Etiqueta frente o etiqueta nocivo.
f) Etiqueta cuello o etiqueta código de barras.
g) Etiqueta marbete o banda de garantía.
h) Estuche o folleto.
i) Caja de producto terminado.

En su línea de producción cuenta con 45 trabajadores que va desde el proceso de lavado hasta el producto terminado (empaquetado). Por política de la empresa no se permite tener botellas sin embotellar o libres dentro de la línea de embotellado (y no cuidar del producto). El horario de trabajo de dicha línea es de 8:00 am a 17:30 horas. Por política de la empresa con apego a la Ley Federal del Trabajo ha estipulado que dentro de la jornada laboral del trabajo:

a) *Otórgales 30 min de comida a los trabajadores.*
b) *20 min de descanso, distribuidos en dos recesos de 10 min cada uno, el gerente de producción asignara los recesos respectivamente.*
c) *De acuerdo a los reportes del área de mantenimiento se tiene por día un paro promedio de maquinas de 40 min (diferentes fallas o motivos).*
d) *El gerente de producción deberá reportar como mínimo 1 160 cajas por día.*

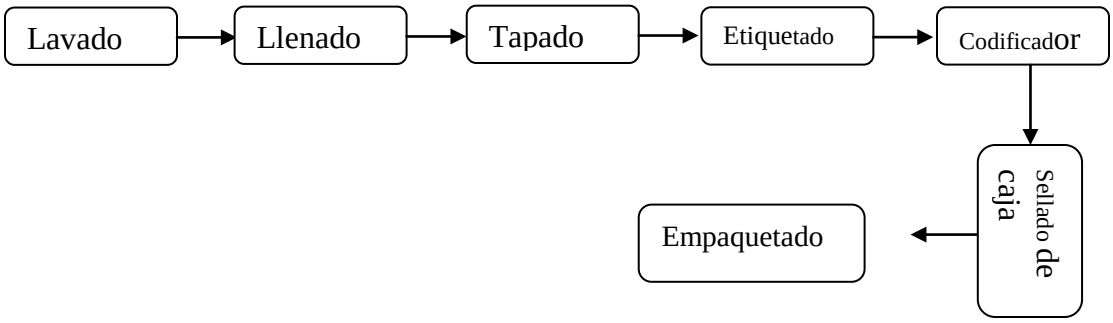
Con los datos anteriores calcule la productividad del sistema de manufactura

Material=9
Trabajadores = 45 (línea 1)
Hrs de trabajo= 8:00 – 17:30= 9.5 horas

CÓDIGO DEL PRODUCTO	**CANTIDAD**		**CANTIDAD DE BOTELLAS**	**CANTIDAD DE PERSONAS**	**HORA**		
	DE CAJAS	**BOTELLAS SUELTAS**			**INICIO**	**FINAL**	**TIEMPO TOTAL DE TRBAJO (HRS)**
MMHA	1160	0	1160X24	45	8:00 a.m.	17:30 p.m.	9.5

TIEMPO TOTAL PRODUCTIVO		**DONDE**	**Material (Artículos) para D (9/9):**
30 minutos de comida. 20 minutos de 2 recesos. 40 minutos de paros en las máquinas. 9.5hrs-1.5 hrs=8.0 hrs	8.0 hrs	A = Cantidad de cajas producidas. B = Cantidad de botellas por caja. C = Cantidad de botellas sueltas. D = Material Utilizado (Artículos colocados en el producto). Total de D = Total de Material Utilizado en el producto terminado.	(1) Botella. (2) Líquido. (3) Tapa. (4) Etiqueta Contra o Etiqueta Frente con cuello. (5) Etiqueta Frente o Etiqueta Nocivo. (6) Etiqueta Cuello o Etiqueta Código de Barras. (7) Etiqueta Marbete o Banda de Garantía. (8) Folleto o Estuche. (9) Caja de Producto Terminado. E = Cantidad de personas laborando. F = Cantidad de horas reales trabajadas.

Descripción del Proceso:



$$Productividad = \frac{\frac{[(A * B) + C] * D}{12}}{\frac{E * F}{9.5}}$$

$$\text{Productividad} = \frac{\frac{[(1\,160 * 24)] * 1}{12}}{\frac{45 * 8}{9.5}}$$

Se colocan en lotes de 12

$$\text{Productividad} = \frac{2\,320}{37.89}$$

Productividad= 61.22 cajas persona / día

UNIDAD II: Tecnologías blandas.

Objetivo General:

El alumno desarrollará dispositivos y propuestas de Mejora de Procesos, mediante el uso de las diferentes técnicas (TDG, TOPS, SMED, KANBAN, POKA YOKE, etc.) propuestas en esta unidad.

Objetivo del aprendizaje:

El alumno devera identificar os diferentes componentes que integran un sistema de manufactura; asi como los diferentes técnicos y herramientas para mejorar y controlar el sistema de manufactura.

2.1.-Tecnologias blandas

La tecnología es el conjunto de técnicas y conocimientos a base de análisis y diseño transformando y mejorando un buen servicio para dar satisfacción al cliente.

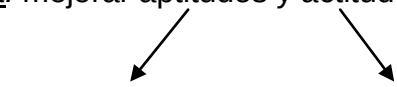
A continuación en la tabla 1. Se muestra la diferencia entre tecnología y técnica:

TECNOLOGÍA.	**TÉCNICA**
- Aportes científicos.	- Conocimiento empírico (Saber hacer).
- Está representada por máquinas.	- Está representada de forma manual.
- Flexibilidad, conformidad, calidad, precios.	- Satisfacción personal del cliente.
- Mayor precio.	- Menor precio.

Tabla 1. Fuente: Elaboración Propia.

Se busca que la técnica de pauta a la tecnología para obtener mayor calidad.

Tecnología: mejorar aptitudes y actitudes del personal.



Tecnología Dura: es aquella tecnología que se puede considerar tangible, y está representada principalmente por la maquinaria, herramienta, redes de telecomunicaciones, robots, autómatas y sistema PC.

Tecnología Blanda: es la capacidad de aprendizaje de la Organización y el talento de su fuerza y capital intelectual (KAIZEN); el aprendizaje y el auto aprendizaje del conocimiento es su principal sustento; este tipo de tecnologías son básicamente *intangibles. Know-How.*

Know- How: expresión inglesa How to do it (saber cómo hacerlo), se define como un acuerdo de voluntades en virtud del cual el proveedor suministra al receptor conocimientos; generalmente a cambio de una prestación.

2.1.1 Las 6 premisas para llevar a cabo las tecnologías Blandas y Duras:

1. La tecnología dura debe ser novedosa; la tecnología blanda deberá preparar gente para llevarlo a la práctica.
2. La tecnología blanda prepara gente para crear y afrontar los nuevos paradigmas (cambios).
3. La tecnología dura debe ser innovadora; la tecnología blanda deberá capacitar y despertar !a innovación en su capital intelectual,
4. La tecnología dura debe aplicar bajo mantenimiento de cualquier índole; la blanda se sustenta en el auto aprendizaje o desarrollo humano integral.
5. La tecnología dura debe caracterizarse por su velocidad (procesos intermitentes); la blanda por su capacidad de respuesta.
8. La tecnología dura debe conjugar con la economía de la obsolescencia. La blanda se preocupa por generar su desaprendizaje en conocimientos y paradigmas.

En la tabla 2. Se presentan las principales formas para transferir tecnología:

Los principales contratos de transferencia de tecnología son:
- Know-How. - Licencias y franquicias. - Transferencia de material y patentes. - Contratos de aseguramiento técnico. - Contrato de información básica.

Tabla 2. Fuente: Elaboración propia.

2.2 Kaizen.

Kaizen (Mejora Continua)
- Mejoramiento continúo en todas las aéreas de la empresa, involucrando a todo el personal que labora en ella, desde el nivel operativo hasta el nivel gerencial (Ejecutivo). - El fundamento de esta filosofía se basa en la calidad humana de las personas. - El significado de mejoras pequeñas es el resultado de un gran esfuerzo. - El estilo de vida y éxito de la llave japonesa en los negocios.

Tabla 3. Fuente: Elaboración propia.

2.2.1 Características para llevar a la práctica Kaizen

a) Practicas de operación (los problemas de la empresa). b) Participación total de los trabajadores. c) Actualización o capacitación ($, tiempos)

Tabla 4.Fuente: Elaboración propia.

2.2.2. Herramientas para llevar a cabo el Kaizen.

- 5S' 6 9S'. - SMED. - POKA-YOKE. - TQM. - CÍRCULOS DE CALIDAD (CONTROL DE CALIDAD TOTAL). - TPM. - ISO. - BMP. - CEP (7 HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD). - 6 SIGMA (LEAN MANUFACTURING). - 8 D'S. - JIT. - QFD, BENCH MARKETING, AMEF. ING. DE CALIDAD (CONFIABILIDAD DE PRODUCTO). - MRP II. - REINGENIERIA.

Tabla 5.Fuente: Elaboración propia.

2.2.3. Importancia del Kaizen

- Mejora de la productividad. - Prevenir defectos. - Reducir Stocks.

Tabla 6.Fuente: Elaboración propia.

2.2.4 Principios de un sistema de producción idóneo bajo Kaizen

a) Simplicidad (orden, disciplina, limpieza). b) Asignación del personal. c) Flexibilidad (con la misma mano de obra, maquinaria, etc., realizar una gama

de productos). d) Control de stocks. e) Control del proceso. f) Confiabilidad: 4 variables de calidad total.

Tabla 7.Fuente: Elaboración propia.

2.2.5. Filosofía de las 3 M`s

a) Muda: innecesario o inútil (mano de obra, maquinaria etc.). b) Muri: difícil o incomodo (no pasa, retrasos, capacitar mano de obra, capacitación). c) Mura: irregular o inconsistente (tiempos muertos).

Tabla 8.Fuente: Elaboración propia.

2.2.6. Filosofía de la 3 G`s

a) Gemba (casa): lugar o sitio de trabajo. b) Gembustso (casa): la empresa es tu casa. c) Genjitsutaki (realista).

Tabla 9.Fuente: Elaboración propia.

KAIZEN BLITZ= MANUFACTURA ESBELTA

La palabra Blitz significa corto plazo, concentrado, eliminación rápida de desperdicios del lugar de trabajo. Entonces se puede decir, que el Kaizen Blitz se enfoca a producir mejoras radicales y rápidas a corto plazo en el desempeño de los procesos; los resultados se dan por los mismos empleados (Kaizen básico o avanzados).

2.3. Sistemas Poka-Yoke.

Es una técnica desarrollada por el ingeniero Shingeo Shingo en los 60`s y significa *a prueba de errores*.

Poka: Inadvertido. Yoke: Prevenir.

La causa de los defectos recae en los errores de los trabajadores y los defectos son el resultado de continuar con dichos errores.

- El enfoque Poka-Yoke propone atacar problemas desde su causa y actuar antes de que ocurra tal efecto, entendiendo su mecánica haciendo los errores muy obvios para que el trabajador se dé cuenta y corrija a tiempo (prevenir errores humanos).

- El concepto es simple, sino se permite que los errores se presenten en la línea de producción; entonces la calidad será alta y evitara retrabajos.

Estos sistemas llevan a cabo 100% de la inspección del proceso.

2.3.1. Características del sistema poka-yoke.
- Simples y económicas. - Que sean colocadas en el lugar que se requiere. - Sean parte del proceso. - Difíciles de detectar.

Tabla 10.Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 11. Se muestran las fuentes más comunes de errores de los sistemas Poka-Yoke.

Fuentes de defectos.
- Ambiente laboral (falta de capacitación). - Operación equivocada por la maquinaria. - Ajustes en la producción o en la línea de producto. - Partes faltantes. - Equipo no reparado en forma apropiada (tiempo estándar). - Procesamiento omitido (por ejecutar ciertos pasos en la orden de producción).

Tabla 11.Fuente: (Gutiérrez. 2007).

2.3.2 Funciones reguladoras de los sistemas Poka-Yoke.

a) MÉTODOS DE CONTROL: apagan las maquinas o bloquean el sistema de operación previniendo que siga ocurriendo el mismo defecto.

b) MÉTODOS DE ADVERTENCIA: señalan al trabajador y avisa al mismo tiempo de las anomalías ocurridas, llamando su atención mediante una luz o sonido.

2.3.3. Medidores empleados en el sistema Poka-Yoke.

a) Medidores de contacto (botones).

Los switches o botones son los mecanismos de detección más frecuentes.

Pueden detectar la presencia de artículos, tales como: piezas de trabajo, útiles o herramientas de corte que son flexibles. Este tipo de mecanismos o medidores pueden emplearse para asegurar que es un proceso no conveniente hasta que la pieza de trabajo este en la posición correcta.

b) Medidores sin contacto (sensores o dispositivos fotoeléctricos).

Los sensores fotoeléctricos pueden manejar objetos transparentes, translucidos y opacos dependiendo de las necesidades. En esta tipo de transmisión se usan dos unidades:

- Emite un rayo de luz, la otra lo recibe. Este tipo puede estar normalmente en ON, lo que significa que el rayo no se encuentra obstruido en OFF, lo que significa que el rayo no llega a la unidad receptora; es un tipo reflejante del sensor ante la luz reflejada desde el objeto para detectar su presencia.

c) Medidores de presión, vibración, temperatura, corriente eléctrica, etc.

A continuación en el diagrama 11. Se presentan las ventajas del sistema Poka-Yoke.

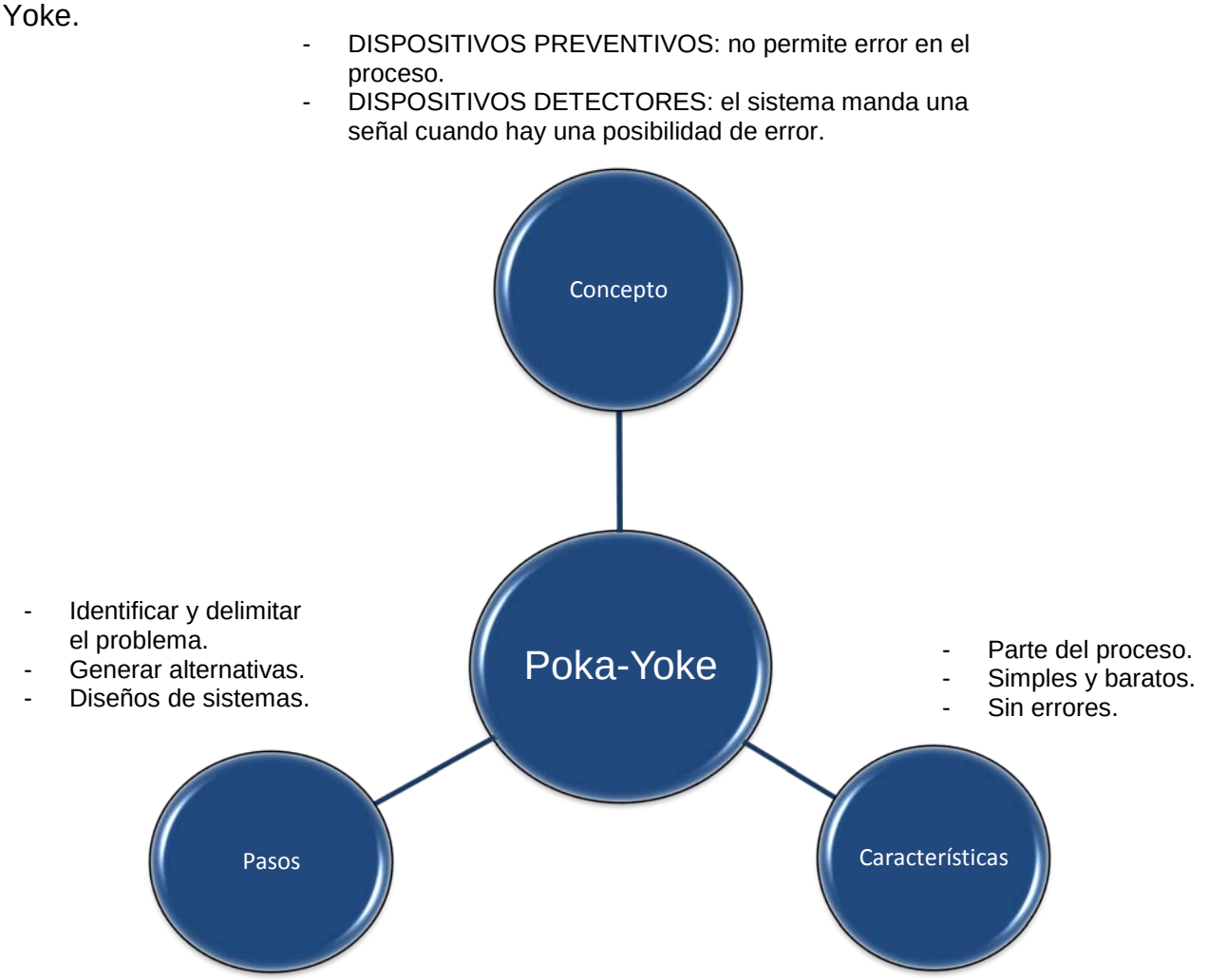


Diagrama 11. Fuente Elaboración propia.

2.3.4. Los 8 principios para la mejora básica por el sistema Poka-Yoke.

1. Construir la calidad en los procesos.
2. Eliminar todos los errores y defectos inadvertidos.
3. Interrumpir el proceso al hacerlo mal (no conformidad) y comenzar a hacerlo nuevamente.
4. Hacerlo bien y no buscar excusas.
5. Un 60% de las posibilidades de éxito es suficientemente bueno y su alcance aplica en cualquier sistema de manufactura.
6. Las equivocaciones o defectos podrán reducirse a cero si se trabajan sistemas Poka-Yoke, ya sean dispositivos preventivos o detectores.
7. Todos los sistemas Poka-Yoke nacen de la necesidad de una técnica de operación.
8. Utilizar las herramientas de calidad (las 5 W`s y 2 H`s).

Los pasos para resolver un problema en un sistema de manufactureó empleando el sistema Poka-Yoke, se describe en la tabla 12.

ACTIVIDAD A DESARROLLAR	ESTRATEGIA O MÉTODO
- Seleccionar y delimitar el proceso de manufactura.	Con base a los reportes de calidad (formatos) y producción. Quejas de clientes internos. Observación del proceso.
- Identificar problemas.	7 herramientas de calidad.
- Buscar alternativas de solución.	Diseño de experimento – Minitab. Diagrama de Ishikawa.
- Diseño del sistema Poka-Yoke.	Inspección a prueba en el proceso a mejorar.
- Valida su impacto.	Compara el antes y el después. Indicadores de manufactura.

Tabla 12. Fuente: (Gutiérrez. 2007).

2.4. 5s'

Las 5s´ forman una parte esencial para implementar en cualquier programa de manufactura esbelta, pues implica suma de esfuerzos para lograr más beneficios manteniendo un lugar de trabajo bajo condiciones tales que logre contribuir a la eliminación de desperdicio y reprocesos; así como mejorar la moral personal.

Su importancia radica en mantener un buen ambiente de trabajo, que es crítico para lograr encaminar una organización hacia la calidad, bajos costos y entregas inmediatas. Además, de que la clasificación, organización, limpieza, disciplina y estandarización representa una necesidad importante en cualquier organización.

Dentro de los beneficios que se obtienen se pueden mencionar los siguientes:

1. Permite resaltar los desperdicios en los centros de trabajo; el reconocer problemas es el 1er paso para su eliminación.
2. Reduce accidentes laborales al eliminar pisos grasosos, sucios y resbaladizos.
3. Un lugar limpio y ordenado refleja una buena imagen para el cliente, tanto interno como externo.
4. Reduce movimientos inútiles y trabajos intensos.
5. Resuelve importantes problemas de logística presentes en el área de trabajo de una manera simple.
6. Señala anormalidades como rechazos y excedentes de inventarios.

Para llevar a cabo las tres primeras S' con exactitud, es necesario llevar a la práctica lo que se muestra en el diagrama 12.

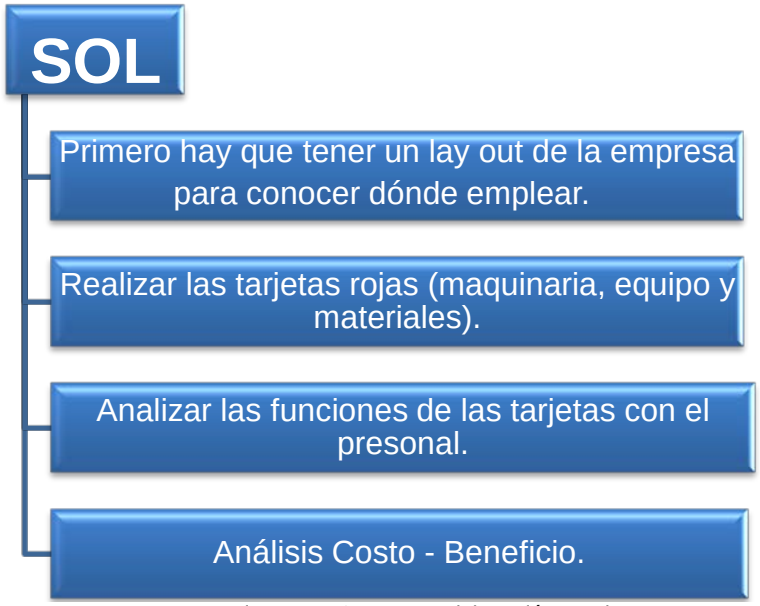


Diagrama 12. Fuente: Elaboración Propia

A continuación en la tabla 13. Se presenta una tarjeta roja para llevar a

cabo la selección de lo necesarios e innecesario en las áreas productivas.

TARJETA ROJA (MAQUINARIA, EQUIPO Y MATERIALES)

Nombre del Artículo		Folio
Categoría	1) Maquinaria. 2) Accesorios y herramienta. 3) Instrumental de medición. 4) Materia Prima. 5) Refacción. 6) Inventario en proceso. 7) Producto terminado. 8) Equipo de oficina. 9) Librería y Papelería. 10) Limpieza o pesticidas.	
Fecha	Localización	Tipo de Coordenada
Cantidad	Unidad de medida	Valor $
Razón	1) No se necesita. 2) Defectuosos. 3) No se necesita pronto. 4) Material de desperdicio. 5) Uso desconocido. 6) Contaminante. 7) Otro. _____	
Consideraciones de amenazas Ventilación especial. Explosivo. Frágil. En camas _____Temperatura.		
Elaborado por:		Depto. o Sección
Forma de desechos: 1) Tirar. 2) Vender. 3) Mover a otras áreas. 4) Mover a otro almacén. 5) Regresar a proveedor interno o externo.		Desecho por completo Firma Autorizada
Fecha de desecho:	Firma _____ Forma de desecho	Fecha de despacho
Nombre: Fecha: Folio:		

Tabla 13. Fuente: Industrias Vinícolas Pedro Domeq S.A. de C. V. Planta 1

2.4.1. Forma de evaluar de 5s'.

a) A través de evaluación del jefe o supervisor con indicadores.
b) A través de auditorías o consultas externas.
c) Auto evaluación del operador.
d) Combinación de las anteriores.

A continuación en la tabla 14. Se describen brevemente las 5 s'

NOMBRE	SIGNIFICADO	OBJETIVO	ACTIVIDADES
SEIRI (Clasificar o seleccionar).	Distinguir lo necesario de lo innecesario para trabajar productivamente (Tarjetas Rojas).	- Establecer un criterio y aplicarlo a eliminar lo innecesario. - Practicar la estratificación para establecer prioridades (diagrama de Pareto). - Ser capaz de manejar problemas de desorden y suciedad.	- Aprovechar los lugares que se despejen de los innecesarios. - Determinar el destino final de todas las cosas que se retiren del entorno laboral. - Instalaciones, diseño, distribución de planta. - Tarjetas rojas.
SEITON (Organizar).	Consiste en ordenar los diversos artículos que se poseen, de modo que estén disponibles para su uso en cualquier momento.	- Tener área de trabajo que refleje orden y limpieza. - Tener una distribución de planta eficiente. - Se incrementa la productividad o cualquier indicador de manufactura eliminando desperdicios al tratar de localizar sus causas.	- Emplear un almacenamiento funcional. - Ordenar artículos por claves codificadas. - Determinar lugares de almacenamiento por periodos.
SEISO (Limpieza).	Quitar la suciedad de todo lo que conforme la estación de trabajo.	- Lograr el grado de pulcritud adecuado a las necesidades. - Incrementa la confiabilidad de las máquinas dejando de ésta forma tiempo libre a los ingenieros de mantenimiento para trabajar en máquinas que sean propensas a averías o fallas (mantenimiento autónomo).	- Limpiar e inspeccionar equipos, utensilios, comedores, etc. - Integrar a limpieza a diario (gráfica de Gantt). - Asignar tiempo para realizar dicha actividad (estudio de tiempos y movimientos).

		- Usar equipo de protección personal de los trabajadores en las áreas de trabajo. - Mantener siempre condiciones adecuadas de aseo e higiene. - Procedimientos normalizados o reglamentos.	
SEIKETSU (Estandariza -ción).	Regularizar, normalizar o figurar especificaciones sobre algo, a través de normas, procedimientos o reglamentos.	- Sincronizar los esfuerzos de todos y hacer que todos actúen al mismo tiempo, con el fin de lograr los objetivos alcanzados y que estos sean perdurables.	- Establecer estándares visuales de tal forma que sean fáciles de seguir. - Establecer actividades que fortalezcan el cumplimiento de las 4 primeras S´.
SHITSUKE (Disciplina).	Es el apego a un conjunto de leyes o reglamentos que rigen a la empresa.	- Convertir en hábito el cumplimiento apropiado de los procedimientos normalizados o reglamentos.	- Establecer los procedimientos estándares de operación. - Promoción de las S´ en toda la empresa. - Establecer un sistema de control visual y corregir cuando las reglas no se cumplan. - Facilitar condiciones para que cada empleado ponga en práctica aprendido.

Tabla 14. Fuente: (Villaseñor. 2007:79)

2.5. SMED.

Los cambios de útiles en un minuto de un solo dígito, se conoce popularmente como el sistema de SMED, expresión inglesa Single Minute Exchange of die. El término se refiere a la teoría y técnicas para realizar las operaciones de preparación en menos de 10 minutos. Aunque cada preparación

en particular no pueda literalmente completar en menor de 10 minutos.

En este sistema existen dos tipos de operación:

a) Operación interna: son todos las actividades que se pueden realizar a la máquina o al mecanismo cuando está preparada (montar o desmontar dados, ajustar banda, poleas o engranes) quitar una leva del sistema.
b) Operación externa: son todas las actividades que se realizan a la máquina mientras esta se encuentra en operación (abastecerla de insumos) ajustar un parámetro o variable de control terminal.

2.5.1. Pasos básicos en el procedimiento de preparación.

1. Preparación, ajustes, post-proceso, verificación de materiales, herramientas, plantillas, calibres, etc. Este primer paso sirve para asegurar que todos los componentes y herramientas deben funcionar correctamente y se encuentran disponibles. Se incluye en este paso el periodo en el cual todos ellos se retiran, guardan, limpian, etc. Aplica el Seiri y Seiton.

2. Montar y desmontar herramientas. En este paso se incluye el retiro de piezas y herramientas después de concluido un lote y la colocación de las partes necesarias para el siguiente.

3. Medidas, montajes, calibraciones. Este paso comprende todas las medidas y calibraciones necesarias para realizar una operación de producción (Check-list).

4. Pruebas y ajustes. En esta etapa los ajustes se efectúan trabajando una pieza de prueba. Los ajustes serán tanto más fáciles cuando mayor sea la presión de las medidas y calibraciones del equipo anterior.

5. La frecuencia duración de las pruebas y ajustes dependen de la habilidad del ingeniero. El mayor reto de esta operación se encuentra en el correcto ajuste del equipo.

2.5.2. Etapas para llevar a cabo un SMED.

- Etapa 1. Separación de actividades de preparación internas.

El primer paso y quizás el más importante. Como primer paso para llevar mejorar el tiempo de preparación es distinguir las actividades que se llevan a

cabo: operaciones externas e internas.

El tiempo reducido eliminando el tiempo de operación interna, todas las tareas que pueden ser desempeñadas, mientras el equipo está en funcionamiento, este es el primer paso de las mejoras. Se pueden conseguir reducciones de tiempo de hasta 50% sin casi nada de inversión.

- Etapa 2. Conservación de preparaciones internas y externas.

Los siguientes métodos pueden ser usados para convertir las preparaciones o actividades internas en externas:

- Pre-ensamble: hacer esto durante la preparación externa, posicionarlo en la preparación interna.
- Uso de estándares o plantillas de rápido acomodo. Considere el uso de plantillas de rápido posicionamiento.
- Elimine los ajustes. Establezca valores constantes que permita intervenciones rápidas.
- Use plantillas intermedias. Tienen preparada la herramienta en la posición ya ajustada.

Para eliminar pequeñas pérdidas de tiempo considere las siguientes preguntas:

- ¿Qué preparaciones se necesitan hacer por adelantado?
- ¿Qué herramientas se deben tener a la mano?
- ¿Están las herramientas y plantillas en buenas condiciones?
- ¿Qué tipo de mesa de trabajo es necesaria?
- ¿Donde deberían los datos y plantillas colocarse después de ser removidos, si serán trasportados?
- ¿Qué tipos de partes son necesarias, cuantas se necesitan?

Tres reglas simples pueden tenerse en mente al tratar de mejorar tiempos de intervención.

- Que no se busque por parte o herramienta.
- No mover cosas innecesariamente, establecer la mesa de trabajo y el área de almacenaje de forma apropiada.
- No usar las herramientas o repuestos incorrectos.

Estas reglas están relacionadas a las dos primeras etapas de la aplicación de la 5s': Seiri (clasificación) y Seiton (orden). Implementando mejoras descubiertas por este tipo de interrogantes, se pueden reducir el tiempo de preparación en un 30 – 50%.

- Etapa 3. Perfeccionar los aspectos le la operación de preparación.

En esta etapa se busca perfeccionar todas y cada una de las operaciones

elementales:

- Preparaciones externas.
- Preparaciones internas.

Aunque se recomienda ser sistemático, esta etapa suele hacerse junto con la segunda. Se deja para una *tercera etapa* la mejora de las operaciones externas.

Para producir operaciones o mejorarlas es preciso preguntarse…

¿Es necesaria la tarea?
¿Puede eliminarse?
¿Son apropiados los procedimientos actuales?, ¿Son difíciles?
¿Puede cambiarse el orden de las tareas?, ¿Pueden hacerse de forma simultánea?
¿Cuál es la carga de trabajo de las personas que intervienen en la máquina?

2.6. Control estadístico de los procesos (CEP).

El CEP es una colección de herramientas que son útiles para alcanzar la estabilidad de un proceso y mejorar su capacidad a través de la reducción de su variabilidad. Su fundamento son las 7 herramientas de la calidad: además de dichas herramientas se requiere otras técnicas de apoyo para desarrollar la ruta de la calidad estas técnicas son: las 2H y 5W, el diagrama de flujo y tormenta de ideas diagrama de pescado. Para evaluar si un proceso se evalúa se establece se calcula el $Cp\ y\ Cp_k$.

2.6.1. Capacidad del proceso (Cp).

Es la actitud del proceso para producir productos dentro de los límites de calidad.

Cuando Cp < 1 es igual a que el proceso no es capaz.
Cuando Cp = 1 significa que es un proceso estable.
Cuando Cp > 1 es un proceso potencialmente muy capaz.

$$Cp = \frac{L.S.E. - L.I.E.}{6\,\sigma} \qquad \sigma = \frac{R}{d_2}$$

El Cp se emplea para evalúa procesos y separa la variación del mismo.

2.6.2. Capacidad real del proceso (Cpk)

Un proceso potencialmente capaz puede no producir piezas defectuosas y

realmente puede estar produciendo unidades fuera de especificación. Evaluar la capacidad real del proceso toma en cuenta dos especificaciones que son la variación y el centrado del proceso.

$$Cp_k = \min(Cp_s, C_i)$$

Cp_i = indica si el proceso cumple con las especificaciones inferiores de una característica de calidad y se define completamente como:

$$Cp_s = \frac{L.S.E.(\mu)}{3\,\sigma}$$

Cp_s= mide las maneras en que un proceso cumple con la especificación superior de una variable de salida y es definida como:

$$Cp_i = \frac{(\mu)L.I.E.}{3\,\sigma}$$

En la tabla 15. Se muestran los criterios del Cp_k

Cpk	*Características criticas*	*Características secundarias*
< 1	inspección al 100%	inspección al 100 %
1 - 1.33	inspección de 30 a 60 min	4 hrs de inspección
1.33 - 1.66	inspección 1 cada 4 hrs	inspección cada 8 hrs
1.66 - 2	inspección cada 8 hrs	inspección cada 8 hrs
> 2	no depende del proceso	

Tabla 15. Fuente: (Carot, 2008: 460)

Para el caso de las graficas de control de atributos no se acostumbra aplicar índices de capacidad, aunque conocen las siguientes expresiones como una manera informal de calcular la capacidad.

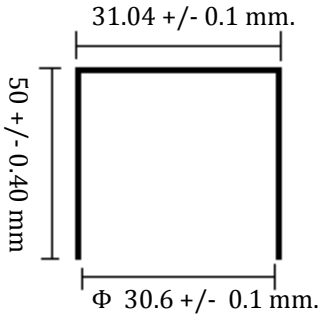
Para p: $(1 - \bar{p})100\%$
Para np: $\frac{n-n\bar{p}}{n}$ (100%)
Para c: $\bar{c}$
Para u: $\bar{u}$

Tabla 16. Fuente: (Escalante, 2007; 228)

Ejercicio 5:

La empresa vinícola Pedro Domeq S. A. de C.V., en su línea de elaboración de de tapas de Don Presidente, ha decidido tomar una muestra de 5 tapas en 9 ocasiones cada vez, para evaluar el rendimiento del proceso, si este estuviera fuera de control y así ajustar, los parámetros de las máquinas embutidoras (variable a controlar el diámetro externo de las tapas); razón por la cual el departamento de Control de Calidad, mediante este muestreo por variables de la tapa ha decidido determinar su Cp y su Cp_k del proceso.

Muestreo por variables



Datos obtenidos de tablas estadísticas →

n = 5
A_2 = 0.58
D_4 =2.4
D_3 =0
d_2 =2.326

Diámetro externo (31.4 +/- 0.1 mm.)							
Tapa	1	2	3	4	5	$\bar{X}$	R
1	31.50	31.40	31.25	31.30	31.30	31.35	0.25
2	31.40	31.50	31.30	31.30	31.25	31.35	0.25
3	31.40	31.50	31.30	31.30	31.50	31.40	0.20
4	31.30	31.35	31.40	31.35	31.40	31.36	0.10
5	31.60	31.35	31.35	31.50	31.50	31.46	0.25
6	31.30	31.30	31.30	31.25	31.30	31.29	0.05
7	31.30	31.30	31.30	31.40	31.35	31.33	0.1
8	31.50	31.40	31.40	31.50	31.20	31.40	0.3
9	*31.50*	*31.50*	*31.30*	*31.40*	*31.20*	*31.34*	*0.3*
						Σ= 282.30	Σ=1.80

$$\bar{\bar{X}} = \sum_{i=1}^{9} \frac{\bar{X}}{n} \quad \rightarrow \quad \bar{\bar{X}} = \frac{282.30}{9} = 31.36$$

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^{9} \frac{R}{n} = \quad \rightarrow \quad \bar{R} = \frac{1.80}{9} = 0.2$$

- *CEP*

Cálculos de límites para media.

$L.S.E = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R} \quad \rightarrow \quad \text{L.S.C} = 31.36 + (0.58)(0.2) = 31.476$

$L.I.E. = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R} \quad \rightarrow \quad \text{L.I.C} = 31.36 - (0.58)(0.2) = 31.244$

Cálculos de los límites para rango:

$L.S.E. = D_4\bar{R} \quad \rightarrow \quad (2.11)(0.20) = 0.422$

$L.S.E. = D_3\bar{R} \quad \rightarrow \quad (0)(0.20) = 0.422$

Diámetro externo (31.04 ± 0.1)

Los límites quedaran como se muestra a continuación para después graficar

$Para\ medias$	$Para\ rangos$
$L.S.C. = 31.47$	$L.S.C. = 0.42$
$L.I.C = 31.24$	$L.I.C = 0$
$L.S.E = 31.14$	$L.S.E = 0.20$
$L.I.E = 30.91$	$L.I.E = 0$

Gráfico $\overline{X}$

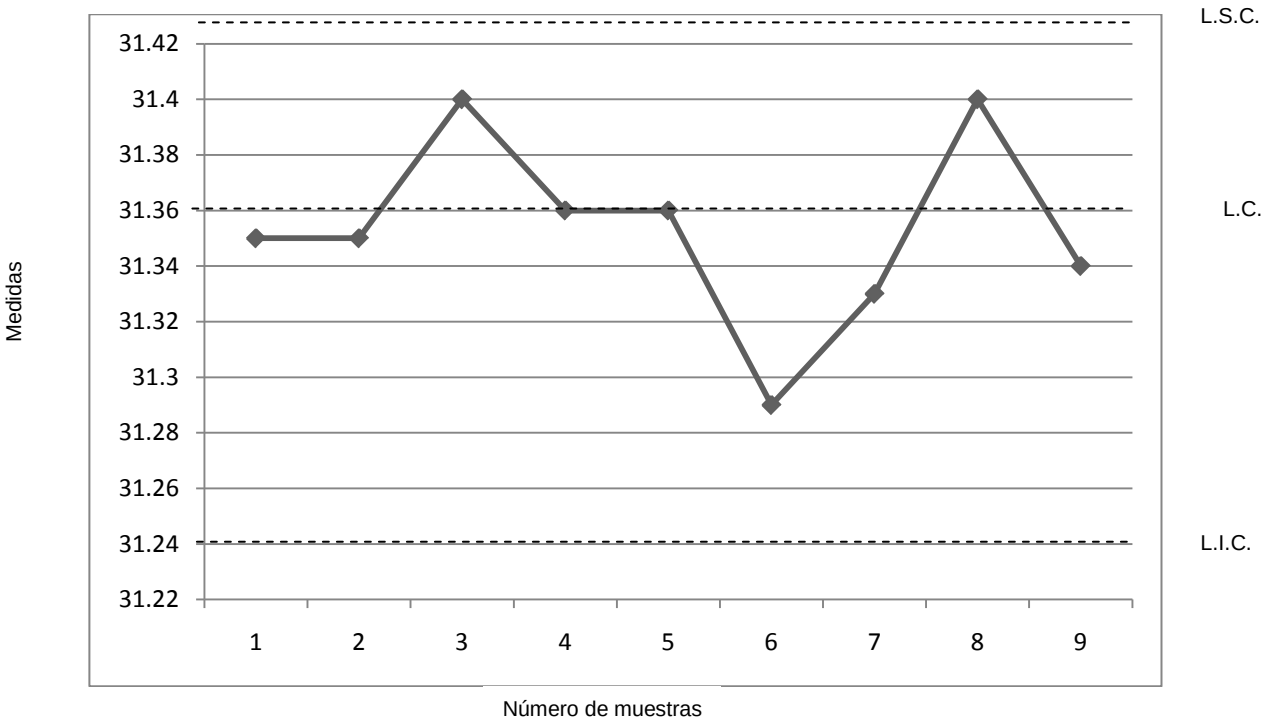
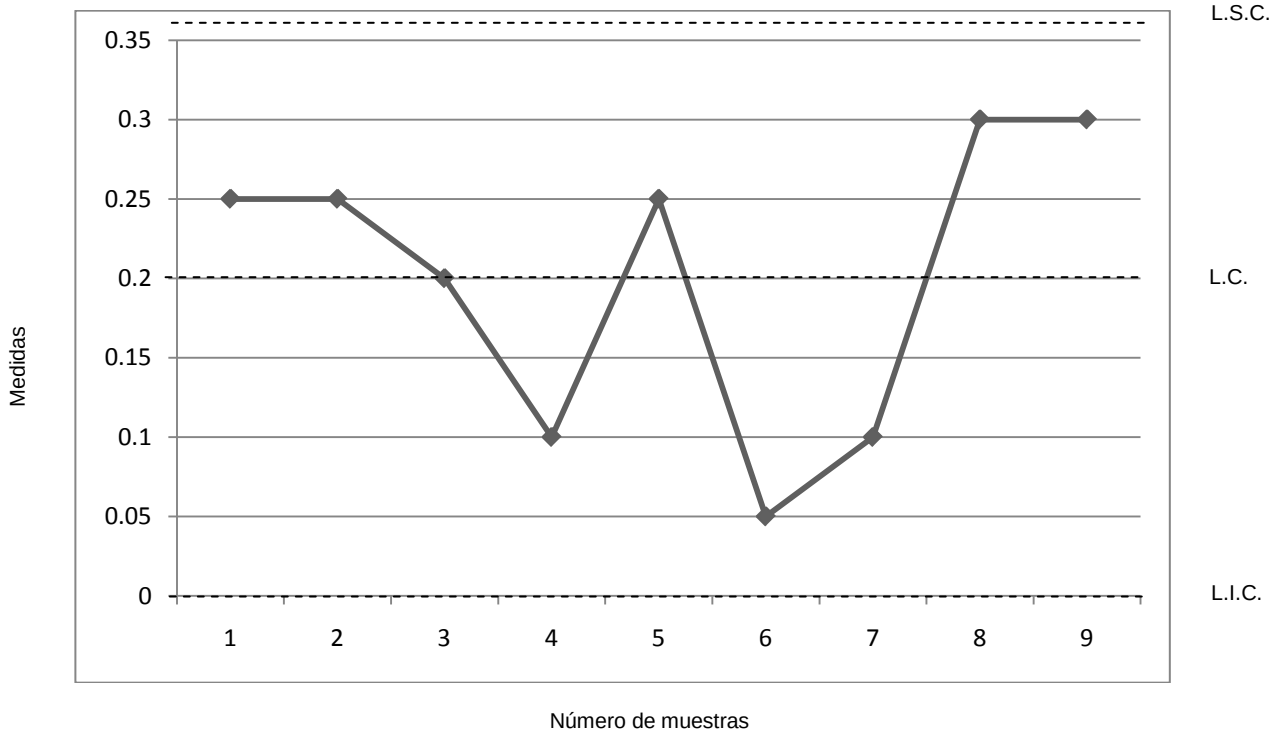


Gráfico R



Elaborando el histograma

Intervalos	Frecuencias
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	2
8	3
9	16
10	5
11	9
12	0
13	9
4	0
15	1

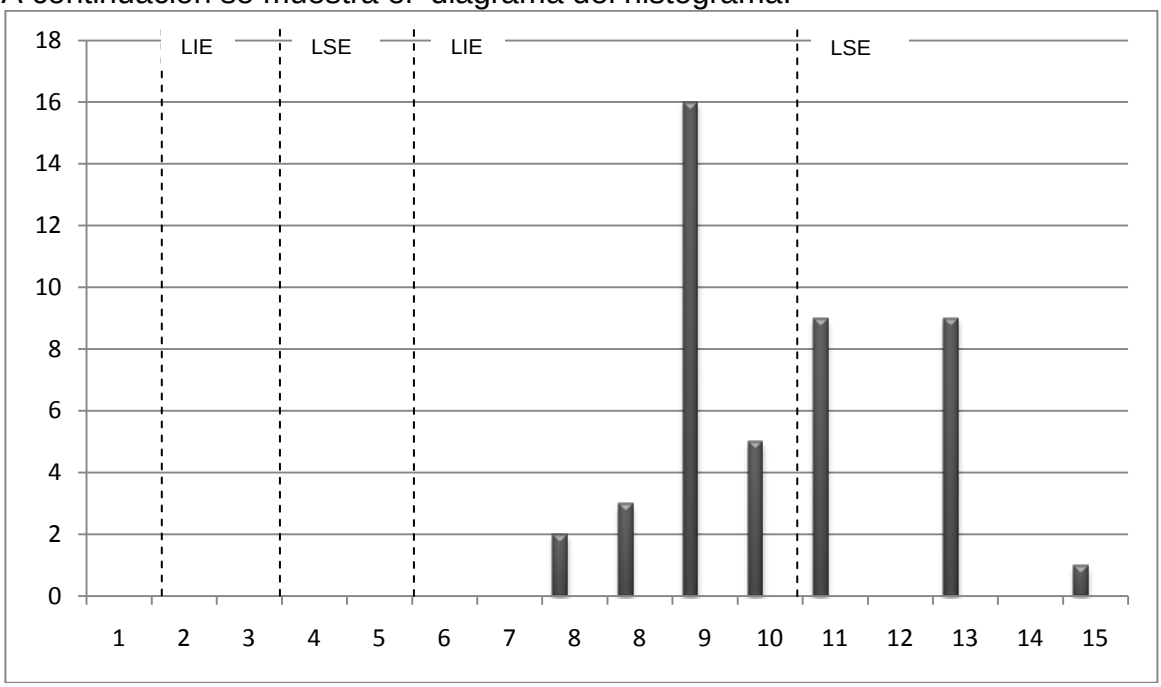
$Rango = L.S.E - L.I.EA$
$3\ 1.14 - 30.94 = 0.20$
$\frac{0.20}{4} = 0.05$

Nota: dividir el rango entre 4 para calcular los límites de clase 4,5 ó 6

Límites.
$l_1 = 30.94 - 0.05 = 30.89$
$L_2 = 30.89 + 0.05 = 30.94$
$L_3 = 30.94 + 0.05 = 31.04$
…

Nota: se terminan de calcular los límites cuando llego al límite superior de control.

A continuación se muestra el diagrama del histograma.



Habilidad del proceso (Cp)

$$Cp = \frac{L.S.E. - L.I.E.}{6\,\sigma} \qquad \sigma = \frac{R}{d_2}$$

$$Cp = \frac{31.14 - 30.94}{6\,(0.0859)} = 0.39 \qquad \sigma = \frac{0.20}{2.326} = 0.0859$$

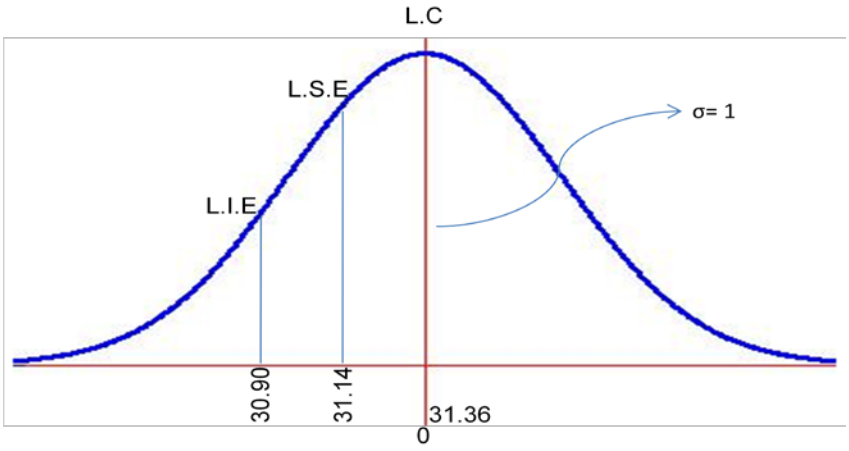
Calculo de la capacidad real del proceso.

$$Cp_s = \frac{L.S.E.(\mu)}{3\,\sigma} \qquad Cp_s = \frac{(31.14 - 31.36)}{3\,(0.085)} = 0.86$$

$$Cp_i = \frac{(\mu) L.I.E.}{3\,\sigma} \qquad Cp_i = \frac{(31.36 - 30.94)}{3\,(0.085)} = 1.69$$

Muestreo por variables

n = 45 tapas
x = 31.36
L.S.E = 31.14
L.I.E = 30.94
σ = 0.085



$$z = \frac{x - \mu}{\sigma} \qquad z = \frac{31.14 - 31.36}{0.085} = 2$$

P (x >31.14)

P (z>31.14)= $P\left(z > \frac{31.14 - 31.36}{0.085}\right)$= p (z > -2.58)

= 1- p (z ≤ -2.58) = 1- (0.0049) = 0.995 % se rechaza

$0.99 * 45 = 44.55 tapas$, solo una vendrá bien de 45 tapas, por lo tanto se rechaza el lote; debido a que hay más producto no conforme que conforme.

2.7. AMEF

La técnica de análisis de modo y efecto de falla potencial *AMEF* es una metodología para la mejora continua que permite la identificación y análisis de fallas en procesos y la definición de prioridades para acciones de mejora.

En el presente trabajo se ha intentado una adaptación de la metodología *AMEF* con el propósito de facilitar su aplicación en procesos de investigación y desarrollo de tecnologías. Ajustando la descripción de términos y la definición de los factores de evaluación, ofrecen la posibilidad de una aplicación generalizada para el análisis de fallas.

Se describe brevemente el proceso de investigación y desarrollo, también se plantean sus problemáticas esenciales, considerando que el objetivo de este proceso es la generación de conocimiento y que durante su desarrollo se presenta problemas relacionados con la administración, la organización, la planeación y la interacción con el entorno.

El análisis AMEF permite establecer algunos elementos críticos en los modos de falla relacionados con la organización, con las condiciones del entorno. Asimismo se establecieron 7 acciones de mejora priorizadas que corresponden a incertidumbres en aspectos técnicos así como negocios de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico.

Asimismo, se recomienda el seguimiento de las acciones de mejora definidas y se sugiere orientar las evaluaciones futuras hacia cuatro factores fundamentales como son: la importancia del objetivo de negocios, la coincidencia entre los objetivos técnicos y los de negocios, la transferencia de los resultados de proyecto a los clientes internos y la capacidad mercadotecnia.

Se enfoca en identificar los modos potenciales de la falla del herramental y equipo, de manera que se puedan considerar alternativas de diseño y proceso previo a finalizar los diseños de equipo y maquinaria.

Elementos del AMEF de proceso:

- Mapeo del proceso (flujograma).
- Hojas o instructivos de trabajo (procedimiento).
- Análisis de riesgos (7 herramientas de calidad).
- Hojas de manufactura.

2.7.1 Partes de AMEF

Sección I Encabezado.
Sección II Análisis de problemas potenciales.
Sección III Identificación de causas y controles.
Sección IV Acciones recomendadas.

Sección I: Información general del AMEF de que se habla (datos generales).
Sección II: Identifica el proceso que está siendo analizado, fallas potenciales y sus efectos, causa raíz cuales seguirán siendo sus efectos.
Sección III: Identifica causa raíz y controles para cada potencial.
Sección IV: Identifica y recomienda acciones para reducir los rangos de severidad, ocurrencia y detección.
NPR: $ocurrencia * detección * severidad.$
Sección I: Encabezado.

Numero AMEF.

Producto.

Responsabilidad del proceso.

Pagina.

Preparado por.

Año/modelo/parte pieza o componente.

Sección II: Análisis de problemas potenciales.

- Función proceso/ requerimiento.
- Modo falla potencial.
- Efecto de la falla potencial.
- Severidad.

A) La función del proceso es una descripción simple o breve de la operación que se esté analizando; normalmente se pone verbo infinitivo y se recomienda que sea verbo sustantivo o nombre.

B) Es la manera en la cual el proceso propio potencialmente falla para cumplir con los requerimientos. Es una descripción de una no conformidad para una operación, es específico. Es importante notar que la falla solo es una posibilidad; podría ocurrir, pero no puede necesariamente ocurrir.

C) Es la manera como el cliente interno o externo percibe la falla. El efecto se debe describir en términos de lo que el cliente notará o experimentará en operaciones subsecuentes.

D) Severidad es la valoración del efecto más serio de un modo falla potencial en el cliente, la severidad solo aplica al efecto.

E) El efecto de falla potencial es independiente de los controles del proceso va de una escala de 1 al 10 donde 10 es el más peligroso.

Sección IV: causas potenciales mecanismos de fallas.

- Las causas potenciales y/o mecanismos de fallas son la causa o causa raíces de la falla (la debilidad del proceso). Siempre se debe de evitar la palabra error del operador.

- Ocurrencia: la ocurrencia es la posibilidad que una causa o mecanismo ocurriera y es calificada en una escala del (0 al 10) mientras más alta se la calificación de ocurrencia, es más probable que la causa mecanismo realmente causará que ocurra una falla en especifico; muchas veces la ocurrencia es una calificación subjetiva y no puede reflejar la posibilidad real.

- Controles del proceso actual prevención o detección es la descripción del herramientas empleada que actualmente se manejan en la empresa para minimizar o abatir los modos falla potencial y/o pudiendo ser de dos tipos preventivos:

  a) Preventivo reduce la frecuencia de ocurrencia.

  b) Detección promueve acciones correctivas.

- Detección es la habilidad de los controles actuales para detectar el modo falla antes del que el componente sea liberado a producción. La detección está relacionada con el mejor control de los procesos que actualmente se tiene escala evaluación de (1 a 10) entre menor calificación es que está fallando.

NPR mide el riesgo y es calculada por el producto de las tres calificaciones detección, ocurrencia, severidad, va de un valor de 1 a 1000, más cerca de 1000 está fallando y cerca de 1 está bien.

Sección V: Acciones a seguir o recomendadas

- A partir de NPR se decide a través de círculos de calidad u otra técnicas que herramientas de ingeniería voy aplicar para solucionar las causas raíces.

- Responsabilidad y fecha objetivo de terminación.

- Resultado de las acciones NPR $ocurrencia * severidad * detección.$

En la tabla 17, se puede observar los criterios de evaluación de la severidad del efecto.

	SEVERIDAD	GRADO
I) Menor	El efecto de la falla es prácticamente imprescindible para el comportamiento del proceso.	1
II) Bajo	La naturaleza de la falla causa solamente inconformidad ligera.	2 a 3
III) Moderado	La falla causa alguna insatisfacción puede ocasionar deterioro en el comportamiento del proceso o retabajo.	4 a 6
IV) Alto	La falla ocasiona serias consecuencias en el proceso y retroceso mayor.	7 a 8
V) Muy alto	El modo de falla potencial afecta la seguridad del desarrollo del proceso y/o involucran cumplimientos.	9 a 10

Tabla 17. Fuente: (Manual de Calidad, Industrias Vinícolas Pedro Domeq, 2005. Planta 1)

En la tabla 18, se observan los criterios de evaluación de la probabilidad de ocurrencia de las causas de falla potencial.

OCURRENCIA	GRADO
I) Remota.- la falla es poco probable.	1
II) Muy baja.- fallas aisladas.	2
III) Baja.- fallas aisladas con procesos similares.	3
IV) Fallas ocasionadas asociadas con procesos similares.	4 5 6
V) Alta.- fallas frecuentes asociadas con procesos similares.	7 8
VI) Muy alta.- la falla casi inevitable	9 10

Tabla 18. Fuente: (Manual de Calidad, Industrias Vinícolas Pedro Domeq, 2005. Planta 1)

En la tabla 19, se analizan los criterios de evaluación del grado de detección o habilidad de los controles actuales.

PROBABILIDAD	DESCRIPCION	GRADO
I) Muy alta	Los controles casi seguramente detectaran la existencia de una falla.	1 a 2
II) Alta	Los controles tienen buena oportunidad de detectar la existencia de una falla.	2 a 4
III) Moderada	Es posible que los controles detecten la existencia de una falla.	5 a 6
IV) Baja	Los controles tienen poca oportunidad de detectar la existencia de una falla.	7 a 8
V) Muy baja	Probablemente los controles no podrán detectaran la existencia de una falla.	9
VI) Nula	Los controles no podrán detectar la existencia de una falla.	10

Tabla 19. Fuente: (Manual de Calidad, Industrias Vinícolas Pedro Domeq, 2005. Planta 1)

A continuación en el diagrama 13, se analizaran las actividades para desarrollar un AMEF

ESQUEMA GENERAL DE ACTIVIDADES PARA REALIZAR UN AMEF

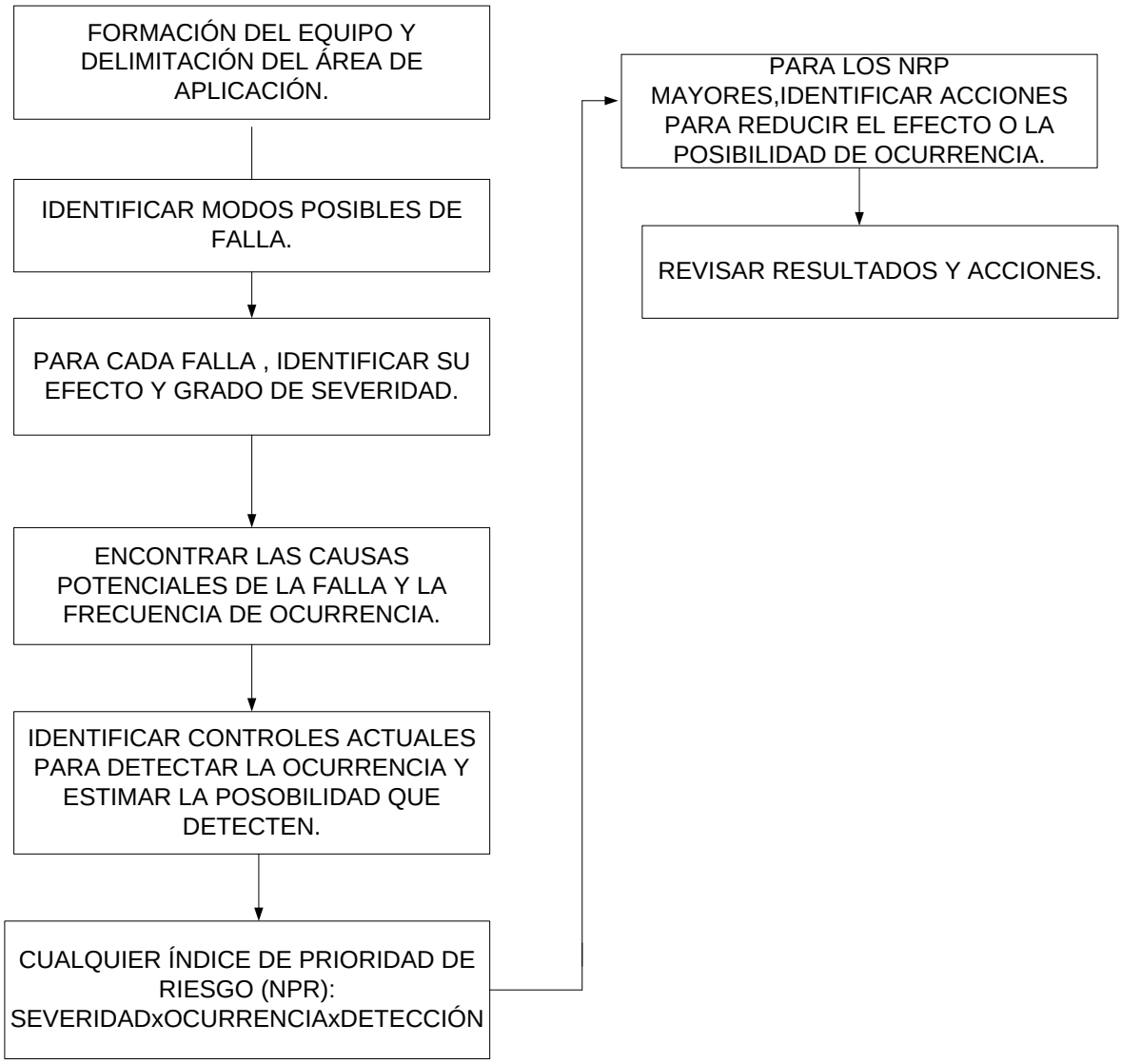


Diagrama 13. Fuente: (Gutiérrez, 2004; 492)

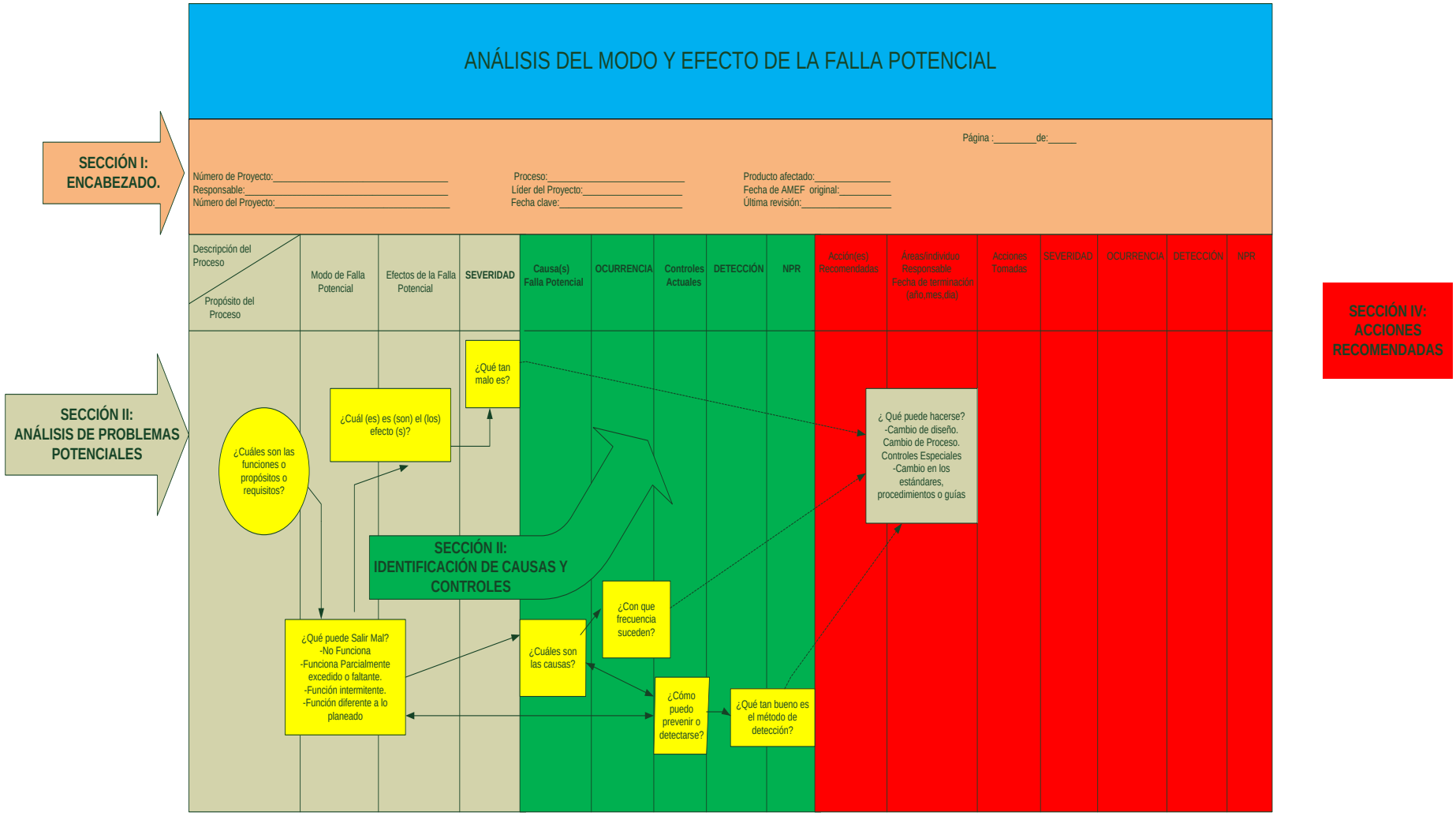


Diagrama 14. Fuente: (Gutiérrez 2004; 493)

A continuación en la tabla 20. Se analizan las ventajas y desventajas del AMEF.

Desventajas	Ventajas
- Alto costo. - Continuidad y seguimiento (largo plazo). - Cultura organizacional. - Carencia tecnología blanda.	- Atacar las causa(s) raíz. - Buscar certificación ISO TS/16949:2002. - Herramientas 100% preventivas. - Trabaja con equipos de alto desempeño (E.A.D).

Tabla 20. Fuente: elaboración propia.

2.8. Técnica de las 8 disciplinas (8 D`s)

Es la metodología sistemática de problemas, es recomendable aplicar cuando se re quiere de acción inmediata para identificar la causa raíz del problema. El empleo de esta metodología no se delimita a rellenar un formulario que nuestro cliente solicita; pero en contra parte ofrece el aprovechamiento del conocimiento en equipo.

A continuación en la tabla se nombran cada una de las 8 D`s y sus herramientas.

- **D_0** = Concientización del problema; sus herramientas son: documentación, información de la empresa.
- **D_1** = Formación de los equipos de trabajo; plan a seguir: perfil de equipos, fases se formación del equipo, normas de reunión.
- **D_2** = Detallar o describir el problema; sus herramientas son: los gráficos de control, 5 W`s, 2 H`s, diagrama de pescado, hojas de datos, estratificación.
- **D_3** = Acción interna de contención; sus herramientas son: AMEF, proceso, flujogramas, manuales operativos, reportes de inspección, diagramas de pescado.
- **D_4** = Definir y verificar la causa raíz; sus herramientas: definir las fallas potenciales, diagrama de pescado, histograma de dispersión, flujogramas.
- **D_5** = Selección de acción correctiva; plan de control.
- **D_6** = Implementar de acciones correctivas; gráficos de control.
- **D_7** = Prevenir ocurrencia; AMEF, plan de control.
- **D_8** = Felicitar al equipo.

Tala 21. Fuente: Elaboración propia.

2.9 MRP (Plan de requerimiento de materiales)

El sistema de planeación y requerimiento de materiales (MRP) es una técnica de administración de inventarios que tiene por objetivo planear la adquisición de insumos y de los procesos de producción con el propósito de cumplir con la demanda en tiempo y la cantidad establecida. En otras palabras el MRP permite conocer que se debe requerir, cuando requerir y en qué cantidad.

2.9.1 Tipos de demanda

a) Demanda independiente: está influenciada por las condiciones de mercado fuera de control interno de la empresa. Los inventarios de productos terminados y las partes de reemplazo, generalmente presentan este tipo de demanda.

b) Demanda independiente: la demanda de otro artículo y de mercado no la determina independientemente. Cuando los productos están formados de partes y ensambles. Este tipo de inventarios debe de administrarse mediante el sistema justo a tiempo (JIT): debido a que se tiene como característica que se surgen de manera intermitente en grandes cantidades, de una sola vez. El problema para controlarlos es punto de reorden, en el hecho de que se alcanza abruptamente.

A continuación en el diagrama 15, se presentan las ventajas de un sistema MRP.

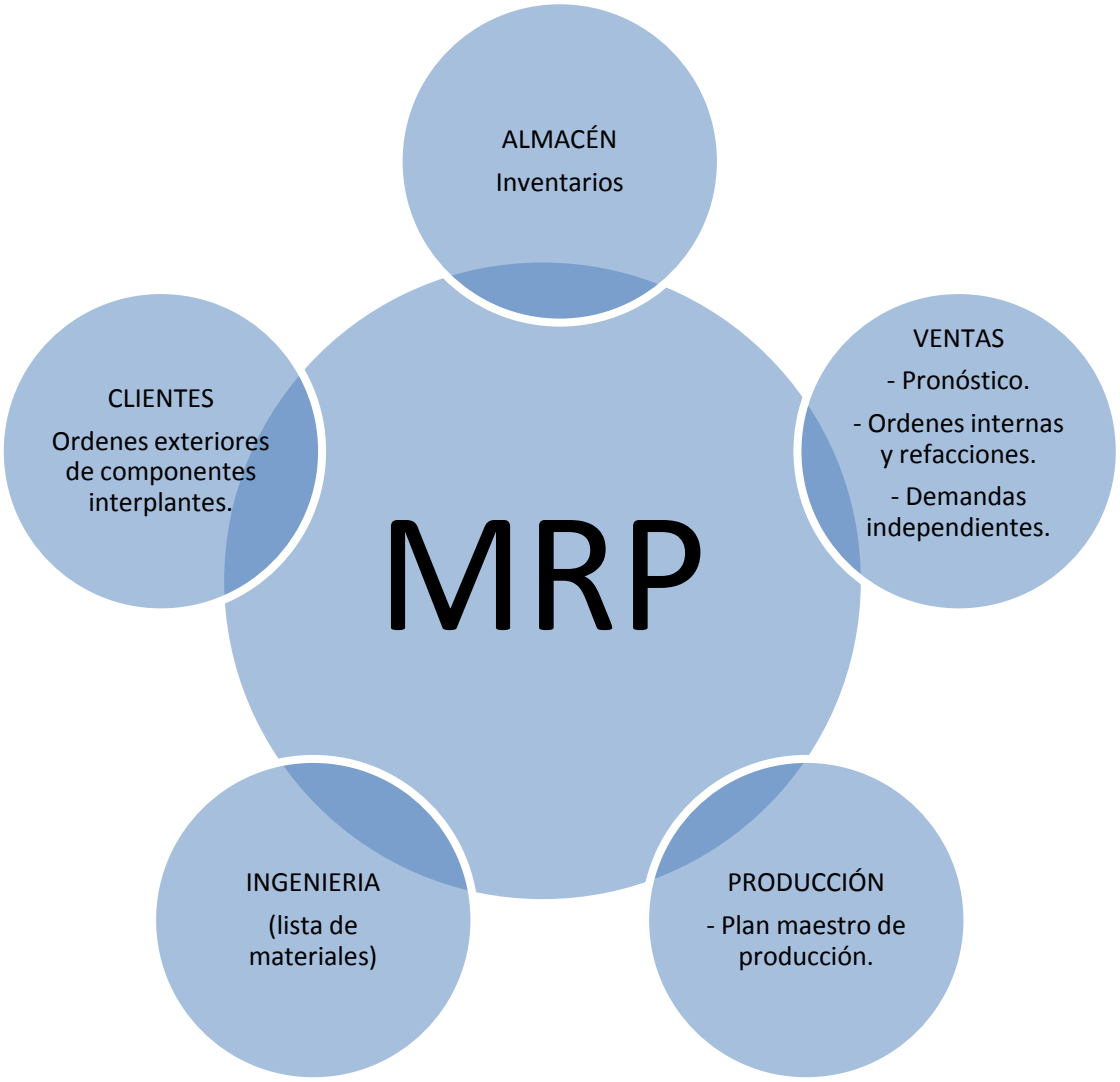


Diagrama 15. Fuente: Elaboración propia.

Atiende exclusivamente a la demanda independiente que son productos terminados. Se conoce como el nivel de producción. Y en el que se programa las fechas de liberación de producción, que contiene el número de unidades a producir. Su punto de partida es el pronóstico de la demanda, que complementa con ofertas y promociones programadas; así como ordenes pendientes de surtir; ordenes de rechazo que deberán reponerse y perturbaciones del mercado que influyen en el decremento o incremento de la producción.

Con esta información el departamento de producción efectúa las operaciones correspondientes y adquiere los requerimientos brutos de producción del producto terminado.

Por otro lado del conocimiento de los tamaños de lote a fabricar; así como sus tiempos de reposición y entrega.

2.9.2 Planeación y requerimiento de materiales

Obteniendo el plan maestro de producción; se recurre a la estructura de los productos; donde se muestra de forma esquemática y de la lista de componentes de cada producto terminado; así como las cantidades que integra cada unidad de un producto terminado o ensamble, multiplicando estas cantidades por el número de unidades de productos terminados y ensamblados que se van a producir; se obtienen los requerimientos brutos de la demanda dependiente. Restando a estas dos de sus existencias en el almacén y las órdenes en proceso de compra y de producción máxima o próxima a entrar se determinan los requerimientos netos de la demanda dependiente. Aplicando los tamaño de lotes *Q* y los tiempos de reposición *L* se establecen los dos programas. El de compra de materias primas y el de producción de ensamble y partes.

Ambos programas pueden convertirse en órdenes de compras y/o producción; cuando se tiene una orden de compra se canaliza al área financiera y se consulta con los proveedores; con el fin de determinar su disponibilidad en relación a la demanda. Con lo respecta las ordenes de producción se procede de manera similar; determinando primero la disponibilidad de maquinaria, equipo, así como mano de obra. De ser suficientes los recursos permite que todas las órdenes de producción se ejecuten. En caso contrario, se hace una lista de acuerdo a su prioridad y se emiten órdenes de producción hasta agotar los recursos existentes.

En caso contrario hace una lista de acuerdo a su prioridad y se emiten órdenes de producción hasta agotar los recursos disponibles.

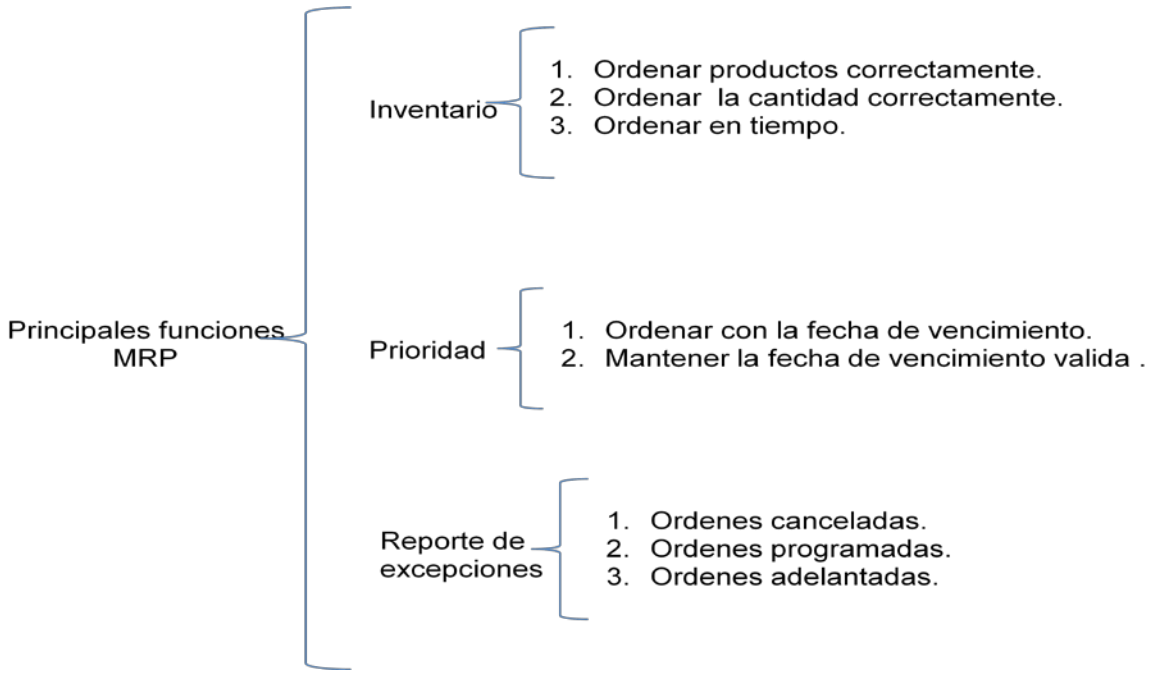


Diagrama 16. Fuente:(Bustamante, 2005)

2.9.3. Estructura del MRP (producto)

A continuación en el diagrama 17, se presenta la estructura de un MRP.

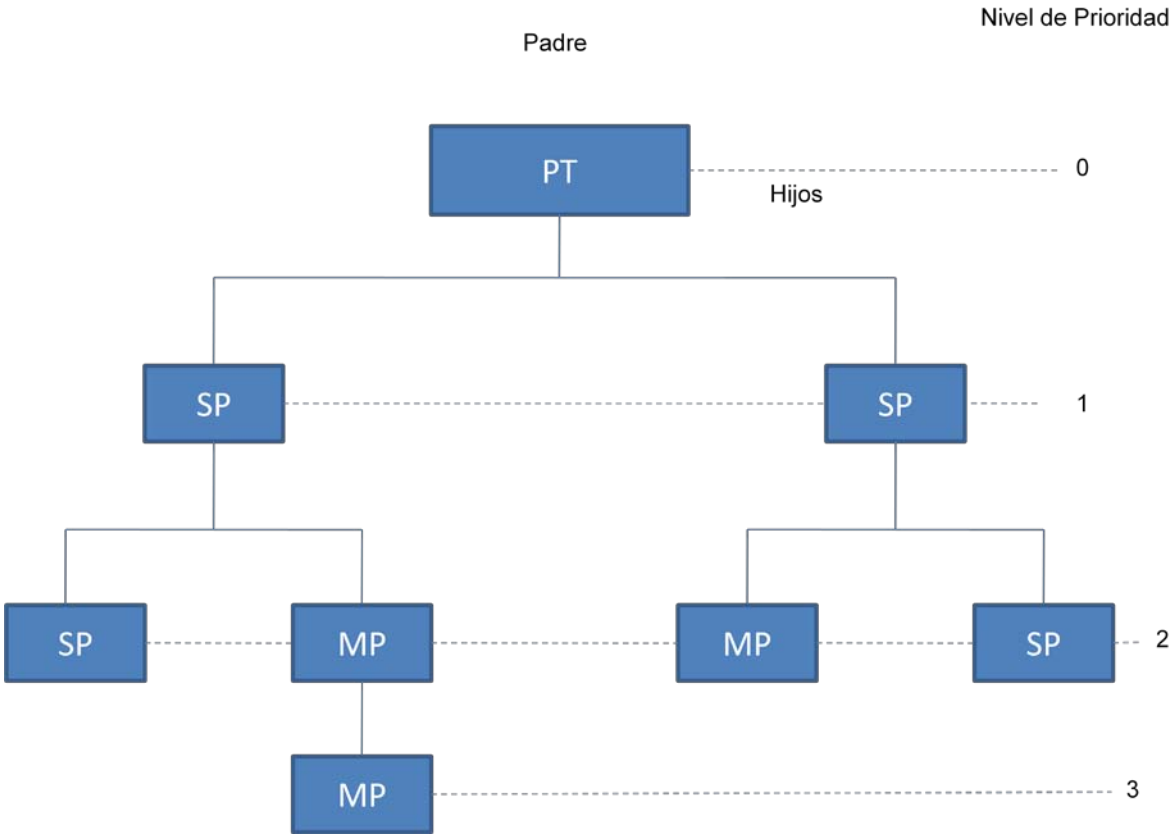


Diagrama 17. Fuente:(Bustamante, 2005)

Padre: es un artículo de cualquier nivel de la estructura; **requiere de otros componentes para su terminación un producto terminado siempre se considera padre**.

Hijo: es el componente o materia prima que es necesario por completar un artículo que está en un nivel inmediato superior de la estructura. **Un articulo hijo, puede ser componente; pero a la vez puede ser padre.**

Explosión de materiales: es un diagrama que muestra los niveles de ensamble de un producto, comenzando por la parte principal del material o ensamble y terminado el último componente del producto.

Lista de materiales: indica los componentes que entra en una unidad completa indica la composición del producto terminado nivel por nivel. La lista de materiales ha sido empleada como referencia documento y no como una herramienta de planeación de materiales. La cual sufre constantemente cambios conforme a los productos se rediseñan.

Tamaño de lote: cantidad mínima a producir en una corrida de producción de un artículo, la cual se toma como base para pedir. Se debe considerar como

tamaño de lote a:

a) Promedio por periodo.
b) Requerimientos netos y brutos.
c) Punto de reorden.
d) Lote por lote.
e) Lote económico.

2.9.4 Elementos necesarios para implantar MRP

a) Pronósticos de la demanda.
b) La estructura del producto: diagrama explosivo de materiales (BOOM).
c) Control de inventarios.
d) Software.

2.9.5 Requerimientos brutos

Es la demanda total esperada para un artículo o materia prima durante cada periodo de tiempo. Para productos terminados estas cantidades especifican en el programa maestro de sub ensambles de partes, estas cantidades igualan la liberación de órdenes de producción.

Requerimientos netos: es la diferencia entre los requerimientos brutos y el inventario a la mano.

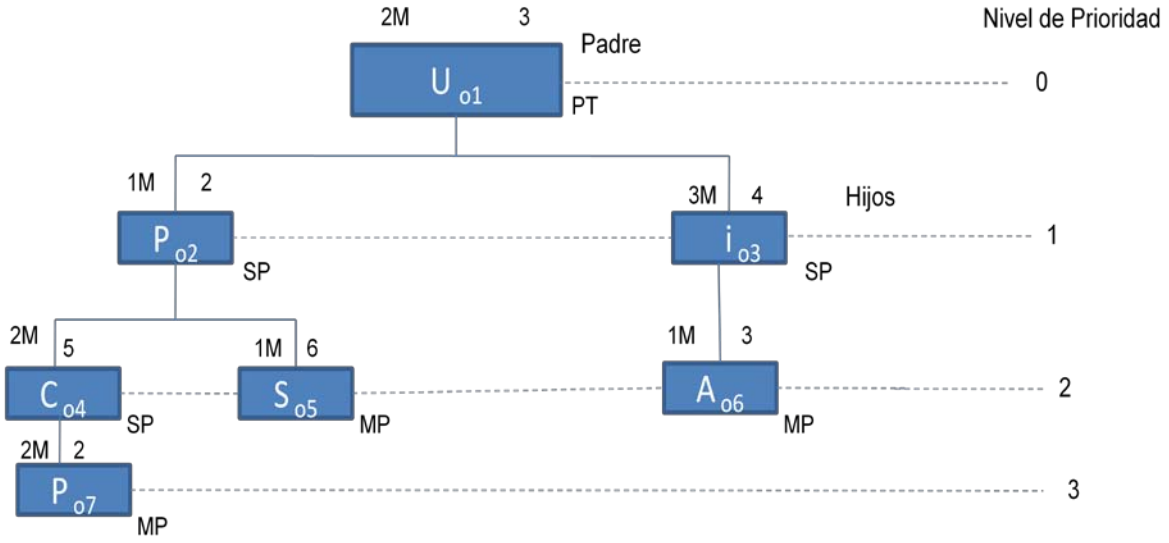
2.9.6 Beneficios del MRP

1. Resuelve la problemática de que, cuanto y cuando ordenar.
2. Permite una adecuada administración de inventario y proporciona una herramienta fácil para reflejar el medio ambiente cambiante de producción.
3. Mantiene documentación confiable y actualizada de las partes.
4. Mejora los niveles de inventarios.
5. Mejora la administración de las operaciones.
6. Define la lista de materiales para todas las partes fabricadas u/o ensambladas con información de cambio de ingeniería.

Ejercicio 6.

Determinar con la siguiente información:

a) Lógica del MRP.
b) Programa de órdenes de compra y fabricación.



$MP = Cantidad\ a\ Pedir$
$SP = Cantidades\ a\ Fabricar$

Parte	U	P	i	C	S	A	T
Qo	500	300	200	500	100	200	500
L	2	1	3	2	1	1	2
P.P	50	20			10		50
I.D	30		20	60	10	30	10
Periodo	agosto	septiembre	octubre				
Demanda	1000	1300	11100				

Código: 01		**Descripción**: U				**C_p**:		**T_e** :	
						C_f: 500		**T_f** : 2M	
P SKU-U	**Factor** 3	**Junio**		**Julio**		**Agosto**			
		C	**R**	**C**	**R**	**C**	**R**		
		1000	3000	1300	3900	1100	3300		
Req. Bruto		3000		3900		3300			
Inv. Disponible		30		80		180			
Saldo I (RN)		2970		3820		3120			
Producto prog.		50		-		-			
Saldo II		2920		3820		3120			
Liberación de orden		500*6=3000		500*8=4000		500*7=3500			
Inv. De mano		80		180		380			

Código: 02		**Descripción**: P				**C_p**:		**T_e** :	
						C_f: 300		**T_f** : 1M	
P SKU-U	**Factor** 2	**Mayo**		**Junio**		**Julio**			
		3000	6000	4000	8000	3500	7000		
Req. Bruto		6000		8000		7000			
Inv. Disponible		-		20		120			
Saldo I (RN)		6000		7980		6880			
Producto prog.		20		-		-			
Saldo II		5980		7980		6880			
Liberación de orden		300*20=6000		300*27=8100		300*23=6900			
Inv. De mano		20		120		20			

Código: 03		**Descripción**: I				**C_p**:		**T_e** :	
						C_f:200		**T_f** :3M	
P SKU-U	**Factor** 4	**Marzo**		**Abril**		**Mayo**			
		3000	12000	4000	16000	3500	14000		
Req. Bruto		12000		16000		14000			
Inv. Disponible		20		20		20			
Saldo I (RN)		11980		15980		13980			
Producto prog.		-		-		-			
Saldo II		11980		15980		13980			
Liberación de orden		200*60=12000		200*80=16000		200*20=4000			
Inv. De mano		20		20		20			

Código: 04		**Descripción**: C		**C_p**:		**T_e** :	
				C_f:500		**T_f** : 2M	
P SKU-P	**Factor** 5	**Marzo**		**Abril**		**Mayo**	
		6000	30000	8100	40500	6000	34500
Req. Bruto		30000		40500		34500	
Inv. Disponible		60		60		60	
Saldo I (RN)		29940		40440		34440	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		29940		40440		34440	
Liberación de orden		500*60=30000		500*81=40500		500*69=34500	
Inv. De mano		60		60		60	

Código: 05		**Descripción**: S		**C_p**:100		**T_e** :1M	
				C_f:		**T_f** :	
P SKU-P	**Factor** 6	**Abril**		**Mayo**		**Junio**	
		12000	36000	8100	48600	6900	41400
Req. Bruto		36000		48600		41400	
Inv. Disponible		10		20		20	
Saldo I (RN)		35990		48580		41380	
Producto prog.		10		-		-	
Saldo II		35980		48580		41380	
Liberación de orden		100*360=36000		100*486=48600		100*414=41400	
Inv. De mano		20		20		20	

Código: 06		**Descripción**: A		**C_p**:200		**T_e** :1M	
				C_f:		**T_f** :	
P SKU-I	**Factor** 3	**Febrero**		**Marzo**		**Abril**	
		12000	36000	16000	48000	14000	42000
Req. Bruto		36000		48000		42000	
Inv. Disponible		30		30		30	
Saldo I (RN)		35970		47970		41970	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		35970		45970		41970	
Liberación de orden		200*180=36000		200*240=48000		200*210=42000	
Inv. De mano		30		50		30	

Código: 07		**Descripción**:P		**C_p**:		**T_e** :	
				C_f: 500		**T_f** : 2M	
P SKU-C	**Factor** 2	**Enero**		**Febrero**		**Marzo**	
		30000	60000	49500	81000	34500	69000
Req. Bruto		60000		81000		69000	
Inv. Disponible		10		60		60	
Saldo I (RN)		69990		80940		68940	
Producto prog.		50		-		-	
Saldo II		59940		80940		68940	
Liberación de orden		500*120=60000		500*162=81000		500*138=69000	
Inv. De mano		60		60		60	

Programas de órdenes de compra y fabricación.

Fabricar

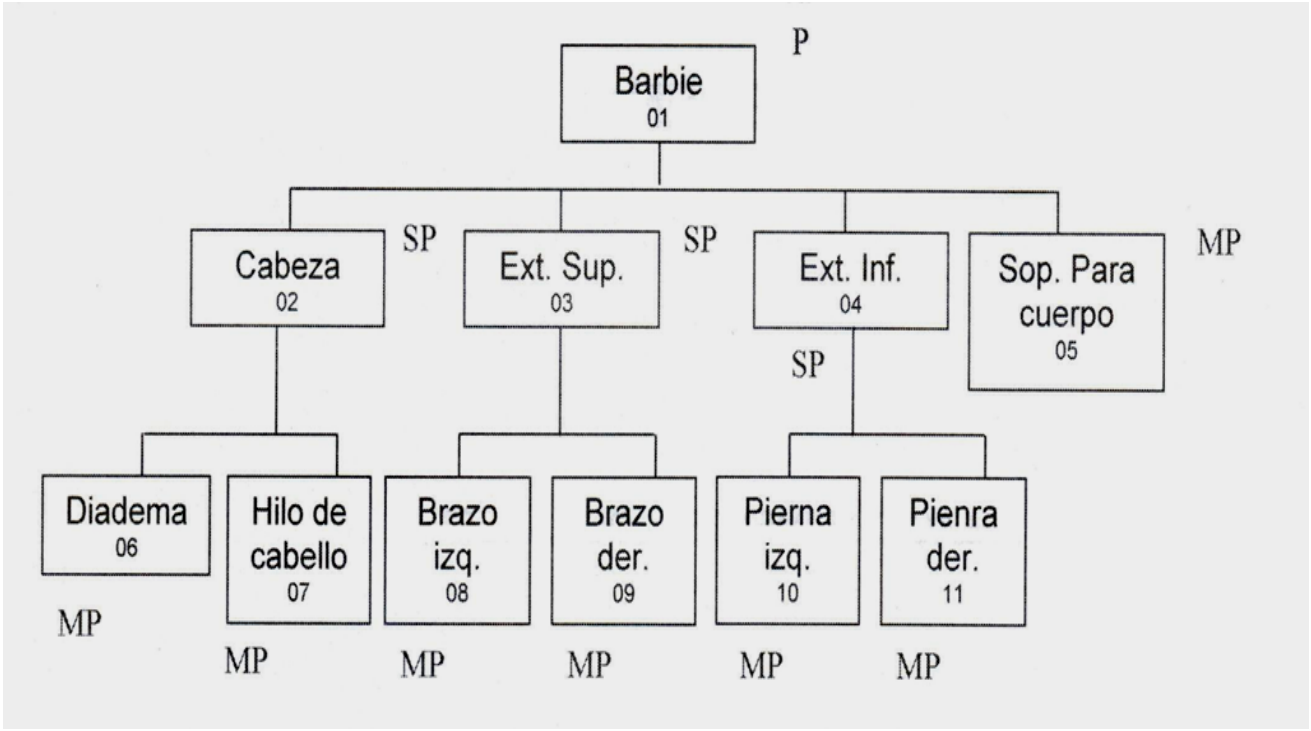
Descripción	Fecha	Acción emitida
ORDENES DE FABRICACION		
U	Junio	6 ordenes de 500= 3000
U	Julio	8 ordenes de 500= 4000
U	Agosto	7 ordenes de 500= 3500
P	Mayo	20 ordenes de 300= 6000
P	Junio	27 ordenes de 300= 8100
P	Julio	23 ordenes de 300= 6900
I	Marzo	60 ordenes de 200= 12000
I	abril	80 ordenes de 200= 16000
I	Mayo	70 ordenes de 200= 14000
C	Marzo	60 ordenes de 500= 30000
C	Abril	81 ordenes de 500= 40500
C	Mayo	69 ordenes de 500= 34500
ORDENES COMPRA		
S	Abril	360 ordenes de 100= 360000
S	Mayo	486 ordenes de 100= 486000
S	junio	414 ordenes de 100= 414000
A	Febrero	180 ordenes de 200= 360000
A	Marzo	240 ordenes de 200= 480000
A	Abril	210 ordenes de 200= 420000
P	Enero	120 ordenes de 500= 600000
P	Febrero	162 ordenes de 500= 810000
P	marzo	138 ordenes de 500= 690000

Ejercicio 7.

Vico desea elaborar un plan de requerimientos de materiales de su artículo de muñecas barbie la cual está integrada por una cabeza, una extremidad superior, una extremidad inferior, y un soporte para el cuerpo, la cabeza está formada por una diadema de 250 cm de hilo ZR para el cabello, la extremidad superior integrada por un brazo derecho y un izquierdo, la extremidad inferior está integrada por una pierna derecha y una izquierda, la demanda esperada por 1 mes y el tiempo de entrega es de 2 meses; la cantidad a pedir es de 5,000 c/vez, la cantidad a fabricar es de 2,500 pz c/ vez.

a) Estructura del producto.
b) Lógica del producto.
c) Programa de orden de compra y fabricación.

Nota 1: actualmente se encuentra con un inventario disponible del producto terminado de 300 pza. en el almacén.



Nota 2. La cabeza, extremidades superiores, las extremidades superiores e inferiores son cantidades a fabricar (SP) el resto de las piezas serán cantidades a pedir (MP).

Lista de materiales.

Cód	Descripción	N P	Factor	Tiempo esperado	Tiempo fabricado	Cantidad a pedir	Cantidad a fabricar	Inv. disponible
01	Barbie	0	1 pza.	-	1 meses	-	2 500	300
02	Cabeza	1	1 pza.	-	1 meses	-	2 500	-
03	Ext. Sup.	1	1 pza.	-	1 meses	-	2 500	-
04	Ext. Inf.	1	1 pza.	-	1 meses	-	2 500	-
05	S/cuerpo	1	1 pza.	2 meses	-	5 000	-	-
06	Diadema	2	1 pza.	2 meses	-	5 000	-	-
07	Hilo ZR	2	250cm	2 meses	-	5 000	-	-
08	Brazo izq.	2	1 pza.	2 meses	-	5 000	-	-
09	Brazo der.	2	1 pza.	2 meses	-	5 000	-	-
10	Pierna der.	2	1 pza.	2 meses	-	5 000	-	-
11	Pierna izq.	2	1 pza.	2 meses	-	5 000	-	-

Código: 01		**Descripción**: Barbie		**C_p**:		**T_e** :	
				C_f: 2 500		**T_f** : 1M	
P 0	**Factor** 1	**Septiembre**		**Octubre**		**Noviembre**	
		C_{2000*1}	R_{2000}	C_{3000*1}	R_{3000}	C_{1000*1}	R_{1000}
Req. Bruto		2 000		3 000		1 000	
Inv. Disponible		300		800		300	
Saldo I (RN)		1 700		2 200		700	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		1 700		2 200		700	
Liberación de orden		2 500 * 1 = 2500		2 500*1=2 500		2 500*1=2 200	
Inv. De mano		600		300		1 800	

Código: 02		**Descripción**: Cabeza		**C_p**:		**T_e** :	
				C_f: 2 500		**T_f** : 1 M	
P SKU-barbie	**Factor** 1	**Agosto**		**Septiembre**		**Octubre**	
		C_{2500*1}	R_{2500}	C_{2500*1}	R_{2500}	C_{2500*1}	R_{2500}
Req. Bruto		2 500		2 500		2 500	
Inv. Disponible		-		-		-	
Saldo I (RN)		2 500		2 500		2 500	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		2 500		2 500		2 500	
Liberación de orden		2 500*1=2500		2 500*1=2 500		2 500*1=2 500	
Inv. De mano		0		0		0	

Código: 03		**Descripción**: Ext. Sup.		**C_p**:		**T_e** :	
				C_f: 2 500		**T_f** : 1 M	
P SKU- barbie	**Factor** 1	**Agosto**		**Septiembre**		**Octubre**	
		C_{2500*1}	R_{2500}	C_{2500*1}	R_{2500}	C_{2500*1}	R_{2500}
Req. Bruto		2 500		2 500		2 500	
Inv. Disponible		-		-		-	
Saldo I (RN)		2 500		2 500		2 500	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		2 500		2 500		2 500	
Liberación de orden		2 500*1=2500		2 500*1=2500		2 500*1=2500	
Inv. De mano		0		0		0	

Código: 04		**Descripción**: Ext. Inf.		**C_p**:		**T_e** :	
				C_f: 2 500		**T_f** : 1 M	
P SKU-barbie	**Factor** 1	**Agosto**		**Septiembre**		**Octubre**	
		C_{2500*1}	R_{2500}	C_{2500*1}	R_{2500}	C_{2500*1}	R_{2500}
Req. Bruto		2 500		2 500		2 500	
Inv. Disponible		-		-		-	
Saldo I (RN)		2 500		2 500		2 500	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		2 500		2 500		2 500	
Liberación de orden		2 500*1=2500		2 500*1=2500		2 500*1=2500	
Inv. De mano		0		0		0	

Código: 05		**Descripción**: Cuerpo		**C_p**: 5 000		**T_e** : 2 M	
				C_f:		**T_f** :	
P SKU- barbie	**Factor** 1						
		C_{2500*1}	R_{2500}	C_{2500*1}	R_{2500}	C_{2500*1}	R_{2500}
Req. Bruto		2 500		2 500		2 500	
Inv. Disponible		-		2 500		-	
Saldo I (RN)		2 500		-		2 500	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		2 500		-		2 500	
Liberación de orden		5 000*1=5 000		-		5 000*1= 5 000	
Inv. De mano		2 500		-		2 500	

Código: 06		**Descripción**: Diadema		**C_p**:5 000		**T_e** : 2 M	
				C_f:		**T_f** :	
P SKU-cabeza	**Factor** 1	**Junio**		**Julio**		**Agosto**	
		C_{2500*1}	R_{2500}	C_{2500*1}	R_{2500}	C_{2500*1}	R_{2500}
Req. Bruto		2 500		2 500		2 500	
Inv. Disponible		-		2 500		-	
Saldo I (RN)		2 500		-		2 500	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		2 500		-		2 500	
Liberación de orden		5 000*1=5 000		-		5 000*1= 5 000	
Inv. De mano		2 500		-		2 500	

Código: 07		**Descripción**: Hilo		**C_p**: 20		**T_e** : 2 M	
				C_f:		**T_f** :	
P SKU-cabeza	**Factor** 250 cm						
		$C_{2500*250}$	R_{625000}	$C_{2500*250}$	R_{625000}	$C_{2500*250}$	R_{625000}
Req. Bruto		625 000		625 000		625 000	
Inv. Disponible		-		-		-	
Saldo I (RN)		625 000		625 000		625 000	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		625 000		625 000		625 000	
Liberación de orden		31 250*20= 625000		31 250*20= 625000		31 250*20= 625000	
Inv. De mano		0		0		0	

Código: 08		**Descripción**: brazo Der.		**C_p**:5 000		**T_e** : 2 M	
				C_f:		**T_f** :	
P SKU-Ext. Sup.	**Factor** 1	**Junio**		**Julio**		**Agosto**	
		C_{2500*1}	R_{2500}	C_{2500*1}	R_{2500}	C_{2500*1}	R_{2500}
Req. Bruto		2 500		2 500		2 500	
Inv. Disponible		-		2 500		-	
Saldo I (RN)		2 500		-		2 500	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		2 500		-		2 500	
Liberación de orden		5 000*1=5 000		-		5 000*1= 5 000	
Inv. De mano		2 500		-		2 500	

Código: 09		**Descripción**: brazo der.		**C_p**: 5 000		**T_e** : 1 M	
				C_f:		**T_f** :	
P SKU-Ext. Sup.	**Factor** 1	**Junio**		**Julio**		**Agosto**	
		C_{2500*1}	R_{2500}	C_{2500*1}	R_{2500}	C_{2500*1}	R_{2500}
Req. Bruto		2 500		2 500		2 500	
Inv. Disponible		-		2 500		-	
Saldo I (RN)		2 500		-		2 500	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		2 500		-		2 500	
Liberación de orden		5 000*1=5 000		-		5 000*1= 5 000	
Inv. De mano		2 500		-		2 500	

Código: 10		**Descripción**: pierna der.		**C_p**: 5 000		**T_e** : 2 M	
				C_f:		**T_f** :	
P SKU- Ext. Inf.	**Factor**	**Junio**		**Julio**		**Agosto**	
		C_{2500*1}	R_{2500}	C_{2500*1}	R_{2500}	C_{2500*1}	R_{2500}
Req. Bruto		2 500		2 500		2 500	
Inv. Disponible		-		2 500		-	
Saldo I (RN)		2 500		-		2 500	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		2 500		-		2 500	
Liberación de orden		5 000*1=5 000		-		5 000*1= 5 000	
Inv. De mano		2 500		-		2 500	

Código: 11		**Descripción**: pierna izq.		**C_p**:5 000		**T_e** : 1 M	
				C_f:		**T_f** :	
P SKU- Ext. Inf.	**Factor** 1	**Junio**		**Julio**		**Agosto**	
		C_{2500*1}	R_{2500}	C_{2500*1}	R_{2500}	C_{2500*1}	R_{2500}
Req. Bruto		2 500		2 500		2 500	
Inv. Disponible		-		2 500		-	
Saldo I (RN)		2 500		-		2 500	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		2 500		-		2 500	
Liberación de orden		5 000*1=5 000		-		5 000*1= 5 000	
Inv. De mano		2 500		-		2 500	

Código: 06		**Descripción**: Diadema		**C_p**:5 000		**T_e** : 2 M	
				C_f:		**T_f** :	
P SKU-cabeza	**Factor** 1	**Junio**		**Julio**		**Agosto**	
		C_{2500*1}	R_{2500}	C_{2500*1}	R_{2500}	C_{2500*1}	R_{2500}
Req. Bruto		2 500		2 500		2 500	
Inv. Disponible		-		2 500		-	
Saldo I (RN)		2 500		-		2 500	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		2 500		-		2 500	
Liberación de orden		5 000*1=5 000		-		5 000*1= 5 000	
Inv. De mano		2 500		-		2 500	

Código: 07		**Descripción**: Hilo		**C_p**: 20		**T_e** : 2 M	
				C_f:		**T_f** :	
P SKU-cabeza	**Factor** 250 cm						
		$C_{2500*250}$	R_{625000}	$C_{2500*250}$	R_{625000}	$C_{2500*250}$	R_{625000}
Req. Bruto		625 000		625 000		625 000	
Inv. Disponible		-		-		-	
Saldo I (RN)		625 000		625 000		625 000	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		625 000		625 000		625 000	
Liberación de orden		31 250*20= 625000		31 250*20= 625000		31 250*20= 625000	
Inv. De mano		0		0		0	

Código: 08		**Descripción**: brazo Der.		**C_p**:5 000		**T_e** : 2 M	
				C_f:		**T_f** :	
P SKU-Ext. Sup.	**Factor** 1	**Junio**		**Julio**		**Agosto**	
		C_{2500*1}	R_{2500}	C_{2500*1}	R_{2500}	C_{2500*1}	R_{2500}
Req. Bruto		2 500		2 500		2 500	
Inv. Disponible		-		2 500		-	
Saldo I (RN)		2 500		-		2 500	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		2 500		-		2 500	
Liberación de orden		5 000*1=5 000		-		5 000*1= 5 000	
Inv. De mano		2 500		-		2 500	

Código: 09		**Descripción**: brazo der.		**C_p**: 5 000		**T_e** : 1 M	
				C_f:		**T_f** :	
P SKU-Ext. Sup.	**Factor** 1	**Junio**		**Julio**		**Agosto**	
		C_{2500*1}	R_{2500}	C_{2500*1}	R_{2500}	C_{2500*1}	R_{2500}
Req. Bruto		2 500		2 500		2 500	
Inv. Disponible		-		2 500		-	
Saldo I (RN)		2 500		-		2 500	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		2 500		-		2 500	
Liberación de orden		5 000*1=5 000		-		5 000*1= 5 000	
Inv. De mano		2 500		-		2 500	

Código: 10		**Descripción**: pierna der.		**C_p**: 5 000		**T_e** : 2 M	
				C_f:		**T_f** :	
P SKU- Ext. Inf.	**Factor**	**Junio**		**Julio**		**Agosto**	
		C_{2500*1}	R_{2500}	C_{2500*1}	R_{2500}	C_{2500*1}	R_{2500}
Req. Bruto		2 500		2 500		2 500	
Inv. Disponible		-		2 500		-	
Saldo I (RN)		2 500		-		2 500	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		2 500		-		2 500	
Liberación de orden		5 000*1=5 000		-		5 000*1= 5 000	
Inv. De mano		2 500		-		2 500	

Código: 11		**Descripción**: pierna izq.		**C_p**:5 000		**T_e** : 1 M	
				C_f:		**T_f** :	
P SKU- Ext. Inf.	**Factor** 1	**Junio**		**Julio**		**Agosto**	
		C_{2500*1}	R_{2500}	C_{2500*1}	R_{2500}	C_{2500*1}	R_{2500}
Req. Bruto		2 500		2 500		2 500	
Inv. Disponible		-		2 500		-	
Saldo I (RN)		2 500		-		2 500	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		2 500		-		2 500	
Liberación de orden		5 000*1=5 000		-		5 000*1= 5 000	
Inv. De mano		2 500		-		2 500	

Programa de órdenes de producción

Cód.	Descripción	Fecha	Acción emitida
01	Barbie	Septiembre	1* 2 500 = 2 500
01	Barbie	Octubre	1* 2 500 = 2 500
01	Barbie	Noviembre	1* 2 500 = 2 500
02	Cabeza	Agosto	1* 2 500 = 2 500
02	Cabeza	septiembre	1* 2 500 = 2 500
02	Cabeza	Octubre	1* 2 500 = 2 500
03	Ext. Sup.	Agosto	1* 2 500 = 2 500
03	Ext. Sup.	Septiembre	1* 2 500 = 2 500
03	Ext. Sup.	Octubre	1* 2 500 = 2 500
04	Ext. Inf.	Agosto	1* 2 500 = 2 500
04	Ext. Inf.	Septiembre	1* 2 500 = 2 500
04	Ext. Inf.	Octubre	1* 2 500 = 2 500
05	Soporte cuerpo	Julio	1 * 5 000= 5 000
05	Soporte cuerpo	Agosto	----------
05	Soporte cuerpo	Septiembre	1 * 5 000= 5 000
06	Diadema	Junio	1 * 5 000= 5 000
06	Diadema	Julio	----------
06	Diadema	Agosto	1 * 5 000= 5 000
07	Hilo para cabello	Junio	20*31 250=625 000
07	Hilo para cabello	Julio	20*31 250=625 000
07	Hilo para cabello	Agosto	20*31 250=625 000
08	Brazo izq.	Junio	1 * 5 000= 5 000
08	Brazo izq.	Julio	----------
08	Brazo izq.	Agosto	1 * 5 000= 5 000
09	Brazo der.	Junio	1 * 5 000= 5 000
09	Brazo der.	Julio	----------
09	Brazo der.	Agosto	1 * 5 000= 5 000
10	Pierna der.	Junio	1 * 5 000= 5 000
10	Pierna der.	Julio	----------
10	Pierna der.	Agosto	1 * 5 000= 5 000
11	Pierna izq.	Junio	1 * 5 000= 5 000
11	Pierna izq.	Julio	----------
11	Pierna izq.	agosto	1 * 5 000= 5 000

Ejercicio No. 8

La compañía Mercurio maneja una gran variedad de líneas de armado de bicicletas, desea determinar, un plan de requerimientos de materiales para su línea de turista rodada 22 x 1 $^{3}/_{8}$".

Para la elaboración de una bicicleta se requiere de un cuadro que a su vez está formado por un cuerpo de frenos delantero, un manubrio, una palanca de velocidad un asiento, dos llantas (trasera y delantera), unas tijeras, dos mangos de manubrio y un eje central.

El manubrio está formado por dos palancas de freno y estos a su vez llevan un chicote.

Las llantas están formadas por una cámara, estas están montadas sobre un aro y este a su vez tiene 56 rayos, los cuales están montados sobre un eje del soporte que está conformado por un eje delantero y un trasero respectivamente, este a su vez está rodeado de una cadena.

Las tijeras están formadas por un cuerpo de freno delantero.

El eje central contiene la estrella que a su vez está formado por un par de bielas donde se encuentran los pedales.

Se trabaja con un lote económico a pedir de 5, 000 unidades c/v y a fabricar son 6,000 unidades c/v con un tiempo de espera de 1 mes y el tiempo de fabricación es de 2 meses. La demanda se encuentra en la lista de materiales.

MATERIA PRIMA Y PRODUCTO SEMIPROCESADO PARA LA ELABORACIÓN DE UNA BICICLETA MERCURIO DE 22 X 1 $^{3}/_{8}$ “ DE CARRERAS

- Cuerpo del freno delantero y trasero.

- Asiento.

- Piñón de velocidades, rayos y ejes (central, delantero y trasero).

- Cadena.

- Pedal.

- Cuadro palanca de velocidad, chicote y tijeras.

- Estrella bielas del pedal y piñón de velocidad.

- Palanca de frenos y chicote.

Explosión de materiales

Lista de materiales

Código	Descripción	Factor	Tiempo de espera	Cantidad a pedir	Tiempo de fabricación	Cantidad a fabricar	Inventario disponible	P.P.
Z-1	Bicicleta	1 pza.	-	-	2 meses	6 000	3 000	-
Z-2	Cuadro	1 pza.	-	-	2 meses	6 000	2 200	-
Z-3	Cuerpo de freno trasero	1 pza.	1 mes	5 000	-	-	2 000	-
Z-4	Manubrio	1 pza.	-	-	2 meses	6 000	2 000	-
Z-5	Palanca de freno	2 pza.	-	-	2 meses	6 000	1 000	-
Z-6	Chicotes	1 pza.	1 mes	5 000	-	-	900	-
Z-7	Palanca de velocidad	1 pza.	1 mes	5 000	-	-	3 000	2 000
Z-8	Asiento	1 pza.	1 mes	5 000		-	3 000	-
Z-10	Llanta (delantera y trasera)	2 pza.	-	-	2 meses	6 000	1 500	-
Z-11	Cámara	1 pza.	-	-	2 meses	6 000	800	-
Z-12	Aro	1 pza.	-	-	2 meses	6 000	5 000	-
Z-13	Rayos	56 pza.	-	-	2 meses	6 000	15 000	-
Z-14	Eje trasero	1 pza.	-	-	2 meses	6 000	3 000	-
Z-15	Eje delantero	1 pza.	1 mes	5 000	-	-	3 700	-
Z-16	Cambio de velocidades	1 pza.	1 mes	5 000	-	-	5 000	-
Z-17	Piñón de velocidades	1 pza.	-	-	2 meses	6 000	6 000	-
Z-18	Cadena	1 pza.	-	-	2 meses	6 000	830	-
Z-19	Tijera	1 pza.	-	-	2 meses	6 000	4 500	-
Z-20	Cuerpo de freno delantero	1 pza.	1 mes	5 000	-	-	2 000	-
Z-21	Eje central	1 pza.	-	-	2 meses	6 000	2 500	-
Z-22	Estrella	1 pza.	-	-	2 meses	6 000	4 000	-
Z-23	Bielas de pedal	2 pza.	-	-	2 meses	6 000	2 700	-
Z-24	Pedal	1 pza.	1 mes	5 000	-	-	1 000	-
Z-25	Mangos	2 pza.	1 mes	5 000	-	-	1 300	-
Z-26	Eje de soporte	1 pza.	-	-	2 meses	6 000	2 000	-

Demanda	Octubre	2 000	Noviembre	2 000	Diciembre	2 000	
Bicicleta	10 000		15 000		23 000		

Código: Z-1		**Descripción**: bicicleta		C_p:		T_e :	
				C_f: 6 000		T_f : 2 M	
P 0	**Factor** 1	**Agosto**		**Septiembre**		**Octubre**	
		C_{10000}	R_{10000}	C_{15000}	R_{15000}	C_{23000}	R_{23000}
Req. Bruto		10,000		15,000		23,000	
Inv. Disponible		3,000		5,000		8,000	
Saldo I (RN)		7,000		10,000		15,000	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		7,000		10,000		15,000	
Liberación de orden		(2)*6,000=12,000		(3)*6,000=18,000		(4)*6,000=24,000	
Inv. De mano		5,000		8,000		9,000	

Código: Z-2		**Descripción**: cuadro		C_p:		T_e :	
				C_f: 6,000		T_f : 2 M	
P Z-1 bicicleta	**Factor** 1	**Junio**		**Julio**		**Agosto**	
		C_{12000}	R_{12000}	C_{18000}	R_{18000}	C_{24000}	R_{24000}
Req. Bruto		12,000		18,000		24,000	
Inv. Disponible		2,200		2,200		2.200	
Saldo I (RN)		9,800		15,800		21,800	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		9,800		15,800		21,800	
Liberación de orden		2*6,000=12,000		3 *6 000 = 18,000		4* 6,000= 24,000	
Inv. De mano		2,200		2.200		2.200	

Código: Z-3		**Descripción**: cuerpo del freno trasero		C_p:5 000		T_e : 1 M	
				C_f:		T_f :	
P Z-2 cuadro	**Factor** 1	**Mayo**		**Junio**		**Julio**	
		C_{12000}	R_{12000}	C_{18000}	R_{18000}	C_{24000}	R_{24000}
Req. Bruto		12,000		18,000		24,000	
Inv. Disponible		2,000		5,000		7,000	
Saldo I (RN)		10,000		13,000		17,000	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		10,000		13,000		17,000	
Liberación de orden		3* 5,000= 15,000		4* 5,000= 20,000		5* 5,000= 25,000	
Inv. De mano		5,000		7,000		8,000	

Código: Z-4		**Descripción**: manubrio		**C_p**:		**T_e** :	
				C_f: 6,000		**T_f** : 2 M	
P Z-2 cuadro	**Factor** 1	**Abril**		**Mayo**		**Junio**	
		C_{12000}	R_{12000}	C_{180000}	R_{180000}	C_{24000}	R_{24000}
Req. Bruto		12,000		18,000		24,000	
Inv. Disponible		2,000		2,000		2,000	
Saldo I (RN)		10,000		16,000		16,000	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		10,000		16,000		16,000	
Liberación de orden		2* 6,000= 12,000		3* 6,000=18,000		4* 6,000=24,000	
Inv. De mano		2,000		2,000		2,000	

Código: Z-5		**Descripción**: palanca de freno		**C_p**:		**T_e** :	
				C_f: 6,000		**T_f** :	
P Z-4 manubrio	**Factor** 2	**Febrero**		**Marzo**		**Abril**	
		C_{12000}	R_{24000}	C_{18000}	R_{36000}	C_{24000}	R_{48000}
Req. Bruto		24,000		36,000		48,000	
Inv. Disponible		1,000		1,000		1,000	
Saldo I (RN)		23,000		35,000		47,000	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		23,000		35,000		47,000	
Liberación de orden		4* 6,000=24,000		6* 6,000=36,000		8* 6,000= 48,000	
Inv. De mano		1,000		1,000		1,000	

Código: Z-6		**Descripción**: chicote		**C_p**:5 000		**T_e** :1 M	
				C_f:		**T_f** :	
P Z-5 palanca de fierro	**Factor** 1	**Enero**		**Febrero**		**Marzo**	
		C_{24000}	R_{24000}	C_{36000}	R_{36000}	C_{48000}	R_{48000}
Req. Bruto		24,000		36,000		48,000	
Inv. Disponible		900		1,900		900	
Saldo I (RN)		23,100		34,100		47,100	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		23,100		34,100		47,100	
Liberación de orden		5* 5,000=25,000		7* 5,000=35,000		10* 5,000=50,000	
Inv. De mano		1,900		900		2,900	

Código: Z-8		**Descripción**: palanca de velocidad		C_p:5 000		T_e : 1 M	
				C_f:		T_f :	
P Z-7 cuadro	**Factor** 1	**Mayo**		**Junio**		**Julio**	
		C_{12000}	R_{12000}	C_{18000}	R_{18000}	C_{24000}	R_{24000}
Req. Bruto		12,000		18,00		24,000	
Inv. Disponible		3,000		3,000		5,000	
Saldo I (RN)		4,000		15,000		19,000	
Producto prog.		2,000		-		-	
Saldo II		7,000		15,000		19,000	
Liberación de orden		2* 5,000=10,000		4* 5,000= 20,000		5* 5,000= 25,000	
Inv. De mano		3,000		5,000		6,000	

Código: Z-8		**Descripción**: asiento		C_p:5,000		T_e : 1M	
				C_f:		T_f :	
P Z-2 cuadro	**Factor** 1	**Mayo**		**Junio**		**Julio**	
		C_{12000}	R_{12000}	C_{18000}	R_{18000}	C_{24000}	R_{24000}
Req. Bruto		12,000		18,000		24,000	
Inv. Disponible		3,000		6,000		8,000	
Saldo I (RN)		9,000		12,000		16,000	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		9,000		12,000		16,000	
Liberación de orden		3* 5,000=15,000		4* 5,000= 20,000		5* 5,000=25,000	
Inv. De mano		6,000		8,000		9,000	

Código: Z-21		**Descripción**: eje central		C_p:		T_e :	
				C_f: 6 000		T_f : 2 M	
P Z-2 cuadro	**Factor** 1	**Abri**		**Mayo**		**junio**	
		C_{12000}	R_{12000}	C_{18000}	R_{18000}	C_{24000}	R_{24000}
Req. Bruto		12,000		18,000		24,000	
Inv. Disponible		2,500		2,500		2,500	
Saldo I (RN)		9,500		15,500		21,500	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		9,500		15,500		21,500	
Liberación de orden		2* 6,000=12,000		3* 6,000= 18,000		4* 6,000=24,000	
Inv. De mano		2,500		2,500		2,500	

Código: Z-22		**Descripción**: estrella		**C_p**:		**T_e** :	
				C_f: 6 000		**T_f** : 2 M	
P Z-21 eje central	**Factor** 1	**Febrero**		**Marzo**		**Abril**	
		C_{12000}	R_{12000}	C_{18000}	R_{18000}	C_{24000}	R_{24000}
Req. Bruto		12,000		18,000		24,000	
Inv. Disponible		4,000		4,000		4,000	
Saldo I (RN)		8,000		14,000		20,000	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		8,000		14,000		20,000	
Liberación de orden		2* 6,000=12,000		3* 6,000=18,000		4* 6,000=24,000	
Inv. De mano		4,000		4,000		4,000	

Código: Z-23		**Descripción**: bielas de pedal		**C_p**:		**T_e** :	
				C_f: 6 000		**T_f** : 2 M	
P Z- 22 estrella	**Factor** 2	**Diciembre 1999**		**Enero 2000**		**Febrero 2000**	
		C_{12000}	R_{24000}	C_{18000}	R_{36000}	C_{24000}	R_{48000}
Req. Bruto		24,000		36,000		48,000	
Inv. Disponible		2,700		2,700		2,700	
Saldo I (RN)		21,700		33,300		45,300	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		21,700		33,300		45,300	
Liberación de orden		4* 6,000= 24 ,000		6* 6,000= 36,000		8* 6,000=48,000	
Inv. De mano		2,700		2,700		2,700	

Código: Z-24		**Descripción**: pedal		**C_p**:5 000		**T_e** : 1 M	
				C_f:		**T_f** :	
P Z-23 cuadro	**Factor** 1	**Noviembre 1999**		**Diciembre 1999**		**Ebnero 2000**	
		C_{24000}	R_{24000}	C_{36000}	R_{36000}	C_{48000}	R_{48000}
Req. Bruto		24,000		36,000		48,000	
Inv. Disponible		1,000		2,000		1,000	
Saldo I (RN)		23,000		34,000		47,000	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		23,000		34,000		47,000	
Liberación de orden		5* 5,000= 25,000		7* 5,000= 35,000		10*5,000= 50,000	

Inv. De mano		2,000		1,000		3,000
Código: Z-25		**Descripción**: mango del manubrio		**C_p**:5 000		**T_e** : 1 M
				C_f:		**T_f** :
P Z-2 cuadro	**Factor** 2	**Mayo**		**Junio**		**Julio**	
		C_{12000}	R_{24000}	C_{18000}	R_{36000}	C_{24000}	R_{48000}
Req. Bruto		24,000		36,000		48,000	
Inv. Disponible		1,300		2,300		1,300	
Saldo I (RN)		22.700		33,700		46,700	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		22,700		33,700		46,700	
Liberación de orden		5* 5,000= 25,000		7* 5,000=35,000		10*5,000=50,000	
Inv. De mano		2,300		1,300		3,300	

Código: Z-19		**Descripción**: tijeras		**C_p**:		**T_e** :
				C_f: 6 000		**T_f** : 2 M
P Z-2 cuadro	**Factor** 1	**abril**		**Mayo**		**Junio**	
		C_{12000}	R_{12000}	C_{18000}	R_{18000}	C_{24000}	R_{24000}
Req. Bruto		12,000		18,000		24,000	
Inv. Disponible		4,500		4,500		4,500	
Saldo I (RN)		7,500		13,500		19,500	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		7,500		13,500		19,500	
Liberación de orden		2* 6,000= 12,000		3* 6,000= 18,000		4* 6,000= 24,000	
Inv. De mano		4,500		4,500		4,500	

Código: Z-20		**Descripción**: cuerpo del freno delantero		**C_p**: 6 000		**T_e** : 1M
				C_f:		**T_f** :
P Z-19 tijeras	**Factor** 1	**abril**		**Mayo**		**Junio**	
		C_{12000}	R_{12000}	C_{18000}	R_{18000}	C_{24000}	R_{24000}
Req. Bruto		12,000		18,000		24,000	
Inv. Disponible		2,000		-		2,000	
Saldo I (RN)		10,000		18,000		22,000	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		10,000		18,000		22,000	
Liberación de orden		2*5,000= 10,000		4*5,000= 20,000		5* 5,000= 25,000	
Inv. De mano		-		2,000		3,000	

Código: Z- 10		**Descripción**: llanta (trasera y delantera)		**C_p**:		**T_e** :	
				C_f: 6,000		**T_f** :2 M	
P Z- 2 cuadro	**Factor** 2	**abril**		**Mayo**		**Junio**	
		C_{12000}	R_{24000}	C_{18000}	R_{36000}	C_{24000}	R_{48000}
Req. Bruto		24,000		36,000		48,000	
Inv. Disponible		1,500		1,500		1,500	
Saldo I (RN)		22,500		34,500		46,500	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		22,500		34,500		46,500	
Liberación de orden		4*6,000=24,000		6*6,000=36,000		8*6,000=48,000	
Inv. De mano		1,500		1,500		1,500	

Código: Z- 11		**Descripción**: cámara		**C_p**:		**T_e** :	
				C_f: 6 000		**T_f** :2 M	
P Z- 10 llanta	**Factor** 1	**Febrero**		**Marzo**		**Abril**	
		C_{24000}	R_{24000}	C_{36000}	R_{36000}	C_{48000}	R_{48000}
Req. Bruto		24,000		36,000		48,000	
Inv. Disponible		800		800		800	
Saldo I (RN)		23,200		35,200		47,200	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		23,200		35,200		47,200	
Liberación de orden		4*6,000=24,000		6*6,000=36,000		8*6,000=48,000	
Inv. De mano		800		800		800	

Código: Z-12		**Descripción**: aro		**C_p**:		**T_e** :	
				C_f: 6,000		**T_f** : 2 M	
P Z- 11 camara	**Factor** 1	**Diciembre 1999**		**Enero 2000**		**Febrero 2000**	
		C_{24000}	R_{24000}	C_{36000}	R_{36000}	C_{48000}	R_{48000}
Req. Bruto		24,000		36,000		48,000	
Inv. Disponible		5,000		5,000		5,000	
Saldo I (RN)		19,000		31,000		43,000	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		19,000		31,000		43,000	
Liberación de orden		4*6,000=24,000		6*6,000=36000		8*6,000=48,000	
Inv. De mano		5,000		5,000		5,000	

Código: Z-13	**Descripción**: rayos		**C_p**:	**T_e** :
			C_f: 6,000	**T_f** : 2 M

P Z- 12 aro	**Factor** 56	**Octubre 1999**		**Noviembre 1999**		**Diciembre 1999**	
		C_{24000}	$R_{1344000}$	C_{36000}	$R_{2016000}$	C_{48000}	$R_{2688000}$
Req. Bruto		1,344,000		2,016,000		2,688,000	
Inv. Disponible		15,000		15,000		15,000	
Saldo I (RN)		1,329,000		2,001,000		2,673,000	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		1,329,000		2,001,000		2,673,000	
Liberación de orden		224*6,000=1344000		336*6,000=2016000		448*6,000=2688000	
Inv. De mano		15,000		15,000		15,000	

Código: Z-26	**Descripción**: ejes de soporte	**C_p**:	**T_e** :
		C_f: 6 000	**T_f** : 2 M

P Z- 13 rayos	**Factor** 1	**Agosto 1999**		**Septiembre 1999**		**Octubre 1999**	
		C_{24000}	R_{24000}	C_{36000}	R_{36000}	C_{48000}	R_{48000}
Req. Bruto		24,000		36,000		48,000	
Inv. Disponible		2,000		2,000		2,000	
Saldo I (RN)		22,000		34,000		46,000	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		22,000		34,000		46,000	
Liberación de orden		4*6,000=24,000		6*6,000=36,000		8*6,000=48,000	
Inv. De mano		2,000		2,000		2,000	

Código: Z-15	**Descripción**: eje delantero	**C_p**:5 000	**T_e** : 1 M
		C_f:	**T_f** :

P Z- 26 ejes de soporte	**Factor** 1	**Julio 1999**		**Agosto 2000**		**Septiembre 000**	
		C_{12000}	R_{12000}	C_{18000}	R_{18000}	C_{24000}	R_{24000}
Req. Bruto		12,000		18,000		24,000	
Inv. Disponible		3,700		1,700		3,700	
Saldo I (RN)		8,300		16,300		20,300	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		8,300		16,300		20,300	
Liberación de orden		2*5,000=10,000		4*5,000=20,000		5*5,000=4,700	

Inv. De mano	1,700	3,700	4,700

Código: Z-14		**Descripción**: eje tracero		**C_p**:		**T_e** :
				C_f: 6 000		**T_f** : 2 M
P Z- 26 soporte	**Factor** 1	**Junio 1999**		**Julio 2000**		**Agosto 2000**	
		C_{12000}	$R1_{2000}$	C_{18000}	R_{18000}	C_{24000}	R_{24000}
Req. Bruto		12,000		18,000		24,000	
Inv. Disponible		3,000		3,000		3,000	
Saldo I (RN)		9,000		15,000		21,000	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		9,000		15,000		21,000	
Liberación de orden		6*6,000=12,000		3*6,000=18,000		4*6,000=24,000	
Inv. De mano		3,000		3,000		3,000	

Código: Z-17		**Descripción**: piñón de velocidades		**C_p**:		**T_e** :	
				C_f: 6,000		**T_f** : 2 M	
P Z- 14 eje trasero	**Factor** 1	**Abril 1999**		**Mayo 2000**		**Junio 2000**	
		C_{12000}	R_{12000}	C_{18000}	R_{18000}	C_{24000}	R_{24000}
Req. Bruto		12,000		18,000		24,000	
Inv. Disponible		6,000		6,000		6,000	
Saldo I (RN)		6,000		12,000		18,000	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		6,000		12,000		18,000	
Liberación de orden		2*6,000=12,000		3*6,000=18,000		4*6,000=24,000	
Inv. De mano		6,000		6,000		6,000	

Código: Z-16		**Descripción**: cambio de velocidades		**C_p**: 5 000		**T_e** : 1 M	
				C_f:		**T_f** :	
P Z- 14 eje trasero	**Factor** 1	**Mayo 1999**		**Junio 1999**		**Juli 1999**	
		C_{12000}	R_{12000}	C_{18000}	R_{18000}	C_{24000}	R_{24000}
Req. Bruto		12,000		18,000		24,000	
Inv. Disponible		5,000		3,000		5,000	
Saldo I (RN)		7,000		15,000		19,000	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		7,000		15,000		19,000	
Liberación de orden		2*5,000=10,000		4*5,000=20,000		5*5,000=25,000	

Inv. De mano	3,000	5,000	6,000

Código: Z-18		**Descripción**: cadena		**C_p**:5 000		**T_e** : 1 M	
				C_f:		**T_f** : M	
P Z- 17 piñon de velocidades	**Factor** 1	**Marzo 1999**		**Abril 1999**		**Mayo 1999**	
		C_{12000}	R_{12000}	C_{18000}	R_{18000}	C_{24000}	R_{24000}
Req. Bruto		12,000		18,000		24,0000	
Inv. Disponible		830		3,830		830	
Saldo I (RN)		11,170		14,170		23,170	
Producto prog.		-		-		-	
Saldo II		11,170		14,170		23,170	
Liberación de orden		3*5,000=15,000		3*5,000=15,000		5*5,000=25,000	
Inv. De mano		3,830		830		1,830	

Ordenes a fabricar.

Código	Descripción	Fecha	Acción de emite
Z-1	Bicicleta	Agosto 2000 Septiembre 2000 Octubre 2000	2 ordenes de 6,000 u 3 ordenes de 6,000 u 4 ordenes de 6,000 u
Z-4	Manubrio	Abril 2000 Mayo 2000 Junio 2000	2 ordenes de 6,000 u 3 ordenes de 6,000 u 4 ordenes de 6,000 u
Z-5	Palanca de freno	Febrero 2000 Marzo 2000 Abril 2000	4 ordenes de 6,000 u 6 ordenes de 6,000 u 8 ordenes de 6,000 u
Z-2	Cuadro	Junio 2000 Julio 2000 Agosto 2000	2 ordenes de 6,000 u 3 ordenes de 6,000 u 4 ordenes de 6,000 u
Z-21	Eje central	Abril 2000 Mayo 2000 Junio 2000	2 ordenes de 6,000 u 3 ordenes de 6,000 u 4 ordenes de 6,000 u
Z-22	Estrellas	Febrero 2000 Marzo 2000 Abril 2000	2 ordenes de 6,000 u 3 ordenes de 6,000 u 4 ordenes de 6,000 u
Z-23	Bielas del pedal	Diciembre 1999 Enero 2000 Febrero 2000	4 ordenes de 6,000 u 6 ordenes de 6,000 u 8 ordenes de 6,000 u
Z-10	1 par de llantas (trasera y delantera)	Abril 2000 Mayo 2000 Junio 2000	4 ordenes de 6,000 u 6 ordenes de 6,000 u 8 ordenes de 6,000 u

Z-11	Cámaras	Febrero 2000 Marzo 2000 Abril 2000	4 ordenes de 6,000 u 6 ordenes de 6,000 u 8 ordenes de 6,000 u
Z-12	Aro	Diciembre 1999 Enero 2000 Febrero 2000	4 ordenes de 6,000 u 6 ordenes de 6,000 u 8 ordenes de 6,000 u
Z-13	Rayos	Octubre 1999 Noviembre 1999 Diciembre 1999	224 ordenes de 6,000 u 336 ordenes de 6,000 u 448 ordenes de 6,000 u
Z-19	Tijeras	Abril 1999 Mayo 1999 Junio 1999	2 ordenes de 6,000 u 3 ordenes de 6,000 u 4 ordenes de 6,000 u
Z-26	Ejes de soporte	Agosto 1999 Septiembre 1999 Octubre 1999	4 ordenes de 6,000 u 6 ordenes de 6,000 u 8 ordenes de 6,000 u
Z-17	Pirón de velocidades	Abril 1999 Mayo 1999 Junio 1999	2 ordenes de 6,000 u 3 ordenes de 6,000 u 4 ordenes de 6,000 u
Z-14	Eje trasero	Junio 1999 Julio 1999 Agosto 1999	2 ordenes de 6,000 u 3 ordenes de 6,000 u 4 ordenes de 6,000 u
Z-10	Cuerpos de frenos delanteros	Mayo 2000 Marzo 2000 Abril 2000	2 ordenes de 6,000 u 4 ordenes de 6,000 u 5 ordenes de 6,000 u
Z-24	Pedal	Noviembre 1999 Diciembre 1999 Enero 2000	5 ordenes de 6,000 u 7 ordenes de 6,000 u 10 ordenes de 6,000 u
Z-25	Mangos del manubrio	Mayo 2000 Junio 2000 Julio 2000	5 ordenes de 6,000 u 7 ordenes de 6,000 u 10 ordenes de 6,000 u
Z-8	Asiento	Mayo 2000 Junio 2000 Julio 2000	3 ordenes de 6,000 u 4 ordenes de 6,000 u 5 ordenes de 6,000 u
Z-7	Palanca de velocidades	Mayo 2000 Junio 2000 Julio 2000	2 ordenes de 6,000 u 4 ordenes de 6,000 u 5 ordenes de 6,000 u
Z-6	Chicote	Enero 2000 Febrero 2000 Marzo 2000	5 ordenes de 6,000 u 7 ordenes de 6,000 u 10 ordenes de 6,000 u
Z-3	Cuerpo de freno trasero	Mayo 2000 Junio 2000 Julio 2000	3 ordenes de 6,000 u 4 ordenes de 6,000 u 5 ordenes de 6,000 u
Z-15	Eje delantero	Julio 1999 Agosto 1999 Septiembre 1999	2 ordenes de 6,000 u 4 ordenes de 6,000 u 5 ordenes de 6,000 u
Z-18	Cadena	Marzo 1999 Abril 1999 Mayo 1999	3 ordenes de 6,000 u 3 ordenes de 6,000 u 5 ordenes de 6,000 u

Z-16	Cambio de velocidades	Mayo 1999 Junio 1999 Julio 1999	3 ordenes de 6,000 u 3 ordenes de 6,000 u 5 ordenes de 6,000 u

Conclusiones

Se puede apreciar que aplicando el M.R.P., a cualquier producto manufacturado y ensamblado, es una herramienta que ayuda a planear.

En el desarrollo de este ejercicio se encontraron con algunas limitantes en cuanto a información, la demanda proyectada no es confiable, ya que la propiciaron sin una base de datos históricos, donde proyectaron su futuro en el consumo de bicicletas MERCURIO rodada 22 x 1 $^{3}/_{8}$".

Las cantidades a pedir y a fabricar fueron proporcionadas de manera constante, para todas las cantidades a pedir o fabricar, ya que se tendría que desglosar una serie de costos de pedir y mantener, los cuales dan pauta para lo mencionado anteriormente.

Si se hubiera manejado diferentes lotes económicos en la cantidad a pedir a y fabricar, nuestras liberaciones de ordenes hubieran sido distintas, esto va a depender desde un punto de vista de producción en la empresa, ya sea por producir sus mismas piezas de la empresa, los costos son iguales para cada una de la partes para ver nuestros casos, donde se deduce que para todas las cantidades a trabajar tienen los mismos costos, cosa similar ocurre con la misma cantidad a pedir.

Puede ser el caso opuesto donde para producir cada pieza que intervienen en el ensamble; ya que al fabricar o tenga diferentes lotes en cada una de ellas, debido que sus costos para elaborarlos no son los mismos.

Mediante esta técnica se puede apreciar las cantidades más exacto en cuanto a piezas de bicicleta que se necesitan para cubrir mi demanda, contando con un margen de holgura, como son los inventarios disponibles, que en este caso ya se tenía la existencia de algunas partes que intervienen para el ensamblado. Estos datos algunos me los facilitaron y otros los aproximaron haciendo un error ya que es una limitante que se ha estado manejando.

2.10 Mantenimiento productivo total (TPM)

En 1912 a raíz del nuevo pensamiento de mantenimiento productivo (MP) el japonés Seichi Nakajima desarrollo el sistema TPM (mantenimiento productivo total); el cual hace énfasis en la importancia que tiene que involucrar el personal de producción y al mantenimiento en las labores de conservación y preservación de los equipos, para dar buenos resultados. En el siguiente diagrama se muestra la evolución del mantenimiento hasta nuestros días.

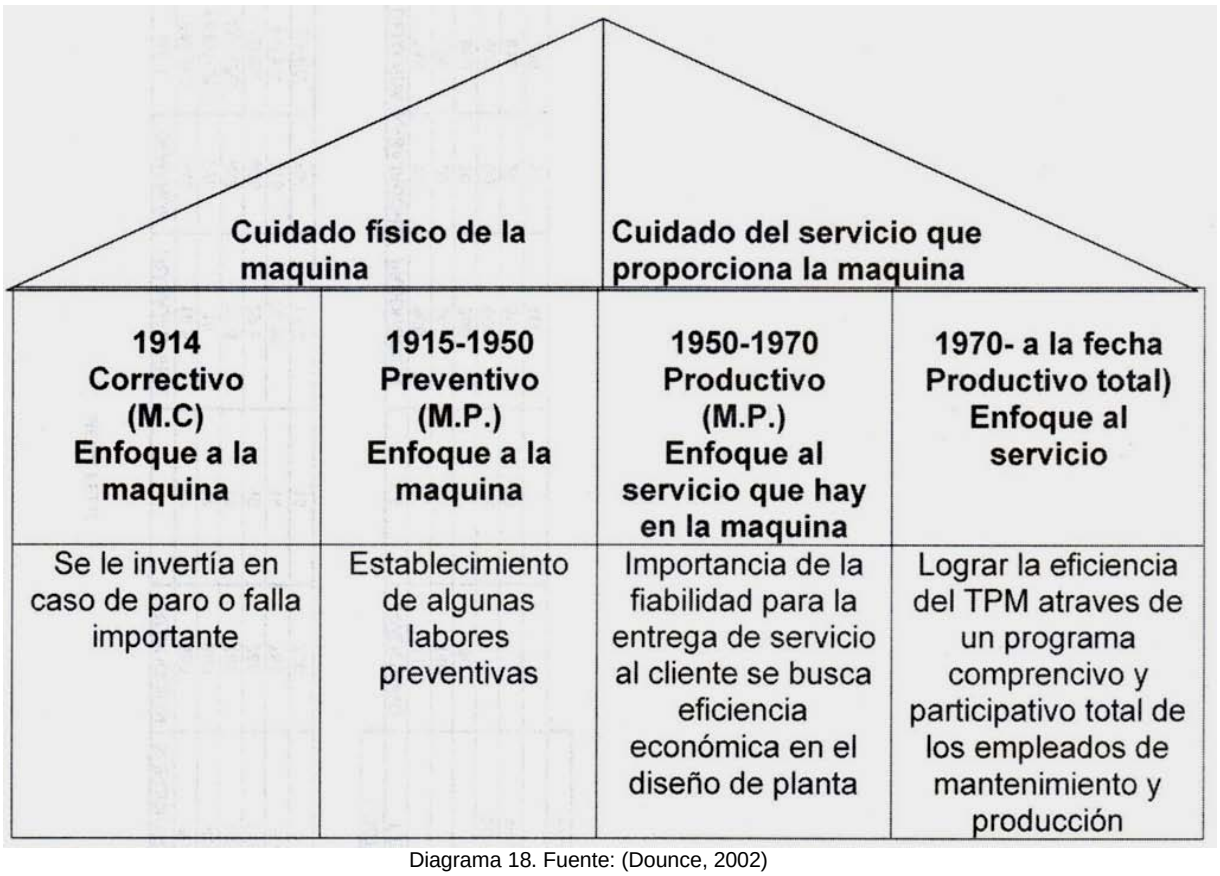


Diagrama 18. Fuente: (Dounce, 2002)

TPM.- es asegurar de que cada máquina en el área de producción siempre esté disponible para ser utilizada durante la jornada laboral de trabajo.

TPM.- en un sentido estricto, se refiere que se implementación del involucramiento total de los empleados; así como de los departamentos de

producción mantenimiento e ingeniería de la planta, con el fin de maximizar la productividad. En otras palabras, TPM es una estrategia que se adopta por todo el personal, quiénes son involucrados directamente con producción para logar cero accidentes, cero defectos y cero interrupciones.

2.10.1 objetivos del TPM.

1. Maximiza la efectividad de cada pieza del equipo (prolongar su vida útil).
2. Provee un sistema de mantenimiento acorde al ciclo de vida del equipo.
3. Involucrar a los departamentos en el plan, el diseño, el uso y el mantenimiento del equipo.

2.10.2 TPM actividades a eliminar

1. Falla de equipos causada por defectos que requieren algún tipo de reparación.
2. Paros menores por la falla de alguna máquina se traba.
3. Pérdidas de velocidad causadas por la reducción de velocidad de operación.
4. Set-up (ajustes provocados por un cambio).
5. Reducción de la eficiencia, la cual es provocada con la materia prima que no se usa o desperdicio, Scrap o rechazo.
6. Retrabajos o procesos provocados por productos fuera de especificación manufacturados durante una operación normal.

Diagrama 19. Fuente: Elaboración Propia.

La planeación del mantenimiento

1. Mantenimiento autónomo.
2. Ingeniería preventiva.
3. Diseño de productos.
4. Educación practica.

El mantenimiento productivo total se asegura de que cada máquina en el piso de producción siempre esté disponible para ser utilizada de producción, lo cual provoca que esta nunca se detenga.

En general a TPM consiste en 6 actividades, las cuales se describen a continuación:

1. Eliminación de las seis grandes pérdidas basándose en los proyectos por equipos organizados en producción, mantenimiento y los departamentos de ingeniería de las plantas. Las pérdidas que hay que eliminar son:

- Fallas en los equipos, causas por defectos que requieren de algún tipo de reparación.
- Paros menores que son provocados por eventos tales como: interrupciones, la máquina se trabe, etc.

- Pérdida de velocidad, causadas por la reducción de la velocidad de operación.

- Set-up y ajustes, que son causados por cambios de condiciones de las operaciones, tales como: en los inicios de las corridas de la producción o en cada cambio de turno, de producto o de las condiciones de las operaciones.

- Reducción de la eficiencia, lo cual es causado por la materia prima que no se usa o se desperdicia como scrap, rechazos, etc.

- Defectos y retrabajos del proceso, que son provocados por productos fuera de especificación o defectuosos, manufacturados durante una operación normal.

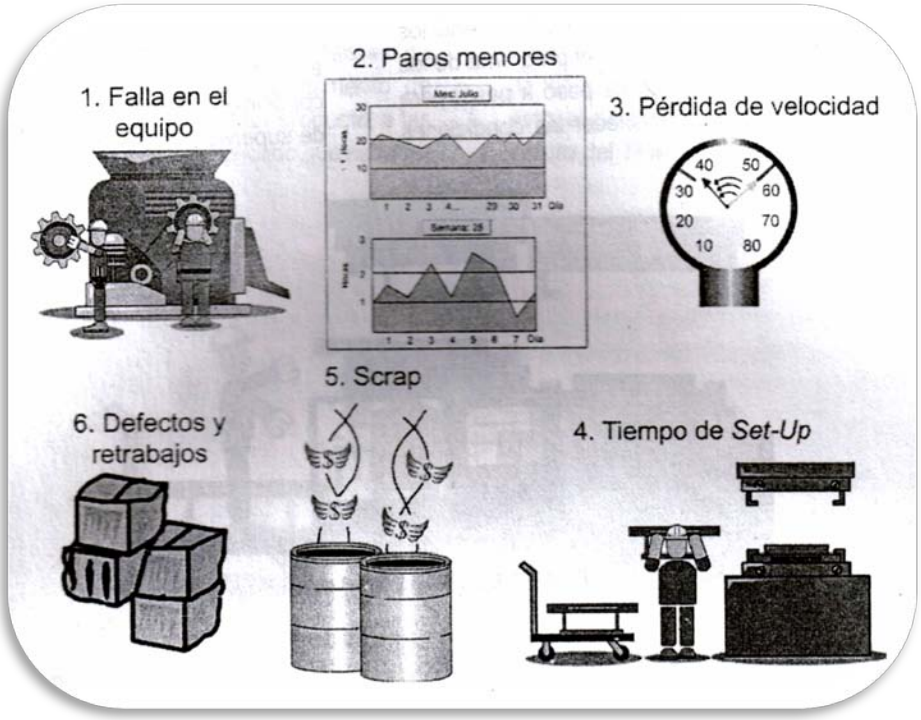


Figura 1. Fuente: (Villaseñor, 2007:67)

2. Planeación del mantenimiento hecha por el departamento de mantenimiento. Para este punto se requiere de una serie de actividades

que se implementan dentro del piso de producción. Estas se pueden dividir en 4 fases:

- Reducir la variabilidad de las partes.
- Extender la vida de las partes.
- Restaurar las partes deterioradas periódicamente.
- Predecir la vida de las partes.

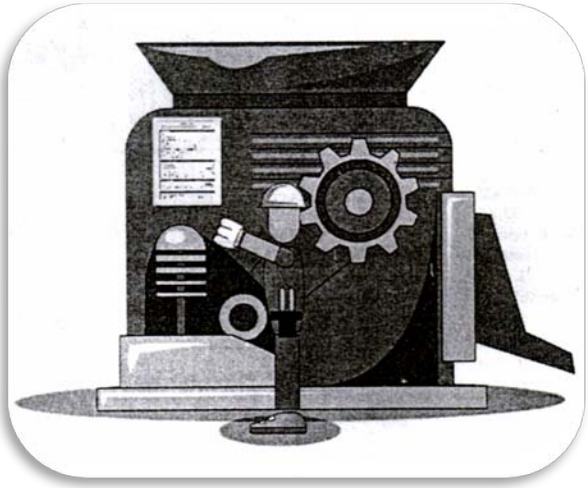


Figura 2. Fuente: (Villaseñor, 2007:67)

3. Mantenimiento autónomo trabajo hecho por el departamento de producción. Aquí los operadores son entrenados en el programa de los 7 pasos (educación y práctica paso a paso) para lograr estos objetivos: establecer las condiciones básicas del equipo, observar las condiciones de uso del equipo, restablecer las partes deterioradas a través de inspecciones globales, desarrollar los conocimientos del operador y conducir a una rutina de supervisión autónoma hecha por el operador.

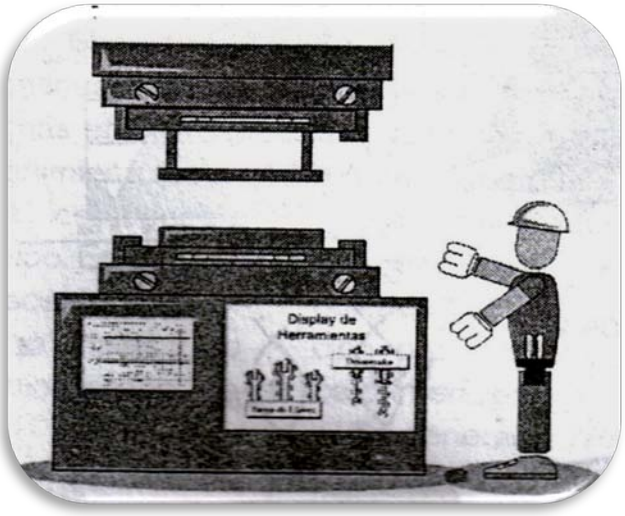


Figura 3. Fuente: (Villaseñor, 2007:68)

4. Ingeniería preventiva llevada a cabo principalmente por el departamento de ingeniería de la planta. Aquí se busca eliminar las causas de los problemas que se presentan en el periodo de lanzamiento de una nueva línea de producción. Desde antes se tiene que cuidar la administración del equipo, y aquí es cuando ingeniería se involucra, ya que se pretende eliminar los problemas provocados por los atributos de los equipos; para ello se analiza diferentes factores tales como rentabilidad, mantenimiento, economía, operación etc.

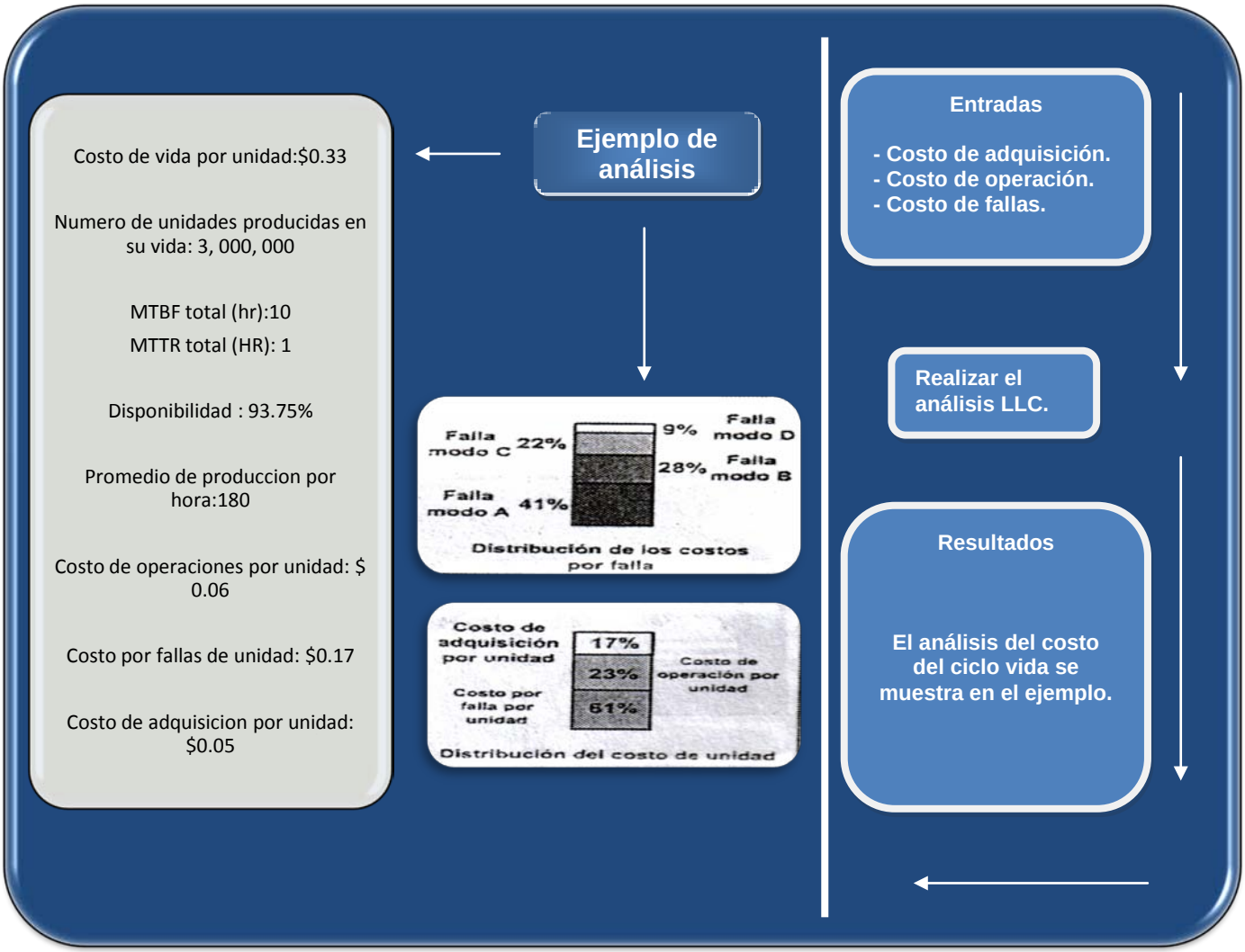


Diagrama 20. Fuente: (Villaseñor, 2007)

5. Diseño de producción fáciles de hacer, actividad hecha por el departamento de diseño. Al momento de diseñar un producto, a las otras áreas se les olvida lo complicado que es fabricarlo, lo cual provoca grandes problemas. A pesar de los trabajos que se están haciendo para evitar esto, el diseño sigue siendo un punto importante dentro del TPM.

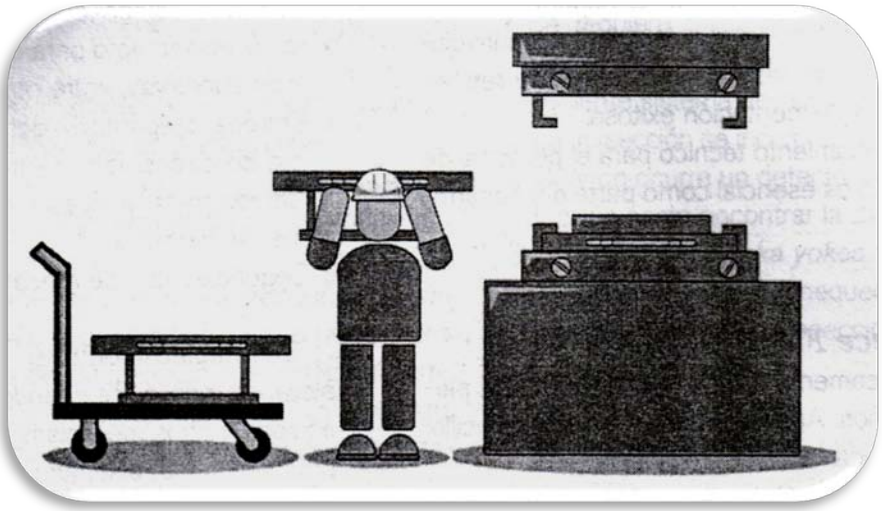


Figura 4. Fuente: (Villaseñor, 2007:69)

6. Educación y práctica para dar soporte a las primeras 5 actividades. Sin lugar a dudas, esto es un punto importante, ya que sin un buen entrenamiento, los operadores y sus respectivas áreas no podrían brindar el soporte adecuado al TPM. Por ello es vital tener un buen programa de entrenamiento para todas las áreas involucradas dentro del programa.

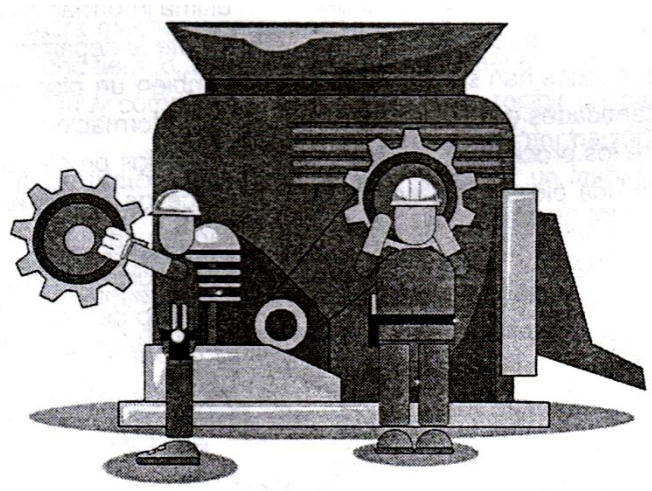


Figura 5. Fuente: (Villaseñor, 2007:69)

2.10.3 Puntos claves a tomar en cuenta:

- Para obtener el mayor beneficio del TPM, toda la fuerza laboral debe cambiar la forma en la que ven el mantenimiento de los equipos. Al menos los operadores deben darse cuenta del poder que tiene este proceso para eliminar las pérdidas.
- TPM cambia la forma en que la gente ve a los equipos, involucrando a todo el personal en mejorar y mantener en óptimas condiciones de operación a los equipos y maquinaria. La gente tiene la responsabilidad de operar y darle mantenimiento a los equipos. Cuando el trabajador entiende su verdadero rol en el proceso de producción, inicia el camino para eliminar desperdicios y pérdidas mediante la restauración y mantenimiento del equipo.
- Un buen entrenamiento técnico para el personal de mantenimiento es esencial como parte del desarrollo del TPM.

2.11 Sistema Kanban

En la manufactura esbelta es la herramienta indicada para controlar la información regular y transporte de material.

Kanban es el corazón del sistema jalar (pull). Kanban son tarjetas adheridas a los contenedores que almacén lotes de tamaño estándar. Cuando se tiene un inventario; este tiene una tarjeta que actúa como una señal para indicar qué cantidad requiere de él. De esta manera el inventario solamente cuenta con lo que se requiere; las cantidades exactas. En japonés kanban significa tarjeta o señal y no es más que una orden de producción; donde describe la operación; el tiempo de inicio y determinación, los materiales en que maquinaria de donde viene y a donde va. En otras palabras es la descripción a detalle del proceso productivo; para este fin es necesario tener la información necesaria que debe tener la tarjeta Kanban.

2.11.1 Reglas básicas del Kanban.

1. El Kanban debe moverse solo cuando el lote se haya consumido.
2. No se permite el retiro de partes en un Kanban.
3. El número de partes enviadas al proceso subsecuente debe ser especificado en el Kanban.
4. El Kanban debe de acompañarse de los productos físicamente.
5. El proceso precedente siempre debe producir sus partes en las cantidades

del proceso subsecuente.

6. Las partes defectuosas nunca deben enviarse al proceso subsecuente.
7. El Kanban debe ser procesado en todos los centros de trabajo de manera escrita; en el orden que deben llegar.

2.11.2 Tipos de Kanban

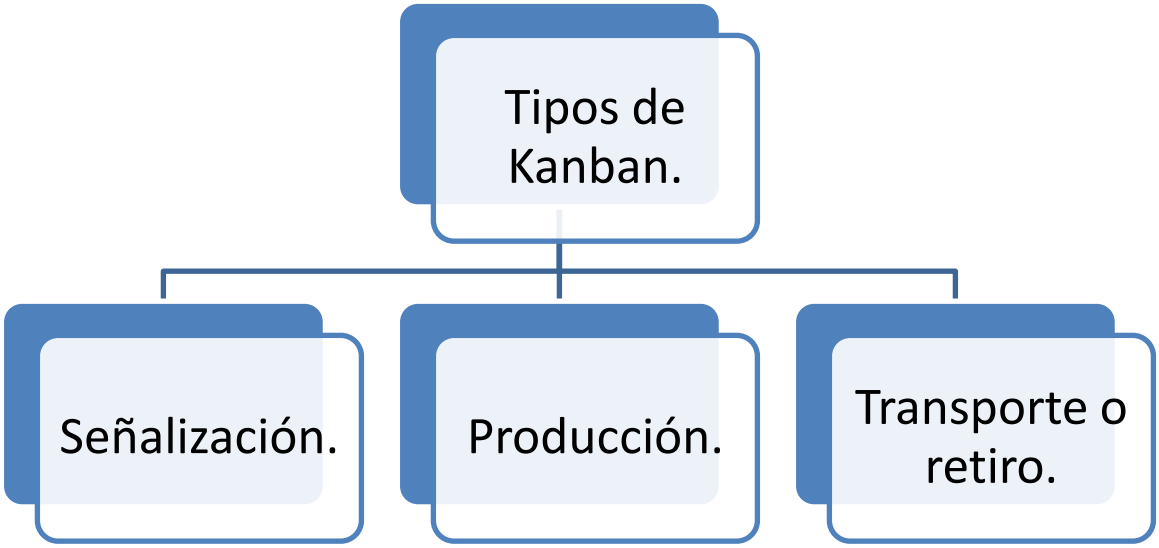


Diagrama 21. Fuente: (Villaseñor, 2007; 76)

Transporte o retiro.

Viaja entre los centros de trabajo; teniendo como finalidad el autorizar el movimiento de partes de un centro a otro.

Identifica el número de partes y el nivel de revisión. Se debe especificar el tamaño del lote del proceso; se debe de mostrar el Kanban, el nombre del proceso precedente y ubicación

Kanban de producción.

Envía la orden al proceso precedente, para que se elaboren las partes.

Cuando llega el Kanban de retiro del proceso precedente es posible que se encuentre en contenedores en los que las partes abrían de ser tomadas.

Kanban de señalización.

Cantidad específica. Es empleado dentro de Kanban de la producción y su finalidad es especificar a través de pictogramas, hojas de control del proceso que se ayuden a mejorar el actuar del trabajador (ficha técnica).

2.11.3 Requisitos para implantar Kanban

- La demanda conocida con anticipación por lo menos seis meses antes.
- Diseño de los productos.
- Descripción a detalle del proceso de producción (hoja de control del proceso).
- Control de inventarios definidos para cada parte.
- Mano de obra especializada.
- 5 o 9 S`s.
- Poka-yoke.
- SMED.
- Círculos de calidad.
- TPM.
- Control de calidad total.
- Establecer capacidades de producción, estándares de trabajo (estudio de tiempos y movimientos).

2.11.4 Proceso precedente.

Conocido como río arriba: este va hacia arriba del proceso; es decir desde el centro de trabajo que las ensamblo; a este proceso se le llama precedente; es decir, desde el ensamble final hacia el inicio del ensamble.

2.11.5 Proceso subsecuente

Conocido como río abajo, que es hacia donde el proceso normalmente lleva las partes y se le conoce como proceso subsecuente. El centro de trabajo que recibe las partes ensambladas de trabajo es subsecuente al proceso de ensamble; es decir, desde el inicio del ensamble hacia el final del mismo.

2.11.6 Sistema pull (jalar)

Las salidas de cada operación depende de la entrada de una o más operaciones anteriores; si se detiene una operación afecta a las demás operaciones que se siguen (interdependencia secuencial). El material fluye adelante y la información fluye hacia atrás.

En este sistema de producción nada comienza en la cadena proveedor cliente a menos que haya una petición (información); desde el final de las actividades (cliente externo).

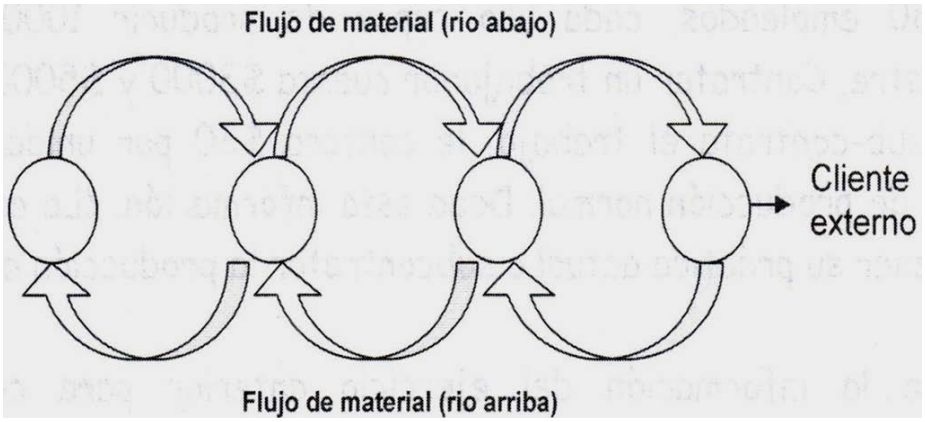


Diagrama 22. Fuente: Elaboración Propia

2.11. 7 Sistema push (empujar)

Se determina la fecha de entrega para cada centro de trabajo. Los trabajos se emiten con fecha de inicio; el tiempo de flujo es el tiempo real que toma el material atravesar el sistema de producción; en este sistema se sigue trabajando sin importar lo que pase delante de la línea de producción (hacer lo que indica el programa); en este sentido la información y el flujo de material tiene la misma corriente.

El trabajador fluye de una operación a otra a través del sistema de producción. De ahí el término empujar para ese método; se empujan los trabajos a través del sistema de producción, otro nombre que se le conoce es el sistema basado en el programa.

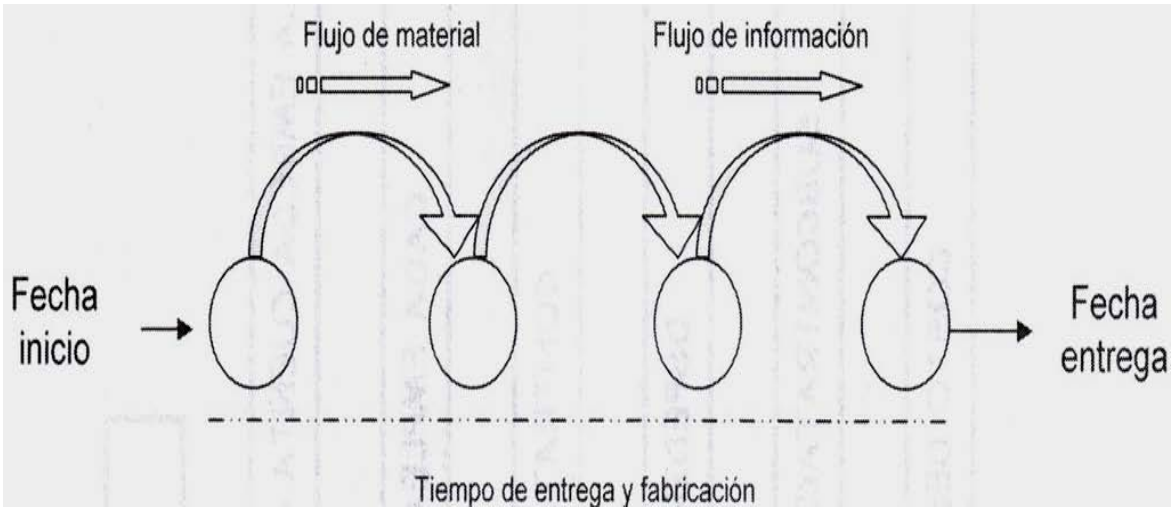


Diagrama 23. Fuente: Elaboración Propia.

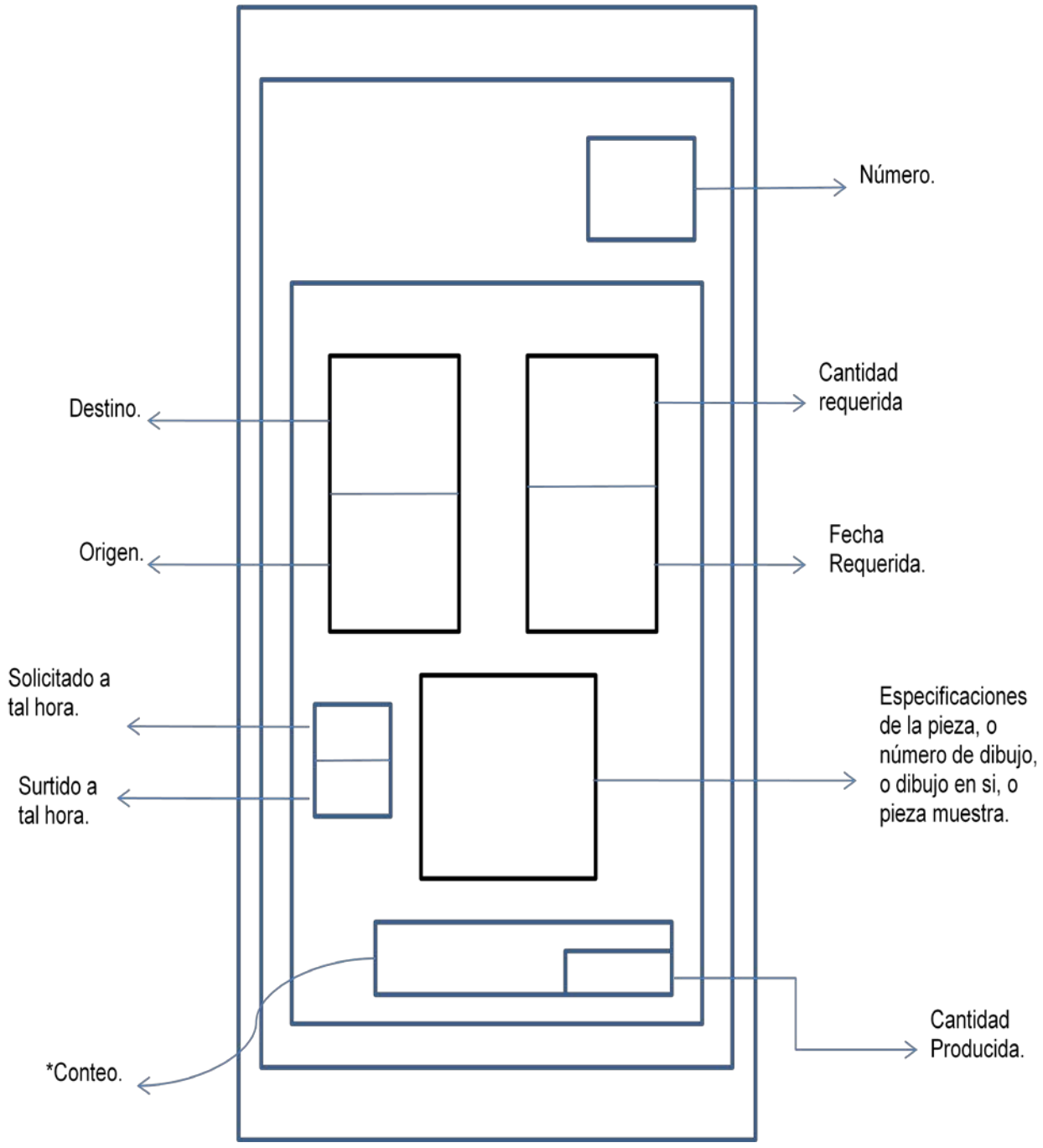
2.11.8 Formulas de Kanban

Abreviación	Concepto	Expresado
D	Demanda promedio o cantidad promedio de unidades, demandas en un periodo.	Unidades de producto.
K	Cantidad de Kanbans requeridas.	Cantidad de Kanban (numero arábigo).
C	Tamaño del contenedor.	Unidades de producto.
L	El tiempo de entrega para resurtir en un periodo.	Las mismas unidades de demanda.
S	Existencia de reserva expresada.	Porcentaje (%) de la demanda durante un tiempo de entrega.

Tabla 22. Fuente: (Chanse, 2008)

$$K = \frac{D * L\ (1 + S)}{C}$$

En el diagrama 24 se observa a detalle los datos que debe contener una tarjeta Kanban.



*Cuando se registra la hora
se puede eliminar el conteo.

Diagrama 24. Fuente: (Bustamante, 2005)

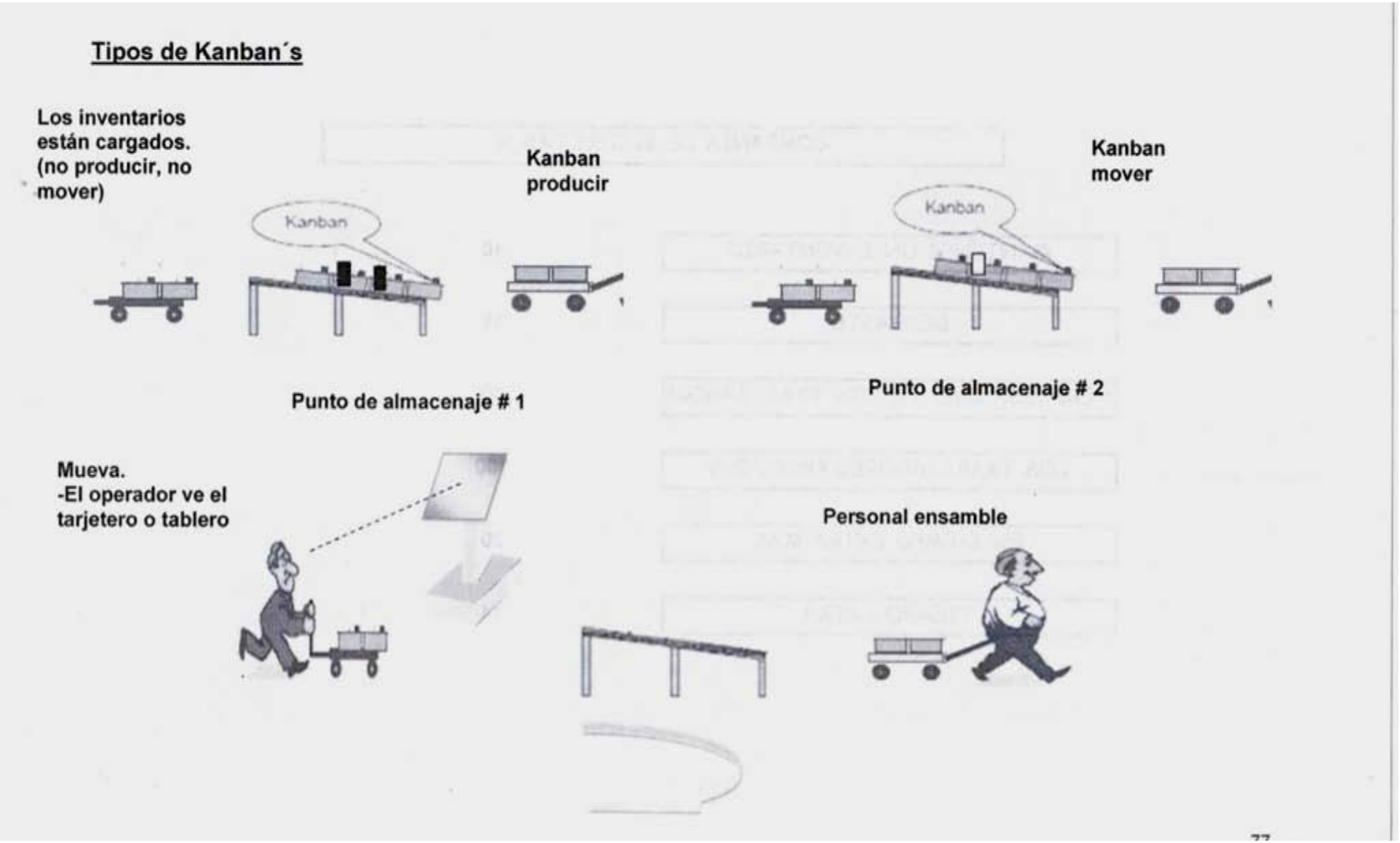


Diagrama 25. Fuente (Bustamante, 2005)

HOJA DE CONTROL DE PROCESO

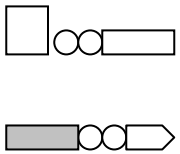
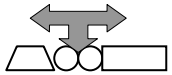
N° de Proceso	1	Descripción de las Operaciones	Especificaciones	Método de Inspección	Instrumento de Inspección	Muestreo	Forma de Control	Observaciones
PRENSADO	2	**1. Altura del casquillo (c)** **2. Altura del vinilo (v)**	**C=** **V=**		**Micrómetro**	**N=3/ lote**		
		3.Prueba de tensión	**9kg. mínimo**	 **8 kg. Rechaza**	**Balanza de prueba**		**Registro de prensado**	

Tabla 23. Fuente (Bustamante, 2005)

2.12 6σ

Seis sigma es una estrategia de mejora continua; del negocio que busca encontrar y eliminar; las causas de los errores; defectos y retrasos en los procesos del negocio, enfocándose en aquellos aspectos que son críticos para el cliente.

La estrategia 6σ se apoya en una metodología altamente sistemática y cuantitativa orientada a la mejora de la calidad del pedido o proceso; tiene 3 años prioritarios de acción:

a) Satisfacción al cliente.
b) Disminución de defectos.
c) Reducción del tiempo del ciclo.

La meta de ésta técnica es lograr que se generen de 3 a 4 defectos por millón de oportunidades, la metodología, la cual se apoya en 6 está definida y fundamentada en las herramientas y pensamiento estadístico.

Otros significados de 6σ se muestran en la siguiente tabla:

Sigma	PPM	Costo de Calidad	Clasificación
6 5	3.4 233	<10% 10-15%	Clase Mundial
4 3	6210 66807	15-20% 20-30%	Promedio
2 1	308537 690000	30-40% >40%	No competitiva

Tabla 24. Fuente (Escalante 2007)

2.12.1 Estructura humana dentro de 6σ

La estructura humana dentro de 6σ se compone de:

1) Campeones: directores de área; quienes proveen dirección estratégica y recursos con respecto a los proyectos a realizar.
2) Maestros cinta negra: personal seleccionado que fue capacitado y estuvo poco tiempo como cinta negra y ahora capacita y coordina a éstos en su desarrollo como expertos en seis sigma.
3) Cinta negra: personal con habilidades necesarias de liderazgo y técnicas para entender y aplicar la técnica de 6 sigma; a la vez que motivan y dirigen

equipos de desarrollo de proyectos. También se encargan de capacitar a los cinta verde.

4) Cinta verde: personal enfocado a sus actividades cotidianas diferentes a seis sigma; que dedican parte de su tiempo a integrarse como cinta negra para participar en proyectos 6 sigma.

2.12.2 Métrica de 6σ

La métrica de 6σ evalúa el proceso basado en ello; con el propósito de estandarizar dicha evaluación y poder comparar diferentes procesos entre sí.

Pasos:

1) Identificar las características críticas de la calidad del proceso. Son las características o requerimientos de los clientes.
2) Definir oportunidades del defecto: cualquier paso en el proceso donde un efecto puede ocurrir carácter crítico de calidad.
3) Buscar defectos en productos o servicios: contar los defectos o fallas para satisfacer el carácter crítico de calidad en todos los pasos del proceso.
4) Calcular los $dpmo$ individual; para cada una de las fases.
5) Convertir a nivel de sigma individual; para cada una de las fases.
6) Resumir análisis: elaborar una tabla con los resultados finales; la distribución de defectos y comentar sobre el nivel de calidad del proceso.
7) Detectar áreas de oportunidad: jerarquizar las fases del proceso con base a sus niveles de sigma.

2.12.3. Elementos de la métrica 6σ

Dpu=	Dpu= defectos por unidad Dpu= número de defectos/ número de unidades.
Dpmu=	Dpmu= defectos por millón de unidades= (dpu)(10^6).
Dpo=	Dpo= defectos por el total de unidades Dpo= número de defectos/ número de oportunidades totales.
Dpmo=	Dpmo= número de oportunidades por unidad= (dpo)(10^6).

Tabla 25. Fuente (Gutiérrez, 2007)

2.12.4 Metodología seis sigma

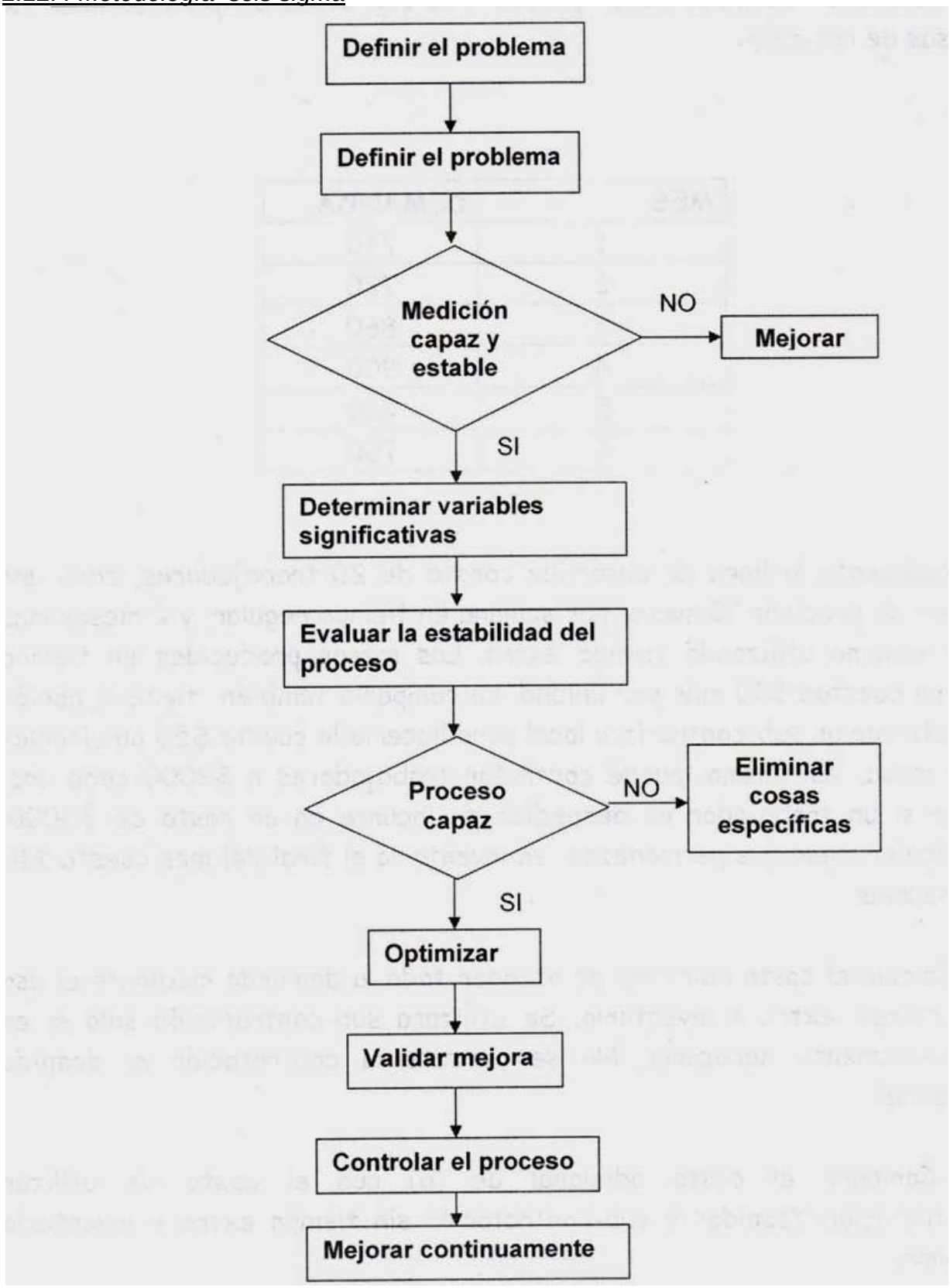


Diagrama 26. Fuente: (Gutiérrez, 2007)

A continuación se verá como la metodología Seis Sigma ayuda a conseguir algunos de estos beneficios de la administración de la calidad, basada en los siguientes cinco pasos.

1. Definir oportunidades.

En esta primera etapa se presenta el mapeo de procesos como herramienta indispensable para definir oportunidades de mejora en el negocio, a través de ver claramente todas aquellas actividades que se desarrollan en la empresa con el fin de mejorarlas, eliminarlas o cambiarlas, lo cual se traducirá en un beneficio tangible para los accionistas y trabajadores que la integran.

En este punto inicial se buscan alcanzar dos objetivos; el primero es validar oportunidades de la empresa a través de conocer o identificar problemas críticos en los procesos de acuerdo a la percepción de los clientes externos e internos, a los objetivos específicos del área y alinear ambos de tal manera que se convierta en prioridad estratégica para la empresa, y el segundo, crear el equipo de trabajo para llevar a cabo la mejora de nuestros procesos.

Para el logro de los objetivos se definirá una empresa en términos de sistemas y de procesos y como establecer los roles del equipo, sus responsabilidades, reglas, normas e interacciones.

Este primer paso de seis sigma corresponde con el primero del modelo de Deming llamado Planear:

Figura 6. Fuente (Rivera, 2006)

Planear considera los elementos necesarios para alinear y orientar el proceso de acuerdo a los requerimientos del cliente a través de identificar las entradas y salidas en función de sus necesidades.

Antes de explicar ampliamente la herramienta de mapeo de procesos es imperativo evaluar dos aspectos básicos a nuestros clientes que son:

- Nivel de cumplimiento actual respecto a los programas pactados con nuestros clientes por productos y/o servicios que se le proporcionan.
- Nivel de avance que tienen nuestros procesos de acuerdo a lo que solicita el cliente.

Nivel de Cumplimiento (NC):
1. Nulo.
2. Poco.
3. Regular.
4. Bueno.
5. Excelente.

Nivel de Avance (NA):
1. No se tiene.
2. Pequeño.
3. Regular.
4. Suficiente.
5. Total.

Aquellos procesos que sean prioritarios para nuestros clientes y obtengan las calificaciones más bajas, serán los que se deba trabajar de inmediato para entregar los productos que se cumplan con las especificaciones solicitadas; una vez localizados se procederá a efectuar el mapeo.

Nombre del proceso	NC	NA	NC + NA	Total
Proceso A	3	2	3+2	5
Proceso B	4	3	4+3	7
Proceso C	1	3	1+3	4

De acuerdo con el ejemplo anterior se daría prioridad en el proceso C para efectuar si mapeo.

Es una tecnología que permite orientar y redefinir los principales elementos del proceso para la reinvención del mismo de acuerdo a lo que el cliente considera de valor. Conocer el mapa del proceso permite planear e identificar los elementos de entrada y salida para mejorar su diseño y operación entre los aspectos más importantes, con el objetivo de establecer las estrategias necesarias para resolver las necesidades de los clientes (interno/externo); además permite resaltar los principales obstáculos y oportunidades que se puedan presentar, por lo anterior, es la mejor forma de medir los avances en forma sistemática y de comunicar los requerimientos a toda la empresa.

Sus principales beneficios son:
- Elemento importante para satisfacer y dar valor superior al cliente.
- Casualidad sistemática entre procesos y resultados.
- Documentación de ciclos de madurez organizacional.
- Optimización de procesos al mejorar productividad y abatir desperdicios.

Para desarrollar el mapeo de proceso, será necesario definir algunos conceptos para su mejor comprensión, como los que se presentan a continuación:

Sistema: a toda nuestra organización se le llamara sistema y se definirá como conjunto de procesos relacionados ordenadamente entre sí para que contribuyan a cumplir un determinado propósito: satisfacer las necesidades del cliente de manera permanente.

A continuación se presenta un dibujo que se representa en un sistema:

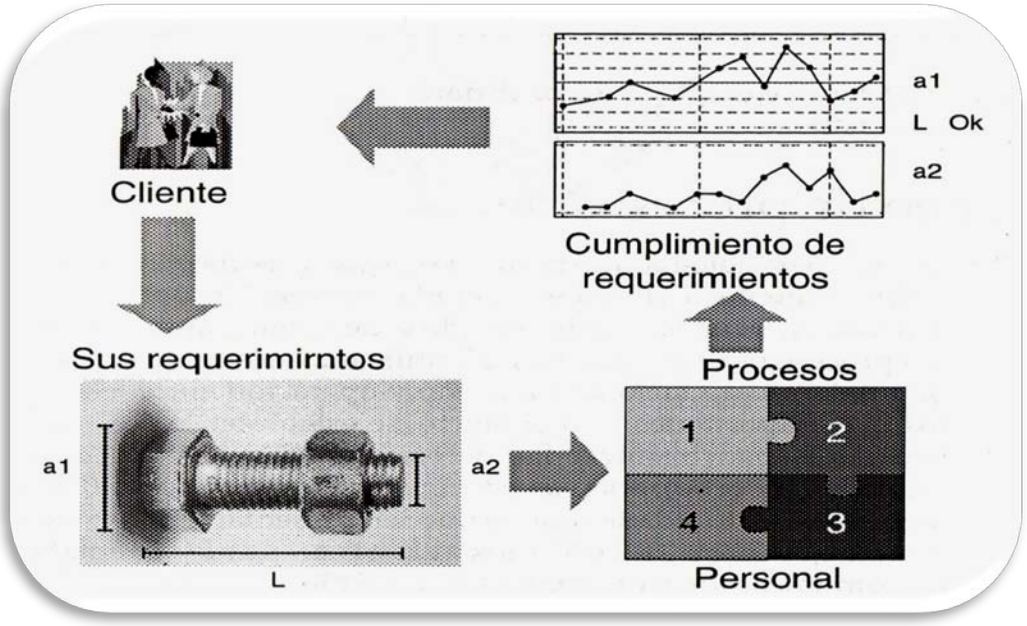


Figura 7. Fuente (Rivera, 2006)

Proceso: es el conjunto de etapas, eventos, pasos, actividades, o tareas relacionadas entre sí para que contribuyan a agregar valor a insumos para lograr productos que el cliente considera de valor y paga por ello. En los procesos participan personal, recursos monetarios y materiales y se desarrollan operaciones que transforman los insumos en productos terminados.

Hay procesos administrativos como: la compra de un bien, la capacitación, servicio a clientes, etc., y procesos operativos como: el troquelado, el mezclado, etc.

El siguiente dibujo representa un proceso en general:

Figura 8. Fuente (Rivera, 2006)

Todos y cada uno de los elementos que componen al proceso se despliega a continuación:

Insumo: es la entrada del proceso y son materiales e información que se convierten o transforman a través de una operación, es importante asegurar que se deben cumplir con ciertas especificaciones que son requeridas en el proceso.

Proveedor: ente físico que proporciona los insumos, pueden ser internos/externos. La negociación y desarrollo con los proveedores es un elemento clave para evitar erradicar errores en el proceso. El lograr que el proveedor sea parte integral de nuestra cadena productiva, es decir que conozca a detalle nuestros procesos, se traducirá irremediablemente en el cumplimiento de las especificaciones de los insumos.

Producto: es el resultado del proceso que se deriva en un bien o servicio que se proporciona al cliente. En un proceso puede haber más de un resultado, el producto debe de cumplir con las especificaciones requeridas por el cliente para asegurar su satisfacción.

Cliente: es la persona más importante de la compañía, dependemos de él, es el objetivo de nuestro trabajo, es el que trae sus requerimientos para satisfacerlos y al cumplir estos, obtener una retribución económica. El cliente es el que decide si el producto es de calidad o no, existen internos que son todas aquellas etapas que tienen nuestros procesos dentro de la empresa y existe un área responsable que dictamina el cumplimiento de sus requerimientos y externos que son los que aprueban o no el producto terminado que ofrece la empresa.

Es muy importante llevar un adecuado orden y control de todos los procesos y subprocesos que se tienen en la compañía, una manera sencilla es numerarlos conforme a las etapas que se tenga la cadena productiva.

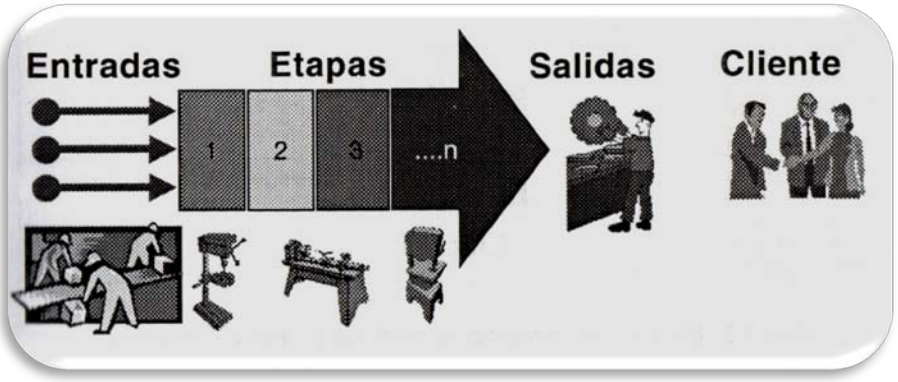


Figura 9. Fuente (Rivera, 2006)

Como se aprecia en el dibujo pueden existir procesos extensos, de ahí que sea importante identificar y controlar los subprocesos.

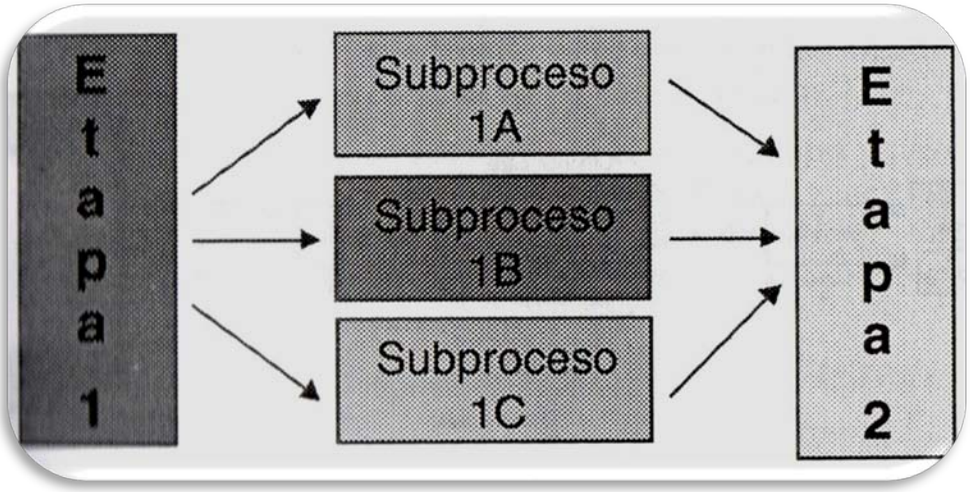


Figura 10. Fuente (Rivera, 2006)

A continuación se presenta un ejemplo sencillo del mapeo de procesos de una empresa manufacturera del giro metal-mecánica, primero se presenta de manera general su ruta completa de fabricación y luego se hará énfasis en una de las etapas, detallando sus entradas, salidas, áreas involucradas, responsables y resultados.

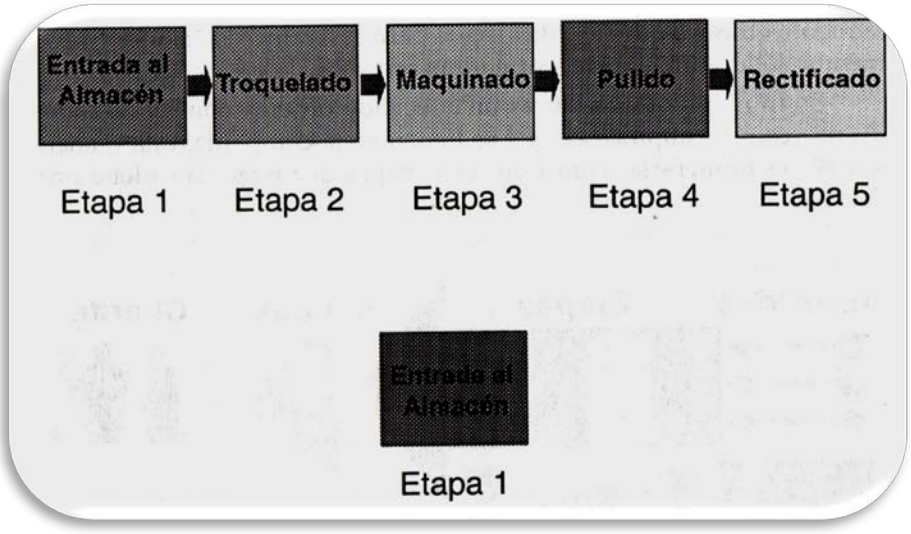


Figura 11. Fuente (Rivera, 2006)

Etapa 1. Entrada de insumos o materia prima al almacén.
Proceso 1A. Entrada de cualquier tipo de lámina al almacén es conveniente efectuar un diagrama general de las actividades o pasos que se desarrollan en este subproceso.

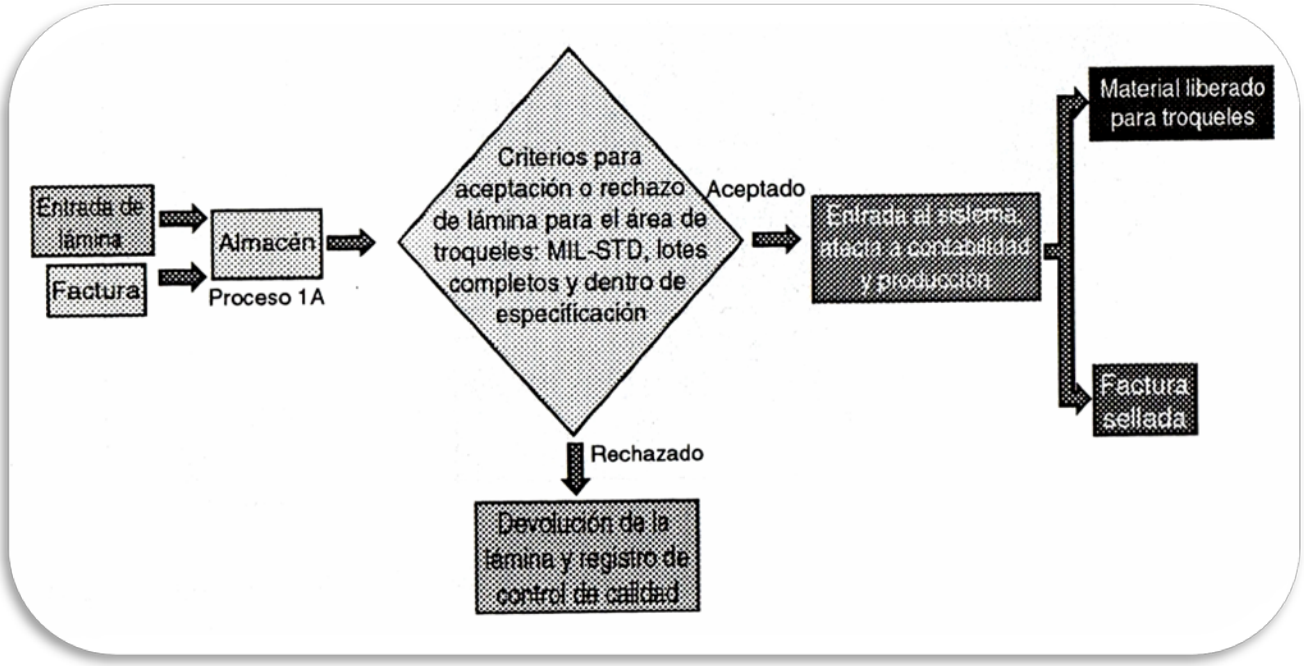


Figura 12. Fuente (Rivera, 2006)

En la siguiente tabla se presenta se presenta el mapeo de este subproceso, no es

un mapeo completo; ya que todavía no se considera la negociación cliente-proveedor para definir los requerimientos críticos del cliente y lo que considera de valor, con esta base se desarrollan las estrategias del negocio para su cumplimiento.

No. Del proceso	**No. Del subproceso**	**Descripción**	**Responsable**	**Propósito**
1	1ª	Entrada de las laminas a almacén	Rigoberto Macías	Llevar un control de la entrada de cualquier tipo de lamina
Insumos	**Proveedor**	**Productos o resultados**	**Cliente**	**Recursos**
Entrada de la lamina a almacén	Lacmosa	Lamina aceptada	Producción control de calidad	Mil-std 414, 105D y 1916

Tabla 26. Fuente (Rivera, 2006)

De acuerdo con lo anterior, el primer paso es crear los medios para establecer una negociación de requisitos por parte del cliente para que el proveedor los cumpla, como segundo paso se definirán los criterios o aspectos que el cliente considera de valor y el tercer paso asegurar que nuestros procesos puedan cumplir con dichos requisitos

Negociación cliente-proveedor: el cliente definirá y priorizara las necesidades y expectativas de los productos o servicios que obtendrá en función de cinco aspectos básicos: calidad costo, logística en la entrega, servicio/seguridad y finalmente responsabilidad, el proveedor deberá de cumplirlos.

- Calidad. Especificaciones dimensionales, atributos, funcionabilidad, fiabilidad, etc.
- Costo. Precio competitivo en la compra.
- Logística en la entrega tiempo de entrega de acuerdo a las necesidades, considerar al proveedor externo en los planes de producción internos.
- Servicio y seguridad. Disponibilidad, tiempos de respuesta cortos, garantía de mantenimiento, etc.

2. Medir el sistema

En el punto anterior se definieron los aspectos de valor que el cliente considera deberán ser cumplidos; así como las entradas y salidas de los procesos,

ahora en este punto deberemos traducirlos en alguna variable que pueda ser medida. Por lo que, se desarrollará una metodología que permita efectuar dichas mediciones de manera sencilla.

Definir adecuadamente las variables de entrada y salida de nuestros productos cómo y porqué debemos medirlas, a fin de que cumplan con las especificaciones establecidas por parte nuestro cliente.

Esta segunda etapa corresponde con el segundo paso del modelo de Deming llamado Hacer:

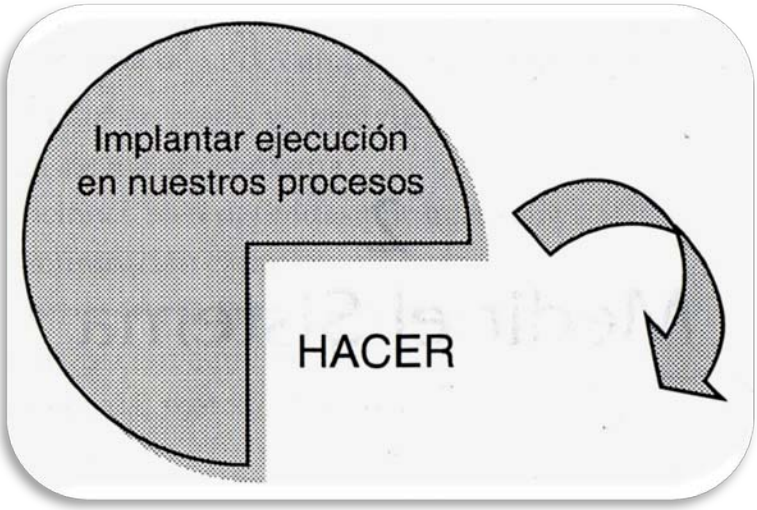


Figura 13. Fuente (Rivera, 2006)

Hacer se considera la alineación de los aspectos de valor del cliente con los procesos y el procedimiento de medición adecuado en cada etapa del proceso.

En este punto se definen los puntos de control que se tendrán en el proceso y se asegura que sean los adecuados, para que de esta manera se tengan indicadores de entrada, salida y proceso.

La medición es la única manera de saber que, donde, porque y cuanto cambiar los procesos para efectuar mejoras que tendrán un impacto total en la satisfacción del cliente.

A continuación se definirán los conceptos más importantes que permitirán evaluar el proceso:

Indicadores de entrada. Se evalúan en la entrada de un producto a través de los proveedores y debe ser consistente con lo que el proceso necesita producir como rendimiento.

Indicadores de proceso. Miden la efectividad, eficiencia y calidad en los

procesos de transformación.

Indicadores de salida. Estas medidas indican que tan bien los procesos cumplen o exceden las necesidades del cliente, normalmente son indicadores de rendimiento. .

Indicadores de entrada y procesos. Eficiencia, costos, tiempo por actividad, retrabajo, tiempo de respuesta, variabilidad de una característica a medir.

Indicadores de salida. Efectividad, porcentaje defectivo, número de errores, tiempo de respuesta total, etc.

Ejemplos de eficiencia: tiempo de ciclo de una máquina y/o línea de producción, costo, reproceso, desperdicio, etc.

Ejemplos de efectividad: exactitud, precisión, nivel de satisfacción, etc.

Es fundamental que se considere el costo que representa el medir y obtener datos para cada indicador, contra el beneficio que brinda; ya que se pueden dar casos donde el equipo de medición sea mucho más costoso de lo que representa el analizar y tomar la acción de la variable que no impacta en la satisfacción al cliente, además es obligatorio que los procesos estén claramente vinculados con los aspectos de valor del cliente y con otros procesos, de esta manera será fácil obtener los requerimientos críticos del cliente y transformarlo en una variable a medir y por lo tanto factible de controlar, este hecho permitirá ser capaces de tomar las acciones necesarias para cumplir con las necesidades del cliente.

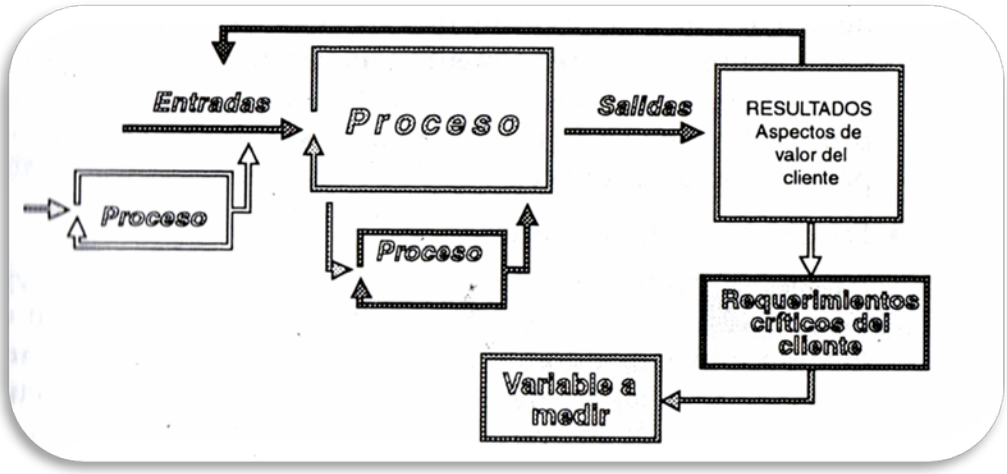


Figura 14. Fuente (Rivera, 2006)

De acuerdo a nuestro ejemplo de almacén los aspectos de valor que considera el cliente son:

- Cumplir en los tiempos de entrega, de los lotes comprados.
- Lotes completos.

- Lotes dentro de especificación.
- Factura con datos correctos.

Cada uno de ellos se vuelve un requerimiento crítico y será necesario traducido en una variable que se pueda medir para controlarla posteriormente.

- Cumplimiento en los tiempos de entrega de los lotes comprados.

Para este punto, la variable a medir es el tiempo, por lo que el requerimiento es la fecha de entrega que viene en la orden de compra que se le da al proveedor contra la fecha real de entrega, la variable sería días u horas de diferencia.

- Lotes completos.

La variable a medir es la cantidad de piezas, existen empresas que pueden consumir 1000 piezas o más por lo que es importante cerciorase que lo comprado sea igual que lo entregado, la diferencia es lo que se medirá y registrará.

- Lotes dentro de especificación.

La(s) variable(s) a medir son aquellas que normalmente vienen dentro de una hoja técnica y que el cliente es muy estricto para su cumplimiento, especialmente aquellas declaradas como críticas, por ejemplo: espesor o calibre de la lámina, dureza y ancho principalmente.

- Factura con datos correctos.

Aunque se podría llevar registro de proveedores que entregan facturas con datos erróneos e incompletos, sería mejor crear una medida preventiva donde a cada proveedor se le informa o entrega una hoja con los datos que debe contener su factura, de esta manera se ahorraría todo el procedimiento que lleva consigo la revisión y detección de errores.

En la realidad esto sucede con frecuencia y la buena relación cliente - proveedor ayuda a establecer acciones preventivas que trae consigo la eliminación de una o varias variables.

Para la definición de los puntos de control en un proceso, es importante:

1. No incorporar demasiados, ya que podría llevarnos a estar más preocupados en medidos que en controlarlos (sobre control).

2. Como lo señala el ciclo Deming, la mejora deberá ser continua en cada proceso definido, por lo que los puntos de control serán revisados periódicamente para saber si están o no vigentes, si ya no lo son quiere decir que se encuentran bajo control.

Requisitos para efectuar las mediciones.

En el caso de procesos manufactureros los instrumentos y/o equipos de medición deberán cumplir los siguientes requisitos:

- *Contar con un certificado de calibración vigente.*

La certificación de un instrumento permite tener la certeza de que es capaz de desplegar la medición de manera con fiable, si las medidas están *cercanas* al valor patrón, se dice que son confiables, por el contrario, si las medidas están lejanas del valor patrón se dice que no son fiables.

Es importante contar con la certificación de laboratorios acreditados que avalen esa confiabilidad para dar seguridad a nuestros datos.

Figura 15. Fuente (Rivera, 2006)

- Tener estudios RyR (reproducibilidad y repetitividad) históricos del instrumento.

La calidad de un sistema de medición normalmente está determinada r las propiedades estadísticas de los datos que se generan. Aunque cada sistema de medición puede tener diferentes propiedades, hay algunas que todos los sistemas deben de incluir:

1) Estar bajo control estadístico; es decir, que la variación es debida a causas comunes solamente y no a causas especiales. A lo anterior se le denomina estabilidad estadística.

2) La variabilidad del sistema de medición debe ser pequeña comparada con la variabilidad del proceso de manufactura.

3) La variabilidad debe ser pequeña comparada con los límites de la

especificación.

4) Los incrementos en las mediciones deben de ser más pequeños que la variabilidad del proceso o los límites de especificación. Una regla común dice, que los incrementos no deben ser mayores a un décimo del valor más pequeño de la variabilidad del proceso o los límites de especificación.

Los procedimientos deberán asegurar que los sistemas de medición evalúen las siguientes propiedades estadísticas: repetibilidad, reproducibilidad, exactitud, estabilidad y linealidad.

Colectivamente, estos procedimientos son a veces llamados *estudio de instrumentos RyR porque evalúan las propiedades estadísticas reproducibilidad y repetibilidad*. En general, son fáciles de usar en un ambiente manufacturero y aunque tienen fundamento estadístico, su uso y entendimiento por cualquier tipo de empleado es sencillo.

Estos estudios toman en cuenta la variación del operador o quien usa el instrumento, la variación del instrumento o equipo de medición, la variación conjunta de los dos, la variación de la característica a medir y la variación total.

Normalmente el valor de RyR no deberá rebasar de un 30% con respecto a la variación total o la tolerancia para considerar que se tiene un sistema de medición confiable.

3. Analizar oportunidades

En este punto se analizan los tipos de gráficas; con el objeto de encontrar posibles problemas en puntos de control y sus variables críticas a fin de detectarlos y resolverlos.

El objetivo de esta etapa es tener una idea bastante clara al interpretar las principales gráficas que se emplean en la metodología de seis sigma con el objeto de efectuar un adecuado análisis de las variables a medir, fundamental para la toma de acciones correctivas.

En la tercera etapa verificar se evalúa el desempeño del proceso y se analizan las posibles causas que lo afectan. La tarea en este punto es:

- Evaluar y revisar el proceso.
- Analizar y buscar posibles causas que originan desperdicio, retrabajos, puntos fuera de control y I o especificación, etc.

- Identificar: problemas reales, potenciales y oportunidades de mejora.

Los principales mecanismos para evaluar e identificar áreas de oportunidad son:

- Evaluación de indicadores contra objetivos.
- Análisis de tendencia de resultados e indicadores.
- Evaluación de impacto de cambios con los clientes.
- Auditorías.

Son varias las herramientas que se pueden emplear en esta etapa, a continuación se describen las más usadas y que pueden tener mayor difusión en una empresa porque son fáciles de implantar.

Una ruta lógica para analizar valores es empleando como primer paso un muestreo de aceptación para asegurar la calidad desde el inicio del proceso de producción, acto seguido el diagrama de Paretto que indica quienes son los responsables de los defectos o valores fuera de especificación, una vez localizados se crea un diagrama de causa y efecto para conocer la razón de esos defectos y las causas que los propician, del análisis anterior junto con el de diseño de experimentos se sabrá las variables que deberá controlar a través del gráfico de control y el histograma de frecuencias que deberá reportar la habilidad de proceso, por último es importante ejecutar un análisis de regresión entre las variables, la razón es que se puede encontrar dependencia una de otra, lo que permitiría sólo analizar una de ellas reduciendo el costo por muestreo y análisis. A continuación se explica con más detalle el uso de cada una de las herramientas.

1. Muestreo

   El objetivo principal de un plan de muestreo es: proteger al consumidor de aceptar lotes fuera de la especificación requerida; proteger al productor que le rechacen lotes buenos y animar al consumidor a someter buena calidad a los insumos que compra. En resumen, sirve para aceptar o rechazar lotes fabricados o comprados de un producto cualquiera; además de poder seleccionar un tamaño de muestra que represente a todo un lote de fabricación para su inspección.

   Existen 2 planes de muestreo plenamente probados por más de 40 años:

   Plan de muestreo MIL-STD-414, el cual se aplica a características de calidad que se miden y puede ser expresadas en números, es decir, inspección por: variables.

   Plan de muestreo MIL-STD-105D, para artículos donde la inspección es visual pasa o no pasa, si lo tiene o no lo tiene, etc., es decir, inspección por atributos.

A mediados del año 2001 apareció la tabla MIL-STD-1916 la cual puede ser empleada tanto para variables como para atributos, dicha tabla contiene criterios mucho más estrictos que las dos anteriores y se emplea actualmente por citar un ejemplo, en proveedores de la industria automotriz para aquellas variables que son consideradas como críticas (frenos, cinturones de seguridad, etc.).

A continuación se comenta de manera general en que se basan y como operaran las tablas 414 y 105D, para la más reciente tabla militar, se recomienda alimentar la siguiente instrucción: MIL-STD-1916 en su buscador preferido en Internet para obtener la información completa y su mejor aplicación.

En la actualidad la MIL-STD-105D se usa con varias restricciones de acuerdo a las condiciones de calidad que imperan en nuestros días, se emplea el muestreo sencillo que a su vez lo integran tres tablas marcadas o formas de inspección denominadas: normal, reducida y rigurosa; así como una tabla para seleccionar el tamaño de la muestra; para aquellas empresas que manejan como política cero defectos, se utilizan condiciones de rechazar lotes con un defecto encontrado.

La MIL-STD-414 es integrada por una tabla maestra para inspección normal y rigurosa; así como una tabla para seleccionar el tomarlo de la muestra, aplica única y exclusivamente para aceptar o rechazar un lote de un producto cuya inspección es por variables, se aplica a una característica o variable que se puede medir (diámetro, largo, densidad, viscosidad, resistencia, espesor, etc.). Para emplear este plan de muestreo, es necesario contar con límites de especificación.

Para el uso de estas tablas es necesario conocer la cantidad de piezas que integran el lote de producción comprado o fabricado, la con fiabilidad del proveedor externo y/o interno y suponer o estimar U" porcentaje defectivo del lote, el más bajo es de 0.01 para la 105D y para la 414.

1. Muestreo Aleatorio. Es importante que al efectuar el muestreo se aplique a los objetos inspeccionados el concepto de aleatoriedad, esto es, que cada elemento que se obtiene de un lote deberá seleccionar se al azar. En la práctica, el empleo de las tablas de números aleatorio es probablemente el medio más sencillo y confiable para obtener una muestra al azar de un lote determinado.

2. Diagrama de Paretto

1. El muestreo debe ser aleatorio. Esta es una herramienta ampliamente difundida y empleada casi cualquier tipo de empresas por su versatilidad y sencillez para mostrar defectos, o cualquier evento que causa una no

conformidad.

La sugerencia es que se muestren dos tipos de diagramas, el primero que indique claramente el total de defectos, por ejemplo: tiempos muertos, retrabajos, desperdicios, devoluciones y cualquier no conformidad, así como los principales protagonistas.

2. Bases para la toma de una muestra. Cada lote debe representar la producción durante un intervalo de tiempo, tal que todas las partes o productos en el lote se hayan elaborado esencialmente bajo las mismas condiciones. Partes de orígenes diferentes (máquinas, líneas de proceso, proveedores, etc.,) o en condiciones de operación distintas, no deben mezclarse en el mismo lote que representan esas no conformidades, de esta manera se tendrá el panorama completo de lo que no está o se hace bien.

   Por ejemplo una empresa que fabrica envases de plástico, muestra claramente dentro de la planta semana a semana a través del diagrama de Paretto, la cantidad en kilos de producto que se desperdiciaron por una mala operación y siempre lo acompaña con el diagrama de Paretto que indica el costo que representan dichos kilos, de esa manera el personal operativo no sólo sabe cuáles fueron los responsables del desperdicio sino también cuánto cuesta el no trabajar adecuadamente.

   A continuación se presenta un diagrama que ilustra lo escrito anteriormente.

   Finalmente, un análisis teniendo los 2 diagramas permite saber cual y porque tipo de defecto deberán de atacar primero, ya sea por su incidencia en el número de defectos y / o por el costo total.

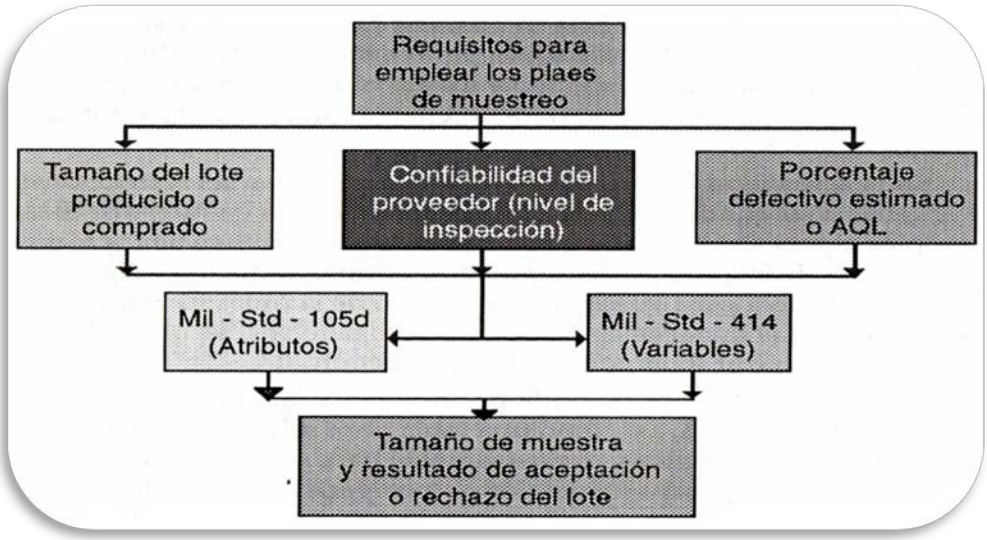


Figura 16. Fuente (Rivera, 2006)

3. Diagrama de Causa y Efecto

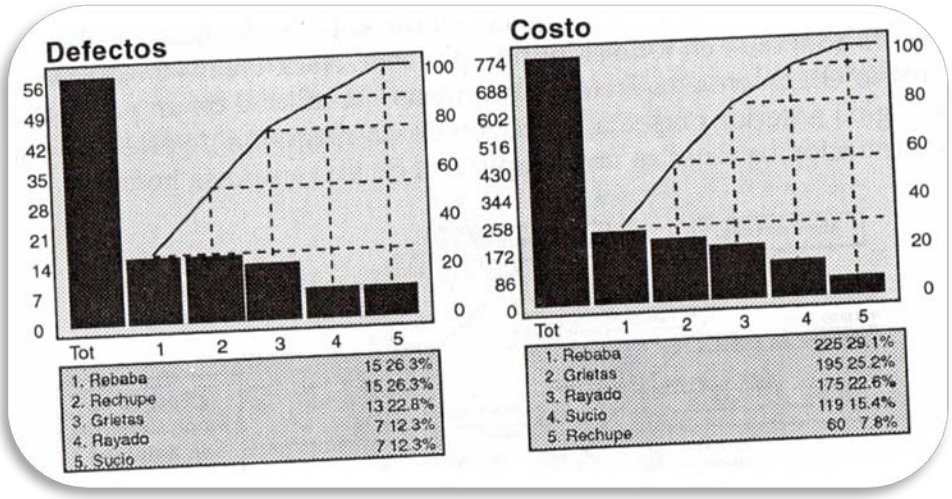


Figura 17. Fuente (Rivera, 2006)

Una vez que se ha efectuado el análisis de las gráficas el siguiente paso es saber la causa o causas que originan problemas, proceso o producto fuera de especificaciones, desperdicio, retrabajos, mermas, etc., es posible crear una estructura o relación múltiple de causa - efecto para determinar y mostrar claramente los factores o variables que establecen cambios o modificaciones en la calidad de un producto y/o servicio y dar solución a problemas complejos a través de un dibujo o imagen sencilla, dicho dibujo recibe el nombre de Diagrama de Causa y Efecto.

Existen muchas formas de elaborar diagramas de causa Y efecto, pero su elaboración debe estar diseñada en forma tal que permita descubrir fácilmente las causas que impiden el lograr una calidad objetivo.

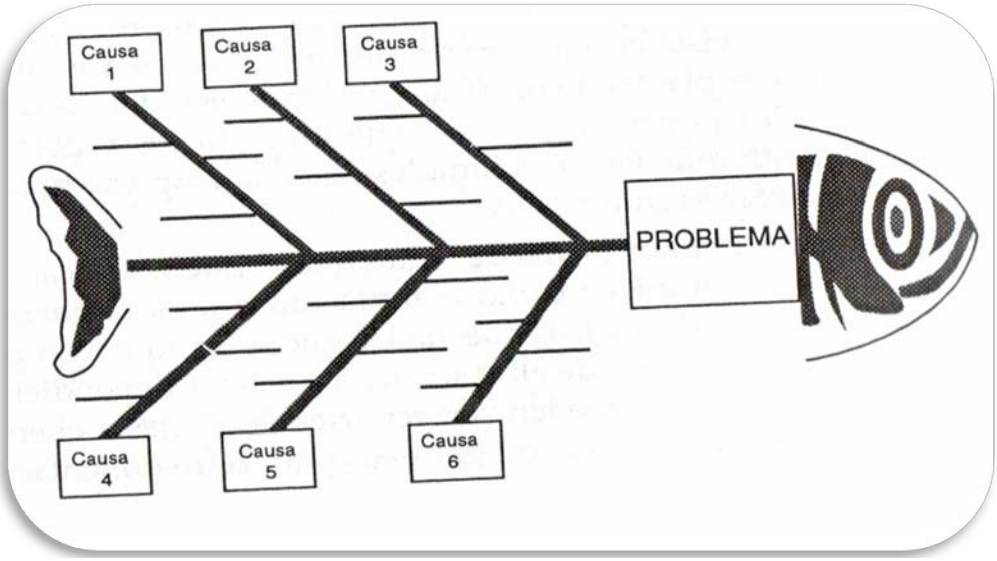


Figura 18. Fuente (Rivera, 2006)

La construcción de un diagrama de causa Y efecto no está establecida por lo que se podrá desarrollar libremente, sin embargo, la estructura más famosa cuya invención concierne al Dr. K. Ishikawa es la que ha sido adoptada en todo el mundo por ser fácil de crear y poderosa al mostrar claramente los factores que afectan la calidad de un producto, la página anterior presenta la imagen de un diagrama de este tipo y a continuación se muestra un ejemplo real de una empresa hotelera.

El ejemplo anterior pretende ofrecer una visión clara de las actividades que se requieren para elaborar un diagrama de causa y efecto, un buen diagrama como este, es el resultado de la participación libre y oportuna del mayor número de personas de diferentes gerencias o departamentos que tengan que ver con la solución a un problema, los diferentes puntos de vista enriquecerán y llevarán consigo a un mejor análisis para después plasmado en el diagrama, de esta forma se detectan fácilmente las principales causas que originan los problemas para que en la medida de las posibilidades de cada empresa puedan ser erradicados lo más pronto posible.

La herramienta anterior es una de tantas que se puede aplicar tanto en procesos administrativos como manufactureros, es importante encontrar herramientas de análisis adecuadas que se apliquen en procesos administrativos, algunas de ellas serán particulares dependientes de la rama de la empresa y pueden ser: reportes de visitas a clientes o proveedores, juntos y revisión con gerentes y / o avances, etc. Sea cual sea el tipo de proceso que se tenga, es importante no perder el objetivo que se busca cubrir en este capítulo y es aplicar las herramientas de análisis para detectar las áreas de oportunidad que permitan mejorar nuestros procesos.

4. Gráficas de Control

Al elaborar una gráfica de control por variables se deberá estar atento para detectar primero y evitar después los siguientes casos:

A) Límites de especificación dentro de los límites de control.
B) Límite superior de control arriba del límite superior de especificación.

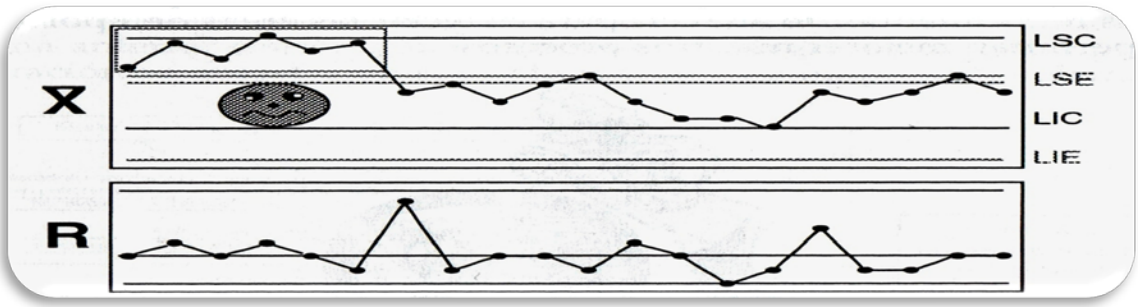


Figura 19. Fuente (Rivera, 2006)

C) Límite inferiores de control abajo del límite inferior de especificación.

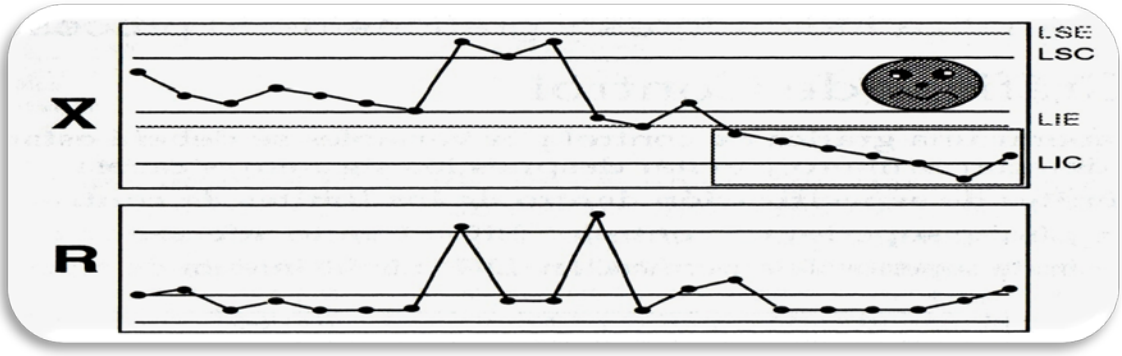


Figura 20. Fuente (Rivera, 2006)

Los casos A, B Y C son indeseables porque significa que se están obteniendo datos que se traducen en un proceso o producto inservible (los puntos comprendidos en los cuadros señalan esta situación), ya que en dichos casos se rebasan los límites de especificación.

Lo que se busca es contar con condiciones de producción y/o operación, métodos y mano de obra capacitada que nos permita tener una característica controlada donde los límites de control estén dentro de los límites de especificación tal y como lo muestra la gráfica de control siguiente:

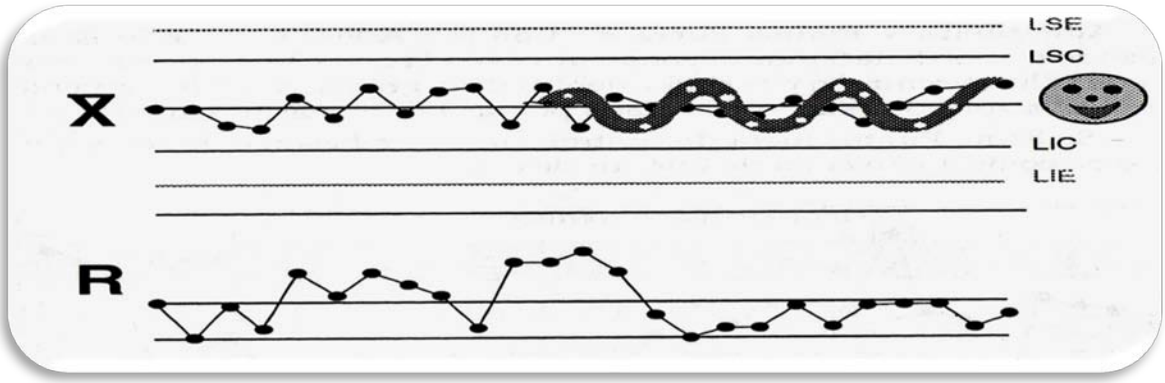


Figura 21. Fuente (Rivera, 2006)

Todos los puntos se encuentran dentro de control y su trayectoria es impredecible es decir algunos puntos por arriba y otros por abajo sin que se presenten los siguientes casos:

D.) Tendencias o Corridas. Que en la gráfica x no se presenten ninguno de

los siguientes 4 casos:
Aunque no existe una regla general se considera una corrida cuando 7 puntos CONSECUTIVOS presentan al menos uno de estos 4 comportamientos.

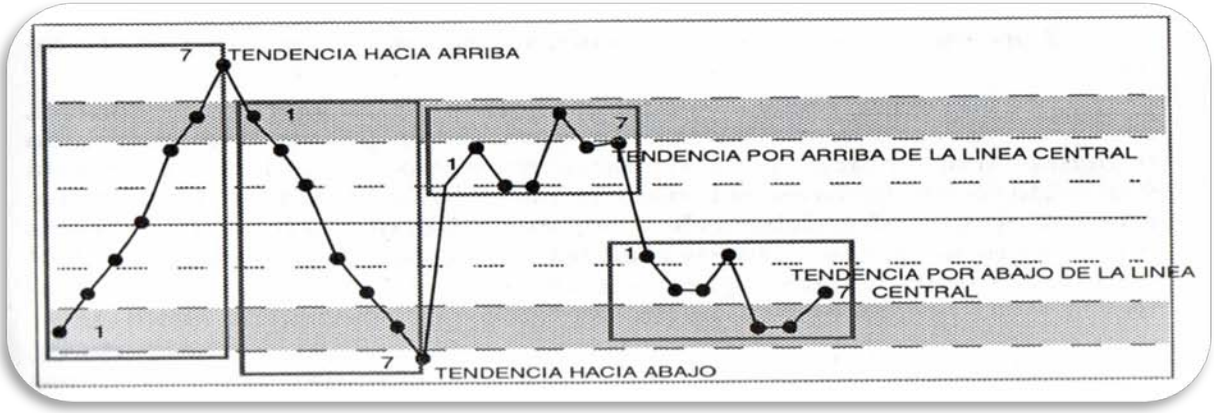


Figura 22. Fuente (Rivera, 2006)

E.) Adhesiones y Puntos Fuera de Control. Adhesiones se le llama cuando existen 2 de 3 puntos consecutivos en la zona 3σ ya sea por arriba de la línea central o por abajo, dentro de la gráfica X. En la siguiente gráfica la zona 3σ está representada por las líneas más obscuras.

Se llama Puntos fuera de control, cuando rebasan el límite superior de control y/o el límite inferior de control.

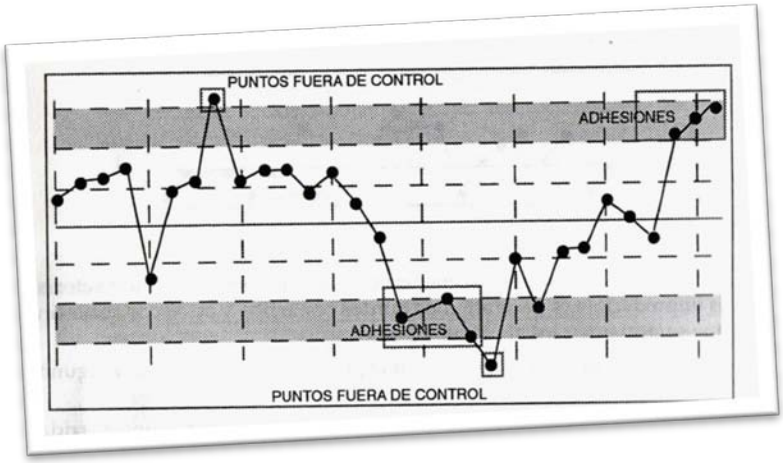


Figura 23. Fuente (Rivera, 2006)

De los casos anteriores, los puntos fuera de control son los más graves, lo cual nos lleva a pensar en la existencia de problemas en el proceso, producto, etc., originados principalmente por cambios en materiales, en la forma de operar el equipo, en los métodos de trabajo etc.

El operador deberá detectar tales situaciones anormales en el proceso.

Una vez que se ha efectuado el análisis de las gráficas de control es imperativo que como parte de mejora, se tenga que incorporar una bitácora o comentario que indique la razón por la cual un punto está fuera de control, presenta tendencias y/o corridas y adhesiones además el operador deberá de tener una tabla de acciones correctivas le indique que actividades tendrá que seguir meter a control nuevamente su proceso o que desaparezcan las otras causas de descontrol.

Las gráficas deben ser llevadas en tiempo real por operadores son las personas más cercanas a las maquinas, equipos, líneas de producción, etc., preferentemente con un programa computarizado para que sólo tengan que observar la gráfica y tomar una acción en caso de que se requiera ya que existen procesos donde sería imposible además de efectuar su trabajo cotidiano hacer la gráfica de control *a mano*.

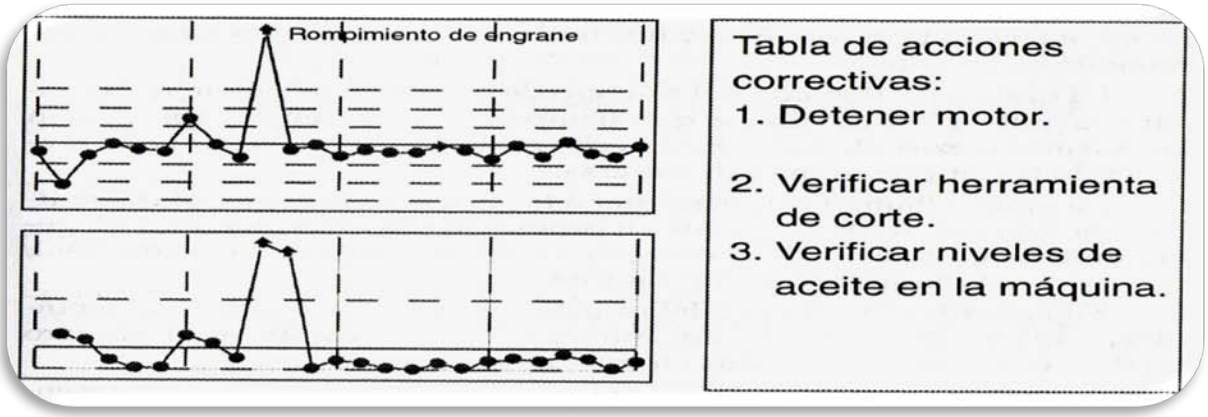


Figura 24. Fuente (Rivera, 2006)

Las gráficas por atributos se emplean para llevar un control de aquellos productos cuya inspección es visual o por medio de dispositivos que permitan determinar si un artículo pasa o no pasa a través de patrones o escantillones, etc.

La primera labor que se recomienda llevar a cabo, es emplear una grafica P, llamada gráfica de la fracción defectuosa. La gráfica se aplica en el mejor de los casos a la inspección 100% de un producto fabricado en un día (si la producción no es masiva, entonces será de una semana, quince días, etc.) y donde se pretende contar con un mecanismo que permita la inspección ágil y veraz de tal manera que no le reste tiempo a la persona responsable de la inspección, pero a su vez le permita ejecutar su actividad con eficiencia.

Si por las condiciones de fabricación del producto no se pudiese contar con inspección al 100%, entonces se recomienda tomar una muestra representativa de la jornada de trabajo (a través de una tabla de muestreo), con la salvedad que sea suficientemente grande.

La gráfica P, indicará el porcentaje de defectuosos que se tiene en el momento en que se elabora un producto. Para construida, es necesario el valor de la producción de un artículo a lo largo de un período de tiempo o bien el valor de las muestras inspeccionadas en dicho período, así como el número total de piezas que tuvieron cuando menos un defecto. Un valor de P igual a 15%, significa que de todo lo que se fabrica de un producto o se inspecciona en un día el 15% de la producción no sirve o es defectuosa. Este valor traducido en pesos resultará seguramente alarmante.

La gráfica nP llamada del número de defectuosos puede reemplazar a la gráfica P, si se cumple que siempre se producen o inspeccionan las mismas piezas día a día. Este hecho es difícil de encontrar en la mayoría de las empresas manufactureras.

La gráfica llamada U, es similar a la gráfica P sólo que esta se aplica para conocer los defectos que en promedio contiene una unidad, generalmente grande o compuesta por varios ensambles, un automóvil, un avión, un monitor de computadora, etc.

Finalmente la gráfica e del número de defectos que podría reemplazar a la gráfica U si sólo nos interesa registrar y graficar el número total de defectos encontrados en una unidad.

La gráfica más utilizada es la gráfica P y a continuación se presenta un ejemplo:

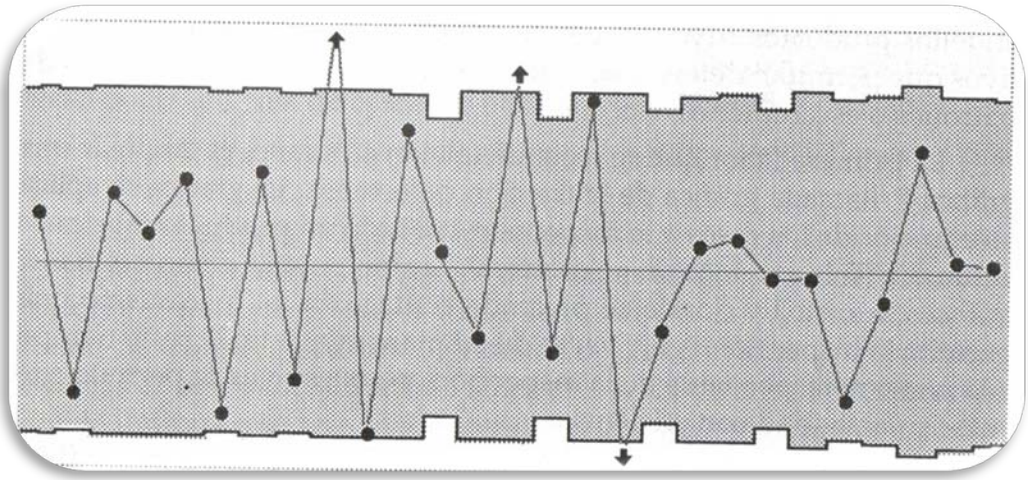


Figura 25. Fuente (Rivera, 2006)

A diferencia de las gráficas de control por variables, los límites en la gráfica P no tienen una trayectoria de una línea horizontal constante debido a que el tamaño de la muestra cambia y hace que los límites superior e inferior cambien para cada punto o muestra. Al igual variables se pueden presentar puntos fuera de control tanto arriba como abajo, sin embargo, en la mayoría de los casos cuando se tienen puntos fuera de control por abajo significa

que las condiciones del muestreo no se han establecido adecuadamente o bien que se han presentado pocos productos defectuosos.

Fuera de estos dos aspectos la manera de interpretar la gráfica similar a la de variables, por lo que será necesario también encontrar la causa o causas que propiciaron puntos fuera de control para tomar las acciones correctivas necesarias.

5. Histograma de frecuencias Objetivo

En el siguiente dibujo las puertas indican el lugar donde se ubicaran los diferentes tamaños del producto que se fabricarán, dichas puertas reciben el nombre de intervalos de clase y el número señala la cantidad de productos de un tamaño determinado que entraron a la puerta que le corresponde, es decir la frecuencia que se ubica en las líneas verticales, lo anterior acotado con los límites de especificación que debe cumplir el producto fabricado.

Es importante asociar esta herramienta con el concepto de habilidad de proceso (Cpk) el cual se explicará a detalle en el siguiente inciso.

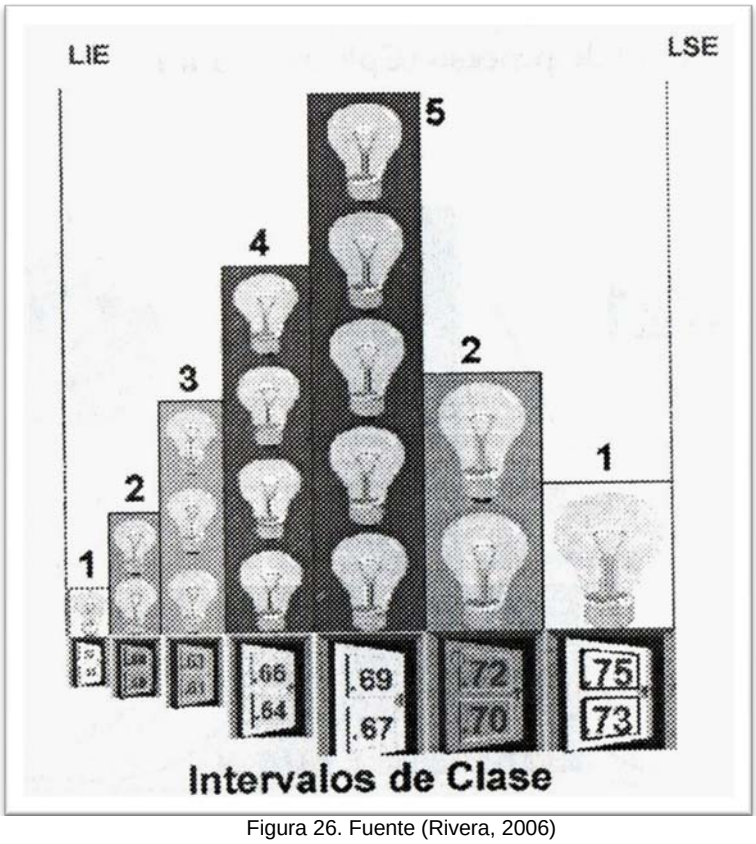


Figura 26. Fuente (Rivera, 2006)

6. La Habilidad de Proceso Cpk.

Cuando se habla de la habilidad de proceso, generalmente se considera a un producto con una o varias características a medir y controlar. Por ejemplo, un foco, un envase de vidrio o plástico, un producto químico o petroquímico, etc., que se le mide diámetro, largo, espesor, ph, densidad, flujo, temperatura, etc., cada característica tiene que cumplir con una especificación solicitada por un cliente ya sea externo o interno, el valor de la habilidad indica que tan bien o mal cumplen con dicha especificación.

Caso 1. Habilidad de proceso (Cpk) mayor a 1.

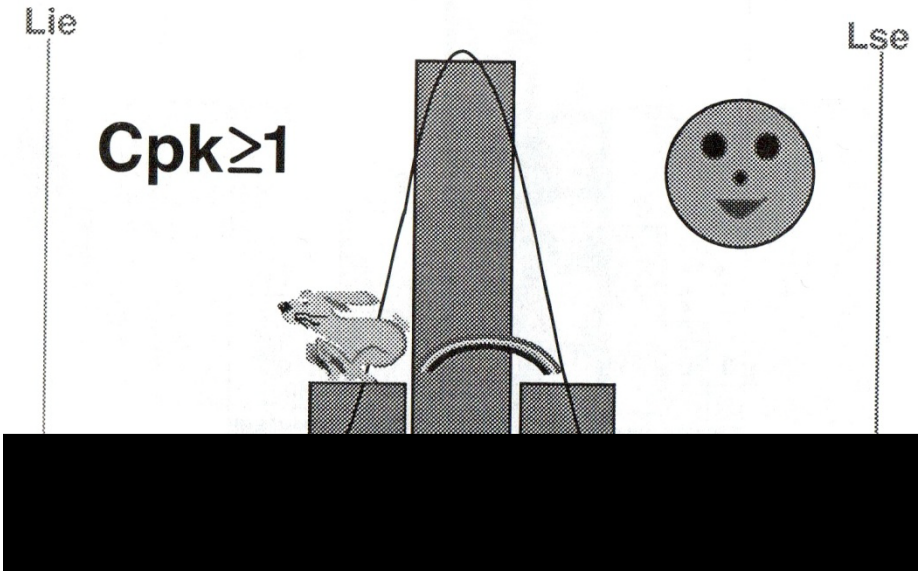


Figura 27. Fuente (Rivera, 2006)

Una habilidad mayor a 1 significa que existe muy poca diferencia entre un dato y otro, es decir "pocos brincos", lo cual tendrá como consecuencia un bajo valor de desviación estándar y un alto valor de habilidad de proceso, es decir, la característica a medir se "ríe" de la especificación porque se tiene un adecuado control en la combinación de máquinas, líneas de producción o equipos con los materiales y operadores que da como resultado controlar la variabilidad, en estos casos si se mantienen por largos períodos se puede pensar en reducir la frecuencia de muestreo.

Caso 2. Habilidad de proceso (Cpk) igual a 1.

Una habilidad igual 1 significa que la variabilidad está controlada a pesar de tener mayor variación que en el caso anterior, existe mayores diferencias entre los datos (más brincos) sin embargo la probabilidad de

cumplir con la especificación establecida es de un 99.73% a ± 30", 99.9936% a ± 40", etc.

En este caso la característica está satisfecha de cumplir con la especificación, pero debe de tener cuidado en no tener mayor variación porque eso provocará un alto valor de desviación estándar y por lo tanto que se reduzca el Cpk a un valor menor a 1.

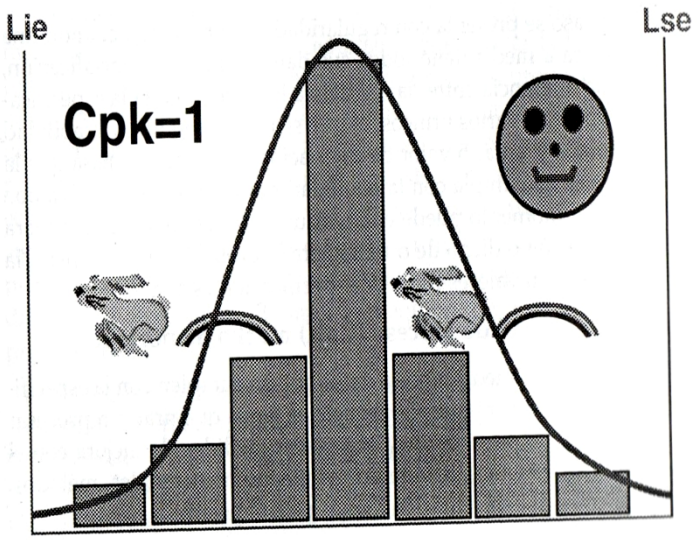


Figura 28. Fuente (Rivera, 2006)

Caso 3. Habilidad de proceso (Cpk) menor a 1.

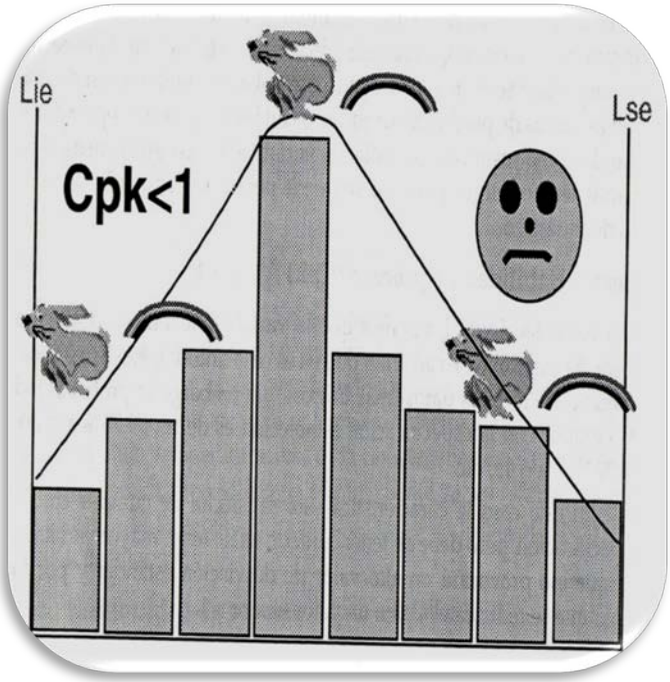


Figura 29. Fuente (Rivera, 2006)

Este caso se presenta con regularidad en la industria cuando una característica a medir tiene todos sus datos dentro de especificación, pero existe diferencia entre dato y dato a lo largo de toda la especificación provocando varios brincos, lo que se traduce en una variabilidad no controlada y un alto valor de desviación estándar que hará que la característica no cumpla con la habilidad porque no es de fiar, ya que en cualquier momento puede entregar un producto inservible o fuera de especificación o dicho de otra manera la probabilidad de tener a la característica con valores fuera de especificación es alta.
Caso 4. Habilidad de proceso (CpK) mucho menor a 1.

La característica a medir reporta datos que no cumplen con la especificación, esto provocará que el producto se tenga que tirar o reprocesar o venderse como segunda, hay que tomar medidas de mejora con el personal (capacitación), maquinaria y/o equipo, materiales, métodos, etc., para corregir esta situación lo más pronto posible.

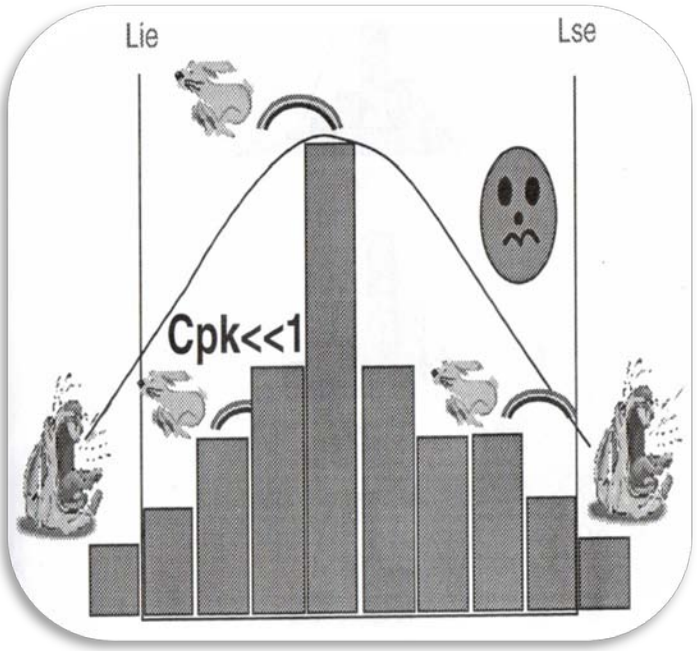


Figura 30. Fuente (Rivera, 2006)

La metodología seis sigma es un proceso cíclico que obliga a la mejora continua, bajo ese concepto se puede aplicar la habilidad de proceso iniciando el control de nuestros procesos, productos y servicios con ± 3σ e ir incrementando el número de σ hasta llegar a un valor que satisfaga al cliente o bien a los requerimientos internos de la empresa; es fundamental realizar un análisis del costo - beneficio que esto representa, ya que cada vez que se incrementa en una unidad sigma, obliga a que se tenga que reducir más y más la variabilidad mejorando de esta manera la calidad del producto pero a costa de modificar y/o comprar maquinaria y/o equipo, cambiar de material - proveedor, etc.

La siguiente imagen muestra el comportamiento de datos reales cuyo valor de Cpk es igual a 1 pero con diferentes valores de sigma, se nota claramente como la variabilidad del primer caso donde se manejo un valor de sigma igual a 3, es mayor que en el caso último donde se maneja un valor de sigma igual a 6.

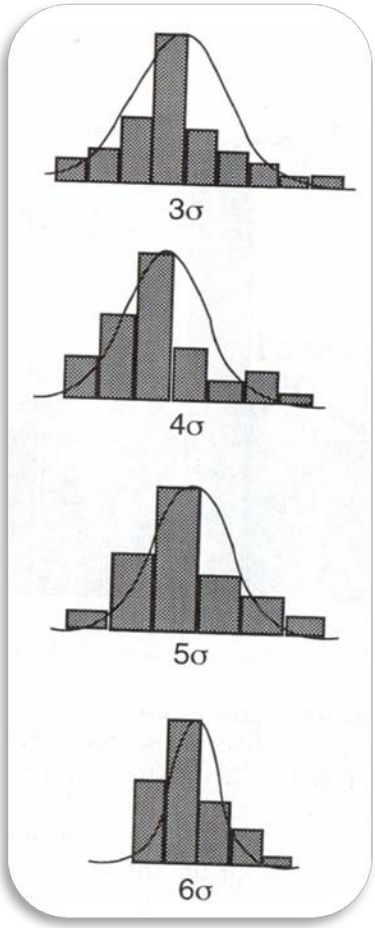


Figura 31. Fuente (Rivera, 2006)

7. Tipos de regresión

Como se mencionó anteriormente, a través del diseño de experimentos se puede saber cual o cuales variables se deberán controlar en un proceso, sobre todo cuando se presentan varias, el siguiente paso sería conocer si existe un tipo de relación numérica entre dichas variables, la herramienta regresión permite conocer esa relación a través de una ecuacion matemática que representa normalmente a la variable y que esta función de X o que depende de X.

A continuación se presentan los tipos de regresión más comunes que se podrían presentar en la práctica:

1. Regresión lineal, que es la más empleada.

2. Curva.
3. Curva con 2 o más Xs.
4. Múltiple con 2 o más Xs.
5. Logarítmica.
6. Multivariables.

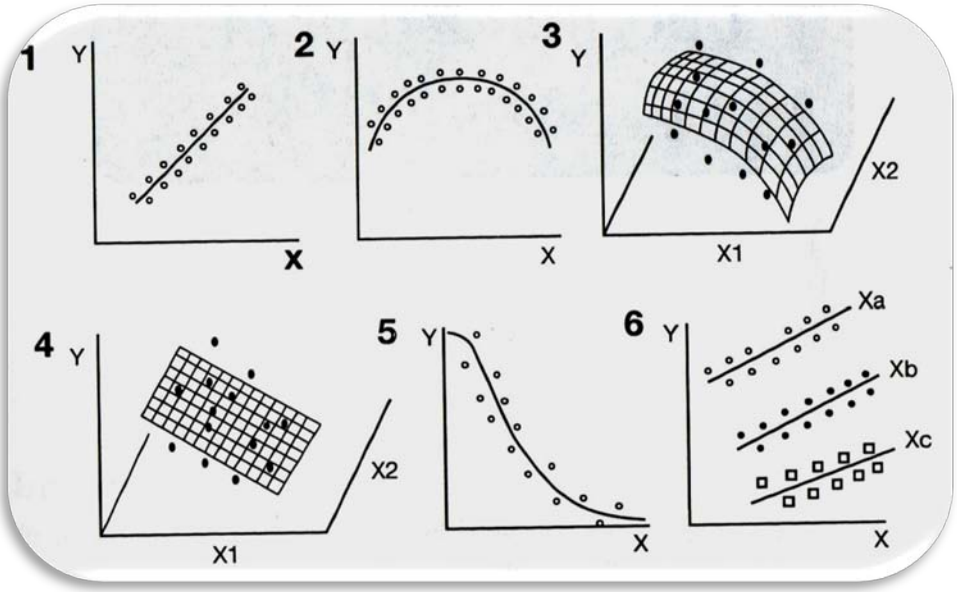


Figura 32. Fuente (Rivera, 2006)

En caso de que se llegará a tener alguna relación entre las variables X y Y se establece su ecuación, el beneficio es determinar de acuerdo a los datos de X conocer el intervalo de valores en que se moverá Y para estar preparados si se sale fuera de una especificación establecida y de esta manera sólo controlar una variable.

En el capítulo siguiente se verá de qué forma se puede ayudar a mejorar nuestros procesos

Figura 33. Fuente (Rivera, 2006)

4. Mejorar el sistema

En esta etapa se deben crear los elementos necesarios para erradicar las causas que originan desperdicio, mermas, devoluciones, baja productividad, etc., la manera en que abordaremos la eliminación de dichas causas a través de la aplicación de algunas herramientas sencillas en su concepto y funcionamiento que se presentarán a lo largo de este capítulo.

Este cuarto punto corresponde con el cuarto y último paso del modelo de Deming llamado Actuar:

El objetivo que se plantea es establecer planes de acciones derivados del proceso y es muy importante documentar las correcciones, actividades preventivas de mejora y/o innovación al proceso.

Benchmarking.

Es detectar las mejores prácticas que tienen compañías nacionales y/o extranjeras en diferentes aspectos: manufacturero, tecnológico, administrativo, recursos humanos, mantenimiento, medio ambiente, etc., para tomarlo como referencia y compararlo con lo que hace su empresa actualmente, la idea es a través de dicha diferencia establecer acciones encaminadas a emularlo.

Es fundamental establecer un método de recolección de información inducido, para saber qué se debe preguntar, cómo poder implantar la mejora y quiénes lo deben llevar a cabo.

La forma en que ayuda esta herramienta es a través de comparar lo que hacen otras empresas a favor de mejorar la calidad de los procesos y productos y establecerlo en nuestra compañía.

5. Controlar el sistema

En esta última fase se deben establecer los mecanismos para evitar errores y poder estandarizar nuestros procesos a fin de satisfacer permanentemente las especificaciones de nuestros clientes.

Controlar debe asegurar la:

- Eliminación de actividades que no agregan valor.
- Simplificación y reducción de tiempos de proceso.
- Creación de sistemas a prueba de errores.

Para lograr lo anterior se deberá:

- Estandarizar procesos.
- Automatizar procesos.

- Documentar, crear procedimientos en el proceso, pero sobre lodo cumplidos.
- Romper con el esquema tradicional de funciones. -
- Apoyar en la tecnología de información.
- Integrar las lecciones aprendidas durante el proyecto.

En este punto culmina el ciclo de la metodología, dejando a su paso una forma de trabajar que asegure el cumplimiento de los requisitos de nuestros clientes internos y externos, en otras palabras satisfacer todas y cada una de las especificaciones del producto, con el mínimo o cero retrabajo, desperdicio, devoluciones, etc. Para que dicha forma de trabajar se convierta en parte de la cultura de la empresa, así tendrá que demostrar día a día con resultados de óptima eficiencia productividad.

A continuación se exponen algunas barreras que impiden su cumplimiento:

1. El esquema tradicional de cumplir primero con el programa de producción anteponiendo la calidad, en la mayoría de los casos el líder o líderes son culpables por no establecer un programa con insumos - proveedores confiables, adecuados programa de mantenimiento, capacitación inducida por área, etc.; los resultados falta de credibilidad de la empresa y posteriormente pérdida inevitable del cliente.

2. La rotación de personal es otra barrera para lograr el control, el compromiso de los seres humanos hacia una nueva cultura sólo se logra a través del tiempo, donde aceptan la necesidades de mejorar su trabajo y mejorarse ellos mismos como personas, hay casos en la industria donde nuevos integrantes sin experiencia no tienen la misma sensibilidad, conocimiento y habilidad para cumplir con los estándares que exigen los procesos y/o productos, y estos detalles han costado millones de dólares a empresas por parte del cliente una línea o líneas de producción completas.

3. Finalmente y como se mencionó en un principio, el apoyo de la alta dirección es fundamental para implantar este tipo de metodología, tristemente hay evidencia en la industria de que existe apoyo sólo en sus inicios y luego se olvida o bien hay apoyo porque la metodología "está de moda" y luego desaparecen responsables, compromisos y recursos.

Una vez que se ha logrado que todo el personal de la empresa cumpla satisfactoriamente con los indicadores establecidos para los diferentes procesos día a día, entonces se ha logrado estandarizar los procesos, en ese momento se establecen los procedimientos y se documentan las actividades para seguidos sistemáticamente y se cierra el ciclo, al cabo de un período de tiempo se evalúan nuevamente requerimientos y se inicia con otro ciclo, asegurándose de esta manera la mejora continua.

La siguiente figura muestra los principales componentes que se debe de tener

y dominar para el tener el control de los procesos:

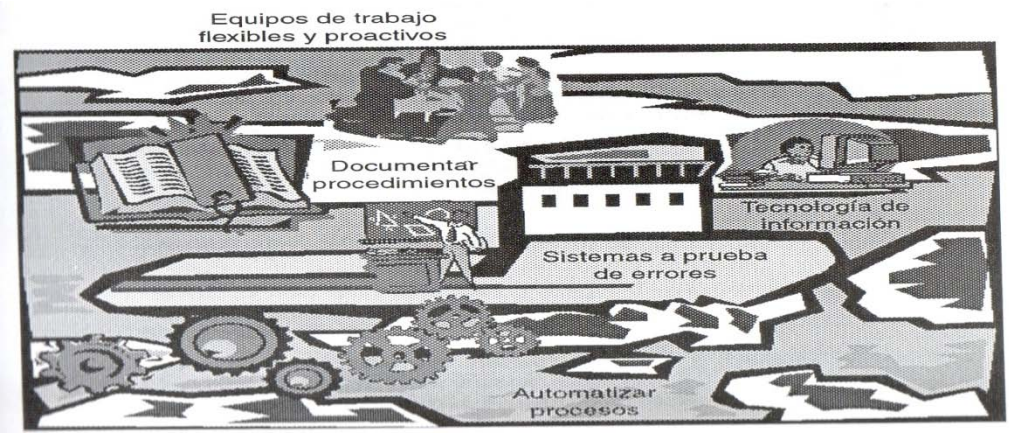


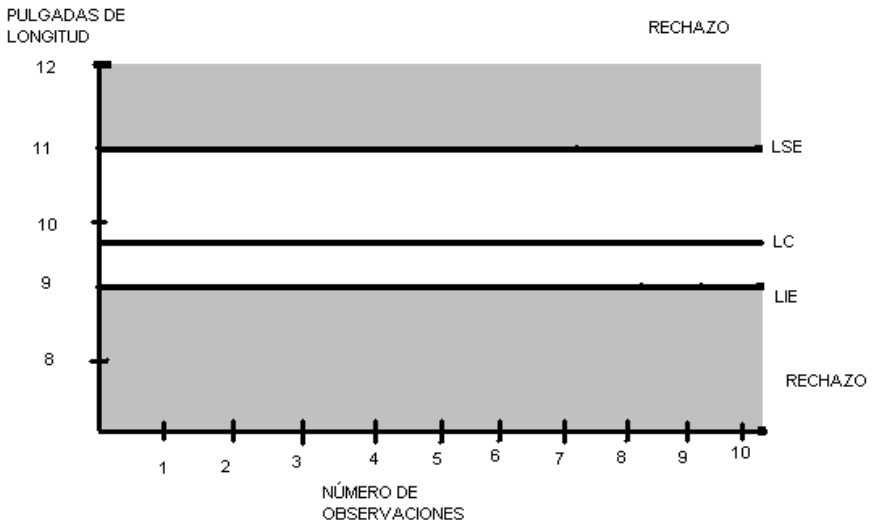
Figura 34. Fuente (Rivera, 2006)

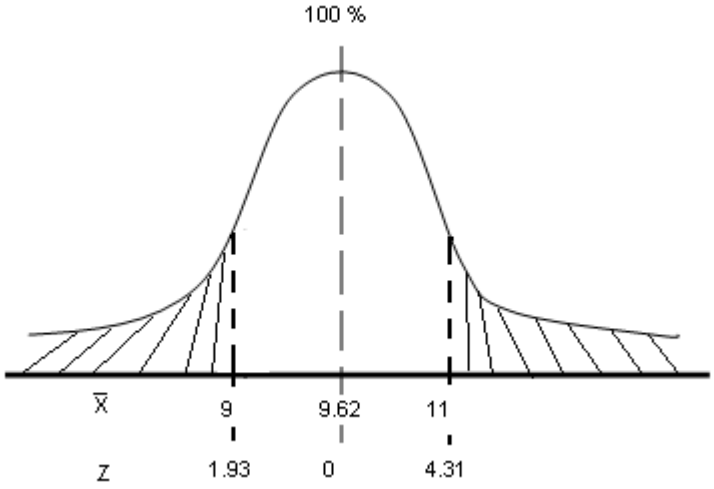
EJERCICIO Nº 9.

En la formulación de cierto tipo de acero se desea monitorear la longitud de las mismas, las especificaciones de 10±1". Se tomó una muestra de 10 barras y se verificó su estabilidad y normalidad. Se obtuvo una media de 9.62" y una desviación estándar de 0.32". Calcular la fracción defectuosa y el nivel de sigma del proceso.

10±1" { LSE= 11"
LIE= 9"

Barra de Acero.





$Z = \ (c - m)/f$

$Fracción\ de\ Rechazo$

$P(X < 9) + \ P(X > 11)$

$P(Z < -1.93) + \ P(Z > (11 - 9.62)/0.32)$

$P(Z < -1.93) + \ P(Z > 4.31)$

$P(Z < -1.93) + \ [1 - P(Z < 4.31)]$

$0.0268 + \ [1 - (0.99999176)]$

$0.0268 + \ 0.00000824 = \ 0.026$

Nivel de Sigma del proceso= 1.93

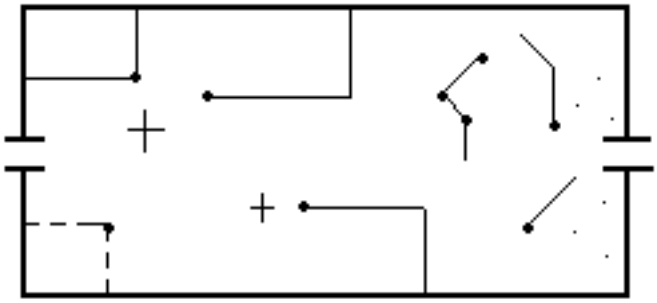
EJERCICIO Nº 10.

En la fabricación de cierto tipo de tarjetas electrónicas impresas se tienen las siguientes oportunidades para cometer errores.

Componentes equivocados____100.
Componentes mal soldados____ 20.
Componentes mal insertados___ 10.
Soldadura faltante_____120.
Oportunidades totales_____

De una muestra de 300tarjetas se encontró un total de 85 defectos. Determinar el

sigma del proceso.



$Dpu = 85/3000 = 0.028$

$Dpmo = (0.028/250)x\ 106 = 112$

$Z = ppm = 112/(1x\ 106) = 0.000112$ → Se busca en la tablas de 6 Sigma.

Nivel de Sigma del Proceso $Z = 3.59$

EJERCICIO Nº 11.

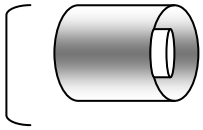
En un proceso industrial el diámetro de un balero es parte vital de un componente. El comprador establece en sus especificaciones que el diámetro debe de ser de 3 cm.±0.01 mm., esto implica que no se acepta ningún balero que esté fuera de especificación. Se sabe que en un proceso el diámetro del balero es variable por lo que se ha tomado un registro del diámetro de los baleros en pulgadas con un calibrador vernier obteniéndose los siguientes datos.

Pulgadas
1.17
1.18
1.18
1.19
1.19
1.18
1.18
1.17
1.19
1.20
1.18

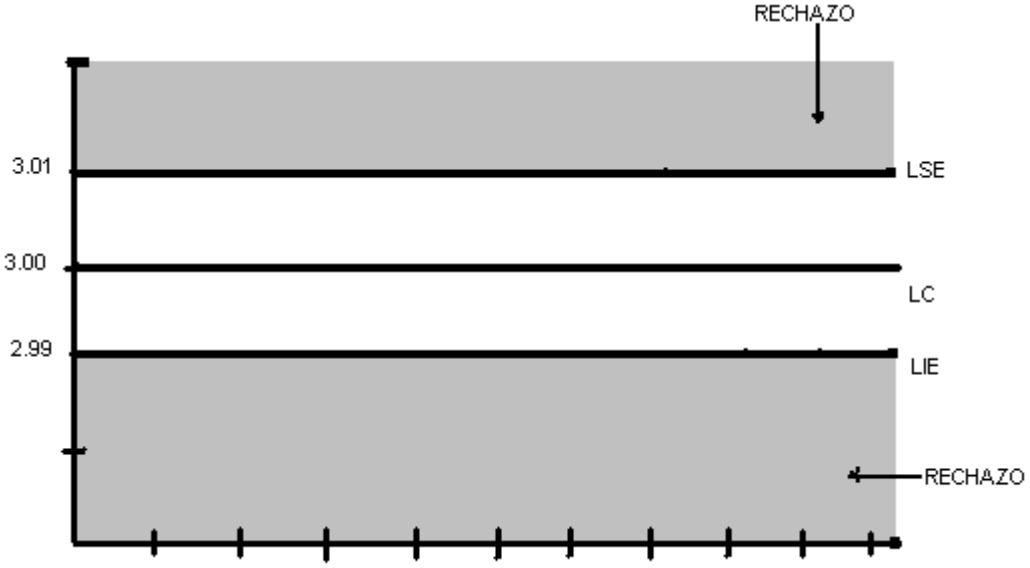
Si se produce alrededor de 10000 baleros mensuales:
a) ¿Qué porcentaje de baleros se descartará al mes?
b) ¿Cuántos baleros serán útiles?
c) Calcula el sigma del proceso.
d)Si se eligen 20 baleros al azar para inspeccionar la muestra del lote de producción, ¿cuál es la probabilidad que exactamente 8 tengan un diámetro mayor a 3.01 cm.?

NOTA: Las muestras de 11 se tomaron como referencia de la Norma ISO 2859.

3± 0.01 cm.



$$LSE = 3.01\ cm.$$
$$LIE = 2.99\ cm.$$



PULGADAS	**CM.**	**$(Xi-X)^2$**	**X**	**F(X)**	**$(Xi-X)^2$**	**F(X)**	**$(Xi-X)^2$**
1.17	2.97	$4X\ 10^{-4}$	2.97	2	$4X\ 10^{-4}$	$8X\ 10^{-4}$	
1.18	2.99	0	2.99	5	0	0	
1.18	2.99	0	3.02	3	$9X\ 10^{-4}$	$2.7X\ 10^{-3}$	
1.19	3.02	$9X\ 10^{-4}$	3.04	1	$2.5X\ 10^{-3}$	$2.5X\ 10^{-3}$	

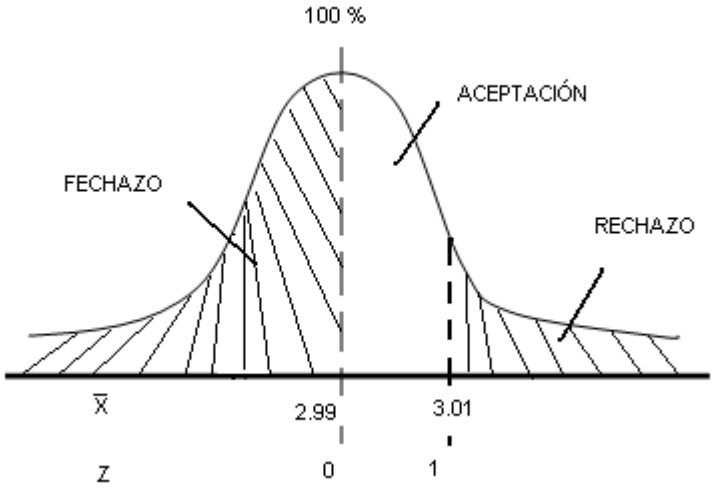
1.19	3.02	$9X\ 10^{-4}$
1.18	2.99	0
1.18	2.99	0
1.17	2.97	$4X\ 10^{-4}$
1.19	3.02	$9X\ 10^{-4}$
1.20	3.04	$2.5X\ 10^{-3}$
1.18	2.99	0
	32.99	

$6X\ 10^{-3}$ cm.

$f2 = (6X\ 10 - 3)/11$

$f =$ [redacted] $= 0.02$

$X =$ [redacted] $= 32.99/11 = 2.99$



$P(2.99 < X < 3.01) =$ Aceptación.

$1 - [P(2.99 < X < 3.01)]$= Rechazo.

$$1 - [P(2.99 - 2.99)/0.02 < X < (3.01 - 2.99)/0.02] = 1 - [(0 < Z < 1)]$$

Fracción de Rechazo.

$1 - [\emptyset(1) - \emptyset(0)]$
$1 - [0.8413 - 0.50]$
$1 - [0.3413] = 0.6587$

□α) 65.85% → Fracción de rechazo.

Nº de baleros malos: $10000x\ 0.6587 = 6587$.

Fracción de Aceptación.

$P(0 < Z < 1) = [\emptyset\ (1) - \emptyset\ (0)] = [0.8413 - 0.50] = 0.3413 \rightarrow$ Fracción de aceptación.

b) Nº de baleros buenos: $10000x\ 0.3413 = 3413$ baleros buenos

Por lo tanto se rechaza el lote de producción.

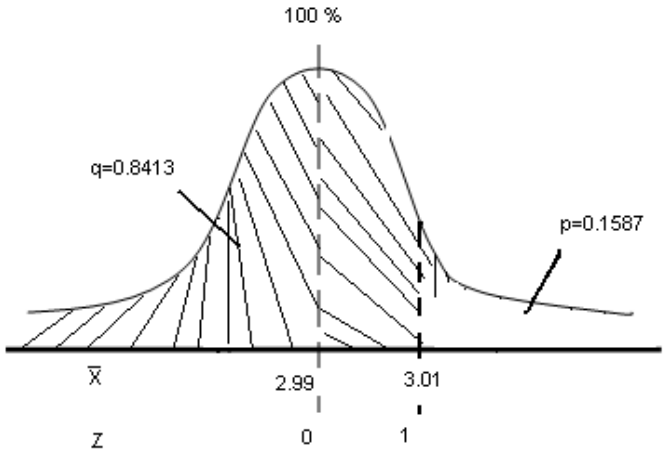
c) Sigma del proceso: Z=0.41

d) $p = éxito \quad q = fracaso \quad p + q = 1$

$0.1587 + q = 1$

$q = 1 - 0.1587$

$q = 0.8413$



$10000 = n = 20$
$P(X > 3.01)$
$1 - P(X < 3.01) = 1 - P(Z < (3.01 - 2.99)/0.02)$
$= 1 - P(Z < 1)$
$= 1 - [Tablas\ estadísticas.$
$= 1 - [0.8413]$
$= 0.1587$

$N = 20$
$P = 0.1587$
$Q = 0.8413$
$P(x = 8)$

Se utiliza la distribución geométrica cuando se pide un número exacto.
$G(X, P) = CKn\ PKQn - k$ K=VARIABLE A OBSERVAR

$P(X = 8) = C820(0.1587)8(0.8413)12$
$P(X = 8) = 5.058X\ 10 - 8$
$P(X = 8) = 0.00000005058 \rightarrow$ **No conviene**.

UNIDAD III:
TECNOLOGÍAS DURAS.

Objetivo General:

El alumno desarrollará la capacidad para identificar el uso de las diferentes técnicas presentadas en esta unidad en los diferentes Sistemas de Manufactura que se en encuentren en operación.

Objetivo del aprendizaje:

El alumno deberá conocer los principales materiales a emplear en ingeniería; así como su utilidad industrial

3.1 Plásticos

El término plástico se deriva de la palabra griega Plastikos que significa adecuado para el modelo y cubre la variedad de polímeros sistemáticos; los cuales en los últimos tiempos se han convertido en algunos de los materiales industriales; esto es debido a sus propiedades, aplicacionales y de manufactura.

Los plásticos son sustancias orgánicas de alto peso molecular; obtenidos; ya sea sistemáticamente o por la transformación de sustancias naturales. El término orgánico indica que las moléculas de esta sustancia son semejantes en su estructura a los de organismos vivos.

El término sistemático significa que la estructura de estas combinaciones químicas; al contrario que en las sustancias naturales; su proceso es dirigido por el hombre.

3.1.1 Características de los plásticos

1. Generalmente poseen una superficie lisa y se pueden colorear; por lo que no se necesita pintarlos.
2. Son malos conductores de calor; pero se dilatan fuertemente por el efecto de este. La estabilidad al calor y de forma son limitados
3. Tienen una superficie impermeable; son en general estancos al agua y al gas.
4. Se fabrican de materias primas baratas y técnicamente fácilmente de obtener. En su mayor parte trata de combinaciones del carbono; con excepción de la silicona; que se derivó de la combinación del silicio y el oxigeno.
5. Se pueden emplear como aislantes eléctricos; ya que no son conductores de electricidad.
6. Pueden manufacturarse fácilmente y rápidamente. Por colado, laminación, soldadura, inyección o soplados y darles diversas formas.

Los plásticos se clasifican en dos tipos termoplásticos y termofraguantes

3.2 Termoplásticos

No sufren cambios químicos durante el moldeo y no se vuelven permanentemente duros, con la aplicación de calor y presión. Permanecen suaves a temperaturas elevadas hasta que se endurecen por enfriamiento; además se pueden fundir varias veces por las su aplicaciones sucesivas de calor. Los materiales termoplásticos son procesados principalmente por

inyección, extracción, soplado, termoformado, etc. Es una combinación de las moléculas por fuerzas físicas; son las que pueden fundirse o reblandarse con el calor y usarse como materiales plásticos que se vuelven a fundir.

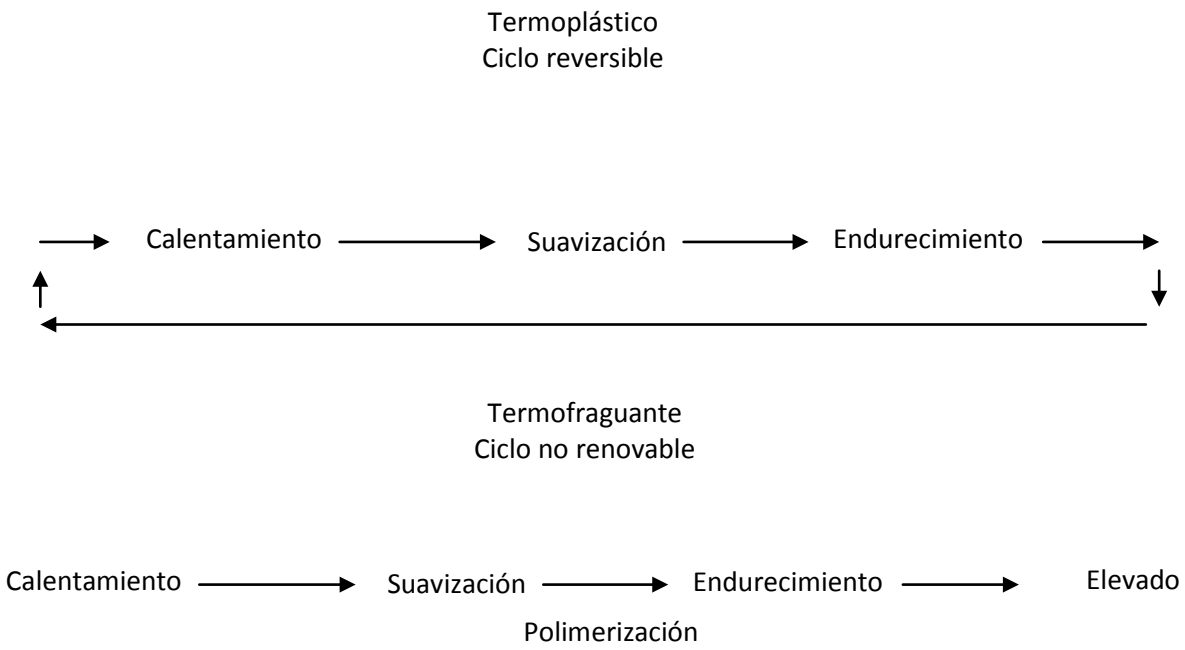


Diagrama 27. Fuente Elaboración Propia.

3.2.1 Materias primas de termoplásticos

Las materias primas para los compuestos plásticos son diversos: productos agrícolas minerales orgánicos, incluyendo carbón, gas, petróleo, azufre, etc. En el proceso de fabricación se añaden otros ingredientes tales como: polvos, colorantes, solventes, lubricantes y materiales de relleno. El aserrín, harina y algodón, asbesto, fibra de trapo, y grafito son los materiales más empleados como relleno.

3.2.2 Compuestos termoplásticos más comunes

- CELULOSA: son termoplásticos preparados de varios tratamientos en fibras de algodón y madera. Son muy tenaces y se producen en una amplia variedad de colores.
- ACETATO DE CELULOSA: compuesto muy estable que tiene resistencia mecánica considerable y fácil de ser procesado en láminas o ser moldeado por inyección, extracción y compresión.

- POLIESTIRENO: es una materia termoplástica adaptada especialmente para moldeo por inyección y extracción. Sus características más notables son fácil de obtener en colores claros u opacos, resiste al agua y a la mayor parte de los agentes químicos y las buenas condiciones de aislamiento. Las resinas de estireno se moldean en productos tales como: cajas para acumuladores, lentes, partes para radios, etc.
- POLIETILENO: son flexibles a temperaturas de ambiente normal son a prueba de agua y no les afecta los agentes químicos, son capaces de sellar por el calor, aplica la elaboración de bolsas.
- POLIPROPILENO: puede ser procesado por todas las técnicas termoplásticas. Cuenta con excelentes propiedades eléctricas, alta resistencia al impacto y a la tensión con buena resistencia a los productos químicos. Se emplean para elaborar redes y telas.

3.3 Termofraguantes

Es una combinación química de retícula estrecha. Son formados mediante calor y con o sin presión, resultando un producto que es permanentemente duro. El calor ablanda el primero, pero al añadirle más calor o sustancias químicas se endurecen por un cambio químico conocido como polimerización, y no se puede ser reblandecido nuevamente. Los procesos utilizados para plásticos termofraguantes incluyen compresión, moldeo por transferencia, colado laminado. Así mismo algunos son usados para estructuras rígidas o flexibles de espuma.

3.3.1 Materia prima de termofraguantes

- RESINAS EPÓXICAS: se emplean para el embasado, laminado, colados como ingredientes para pinturas y como adhesivo.
- RESINAS FURÁNICAS: se tienen presentando algunas de las propiedades por lo regular estas resinas son de color claro y obscuro resistentes al agua y no muy buenas cualidades eléctricas.

3.4 Moldeo de plástico (métodos)

En la fabricación de piezas de plástico se emplea una variedad de moldes que delimitan la masa plasmita; mientras endurece y conserva la forma deseada. Estos moldes se montan en una prensa que abrirá y cerrará el molde que aplicará una gran presión si es necesario y facilitará la carga del molde por medios externos.

Para calentar los moldes se emplea mayor agua caliente, vapor, electricidad o aceite. La calefacción al emplear en un trabajo dado viene del terminado por los medios que dispone y el carácter propio del trabajo. En algunos casos los moldes deben enfriarse mediante la circulación de agua u otros líquidos refrigerantes para mantener la temperatura del molde.

Existen tres métodos que constituyen la gran parte de las técnicas de procesos de materiales de plástico, estos son:

a) Moldeo por inyección
b) Moldeo por transferencia
c) Moldeo por compresión

3.4.1 Moldeo por inyección

Pasos para el proceso de inyección.

1. Las partes del molde se cierran.
2. El pistón empuja hacia adelante. En esa posición en un lapso de tiempo manteniendo la presión en la boquilla y al mismo tiempo se inyecta el material plastificado dentro del molde.
3. El pistón permanece en esa posición durante este tiempo el material se solidifica y está enfriando lo necesario para mantener la forma del molde.
4. El pistón retrocede pero el molde permanece cerrado una nueva cantidad de material cae dentro de la tolva alimentadora.
5. El molde se abre al mismo tiempo que expulsa las piezas moldeadas mediante la acción de los moldes.
6. El proceso se vuelve a repetir nuevamente.

El proceso más empleado en la manufactura de los componentes termoplásticos. En este proceso el plástico fundido se fuerza hacia la cavidad de la matriz metálica que se ha maquinado a la forma del producto deseado.

Cuando el producto se ha solidificado lo suficiente se abre la matriz y se extrae la pieza. El material crudo se coloca en la tolva de la máquina en forma de bolitas entre el calor y la presión.

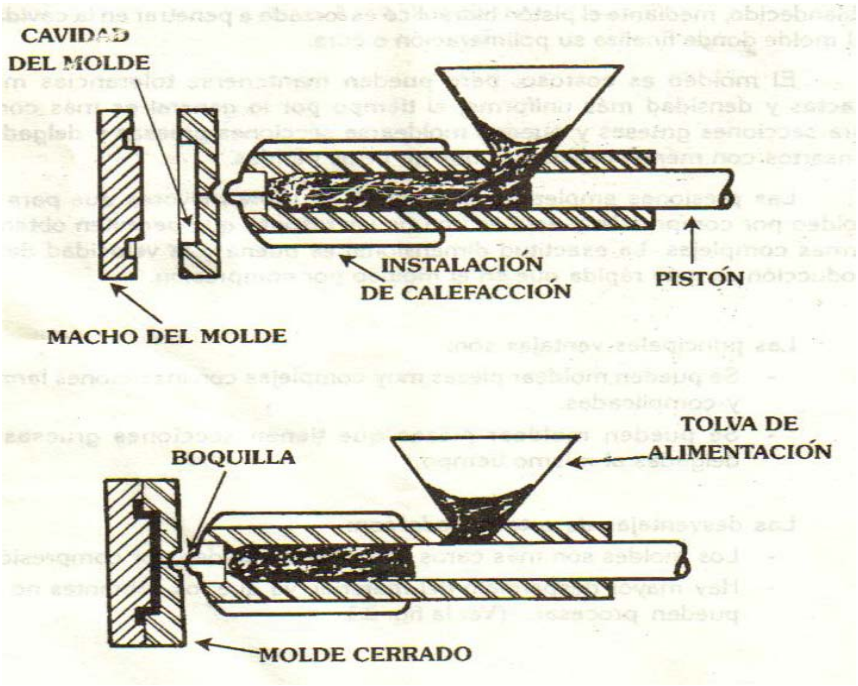


Figura 35. Fuente (Reyes, 1995)

3.4.1.1 Ventajas y desventajas.

Ventajas.

- Producción a gran escala.
- Posibilidad de formación de orificios en inyección de otros materiales.
- Exactitud de forma y dimensiones de las piezas inyectadas.
- Superficie lisa y limpia de superficies inyectadas.

Desventajas.

- No es recomendable a baja escala por el costo del herramental.
- Los sistemas de enfriamiento de los moldes.

3.4.2 Materiales y aleaciones ligeras.

Los materiales termofraguantes son moldeables por inyección bajo la técnica conocida como moldeado a chorro, por lo regular una máquina normal del moldeo termoplástico por inyección se puede convertir en una máquina del moldeo por chorro, la parte más importante es la boquilla; la cual debe calentarse y enfriarse en el ciclo del moldeo, asiéndolo el plástico probablemente no polimerizado.

Las temperaturas del molde varían de 60 a 120º C, dependiendo también el material de relleno.

Algunos materiales termoplásticos se procesan por compresión, pero el ciclo de calentamiento y enfriamiento rápido del molde aumenta la dificultad en el uso de dichos materiales, a menos que el molde se enfríe suficientemente antes de la expulsión, hay peligro de torcedura de la pieza.

3.4.2.1 Ventajas y desventajas.

Ventajas.

- Poco desperdicio de material.
- Bajos costos de acabado
- Obtener grandes piezas.

Desventajas.

- La dificultad de obtener formas implicadas (bordes, agujeros muy pequeños)
- La dificultad de obtener tolerancias más cerradas de 0.13mm.

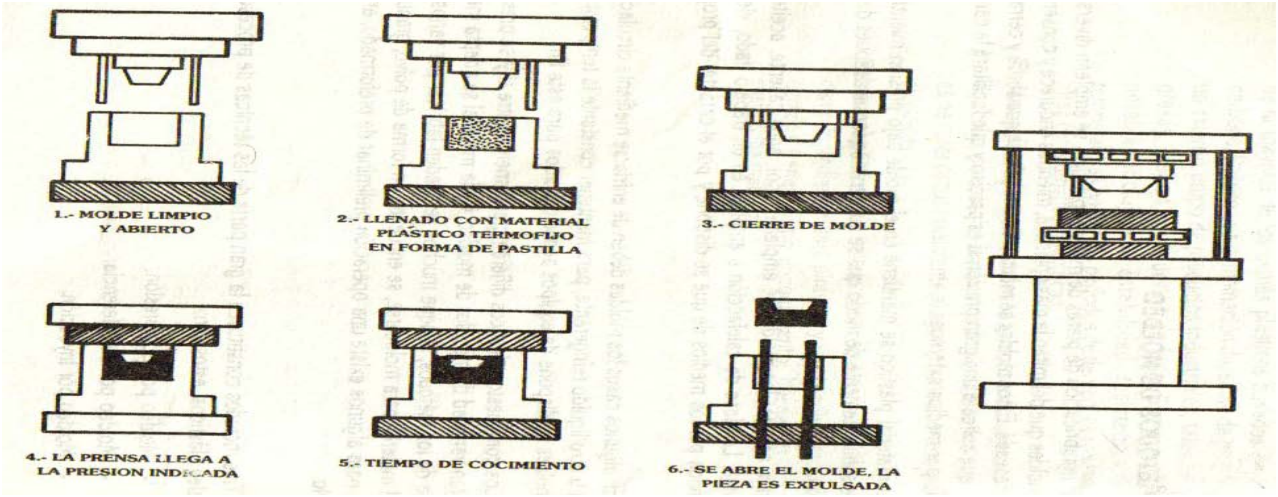


Figura 36. Fuente (Reyes, 1995)

3.4.3 Moldeo por transferencia

Este proceso se usa más por los plásticos termofijos cuando se requieren partes implicadas o de gran exactitud.

Mediante este método el moldeo de material preformado y precalentado se coloca en la calidad de transferencia y tan pronto como este lo

suficientemente reblandecido, mediante un pistón hidráulico es forzado a penetrar la cavidad del molde donde finaliza su polimerización.

Los moldes son costosos, pero obtienen tolerancias más exactas y una densidad más uniforme, el tiempo por lo general es más caro para sesiones gruesas y puede moldearse tanto como secciones gruesas o delgadas, además de insertos con menos problemas que en otros moldes. Las presiones empleadas son el 50 al 100% mayores que para el moldeado por compresión y esta es una de las razones que permite obtener formas complejas.

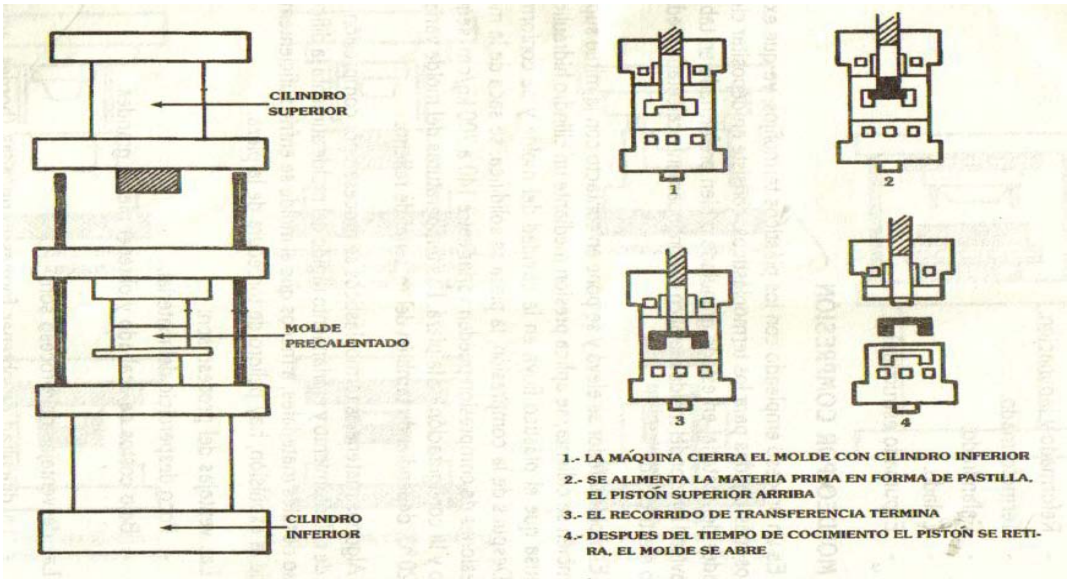


Figura 37. Fuente (Reyes, 1995)

3.4.3.1 Ventajas y Desventajas.

Ventajas:

- Se pueden moldear piezas muy complejas con inserciones igualmente difíciles.
- Se pueden moldear piezas que tienen sesiones gruesas y delgadas al mismo tiempo.

Desventajas:

- Hay mayor desperdicio de material ya que los sobrantes no se pueden procesar.
- Los moldes son más caros que para el moldeo de inyección.

3.5 Sistema CAD-CAM.

En la actualidad existen sistemas de diseño asistidos por computadora CAD (Computer Aided Decing) y se utiliza generalmente con características de un producto terminado se utilizan para generar moldeos de un producto terminado.

Sus características pueden ser el tamaño. Para ellos asisten en dibujos por computadora; ya que se bidimensional o tridimensional. Los sistemas CAD hacen posible comprobar si un circuito pieza o dispositivo funcionará como está previsto, si un puente será capaz de soportar las cargas sin peligros o una sala de alimentos tendrá adecuadamente un embase para el nuevo diseño.

A partir de las especificaciones de detalle, los ingenieros y arquitectos crean sus gráficos generados por computadora, las piezas generadas en la misma son manipuladas para poder someterlas a una infinidad de pruebas y su forma puede ser modificada antes de la fabricación del producto. Al poder tener conexión en los sistemas CAD se conectan equipos de fabricación, también controlados por una computadora pudiendo conformar un sistema CAD-CAM. En lo general los equipos CAM reafirman la eliminación de los errores del operador y reducción de los costos de mano de obra. Sin embargo, la presión y el uso óptimo previsto del equipo representan ventajas aún significativas; por ejemplo las herramientas de cortes se desgastaran más lentamente y se estropearán con menos frecuencia.

Los equipos CAM se basan en una serie de códigos; al igual que en los equipos CAD, estos se almacenan en archivos para controlar las tareas de fabricación y diseño. Este control numérico por computadora (CNC) se obtiene describiendo las operaciones de la máquina y en términos de códigos especiales y de la geometría de las formas de los componentes.

Los sistemas CAD-CAM son bien aprovechados por los diseñadores por ejemplo, el crear rápidamente un prototipo al realizar la renda de un sistema CAD, al tener el máximo aprovechamiento de material al ser cortado con algún dispositivo. La fabricación integrada por computadora (CIM) aprovecha plenamente el potencial de esta tecnología.

CIM
- CAD: diseño asistido por computadora.
- CAM: fabricación asistida por computadora.
- CAE: ingeniería asistida por computadora.

Diagrama 28. Fuente (Elaboración propia)

3.5.1 CAE

Es el modelo geométrico de un producto centrado en el concepto de CAE y consiste en la representación del mismo en la memoria de la computadora todos los demás elementos se un CAE utilizan esta descripción geométrica como un punto de partida, ejemplo: elaboración de piezas de alta precisión.

3.6 Funciones de una máquina CNC.

Las funciones una máquina CNC se pueden dividir en dos grupos

a) Funciones primarias: es el desplazamiento de los carros porta herramienta de la máquina para mantener una relación entre la máquina de corte y la pieza de corte que resulta en la forma geométrica deseada del componente al grado de precisión. Aquí tendrá desplazamientos lineales(X, Y, Z) delas brocadas de la máquina.
b) Funciones secundarias: son necesarias para la operación normal de una maquina. Las funciones varían según el tipo de máquina o equipo, ejemplos comunes de las funciones secundarias de todas las máquinas CNC.

- Usillo (arrancar, parar o reversa).
- Fluido de corte (encendido y apagado).
- Velocidad del usillo.
- Velocidad de avance de los carros.
- Dividir o girar la mesa en forma circular.
- Cambiar las herramientas de corte.
- Bloquear el carro cuando llegue a su posición deseada.

3.6.1 Clasificación de los tipos de máquinas de de CNC

La observación de la geometría de componentes producidos por máquinas CNC, muestra que los requisitos básicos en el control del carro son para capacidad posicional, lineal y de contornos.

1. Control posicional.
   Carros ortogonales, se mueven rápidamente en una posición fija en las que se realiza el maquinado ejemplo: taladro, mandrinado y barrenos. La trayectoria seguida por los carros para llegar a la posición deseada debe ser la ruta más rápida posible. Esta clase de control de carros se conoce como 2D.
2. Control de movimiento lineal.
   Los carros se pueden desplazar rápidamente para fines de desplazamiento pero también son capaces de ser controlados para moverse a la velocidad de avance, ya sea de forma individual o simultánea para que puedan hacerse cortes rectos, el control lineal se puede hacer en dos o tres ejes respectivamente.
3. Control de contorno
   El maquinado de algunos componentes exige que los carros se desplacen de manera simultánea en una relación no lineal y necesita sistemas de control capaces de aceptar y procesar información detallada y compleja. Esta información es necesaria para definir la trayectoria del cortador requerida para obtener la forma geométrica deseada.

3.6.2 Control numérico

El control numérico (CN) es una forma de automatización programable, en la cual un programa que contienen datos alfanuméricos codificados controla las acciones de una parte del equipo. Los datos representan posiciones relativas entre una cabeza de trabajo y una pieza de trabajo. La cabeza de trabajo representa una herramienta u otro elemento de procesamiento y la pieza de trabajo es el objeto que procesa. El principio operativo del CN es controlar el movimiento de la cabeza del trabajo en relación con la pieza de trabajo y la secuencia en la cual se realizan los movimientos.

Quienes reciben el crédito por las primeras investigaciones sobre control numérico son John Parsons y Frank Stulen en la Parsons Corporation en Michigan, a fines de la década de 1940. Parsons era una contratista de maquinado para la Fuerza Aérea de Estados Unidos y había diseñado un médico que utilizaba datos de coordenadas numéricas a fin de mover la mesa de trabajo de una fresadora y producir piezas complejas para aeronaves. Con

base en el trabajo de Parsons. La Fuerza Aérea de Estados Unidos premio un contrato a esta compañía en 1949. Con el fin de estudiar la factibilidad del nuevo concepto de control para maquinas herramienta. El proyecto fue subcontratado para el laboratorio de sevomecanismo en Masschusetts Institute of Technology con el propósito de crear una máquina herramienta prototipo que utilizara el nuevo principio de datos numéricos. El laboratorio del M.I.T confirmó que concepto era factible y procedió a adaptar una fresadora vertical de tres ejes usando controles combinados analógicos-digitales. El sistema mediante el cual se realizaban los movimientos de la máquina herramienta recibió el nombre de control numérico (CN). El funcionamiento de la máquina prototipo se demostró en 1952.

La exactitud y la repetibilidad del sistema de control numérico están mucho mejores que los métodos de maquinado manual disponibles entonces. También era evidente el potencial para reducir el tiempo no productivo en el ciclo de maquinado. Sin embargo, los constructores de maquinado herramienta no estaban dispuestos a invertir las grandes cantidades requeridas oirá elaborar productos basados en el control numérico. En 1956, la fuerza aérea decidió patrocinar el desarrollo de maquinas herramienta de CN en diversas compañías. Estas máquinas se operaron en diferentes compañías aéreas entre 1958 y 1960. Pronto fueron evidentes las ventajas del CN y las compañías de la industria aeronáutica y aeroespacial empezaron a hacer pedidos de nuevas máquinas de control numérico. Algunos, incluso, iniciaron la construcción de sus propias unidades.

La importancia de la programación de piezas fue clara desde el principio. La Fuerza Aérea de Estados Unidos siguió apoyando el desarrollo y la aplicación en el M.I.T para un lenguaje de programación de piezas, cuyo propósito era controlar las máquinas de CN. Esta investigación produjo la implantación en 1958 de la habilitación de herramientas programadas automáticamente (APT, por sus siglas en ingles). APT es un lenguaje de programación de piezas a través del cual un usuario describe las instrucciones de maquinado en enunciados simples parecidos al idioma ingles, y estos están codificados de manera que el sistema de CN pueda leerlos.

3.6.3 Tecnología del control numérico

En esta sección se definirá los componentes de un sistema de control numéricos y después se describirá el sistema de eje de coordenadas y los controles de movimiento.

Componentes de un sistema de CN: 1) un programa de pieza, 2) una unidad de control de máquina y 3) el equipo de procesamiento. El programa de piezas (termino que se usa comúnmente en la tecnología de maquinas herramienta) es el conjunto detallado de comandos que va a seguir el equipo de procesamiento. Cada comando especifica una posición o movimiento que realizará la cabeza de trabajo en relación con el objeto procesado. Una posición se define mediante sus coordinadas x-y-z. en las aplicaciones de maquinas herramienta, los detalles adicionales en el programa de CN incluyen la velocidad de rotación del eje, la dirección del eje, la velocidad de alimentación, las instrucciones de cambio de herramientas y otros comandos relacionados con la operación. Durante muchos años, los programas de piezas de CN se codificaron en cinta de papel perforada de una pulgada de ancho, usando un formato estándar que podía interpretar la unidad de control de la máquina. En la actualidad, en los talleres especializados modernos, la cinta magnética y transferencia electrónica de programas de piezas de CN desde una computadora central.

En la tecnología moderna de CN, la unidad de control de máquinas (MCU), (por sus siglas en inglés) es una microcomputadora que almacena el programa y lo ejecuta, convirtiendo cada comando en acciones mediante el equipo de procesamiento, un comando a la vez. La MCU esta constituidas por el hardware y el software. El hardware está formado por la microcomputadora, los componentes para hacer interfaz con el equipo de procesamiento y ciertos elementos de control de retroalimentación. La MCU también incluye un lector de cinta, si los programas se cargan en la memoria de la computadora desde una cinta perforada. El software está formado por software de control del sistema, los algoritmos de cálculo y el software de traducción que convierten el programa de piezas de en un formato que pueda utilizar la MCU. Esta también permite editar el programa de piezas, en caso que este contenga errores o se requieran cambios en las condiciones del corte. Debido a que la MCU es una computadora, se usa el termino control numérico por computadora (CNC) para diferenciar este tipo de CN de las tecnologías que le precedieron, las cuales se basaban por completo en dispositivos electroni9cos incorporados.

El equipo de procesamiento realiza una secuencia de pasos para transformar la pieza de trabajo inicial en una pieza terminada, y funciona bajo el control de la unidad de control de máquina de acuerdo con el conjunto de instrucciones que contienen el programa de piezas.

Sistema de coordenada y control de movimientos en el CN para especificar las posiciones en el control numérico se usa un sistema de ejes de coordenadas estándar. El sistema consiste en los tres ejes lineales (x, y, z) del sistema de coordenadas cartesianas. Los ejes rotatorios se usan para que la pieza de trabajo gire y presente diferentes superficies durante el maquinado, o

para orientar la herramienta o cabeza de trabajo de algún ángulo en relación con la pieza. Los sistemas de control numérico más sencillos (por ejemplo, los graficadores, las máquinas para procesar materia prima en prensa, como laminas metálicas planas y las máquinas de inserción de componentes) son sistemas de posicionamiento cuyas ubicaciones de definen en un plano x-y. La programación de estas máquinas implica especificar una secuencia de coordenadas x-y. En contraste algunas máquinas herramienta tienen un control de cinco ejes para dar forma a configuraciones geométricas de piezas de trabajo complejas. Por lo general, estos sistemas influyen tres ejes lineales y dos rotatorios.

Las coordenadas para un sistema de CN rotatorio. Estos sistemas están relacionados con operaciones de torneado en tornos de CN. Aunque el trabajo rota, este no es uno de los ejes controlados. La trayectoria de corte de la herramienta de torno en relación con la pieza de trabajo está definida en el plano x-z, como se muestra en la figura.

En muchos sistemas de CN, los movimientos relativos entre el elemento de procesamiento y la pieza de trabajo se obtienen fijando la pieza a una mesa y después controlando las posiciones y los movimientos de esta en relación con la cabeza de trabajo estacionaria o semiestacionaria. La mayoría de las máquinas herramienta sirve para insertar componentes y se basa en este método de operación. En otros sistemas, la pieza de trabajo se mantiene estacionaria y la cabeza de trabajo se mueve a lo cargo de dos o tres ejes. Los cortadores por flama, las trazadoras o graficadores x-y, y las máquinas de medición de coordenada funcionan de este modo.

Los sistemas de control de movimiento basado en el CN se dividen en dos tipos: 1) de punto a punto y 2) de trayectoria continua. Los sistemas de punto a punto, también llamados sistemas posicionamiento, mueven la cabeza de trabajo (o la pieza de trabajo) una posición programada, sin considerar la trayectoria que recorren para llegar a tal lugar. Una vez terminado el movimiento, el cabezal de sujeción realiza cierta nación de procesamiento en una posición, tal como el taladrado o el perforado de un orificio. Por lo tanto, el programa consiste en una serie de posiciones de puntos en las cuales se realizan las operaciones.

Los sistemas de trayectoria continua proporcionan un dominio continuo y simultaneo de más de un eje, por lo que controlan la trayectoria que sigue la herramienta en relación con la pieza. Esto permite que la herramienta ejecute un proceso mientras se mueven los ejes y habilita al sistema para generar superficies angulares, curvas en dos dimensiones o contornos tridimensionales en la pieza de trabajo. Este esquema de operación se requiere en máquinas de dibujo, operaciones de fresado torneado y corte con flama. En el maquinado, el

control de trayectoria continua también recibe el nombre de torneado de contornos.

Otros aspectos del control del movimiento se refieren a las posiciones en el sistema de coordenadas, las cuales se define en forma absoluta o incremental. En el posicionamiento absoluta, las posiciones de la cabeza de trabajos siempre se definen respecto al origen del sistema de coordenadas. En el posicionamiento incremental, la siguiente disposición de la cabeza de trabajo se define de acuerdo con la posición actual.

3.6.4 Análisis de los sistemas de posicionamiento para el CN

La programación de piezas asistida por computadora implica el uso de un lenguaje de programación de alto nivel. Está diseñado para la programación de trabajo más complejos que la programación manual. El primer lenguaje de programación de piezas fueron las herramientas programadas automáticamente (ATP, por sus siglas en ingles), creado como una extensión de la investigación original de maquinas herramienta por CN que se uso por primera vez en producción alrededor de 1960.

En al APT la tarea de programación de piezas se divide en dos pasos: 1) definición de una configuración geométrica de pieza y 2) especificación de la trayectoria de la herramienta y la secuencia de operación. En el paso 1, el programador define la configuración geométrica de la pieza de trabajo mediante elementos básicos de geometría, como puntos, líneas, planos, círculos y cilindros. Estos elementos se definen usando enunciados de geometría de la ATP, como:

P1 = POINT/25.0,150.0

L1 = LINE/P1, P2

P1 es un punto definido en el plano x-y que se localiza en x = 25 mm y en y = 150 mm. L1 es una línea que va a través de los puntos P1 y P. se usan enunciados similares para definir círculos, cilindros y otros elementos geométricos, la mayoría de las formas de la pieza de trabajo se describen usando enunciados como estos para especificar sus superficies, esquinas, bardes y posiciones de orificio.

La especificación de una trayectoria de herramienta se realiza con enunciados de movimiento de APT. Un enunciado común para una operación de punto a punto es:

GO TO/P1

Esto dirige a la herramienta para que se mueva de su posición actual a una posición definida mediante P1, donde P1 se ha definido mediante un enunciado previo de geometría de APT. Los comandos de movimiento de trayectoria continua usan elementos geometría como líneas, círculos y planos. Por ejemplo, considere el comando

GORGT/L3, PAST, L4

Enunciado dirige a la herramienta para que se vaya a la derecha (GORGT) a lo largo de la línea L3 hasta que se coloque justo después de la línea L4 (por supuestos, L4 debe ser una línea de intercepte a L3).

Se usan enunciados ATP adicionales para definir los parámetros de operación, como velocidades de alimentación, velocidades de giro, tamaños de herramientas y tolerancias. Cuando se termina, el programador introduce el programa APT a la computadora; durante el procesamiento se generan enunciados de bajo nivel (similares a los que se preparan en la programación anual de piezas) para que los use una máquina herramienta particular.

Programación de piezas asistida por sistemas CAD/CAM. El uso de estos sistemas lleva a la programación de piezas asistida por computadora un paso adelante, usando un sistema gráfico computarizado CAD/CAM que interactúa con el programador conforme se prepara el programa de piezas. El uso convencional de la APT se escribe un programa completo y después se introduce en la computadora para su procesamiento. Muchos errores de programación no se detectan sino hasta el procesamiento en la computadora. Cuando se usa un sistema CAD/CAM, el programador recibe una verificación visual inmediata conforme introduce cada enunciado para determinar si es correcto. Cuando el programador introduce la configuración geométrica de piezas, el elemento se despliega gráficamente en el monitor. Conforme el programador diseña la trayectoria de una herramienta, ve exactamente como desplazaran los comandos de movimiento a la herramienta, en relación con la pieza. Los errores se corrigen de inmediato y no después de escribir el programa completo.

La interacción entre el programador y el sistema de programación es un beneficio significativo de la programación asistida por CAD/CAM. Hay otros beneficios importantes al usar CAD/CAM en la programación de piezas por CN. Primero, el diseño del producto y sus componentes puede obtenerse en un sistema CAD/CAM. El programador de control numérico recupera la base de datos de diseño resultante, incluida la definición geométrica de cada pieza, para usarla como la configuración geométrica inicial para la programación de piezas. Esta recuperación ahorra un tiempo valioso en comparación con la reconstrucción de la pieza desde cero, usando enunciados de geometría de la APT.

Segundo, existen rutinas especiales de software disponibles comercialmente para la programación de piezas mediante sistemas CAD/CAM, que automatizan algunas secciones de la herramienta y generan trayectorias de un ruta, tales como un perfilado por fresado en la superficie de una pieza, el fresado de una cavidad dentro de la superficie de una pieza, la elaboración de contornos en superficies y ciertas operaciones punto a punto. El programador de pieza solicitas estas rutinas como comando especiales *macro*. Su uso produce ahorros significativos en el tiempo y esfuerzos de programación.

Ingreso manual de datos El ingreso manual de datos (MDI, por sus siglas en inglés) es un método en el cual un operador de maquina introduce el programa de piezas en la fábrica. El método usa una pantalla CRT con capacidad de imágenes en los controles de la máquina herramienta. Los enunciados de programación de piezas por CN se introducen mediante un procedimiento controlado con menús que requiere una capacitación mínima del operador de la máquina herramienta. Debido a que la programación de piezas está simplificada y no requiere personal especial en la programación de piezas con CN, el MDI es una forma adecuada para que los talleres especializados instrumenten económicamente el control numérico en sus operaciones.

El maquinado es un área importante de aplicación para el control numérico, pero el principio de operación del CN también se aplica a otras actividades. En muchos procesos industriales, debe controlarse la posición de una cabeza de trabajo de acuerdo con la pieza o producto en los que se trabaja. Las aplicaciones se dividen en dos categorías: 1) aplicaciones de maquinas herramienta y 2) aplicaciones que no son de maquinas herramienta. Debe señalarse que no todas las aplicaciones se identifican con el nombre de control numérico en sus respectivas industrias.

En la categoría de maquinas herramienta, el control numérico se usa ampliamente para *operaciones de maquinado* tales como el torneado, el taladrado y el fresado (sección 22.1,22.2 y 22.3, respectivamente). El uso del CN en estos procesos ha motivado el desarrollo de maquinas herramientas altamente automatizadas, llamadas *centros de maquinado*, las cuales cambian sus propias herramientas de corte para realizar diversas operaciones de maquinado bajo un programa de CN.

Entre los beneficios del CN relacionados con el equipo que se opera manualmente en estas aplicaciones están: 1) menor tiempo improductivo, lo que resulta en ciclos más cortos,2) tiempos de manufactura más cortos, 3) reparaciones más sencillas, 4) mayor flexibilidad de manufactura, 5) mayor exactitud y 6) menos errores humanos.

Ejercicios de programación en torno CNC.

C:\ST

Para entrar al editar “ae program”

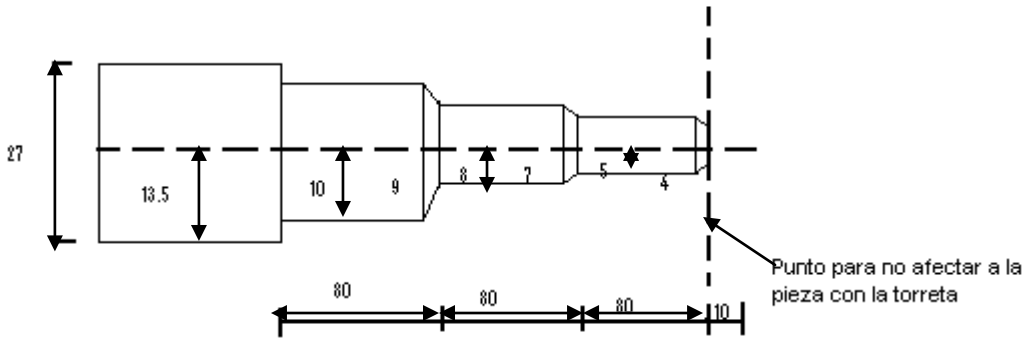
1.-Geometría (para conocer el tipo de máquina a utilizar).

2.-Características del torno.

-27 mm. De diámetro.

-110 mm. De longitud.

3.-Cómo se van a realizar los maquinados (proceso).



PROGRAMA

N001 G21 Metric Unit

N002 G90 Absolute Forma:

N003 G00 X 13.5 Z 10

N004 M06 T 01 Change L

N005 M03 Spindle Forwad 1000 RPM

N006 G00 X 13.5 Z 1

N007 G00 X 12.5 Z 1

N008 G01 X ___ Z -60 F 120

N009 G00 X 13.5 Z ___

N010 G00 X ___ Z 1

N011 G00 X 11.5 Z ___

N012 G01 X ___ Z -60 F ___

N013 G00 X 12.5 Z ___

N014 G00 X ___ Z 1

N015 G00 X 10.5 Z ___

N016 G01 X ___ Z -60 F ___

N017 G00 X 11.5 Z ___

N018 G00 X ___ Z 1

N019 G00 X 10 Z ___

N020 G01 X ___ Z -60 F ___

N021 G00 X 11 Z ___

N022 G00 X ___ Z 1

N023 G00 X 9 Z ___

N024 G01 X ___ Z -40 F ___

N025 G00 X 10 Z -40 F 80

N026 G00 X 11 Z ___

N027 G00 X ___ Z 1

N028 G00 X 8 Z ___

N029 G01 X ___ Z -40 F 120

N030 G00 X 9 Z ___

N031 G00 X ___ Z 1

N032 G00 X 7 Z ___

N033 G01 X ___ Z -20 F ___

N034 G01 X 8 Z -21 F 80

N035 G00 X 9 Z -21

N036 G00 X ___ Z 1

N037 G00 X 6 Z ___

N038 G01 X ___ Z -20 F 120

N039 G00 X 7 Z ___

N040 G00 X ___ Z 1

N041 G00 X 5 Z ___

N042 G01 X ___ Z -20 F ___

N043 G00 X 6 Z ___

N044 G00 X ___ Z 1

N045 G00 X 4 Z ___

N046 G00 X ___ Z 0

N047 G01 X 5 Z -1 F 80

N048 G00 X 13.5 Z ___

N049 G00 X ___ Z 1

N050 M02 END PROGRAM

Características.

110	longitud_	G00	Rapid Traverse
27	diámetro_	G01	Linear
2	_____	G02	Circular CLW
0	_____	G03	Circular CCLW
Metric	_____	G71	Metric Units
		G90	Absolute Format
		G91	Incremental Format.

ENLATADO: G84

Empezando el trabajo igual:

G84	Código enlatado de cilindrado			
G00	X 13.5	Z 1		
G84	X 12.5	Z -60	F 120	
G84	X 11.5	Z -60	F 120	
G84	X 10.5	Z -60	F 120	
G84	X 10	Z -60	F 120	
G00	X 13.5	Z 10	F 120	

Para no repetir tantos ciclos G00 y G01

G00

G71

G00 X 13.5Z 10

M06 T 001 1

M03 1000 RPM

G00 X 12.5 Z 1

G91

G73 4 Veces

G84 X 0.875 Z -61 F 120

G00 X -0.875 Z ___

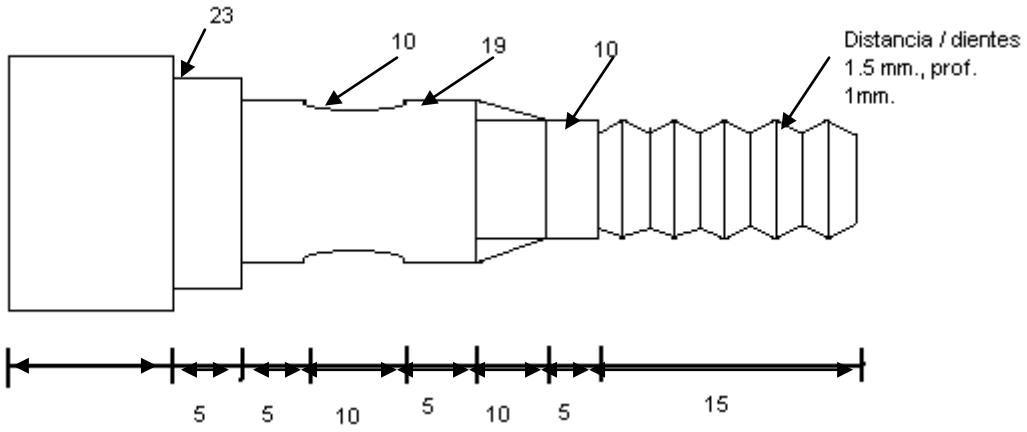
G06

4 Pasadas

Nota: Son coordenadas incrementales o relativas para éste código.

DO LOOP: Hacer lo que está en el bucle o lazo.

Ejercicio.



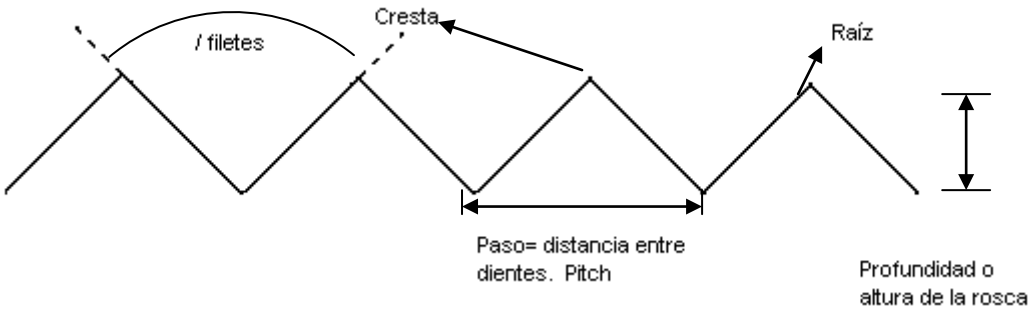
PROGRAMA

N01	G71			
N02	G90			
N03	G00	X 13.5	Z 10	
N04	M06	T 1		
N05	M03			
N06	G00	X 12.5	Z 1	
N07	G84	X 12.5	Z -55	F 120
N08	G84	X 11.5	Z -55	F 120
N09	G84	X 10.5	Z -50	F 120

N10	G84	X 9.5	Z -50	F 120
N11	G00	X 13.5	Z 1	
N12	G00	X 8.5	Z 1	
N13	G01	X 8.5	Z 20	
N14	G01	X 9.5	Z -22	F 120
N15	G00	X 10.5	Z -22	F 80
N16	G00	X 10.5	Z 1	
N17	G00	X 7.5	Z 1	
N18	G01	X 7.5	Z -20	F 120
N19	G01	X 9.5	Z -24	F 80
N20	G00	X 10.5	Z -24	
N21	G00	X 10.5	Z 1	
N22	G00	X 6.5	Z 1	
N23	G01	X 6.5	Z -80	F 120
N24	G01	X 9.5	Z -26	F 80
N25	G00	X 10.5	Z -26	
N26	G00	X 10.5	Z 1	
N27	G00	X 5.5	Z 1	
N28	G01	X 5.5	Z -20	F 120
N29	G01	X 9.5	Z -28	F 80
N30	G00	X 10.5	Z -28	
N31	G00	X 10.5	Z 1	
N32	G00	X 5	Z 1	
N33	G01	X 5	Z -20	F 120
N34	G01	X 9.5	Z -30	F 80
N35	G00	X 10.5	Z -30	
N36	G00	X 10.5	Z 1	
N37	G00	X 9.5	Z -35	
N38	G03	X 9.5	Z -45	F 80 R=10
N39	G00	X 13.5	Z 10	
N40	M05			
N41	M05	T 3		
N42	G00	X 5	Z 1	
N43	M05	180	RPM	
N44	G33	X 4	Z -15	P 1.5

N45	G00	X 13.5	Z 10	
N46	M05	STOP		

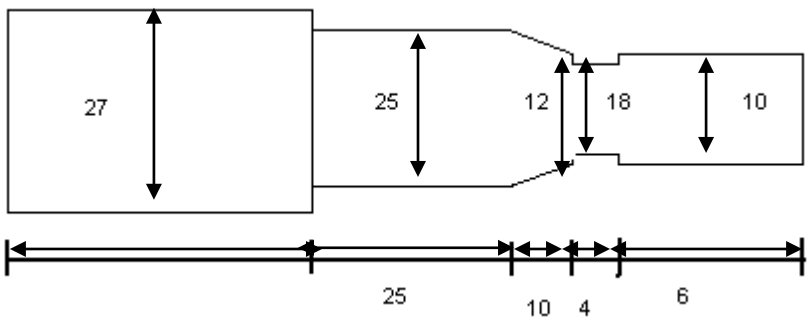
Roscado: Operación de torneado que consiste labrar sobre la periferia de una pieza cilíndrica uno o varios zarcos helicoidales.



M= rosca métrica ISO – MÉTRICA

10 diámetro normal en mm.

1.5 Paso de la rosca en mm



PROGRAMA.

N01	G71			
N02	G90			
N03	G00	X 13.5	Z 10	

N04	M06	T 1		
N05	M03	1000	RPM	
N06	G00	X 13.5	Z 1	
N07	G84	X 12.5	Z -35	F 120
N08	G84	X 11.5	Z -10	F 120
N09	G84	X 10.5	Z -10	F 120
N10	G84	X 9.5	Z -10	F 120
N11	G84	X 8.5	Z -10	F 120
N12	G84	X 7.5	Z -10	F 120
N13	G84	X 6.5	Z -10	F 120
N14	G84	X 6	Z -10	F 120
N15	G00	X 11.2	Z 1	
N16	G00	X 11.2	Z -10	
N17	G01	X 12.5	Z -12	F80
N18	G00	X 13.5	Z -12	
N19	G00	X 13.5	Z -6	
N20	G00	X 10.55	Z -6	
N21	G00	X 10.55	Z -10	
N22	G01	X 12.5	Z -13	F80
N23	G00	X 13.5	Z -13	
N24	G00	X 13.5	Z -6	
N25	G00	X 9.9	Z -6	
N26	G00	X 9.9	Z -10	
N27	G01	X 12.5	Z -14	F80
N28	G00	X 13.5	Z -14	
N29	G00	X 13.5	Z -6	
N30	G00	X 9.25	Z -6	
N31	G00	X 9.25	Z -10	
N32	G01	X 12.5	Z -15	F 80
N33	G00	X 13.5	Z -15	
N34	G00	X 13.5	Z -6	
N35	G00	X 8.6	Z -6	
N36	G00	X 8.6	Z -10	
N37	G01	X 12.5	Z -16	F 80
N38	G00	X 13.5	Z -16	

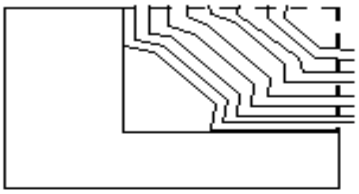
N39	G00	X 13.5	Z -6	
N40	G00	X 7.95	Z -6	
N41	G00	X 7.95	Z -10	
N42	G01	X 12.5	Z -17	F80
N43	G00	X 13.5	Z -17	
N44	G00	X 13.5	Z -6	
N45	G00	X 7.3	Z -6	
N46	G00	X 7.3	Z -10	
N47	G01	X 12.5	Z -18	F80
N48	G00	X 13.5	Z -18	
N49	G00	X 13.5	Z -6	
N50	G00	X 6.65	Z -6	
N51	G00	X 6.65	Z -10	
N52	G01	X 12.5	Z -19	F80
N53	G00	X 13.5	Z -19	
N54	G00	X 13.5	Z -6	
N55	G00	X 6	Z -6	
N56	G00	X 6	Z -10	
N57	G01	X 12.5	Z -20	F80
N58	G00	X 13.5	Z -20	
N59	G00	X 13.5	Z 1	
N60	G84	X 5	Z -10	
N61	G00	X 13.5	Z 10	
N62	M05			
N63	M06	T 7		
N64	G00	X 6		
N65	M03	300	RPM	
N66	G00	X 6	Z -8	
N67	G01	X 4	Z -8	F 20
N68	G00	X 6	Z -8	
N69	G00	X 6	Z -10	
N70	G01	X 4	Z -10	F 20
N71	G00	X 6	Z -10	
N72	G00	X 6	Z 1	
N73	G00	X 13.5	Z 10	

N74	M05			
N75	M06	T 1		
N76	M03	1000	RPM	
N77	G00	X 0	Z 0	
N78	G02	X 5	Z -5	F 80 R 5
N79	G00	X 7	Z -5	
N80	G00	X 13.5	Z 1	
N81	M05			

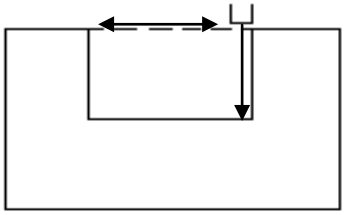
Cuerda 1.5 Pitch 1.0 0.5

180 RPM 280 500

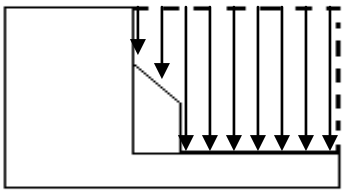
G73 PERFILADO



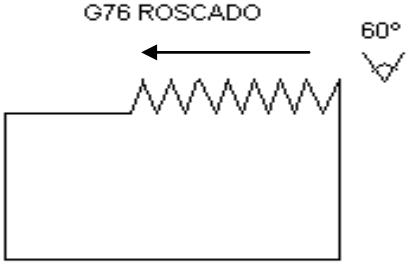
G75 RANURADO Ó CANALADO



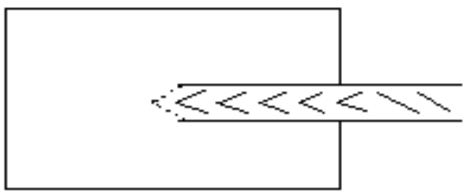
G72 REFRENDADO



G76 ROSCADO



G74 TALADRADO



Tipos de Herramientas.

1. Forjadas Acero 41-40.
2. Barra (buril).
3. De cuchillas.

4. De Boca Postiza.
5. De cara endurecida.
6. Especiales.

Materiales para Herramientas.

1. Aceros rápidos.
2. Aceros de afino.
3. Estelita.
4. Carburos cementados.
5. Aceros al carbono.

1. Aceros rápidos.- Contienen proporciones variables de tungsteno, cromo, vanadio, cobalto y molibdeno. El tungsteno es el elemento más importante, pues proporciona al acero sus cualidades de corte rápido. Entiéndase por cualidades de corte rápido, la dureza al rojo, o sea el poder de conservar su filo hasta la temperatura superior a las 540° C. Dentro de ésta clasificación entran los de tipo buril.

2. Aceros de afino.- Son conocidos como aceros semirápidos. Contienen los mismos elementos que los aceros rápidos. Las herramientas hechas de éstos aceros se utilizan para el torneado a altas velocidades pero con cortes muy ligeros.

3. Estelita. Son aleaciones no ferrosas que contienen de 45% a 55% de Cobalto, 30 a 35% de Cromo y 12 a 17% de tungsteno. Tienen mayor dureza al rojo que los aceros rápidos. La estelita se usa para trabajar hierro fundido, bronce duro y hierro maleable. La estelita debe apoyarse bien y no exponerse a choques o golpes tales como resultan de cortes interrumpidos. Esta herramienta resulta ser muy satisfactoria para cortes fuertes con altas temperaturas.

4. Carburos Cementados.- Estas herramientas se hacen de carburos pulverizados de tungsteno, titanio, tantalio y molibdeno. Con éstas sustancias se mezclan las sustancias de trabazón, tales como cobalto, hierro y níquel. Estas mezclas son lentamente comprimidas para producir formas extremadamente duras. Se usan para tornear hierro fundido, fundición maleable, fundición endurecida, bronce, latón fibras y materiales plásticos.

5. Aceros al carbono.- Su costo de éstas herramientas son las más económicas y se usan a pequeñas velocidades porque pierden su dureza a 300° C. Contienen carburo pulverizado, tungsteno, titanio, tantalio y molibdeno, mezclado con cobalto, hierro y níquel.

Selección de la herramienta

1. Material de la pieza a trabajar
2. Tipo de operación a llevar a cabo
3. Profundidad de corte
4. Avance
5. Velocidad de corte

Símbolos usados en la programación de fresadoras Starmill de C.N.C.

N: Es el número de instrucción.

X, Y, Z. Posiciones del cortador.

G: Funciones preparatorias, se acompañan de los números que van de GOO al G99.

F: Dirección referente al avance.

-Avance por revolución

-Avance por minuto

S: Velocidad de rotación del husillo (r.p.m.)

T: Herramienta que se utiliza.

I: Distancia incrementa! para el eje x.

J: Distancia incremental para el eje y.

K: Distancia incremental para el eje z.

P: Mil veces el retardo en segundos.

K: Número de repeticiones.

Q: Valor de la profundidad de corte.

Códigos "G" para fresadora.

GOO.-Posicionamiento (desplazamiento rápido).

GOL-Interpolación lineal (corte lineal).

G02.-Interpolación circular (sentido horario: hacia donde van las manecillas del reloj).

G03.-Interpolación circular (sentido antihorario).

G04.-Extensión (pausa o paro exacto).

G1O.-Establecirniento de los datos.

G11.-Cancelación del establecimiento de los datos.

G17.-Selección del plano X, Y.

G18.-Selección del plano Z, X.

G19.-Selección del plano Y, Z.

G20.-Introducción de datos en pulgadas.

G21 .-Introducción de datos en metros.

G28.-Regreso al punto de referencia.

G40.-Cancelación de la compensación del cortador.

G41.-Compensación automática del radio de la nariz de la herramienta a la izquierda.

G42.-Compensación automática del radio de la nariz de la herramienta a la derecha.

G43.-Compensación de longitud de la herramienta en la dirección.

G44.-Compensación de longitud de la herramienta en la dirección.

G49.-Cancelación de la compensación de longitud de la herramienta en la dirección.

G50.-Cancelación de la escala.

G51.-Escala.

G73.-Ciclo de Fresado en trazos cortos.

G74.-Ciclo de contraaterrajamiento.

G76.-Barrenado fino.

G80.-Cancelación de encerrado.

G81.-Ciclo de Fresado, barrenado de puntos.

G82.-Ciclo de Fresado, contrabarrenado.

G84.-Ciclo de aterrajamiento.

G90.-Sistema absoluto.

G91.-Sistema incremental.

G94.-Alimentación por minuto.

G95.-Alimentación por rotación.

UNIDAD IV: SISTEMAS DE MANUFACTURA DE CLASE MUNDIAL.

Objetivo General:

El alumno identificará las características distintivas de un sistema de Manufactura de Clase mundial; así como las posibles estrategias que faciliten el acceso a ese tipo de escenarios a una empresa.

Objetivo del aprendizaje:

El alumno deberá conocer y comprender los orígenes de la manufactura esbelta; entender la importancia de la corriente Fordista y Toyota; además de las herramientas operativas a emplear en dichas corrientes manufactureras.

4.1 El nacimiento de la manufactura esbelta

La historia inicia con sakichi Toyota, visionario e inventor, parecido a Henry Ford, en 1894, Toyota inicio la fabricación de telares manuales, los cuales eran baratos, pero requerían de mucho trabajo. Su deseo era crear una máquina que pudiera tejer la tela, y esto lo llevo a hacer muchos experimentos con los que, intentando una y otra vez, logro conseguir lo que quería. Realizando este trabajo, de prueba y error, genero la base Toyota way, el Genchi Genbutsu (ir/observar/entender). Más tarde, fundó la compañía Toyota automatic loom Works, empresa que aún forma parte del corporativo Toyota hoy en día 2004.

Uno de sus inventos fue un mecanismo especial que detenía de manera automática el telar cuando un hilo se trozaba, invento que se convertiría en uno de los pilares del sistema de producción Toyota, llamado Jidoka (automatización con toque humano).

Después de vender la patente de la máquina a una compañía inglesa, en 1930 sakichi y su hijo iniciaron la construcción de Toyota motor company. Sakichi, más que hacer dinero con la compañía, deseaba que su hijo, kiichiro, dejara una huella en la Industria Mundial, tal como él lo había hecho con sus maquinas de hilar. Kiichiro, después de estudiar en la prestigiosa Universidad Imperial de Tokio la carrera de Ingeniería Mecánica, siguió los pasos de su padre: aprender haciéndolo por sí mismo en el piso de producción.

Kiichiro construyo Toyota con la filosofía de su padre, pero agrego sus propias innovaciones. Por ejemplo, la técnica Justo a Tiempo (just in time, JIT), que fue su contribución. Sus ideas fueron influenciadas por sus visitas a la planta de Ford en Michigan; así como el sistema de supermercados americanos para surtir los productos en los estantes justo a tiempo, conforme los utilizaban los operadores en la línea de producción. Como se sabe, estas fueron las bases pará el kanban.

Después de la Segunda Guerra Mundial, en la que Japón perdió y estados unidos ocupo ese país, kiichiro pensó que cerrarían su planta, pero los americanos necesitaban camiones para construir el país. La economía se mejoro durante la ocupación, pero la inflación impedía que los clientes compraran un carro. Esto provoco que se les recortara el sueldo a los empleados en un 10 por ciento, lo cual fue parte de la negociación con el sindicato, con el fin de mantener la política de kiirichiro en contra del despido de empleaos.

Pero debido a la bancarrota y a las peticiones de retiros voluntarios hechas a los empleados, kiichiro acepto su responsabilidad por haber fallado en la compañía automotriz y se resigno como presidente, aunque los

problemas estuvieran fuera de su alcance. Su sacrificio personal ayudo a calmar el descontento de los trabajadores, además de que tuvo un profundo impacto en la historia de Toyota: todos en la compañía saben lo que hizo y porque. La filosofía de Toyota hasta estos días es pensar más allá de los beneficios individuales; es pensar a largo plazo por el bien de la compañía; así como tomar la responsabilidad de los problemas. Kiichiro predico con el ejemplo.

Pero fue Eiji de Toyota, sobrino de sakichi y primo de kiichiro, quien termino de construir la compañía. También estudio Ingeniería Mecánica en la Universidad Imperial de Tokio. Eiji creció creyendo que la única manera de hacer las cosas es haciéndolas por sí mismo. Con el tiempo, se volvió el Presidente de la Compañía. Eiji jugó un papel clave en la selección y el empoderamiento de los líderes que conformarían el sector de betas, manufactura, desarrollo de producto y, lo más importante, del Sistema de Producción Toyota.

En Toyota siempre se ha pensado en cómo enseñar y reforzar el sistema que llevo a los fundadores de la compañía a trabajar, para verdaderamente innovar y pensar profundamente acerca de los factores actuales que constituyen los problemas. Este es el legado de la familia Toyota.

4.1.1 Eventos de la manufactura a través de la historia

Para llegar a lo que la manufactura esbelta es hoy en día, han sucedido una gran cantidad de eventos. Toyota no descubrió el hilo negro; simplemente supo coordinar, unir y trabajar ciertas metodologías y técnicas de una forma disciplinada, con el fin de disminuir los desperdicios dentro de su proceso productivo. Además, basándose en el trabajo duro y el esfuerzo de la mejora continua día con día, logro crear el sistema de producción Toyota, que es lo que realmente hace grande a la empresa.

En la siguiente tabla, se mencionan los eventos de manufactura que, de una u otra forma, han influido en el sistema que cambio al mundo.

FECHA	EVENTO
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 del telar y posibilita La fabricación de tejidos más anchos.
1765	James Hargreaves inventa la máquina de hilar.
1765	James Watt inventa la máquina de vapor.
1776	Adam Smith publica Wealth of nations, introduciendo la noción sobre la división del trabajo y la invisible mano del capitalismo.
1776	James Watt vende su primera máquina de vapor.
1781	James Watt inventa el sistema para producir el movimiento rotacional para subir y bajar de la máquina de vapor.
1793	Primera máquina textil en América establecida en Pawtucket, RL.
1801	Eli Whitney es contratado por el Gobierno de Estados Unidos para producir mosquetes, usando un sistema de partes intercambiables.
1814	Se estableció un complejo textil en Waltham, Wa.
1832	Charles Babbage public On the economy of machinery and manufactures, lidiando con las Organizaciones y Costos Producidos por las fábricas.
1854	Daniel C. McCallum desarrollo e implemento el primer Sistema Administrativo a gran escala en una Organización en nueva york y en Erie railroad.
1870	Marshall Field hace uso de las vueltas del inventario como medible de las ventas al por menor.
1894	Sakichi Toyota inventa una máquina para hilar.
1908	Henry Ford hace le modelo T.
1908	Frederick Taylor publica su texto The principles of scientific management.
1913	Henry Ford introduce la primera línea de ensamble automotriz en Highland Park, Ml.
1913	Ford W Harris publica el articulo "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.
1926	Sakichi Toyota inicia Toyota Automatic Loom Works.
1930	Sakichi y kiichiro Toyota inician la construcción de Toyota Motor Company.
1930	Los lideres 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 Toyota 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 Orlick 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	Shoichiro Toyota, presidente de Toyota, aprueba el acuerdo con General Motors para la creación de new united manufacturing, Inc. (NUMMI).
1991	Womack, et al. Publican el libro the machine that changed the world.
1996	Jim Womack y Daniel Jones publican el libro Lean Thinking.

Tabla 27. Fuente (Villaseñor, 2007)

4.1.2 Sistema de producción esbelto.

¿Porque producción esbelta?

Producción esbelta, también conocida como sistema de producción, Toyota quiere decir hacer más con menos tiempo, menos espacio, menos esfuerzos humanos, menos maquinaria, menos materiales, siempre y cuando se le esté dando al cliente lo que desea. Dos importantes libros popularizaron el termino de esbelto (lean).

- The machine the changed the world, de James Womack, Daniel Jones y Daniel Roos, publicado en 1991 pos Simon & Schuter.
- Lean Thinking, de James Womack y Daniel Jones, publicado en 1996 pos Simon & Schuster.

Ellos fueron los que bautizaron al sistema con el nombre de Lean Manufacturing (Manufactura esbelta, traducido al español), y es un Conjunto de Técnicas de Toyota había venido trabajando en su plantas de décadas, con el fin de eliminar desperdicios dentro de los procesos de producción.

4.1.2.1 El principio de la reducción de costos.

Los clientes constantemente tienen a las compañías bajo presión para reducir los cotos 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 se 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 usted no tendrá la ganancia que espera. Bajo estas circunstancias, el único camino para obtener ganancia es eliminando desperdicios de sus procesos, por lo tanto, reduciendo costos (tapping, et, al., 2002).

Determinando el precio que el cliente está dispuesto a pagar, y restando el costo, se puede determinar cuál será su ganancia (ganancia = precio – costo). Los clientes frecuentes establecen los precios y también demandan la disminución de estos. Por eso es tan importante la eliminación de desperdicios, ya que es la base para maximizar las ganancias.

4.1.2.2 Valor agregado.

Cuando se aplica el sistema de producción Toyota, se inicia examinando los procesos de manufactura desde el punto de vista del cliente. La primera pregunta en este sistema de producción siempre es: ¿Qué es lo que el cliente espera en este proceso? (Tanto para el cliente del siguiente proceso dentro de la línea de producción, como para el cliente externo). Esto se define como valor. A través de los ojos del cliente, puede observarse un proceso y separara

los pasos que agregan valor de los que no. Se puede aplicar a cualquier proceso (manufactura, información o servicio).

Tomemos como ejemplo el proceso para pintar un mueble. Los operadores realizan muchos pasos pero generalmente solo un pequeño número de estos agregan valor al producto. En este caso, solo los tres pasos agregan valor. Algunos de los que no agregan valor son necesarios, por ejemplo, el secado del mueble. El punto es minimizar el tiempo que se gasta en operaciones que no agregan valor mediante el acomodo de herramientas, equipos y materiales tan cerca como sea posible dentro del proceso.

Después de conocer que es lo que agrega valor al producto o servicio, podemos pasar a ver que es el desperdicio.

4.1.2.3 Desperdicio

Toyota ha identificado siete tipos de desperdicios que no agregan valor al proceso de manufactura, los cuales se describen a continuación

Esto también se puede aplicar dentro del desarrollo de un producto y en la oficina, no solo en la línea de producción.

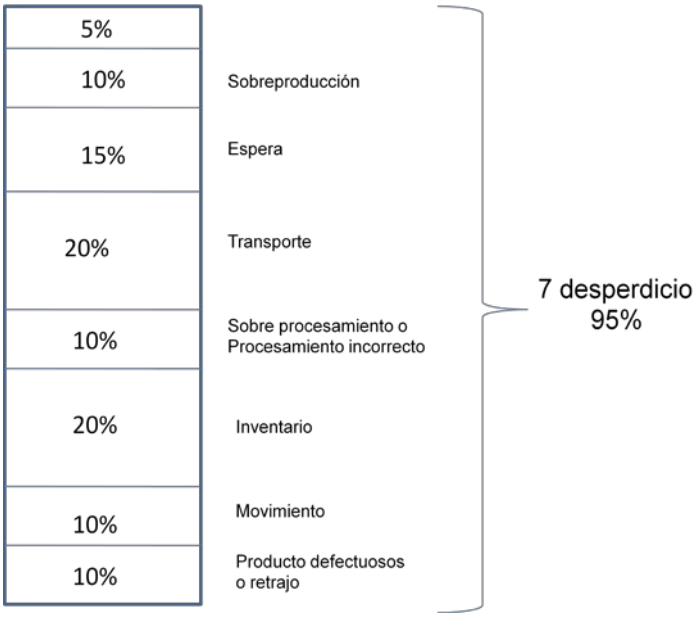


Figura 37. Fuente (Villaseñor, 2007)

El objetivo primordial de la manufactura esbelta es minimizar el desperdicio. Muda (palabra japonesa cuyo significado es desperdicio), es todo aquello que no se agrega valor y por lo cual el cliente no está dispuesto a

pagar. Dentro de los desperdicios, se tiene una clasificación de siete diferentes tipos.

Sobreproducción. Producir artículos para los que no existen órdenes de producción; esto es producir producto antes de que el consumidor lo requiera, lo cual provoca que las partes sean almacenadas y se incremente el inventario, así como el costo de mantenerlo.

Espera. Los operadores esperan observando las máquinas trabajar o esperan por herramientas, partes, etc., es aceptable que la máquina espere al operador, pero es inaceptable que le operador espere a la máquina o a la materia prima.

Transporte innecesario. El movimiento innecesario de algunas partes durante la producción es un desperdicio. Esto puede causar daños al producto o a la parte, lo cual crea un retrabajo.

Sobreprocesamiento o procesamiento incorrecto. No tener claro los requerimientos de los clientes causa que en la producción se hagan procesos innecesarios, los cuales agregan costos en lugar de valor al producto.

Inventarios. El exceso de materia prima, inventario en proceso o productos terminados causan largos tiempos de entrega, obsolescencia de productos, productos dañados, costos por trasportación, almacenamiento y retrasos. También el inventario oculta problemas tales como producción desnivelada, entregas retrasadas de los proveedores, defectos, tiempos caídos de los equipos y largos tiempos de set-up. Al mismo tiempo se necesita personal para cuidarlo, controlarlo y entregarlo cuando sea necesario.

Movimientos innecesarios. Cualquier movimiento innecesario hecho por el personal durante sus actividades, tales como mirar, buscar, acumular partes, herramientas, etc. caminar también puede ser un desperdicio.

Productos defectuosos o retrabajos. Producción de partes defectuosas. Reparaciones o retrabajo, scrap, reemplazos en la producción e inspección significan manejo, tiempo y esfuerzo desperdiciado.

Dentro de las categorías existen muchos otros tipos de desperdicio más específicos. Para definir desperdicios y entender como asignarlo, es de gran ayuda pensar en tres niveles. El nivel uno es para los grandes desperdicios. Los de este nivel son relativamente fáciles de ver y trabajar en ellos puede generar un gran impacto. El nivel dos es sobre los desperdicios de proceso y métodos; y, en el nivel tres, están los desperdicios menores dentro del proceso.

NIVEL UNO GRANDES DESPERDICIOS	NIVEL DOS. DESPERDICIOS DE PROCESOS Y METODOS	NIVEL TRES. DESPERDICIOS MENORES EN LOS PROCESOS
Trabajo en proceso •Pobre layout de la palnta •Rechazos •Retrabajo •Producto dañado •Tamaño del contenedor •Tamaño de lote •Pobre iluminacion •Equipo sucio •El material no se entrega en los puntos que se requiere	Cambios entre productos muy largos •Pobre diseño del lugar de trabjo •Falta de mantenimiento •Almacenes temporales •Problemas con los equipos •Metodos inseguros	Surtir y alcanzar •Doble manejo •Caminar en exceso •Producir para lamacenar •Trabajo en papel •Velocidad de produccion y alimentacion de materiales

Tabla 28. Fuente (Villaseñor, 2007; 22)

Quitando los grandes desperdicios se logra exponer y llegara los demás tipos.

4.1.3 Manufactura en masa vs. Lean Manufacturing.

Aspecto	Manufactura en masa	*Lean Manufacturing*
Sistema	Se maneja desde arriba.	Se maneja por equipos.
Objetivo	Maximizar el uso del equipo.	Maximizar el uso de mano de obra y el sistema en general.
Capacidad	Se alcanza con unas pocas líneas de transferencia de alta capacidad.	Se alcanza con células de trabajo, múltiples, flexibles y de bajo volumen.
Recursos	Minimiza el número de máquinas compradas.	Compra máquinas diseñadas para operar a la velocidad que pide el tiempo *takt.*
Forma de producción	Líneas diseñadas para maximizar el uso de máquinas y minimizar el uso de mano de obra directa.	Células de manufactura diseñadas de acuerdo al tiempo *takt.*
Decisión final	Se basa en la inversión de capital.	Se basa en el costo total.
Capacidad-volumen	Predicciones y fijas.	Flexible y en costos no lineales.
Labor variable	Dependiente del volumen.	Independiente del volumen.
Justificación de incrementos en las líneas de producción	Grandes volúmenes.	Pequeños cambios de volúmenes.
uso de bandas Transportadoras	Al máximo.	Al mínimo.
Automatización	Por capacidad, uso de mano de obra y seguridad.	Por calidad, ergonomía y seguridad.
Ritmo de producción	Líneas de transferencia hechas a un estimado programado.	Las células producen para cubrir faltan-tes en un sistema *"pulí"* (jalar).
Compra de materiales	Por pronósticos.	Tipo *"pulí",* utilizando dos contenedores.
Operación	Lenta, lo cual limita la producción.	Todas las estaciones balanceadas a tiempo *takt.*
Volumen	Se ajusta quitando o poniendo turnos de trabajadores.	Se ajusta quitando o poniendo operadores a un costo fijo.
Operadores	Tienen puestos y tareas fijas.	Flexibles, pueden hacer ciclos y hacer varias operaciones.
Verificado de la calidad	En una estación de inspección posterior.	En la estación con retroalimentación inmediata.
Corridas	Largas, para reducir el tiempo de *set-up.*	Cortas, para optimizar los requerimientos del cliente.

Duración del *set-up*	Largos tiempos de *set-up.*	Cambios rápidos y más frecuentes.
Localización de operadores	Separados por distancia y por equipos.	Estaciones de trabajo y equipos lo más juntos posible.
Visualización del proceso	Estatus del proceso difícil de ver.	Uso de manejo visual para asegurar el fácil reconocimiento de problemas.
Mano de Obra	Balanceada, para optimizar el tiempo de ciclo.	Balanceadas al tiempo *takt* (demanda del cliente).
Variabilidad del proceso	"Colchones" en operaciones limitantes para reducir la incertidumbre.	Opera con una pieza entre estaciones y asegura que los procesos y equipos sean confiables.

Tabla 29. Fuente (Manual de lean manufacturing 2002)

4.1.4 Orígenes de Lean Manufacturing (Manufactura Esbelta).

La Manufactura esbelta surgió de la Compañía Toyota como una forma de producir, con la cual se buscaba tener una menor cantidad de desperdicio y una competitividad igual a la de las Compañías Automotrices Americanas. Con el paso del tiempo, este sistema logra superar la productividad de dichas compañías, convirtiéndose ahora en el modelo a seguir.

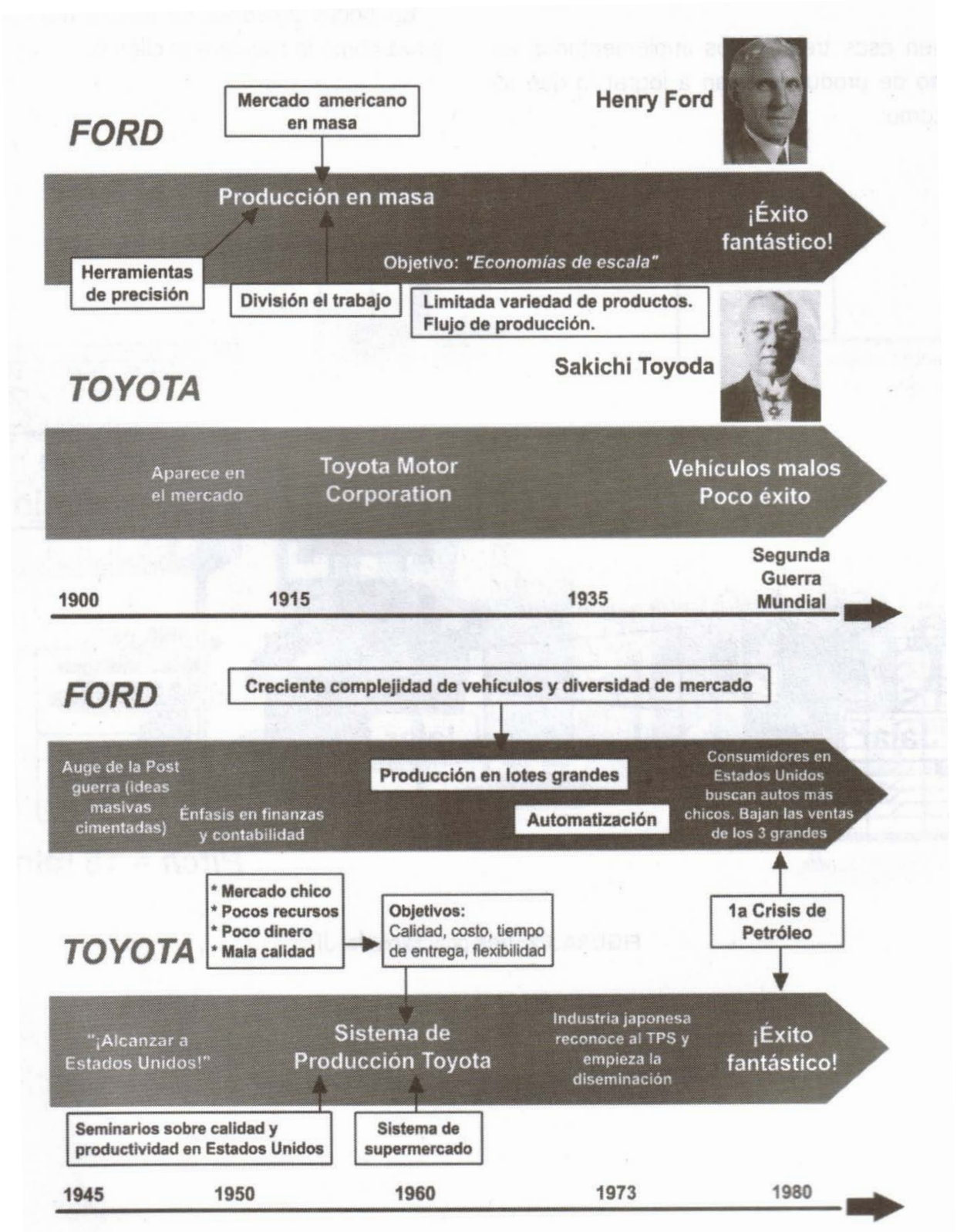


Figura 38. Fuente (Villaseñor, 2007)

4.1.5 Tres fases de la aplicación de Lean.

Al implementar Lean, es de mucha ayuda agrupar los conceptos de Lean en tres estados o pasos:

1. Demanda.
2. Flujo.
3. Nivelación.

Las herramientas y técnicas a utilizar con cada estado son las siguientes:

1. Demanda del cliente. Entender la demanda del cliente para cada uno de los productos, incluyendo características de calidad, tiempos de entrega y precio.
2. Flujo. Implementar flujo continuo en toda la planta, tanto para clientes internos como externos, los cuales deben recibir el producto correcto, en el tiempo correcto y en la cantidad correcta.
3. Nivelación. Distribuir el trabajo equitativamente por volumen y variedad, reduciendo inventarios de producto terminado y en proceso, permitiendo poder trabajar con órdenes pequeñas para el cliente.

Se recomienda implementar Lean Manufacturing en el orden indicado, ya que muchas personas toman herramientas existentes y quieren implementarlas en cualquier momento. Estas personas por lo general no obtienen los beneficios que buscan.

Figura 39. Fuente (Villaseñor, 2007)

4.1.6 Mejoramiento tradicional en el proceso vs. Mejoramiento de la manufactura esbelta.

Tradicionalmente, el mejoramiento en el proceso se enfocaba en identificar eficiencias locales, *ve a ver qué equipos, los proceso que agregan valor y mejora el tiempo en que se trabaja, haz el ciclo más rápido o reemplaza a la persona con equipo automatizado*. El resultado podía tener un significativo porcentaje de mejora para estos procesos individuales, pero tenían un pequeño

impacto sobre la cadena de valor. Esto es especialmente cierto debido a que en muchos procesos hay relativamente poco pasos que agregan valor; entonces, mejorar estos pasos no generan un gran impacto. Sin el pensamiento esbelto (lean thinking), muchas personas no pueden ver la gran cantidad de oportunidades que tiene para reducir desperdicios con solo trabajar y disminuir los paso que no agregan valor.

En el mejoramiento de la manufactura esbelta, el mayor avance viene porque muchos de los pasos que no agregan valor se elimina. En la manufactura esbelta, una célula consiste en un arreglo de personas, máquinas o estaciones de trajo en una secuencia de procesos. Se crea una célula con el fin de facilitar el flujo de una pieza (one- piece flow) 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.

La última meta de la manufactura esbelta es la aplicación ideal del flujo de una pieza para todas las operaciones, desde el diseñar el producto hasta el lanzamiento, toma de órdenes y producción. Pero se debe tener cuidado, y que la manufactura esbelta no es solo hacer células por toda la planta, sino que existen lugares en donde se deben aplicar que diferente manera las técnicas para obtener el flujo de una pieza al que se busca llegar. Como se dice por ahí *nada con exceso todo con medida*.

Para finalizar este punto se muestra a continuación una tabla en donde se compara la manufactura esbelta con la producción en lotes.

4.2 Organización Japonesa (Toyota).

Esta forma de organizar la producción tiene sus orígenes en los años 50´s donde se empieza a plantear la posibilidad de entrar a mercado mundial desde una óptica nueva en donde partiendo de las ideas básicas del fordismo se enriquecieran con aspectos no considerados por este, como sería la calidad de los productos y la delegación de la responsabilidad de la tarea al trabajador. Así mismo, la organización japonesa tiende a ver e mercado, buscando con esto eliminar en lo posible los almacenes (en el sistema de producción fordista siempre se trabaja contra almacén en todas sus fases) y tener ahorros por este concepto así como por el trabajo hecho bien a la primera vez.

El siguiente concepto que se plantea es dar a la empresa la capacidad de adaptarse a las condiciones cambiantes del mercado, es decir, dar una cierta flexibilidad, con lo que se consigue una ventaja adicional con respecto a las empresas que cuentan con una organización fordista clásica.

Todas esta ideas se empiezan a desarrollar, como se menciona, en la década de los 50´s y se empieza a ver su viabilidad en la década de los 70´s con la crisis de los energéticos, en donde las empresas japonesas salen más rápido de la crisis y empiezan a producir productos que dan respuesta a éste problema de energéticos. Los dirigentes políticos occidentales, viendo ésta ventaja de sus competidores japoneses, empiezan a aplicar mayores aranceles a los productos importados, esperando que con esto las empresas occidentales reduzcan su desventaja competitiva. A su vez, las empresas japonesas ponen en funcionamiento el Justo a Tiempo y a mediados de los 80´s, pueden cambiar nuevamente esta situación desventajosa, generando por consiguiente una crisis permanente en occidente en aquellas áreas en donde ellos están trabajando.(México no es inmune a esto y desde 1982 la crisis se ha ido agravando, por lo tanto el gobierno mexicano responde con la reducción salarial a los trabajadores, medida ésta que dentro de nuestro punto de vista es mas recesiva; ya que elimina el mercado interno y la consiguiente salida de las empresas).

¿Cuáles son las características que distinguen a éste modelo de producción?

1. Aplicación de método Kanban (método de gestión de los efectivos por las existencias), el consiste en jalar a producción, es decir, producir en base a las ventas hechas.
2. Dirección por los ojos.
3. Se busca que la fábrica sea delgada, transparente y flexible.
4. Se rompe con el paradigma de productividad según el cual la velocidad de operación del obrero individual en su puesto es la que rige la eficacia e conjunto del sistema.
5. Se busca la ganancia de productividad a falta del incremento de dimensiones y economía de escala.
6. Se busca la automatización de operaciones como un medio para a toma a tiempo real de las decisiones.
7. Se busca desarrollar e oficio como forma de lograr una mayor integración con el trabajo.
8. La polivalencia y pluriespecialización de las operaciones por parte del técnico (se trata de desterrar la máxima figura del obrero especializado).
9. Los encargados de la producción son responsables de la vigilancia y del mantenimiento de las máquinas.
10. Los responsables de los puestos de trabajo tienen la responsabilidad del control de calidad de los productos.
11. Se busca la realización de tareas variadas como son fabricación, reparación, control de calidad y programación.

12. Reasociación de las tareas de programación con las tareas de fabricación.
13. Concebir instalaciones en forma de *U* que permitan la linealización de líneas de producción.
14. Calcular permanentemente los estándares de operación que se asignan a los trabajadores.
15. Implantación de los dispositivos Poka Yoke con el objeto de prevenir el error, hacerlo casi imposible (Poka Yoke son los auxiliares de la automatización).
16. El trabajo en la fábrica se ejecuta en tiempos *compartidos*, la administración de conjunto también debe desplegarse de un modo *compartido*.
17. La organización de la empresa es horizontal.
18. Sus relaciones laborales se caracterizan por:
    i. Empleo de por vida.
    ii. El salario a la antigua.
    iii. Sindicalismo de empresa.
19. Capacitación de los recursos humanos de acuerdo al perfil y al área de trabajo. Con lo que se obtiene la ganancia de productividad.
20. Se ofrece al trabajador una verdadera carrera profesional apoyada en una política de valorización sistemática de sus conocimientos prácticos y sus componentes.
21. Se hace mucho hincapié en el subcontratismo como un medio de lograr el justo a tiempo y su flexibilidad.
22. Las relaciones laborales se basan en un sindicato de empresas en donde este tiene acceso a las decisiones que conciernen al funcionamiento de la misma.

Ahora bien, desde principios de la década de los 90´s, las empresas occidentales que son líderes en su ramo han tenido que reconocer la pérdida de ventajas competitivas de éstas sobre las empresas japonesas. Han buscado eliminar esta falta de productividad; primero tratando de adoptar estas técnicas a sus sistemas productivos encontrándose con la problemática de que muchos conceptos no son entendidos y otros requieren de mucho tiempo para implementarse, por lo que no los hace viable para aplicarse. Por lo que han intentado desarrollar otras forma de organización que tenga como su centro el uso intensivo de la computadora. Lo que ha dado como resultado la propuesta por parte de la Asociación de Ingenieros en Manufactura de organizar a la empresa bajo un concepto de CIM (Manufactura Integrada por Computadora).

4.2.1 El sistema de producción Toyota y el sistema esbelto.

El sistema de producción Toyota es el enfoque de esta organización acerca de la manufactura. Esta es la base para la *producción esbelta*, que ha venido dominando las tendencias de la manufactura (junto con el seis sigma) en los últimos 10 años (liker 2004).

En muchas compañías en donde la manufactura esbelta se ha implementado los gerentes de la planta o dueños de la compañía no se han involucrado día a día con las operaciones y el mejoramiento continuo, lo cual es parte importante del sistema lean. Esto provoca que la gente nunca haga suyo el sistema que se trata de implementar, sino que, por el contrario, lo tomen como una imposición. El método de Toyota es muy diferente. Entonces, no se puede decir que ser una empresa esbelta es el resultado de aplicar el Sistema de producción Toyota en todas las aéreas de negocio.

La manufactura esbelta tiene un proceso de 5 pasos (womack y Jones, 1996):

1. Definir que agrega valor para el cliente.
2. Definir y hacer el mapa de proceso.
3. Crear flujo continuo.
4. Que el consumidor “jale” lo que requiere.
5. Esforzarse por la excelencia y alcanzar la perfección.

Por ser una empresa esbelta se requiere una forma de pensar que se enfoque en hacer que el producto fluya a través del proceso que le agrega valor sin interrupciones (flujo de una pieza); un sistema que *pull* (jale) de las estaciones de trabajo anteriores (proceso anterior), iniciando desde el cliente y continuando, de la misma manera, con las estaciones de trabajo anteriores. Todo esto debe realizarse en periodos cortos de tiempo (varias veces al día), y crear una cultura en donde todos estén comprometidos con el mejoramiento continuo.

Las condiciones de Toyota llevaron a la empresa ser flexible, y esto la encamino a hacer un descubrimiento crítico: cuándo se tiene tempos de entrega cortos y se enfoca en mantener líneas de producción flexibles se comienza a obtener alta calidad, consumidores más sensibles, mejor productividad y una mejor utilización de equipo ye espacio.

La filosofía del sistema de producción Toyota a lo largo de su lucha contra los desperdicios, ha tenido que dar cuenta de los siguientes puntos:

- Frecuentemente, lo mejor que se puede hace es detener una máquina y para de producir partes defectuosas.
- Usualmente, lo mejor para hacer un inventario de productos terminados en orden es nivelar la programación de la producción, mejor dicho,

producir acorde a la fluctuación de la demanda, conforme a las órdenes de los clientes.

- Tal vez no sea una prioridad mantener a los trabajadores ocupados haciendo partes lo más rápido que pueden.

Taiichi ohno, al aprender de sus experiencias durante sus recorridos en el piso de producción, pudo identificar las actividades que agregan valor, desde la materia prima hasta que se convierten en producto terminado para el cliente. El aprendió recorriendo los procesos, desde que es materia prima hasta ser un producto terminado por el cual el cliente está dispuesto a pagar. Esto llevo a Toyota a tener una solución y eliminar los problemas que provocan los desperdicios.

La única cosa que agrega valor en cualquier tipo de proceso, ya sea de manufactura, marketing, o desarrollo de proceso, es la transformación física o informativa de los productos, servicios, o actividades en algo que se desea el cliente. Es por eso que el sistema de producción Toyota inicia con el cliente, pues el pone el dinero y mantiene el negocio.

4.2.2 Los 14 principios del Sistema de producción Toyota.

Según Liker (2004) estos son los 14 principios:

Filosofía de largo plazo

1. Base sus decisiones administrativas y gerenciales en la filosofía de largo plazo, aun a expensas de las metas financieras de corto plazo.
   El proceso correcto produce resultados correctos.
2. Cree un proceso de flujo continuo para que los problemas salgan a la superficie.
3. Use un sistema tipo pull para evitar el desperdicio de sobreproducción.
4. Nivele la carga de trabajo (heijunka).
5. Construya en su organización sistemas que detengan y resuelvan los problemas para fabricar productos de calidad a la primera.
6. Estandarice las tareas y capacite a su personal para lograr el mejoramiento continuo.
7. Use control visual para que no se escondan los problemas.
8. Utilice equipos confiables; pruebe cuidadosamente la tecnología que sirve al proceso y a la gente.
   Agréguele valor a su organización desarrollando a su gente y a los socios.
9. Desarrolle líderes que entiendan detalladamente el trabajo, vivan esta filosofía y enseñen a otros.
10. Desarrolle gente y equipos excepcionales que sigan la filosofía de la compañía.

11. Respete a sus socios y proveedores y ayúdelos a mejorar por medio de retos a alcanzar.
    Continuamente resuelva los problemas de raíz y haga una organización que aprenda.
12. Vea y observe cuidadosamente la situación por usted mismo.
13. Tome decisiones por consenso en forma lenta. Considere cuidadosamente todas las opciones, pero impleméntelas rápidamente.
14. Conviértase en una organización que aprende a través de una reflexión implacable y un mejoramiento continuo.

4.2.3. Desarrollo del sistema de producción Toyota, el sistema que cambio al mundo.

Eiji Toyota regreso de un viaje por los Estado Unidos, en donde, en lugar de regresar impresionado con los sistemas de producción, veía aéreas de oportunidad dentro de los procesos, y, entonces, llamo a su oficina a taiichi ohno. Calmadamente, se le asigno a taiichi una nueva actividad: mejorar el proceso de manufactura Toyota hasta igualarlo con la productividad de Ford. Según los paradigmas de la producción en masa de esos días, eso era casi imposible para la pequeña Toyota.

Toyota requería adaptar el proceso de manufactura de Ford a sus propios procesos para llegar a obtener una alta calidad, bajo costos, tiempos de entrega cortos y flexibilidad.

En la tabla se puede ver las diferencias que tenía los dos sistemas de 1950.

Ford	Toyota
Estaba diseñado para producir grandes cantidades de un número limitado de modelos.	Necesitaba producir volúmenes bajos de diferentes modelos usando la misma línea de ensamble, porque era lo que demandaba el consumidor en el mercado de autos. Los niveles de demanda eran bajos como para tener una línea exclusiva para cada modelo.
Tenía capital y muchos recursos económicos, así como un mercado internacional y nacional que cubrir.	No tena dinero y tenía que operar en un país pequeño, con pocos recursos y capital. Necesita hacer girar el dinero rápidamente (desde recibir la orden hasta el cobro).
Tenía cadena de suministros completa.	No contaba con cadenas de suministro.

15. Tabla 30. Fuente (Villaseñor, 2007; 14)

Afortunadamente para ohno, la tarea que eiji había asignado no significaba competir con Ford. El solo le pidió que se enfocara ene el mejoramiento de los procesos de Toyota dentro del mercado japonés.

Entonces Ohio hizo benchmarking de las plantas de estados unidos y también estudio el libro today and tomorrow de Henry Ford. Después de todo, uno de los puntos que ohno creía que Toyota necesitaba era un flujo continuo, y el mejor ejemplo que había en ese entonces era la línea de ensamble Ford.

Toyota no contaba con la capacidad para ensamblar esa cantidad de autos ni un mercado igual al de los Estados Unidos como para tener un línea de ensamble como la de Ford en Highland park, pero sin lugar a dudas, estaban decididos a usar la idea original de Ford sobre flujo continuo de los materiales entre los procesos y desarrollar un sistema con el flujo de una pieza entre estaciones, que les permitiera ser lo suficientemente flexibles como para cambiar conforme a la demanda del consumidor y, además, ser eficientes.

Junto con las lecciones de Henry Ford, el sistema de producción Toyota tomo prestadas muchas ideas de estados unidos. Una muy importante fue el concepto del *sistema pull (jalar)*, el cual fue retomado de los supermercados en Norteamérica. En cualquier supermercado, los artículos individuales se surten conforme estos disminuyen su número dentro del estante, según como la gente los va consumiendo. Aplicar esto en el piso de producción significa que dentro del proceso no se debe hacer nada (abastecer lo) hasta que el próximo proceso use lo que originalmente había surgido (hasta baja a una pequeña cantidad *inventario de seguridad*). En el sistema de producción Toyota, cuando el inventario de seguridad está en su nivel mínimo, entonces se manda una señal para surtir las partes (esto es mejor conocido como kanban). Lo anterior crea un *jalón*, el cual continua en cascada hacia atrás para iniciar con el ciclo de de manufactura. Sin el sistema jalar, el justo a tiempo (JIT), uno de los pilares del sistema de producción Toyota, no sería posible (el otro es el jidoka, hacerlo con calidad).

Toyota también tomo las enseñanzas del pionero americano de la calidad W. Edwards Deming, quien consideraba que solo había dos tipos de clientes: los externos y los internos. Cada persona dentro de la línea de producción, o en los negocios, debería ser tratada como “cliente” y eso implica darle lo que exactamente necesitaba, ene el tiempo que lo requería. Esto fue el origen del principio de Deming, *el siguiente proceso es el cliente*. Esto se volvió una expresión importante en el JIT.

Deming alentó a los japoneses a que adoptaran el sistema para la resolución de problemas, que mas tarde se convertiría en el ciclo de Deming o el ciclo de Planear-Hacer-Revisar-Actuar (PDCA, por su s siglas en inglés), como piedra angular del mejoramiento continuo. El termino japonés para el

mejoramiento continuo con la base en la generación e implementación de ideas es kaizen, el cual ayuda a alcanzar la meta de *lean*, que es eliminar todos los desperdicios en el proceso Kaizen es una filosofía completa que luchar por la perfección y mantener el sistema de producción Toyota.

Para los años sesenta, el sistema de producción Toyota era una filosofía muy poderosa que todo negocio debería aprender. Toyota dio los primeros pasos para esparcir sus principios a sus proveedores clave. Cuando, en 1973, se tuvo la primera crisis petrolera, Toyota sobresalía de las demás compañías, y, viendo esto, el Gobierno Japonés trato de copiar el Sistema de Toyota para pasarlo a las demás empresas. Con este fin, inicio la importación de seminarios a todas las empresas, aunque estas solo entendían una fracción de lo que Toyota estaba haciendo.

Lo anterior es solo una parte de lo que ha hecho Toyota para ser lo que hoy en día es. No fue sino hasta 1990 cuando el término de *producción esbelta* fue inventado, dentro del libro The Machine That Changed The World (la maquina que cambio el mundo).

4.3 El sistema de producción Ford.

Los inicios de la manufactura Ford no se centran solamente en Toyota; Henry Ford tuvo un parte importante dentro de este proceso.

Siendo un joven empresario, Henry Ford estaba tratando de diseñar un automóvil que fuera fácil de producir y sencillo de reparar. Finalmente, logro su cometido al hacer su modelo T en 1908. La clave de la producción en masa no era solo ensamblar en línea sino que a través, de las partes intercambiables y de fácil ensamble, la línea de ensamble se hiciera posible. Para lograr la intercambiabilidad, Ford estandarizó las piezas a través de sus operaciones, mediante innovaciones en las herramientas de los equipos que le permitían maquinar partes (Dennis, 2002).

Una vez estandarizadas las partes, cambiar la manera de diseñar automóviles fue el siguiente paso. Ford disminuyó el número de partes que se movían en los motores y otros sistemas críticos, además de simplificar el proceso de ensamble. Esta innovación provocó grandes ahorros; debido a la necesidad de partes que se ensamblan, ya que se ensamblaban, ya que esto era algo muy costoso en la producción artesanal, porque las partes eran hechas para usarse una sola vez. Al mismo tiempo, Ford alcanzó otras de sus metas: lograr que se usaran y se repararan fácilmente.

El siguiente problema era cómo coordinar el ensamble. Esto implica una secuencia de acciones dependientes. Al terminar las actividades dentro de la

estación de trabajo, el vehículo debía ser pasado a la siguiente estación y, como el proceso no estaba balanceado, los cuellos de botella y otros problemas eran comunes cuando los trabajadores hábiles sobrepasaban a lo lentos. Para reducir este problema Ford comenzó entregando las partes en las áreas de trabajo y, entonces, disminuyó el tiempo perdido por caminar. Siguiendo la guía de Taylor, disminuyó el número de actividades que cada trabajador requería para hacer su trabajo. El tiempo de ciclo, el cual tenía medido en horas en 1908, bajó a unos minutos en 1913, en su nueva fábrica de Highland.

Inspirado, tuvo la idea de traer los carros a las estaciones de trabajo, lo cual disminuiría el tiempo que se perdía caminando, y lo más importante, se crearía una secuencia en el proceso. Entonces, los trabajadores lento subirían su ritmo y los rápidos lo bajarían, logrando la estabilidad del proceso que tanto había buscado. Así creo la línea de producción.

En resumen, los principios innovadores de Ford durante este periodo fueron:

- Producción de partes intercambiables y de fácil ensamble.
- Reducción de las acciones requeridas por cada trabajador.
- Traslado de los carros hacia las estaciones de trabajo, creando la línea de ensamble.

Se puede decir que, sin lugar a dudas, Henry Ford fue el primero que realmente pensó esbeltamente (lean Thinker) (womack jones, 1996). En su fábrica de Highland (creada en 1913), Ford contaba con una línea para fabricar las partes en secuencia, separada por pequeños espacios, con pocas piezas de inventario en proceso. Lo que hoy en día hace Toyota en sus plantas, Henry Ford lo hacía en su fábrica hace ya casi 100 años.

El problema con el sistema de Henry Ford es que éste trabaja adecuadamente en condiciones muy especiales. Ford lo planeó todo desde el inicio, enfocándose en que la producción sería para volúmenes muy latos (buscaba producir más de dos millones de unidades principios de 1920, ya que tenía que cubrir la demanda de todo el mundo) y presumía que no necesitaba cambiar su producción a ningún otro modelo. Después de todo él, había diseñado el auto ideal en 1908 (modelo T). Adicionalmente, Ford no ofrecía opciones distintas a su chasis básico, creyendo que el bajo costo del carro, abrumaría al comprador primerizo, quien no pensaría en otras características del automóvil. Como resultado, no se hicieron cambios en las máquinas de la compañía Ford. Cada equipo permanecería dedicado a un número de parte específico.

Al pasar los años, se ha notado que todos los principios del sistema de producción Ford son completamente consistentes con el sistema de producción Toyota.

A pesar de que Ford ha realizado un benchmarking a Toyota y ha encontrado algunos de los mejores expertos en el sistema de producción Toyota, no ha logrado obtener las mejores esperadas, ya que requiere crear su propia versión de un sistema de manufactura esbelta.

Para ello se ha trabajado para tener un cambio en la filosofía del sistema de producción Ford. En el pasado, se tenía que *producir el número de unidades programadas cada día al más bajo costo en la planta con la más alta calidad*. Los términos clave aquí son programa y el más bajo costo en la planta. Bajo este viejo paradigma, Ford (y otros) creían que si usaban suficientes sistemas computacionales, un staff central podría programar todas las actividades de ensambles, estampado, pintura, así como las partes que les surtía el proveedor, de ese modo, todo estaría bien, pero innumerables hechos inesperados (tiempos caídos de máquina, partes defectuosas, problemas con los proveedores y muchos más) provocaron que las plantas nunca hicieran lo que estaba programado exactamente. En su lugar, los gerentes de las plantas terminaban reuniéndose todas las mañanas para ver cuales partes contaban en el inventario, que maquinas debían correr y que fabricarían en el día. Este es el destino de un sistema que empuja (liker, 1998).

En tanto, la administración de Ford se enfoco en controlar los costos de la planta, lo cual significaba trabajo y gastos generales. A los gerentes de planta se les encargaba, año tras año, reducir los costos disminuyendo el trabajo y los gastos generales, lo que es, en realidad, solamente un elemento del costo total.

Después de mucho trabajo y la ruptura de varios paradigmas, se desarrollo una nueva visión y misión del sistema de producción Ford que, parafraseando se caracteriza por lo siguiente.

Es un sistema de producción esbelto, común, disciplinado y flexible, el cual se define por una serie de principios y procesos que se llevan a cabo por medio de un equipo de gente capaz y facultado, quienes aprenden y trabajan juntos, en un ambiente de seguridad, para producir y entrega de productos que, consistentemente, exceden las expectativas del cliente en calidad, costo y tiempo.

Hoy en la compañía Ford se sigue trabajando día a día para mejorar el sistema que ya era esbelto desde un inicio y que se perdió por producir en grandes volúmenes y tener grandes inventarios en los años que siguieron a la Segunda Guerra Mundial, cuando las compañías americanas eran las únicas que dominaban el mercado.

4.4 Organización Fordista.

¿Qué es lo que hace diferente al sistema de producción Fordista (En referencia a Henry Ford) de las formas de organizar la producción anterior a él? Sin duda la línea de producción en serie, hablando más específicamente el de hacer que los materiales se movieran por medios mecánicos (la cadena de producción) de una estación a otra , con lo que no sólo se conseguían ahorros en tiempos, sino que por medio de ésta se establecía un ritmo de producción constante, con lo que los responsables de producción podían establecer las cantidades de productos disponibles en el mercado, lo que posibilita un abasto constante de productos y esto hace que más consumidores puedan acceder a los beneficios de la aplicación de la ciencia enfocada al bienestar humano.

Si al esquema anterior se enfoca en el sentido de un crecimiento constante de los volúmenes de producción y en consecuencia de la misma empresa, se encontraría lo que se conoce como economía de escala. Por lo que la empresa, si no crece, estaría generando un foco rojo que hay que atender para evitar que la empresa sea desplazada del mercado por empresas que si tengan crecimiento y por tal tengan precios más económicos para el consumidor.

¿Cuáles son las características que distinguen a éste modelo de producción?

1. Aplicar una administración científica con el objeto de acabar con el oficio y por consiguiente el control obrero de los tiempos de producción.
2. Aplicar un estudio de tiempos y movimientos, con el fin de simplificar la operación y de este modo emplear trabajadores no especializados.
3. La producción y consumo en masa.
4. Organizar la producción y el trabajo sobre una base científica.
5. Las piezas tienen que ser rigurosamente idénticas e intercambiables.
6. Las máquinas tienen que ser agrupadas por operación y entre cada máquina hay instalados transportadores.
7. Los elementos de unión entre las diversas operaciones de la fábrica lo representan los transportadores por cinta, cadena, grúas de puente y una red que asegura la circulación mecánica de las piezas.
8. Ningún obrero tiene nunca que transportar ni levantar nada.
9. Se busca que el componente central y los secundarios, confluyan a un mismo punto de manera sincronizada.
10. El contrato de trabajo se establece bajo el concepto de mutuo acuerdo entre el patrón y el empleado.

11. Para evitar la rotación del personal, se busca ofrecer al trabajador un buen salario, una jornada de trabajo de 8 horas, seguro de desempleo, atención médica y pensiones de vejez.
12. Para garantizar el mantenimiento de una producción en masa, se desarrollan técnicas de consumo forzoso.
13. Como elemento de control de las operaciones en la línea, se utiliza al supervisor.
14. La organización de la empresa es vertical.

Esta forma de organizar la producción se implementa ampliamente en Estados Unidos en todas las industrias y ha logrado; a lo largo del tiempo, un aumento de productividad superior a la de sus competidores, poniéndose a prueba de una manera muy crítica durante la Segunda Guerra Mundial en donde Estados Unidos tenía que proveer de material bélico a sus aliados como así mismo de manera creciente y en tiempos de entrega rígidos. Cuando termina esta acontecimiento bélico, ésta forma de producción se encuentra en su esplendor y es tomada por todos los países occidentales (América Latina y Europa) con lo que logran éstos acelerar el crecimiento de sus economías.

La organización Fordista empieza a entrar en crisis a mediados de los 70´s y una crisis declarada a mediados de los 80´s en donde la forma de organización japonesa se coloca en la vanguardia en productividad y calidad de sus productos.

4.4.1 Flow Production / Producción en flujo.

Es el Sistema que Henry Ford introdujo en Highland Park, MIchigan, en 1913, con el objetivo de reducir dramáticamente el esfuerzo humano en el tiempo de producción de cada automóvil. Incluye los siguientes aspectos:

1. Ciclo de tiempo estables para las estaciones de trabajo lo largo de toda la línea (cada estación de trabajo deberá utilizar el mismo tiempo).
2. Fabricación de las partes de tal manera que las máquinas estén en la línea de producción y en secuencia par que tuvieran flujo rápido y suave.

3. Control de la producción, asegurando que el ritmo de las partes coincida con el ritmo de consumo de las partes de ensamble final.

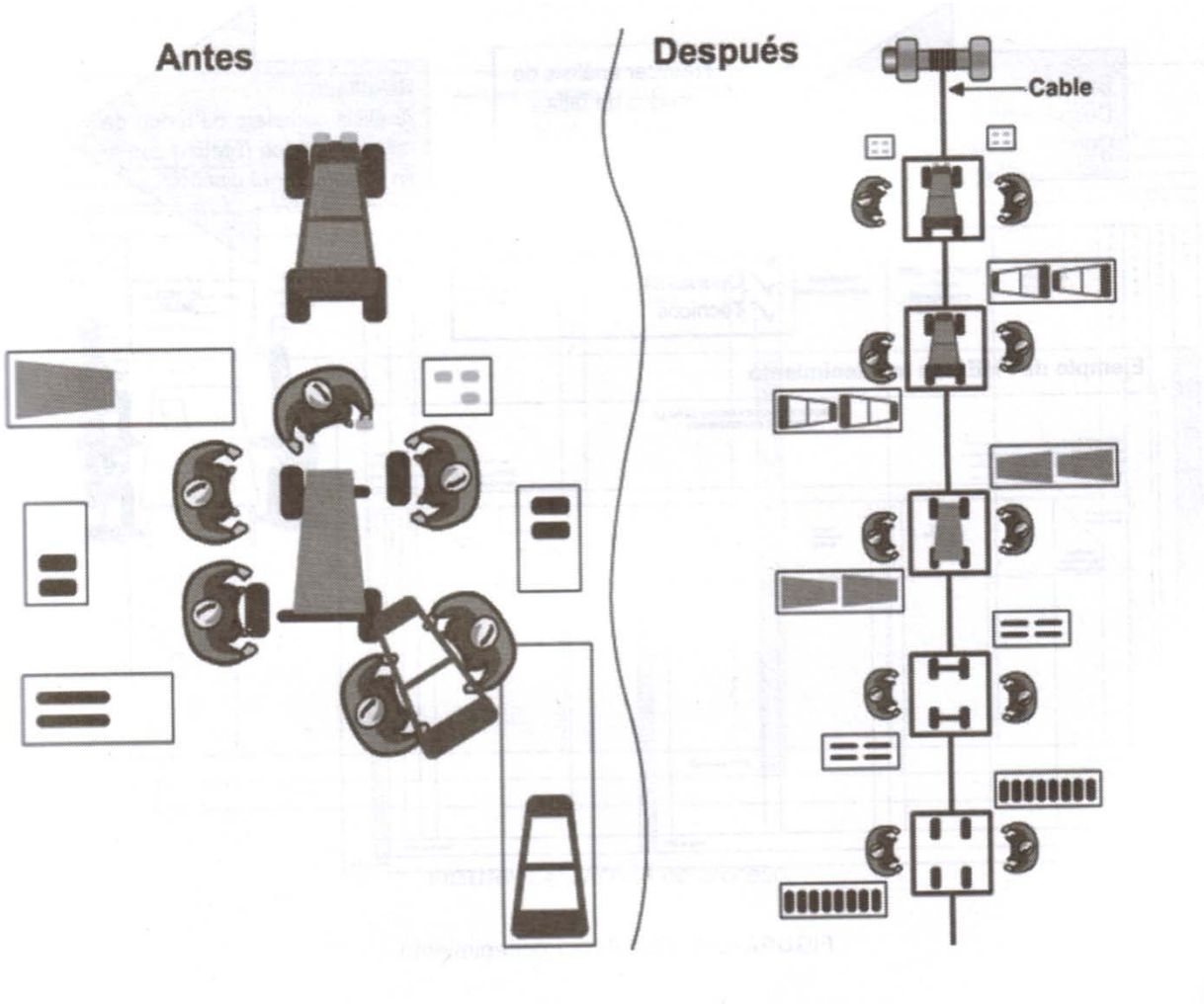


Figura 40. Fuente (Villaseñor, 2007)

4.5 Justo a tiempo

Justo a tiempo (JIT) significa producir el artículo indicado en el momento requerido y en la cantidad exacta. Todo lo demás es desperdicio (muda). Toyota introdujo el JIT en los años cincuenta en respuesta a los problemas que estaban enfrentando, algunos de los cuales son:

- Mercados fragmentados que demandaban muchos productos en bajos volúmenes.
- Competencia difícil.
- Cambios rápidos en la tecnología.

- Alto costo del capital.
- Precios bajos o fijos.
- Trabajadores capaces que demandan niveles más altos de involucramiento.

JIT es un conjunto de principios, herramientas y técnicas que permiten a la compañía producir y entregar los productos en pequeñas cantidades, con tiempos de entrega cortos, para satisfacer las necesidades del cliente. Simplemente, JIT es entregar los artículos correctos en el Tiempo Indicado en las cantidades requeridas.

El JIT provee tres elementos básicos para cambiar el sistema de producción de una compañía:

1. El flujo continuo, el cual es típicamente utilizado en el concepto de la célula, permite a los materiales que fluyan de operación en operación y mejora la comunicación entre operadores.
2. Takt time, el cual marca el paso a seguir dentro del proceso.
3. El sistema jalar (kanban), que permite a los materiales/productos fluir sin ningún inventario, o dentro de un rango mínimo de inventario en proceso (un supermercado). Reduce el tiempo de entrega y los costos de movimiento de inventario; refuerza la importancia de tener un sistema de calidad.

4.5.1 Los principios básicos del JIT.

Desde que Toyota comenzó a usar el JIT, ha trabajado con este sistema y además lo ha mejorado conforme ha pasado el tiempo. JIT fue una de las primeras herramientas que llevo a estados unidos, junto con otras de calidad.

JIT sigue una serie de reglas sencillas:

- No se debe producir nada a menos de que el cliente lo haya ordenado.
- Se nivela la demanda de modo que el trabajo fluya suavemente a través de la planta.
- Se ligan todos los procesos a la demanda del cliente mediante simples herramientas visuales.
- Se maximiza la flexibilidad de la gente y la maquinaria.

La esencia del justo a tiempo, según Dennis (2002) es “hacer que el valor fluya apara que el cliente pueda jalarlo”. Los componentes de un sistema de JIT.

- Kanban. Un sistema de herramientas visuales (usualmente señales con tarjetas) que sincronizan y proveen instrucciones para los proveedores y clientes en ambos sentidos, tanto fuera como dentro de la planta.
- Nivelación de la producción o heijunka. Esto soporta al trabajo estandarizado y al kaizen. La meta es producir al mismo ritmo cada día con el fin de minimizar las fluctuaciones (los picos y valles) dentro de las cargas de trabajo. Paradójicamente, heijunka también soporta la rápida adaptación de la fluctuación de la demanda.

Kanban y heijunka, a su vez, depende de:

- Los cambios rápidos, que permiten una rápida respuesta a las ordenes diarias y minimizar el desperdicio de la espera.
- La administración visual a través de las 5 s, lo cual hace las condiciones de la producción trasparentes para el equipo completo.
- Procesos capaces es decir, métodos, trabajadores y maquinas capaces:

1. Métodos capaces significa estandarizar el trabajo, lo cual provee una base para el Kaizen. También significa aplicar Jidoka para que ambos minimicen y detengan los defectos.
2. Trabajadores capaces, que significa que sean multihabilidades y puedan ser rotados de trabajo en trabajo, además de involucrase en actividades de mejora continua.
3. Maquinaria capaz, significa que las actividades de TPM y 5 s` destacaran las 6 grandes pérdidas (fallas de equipo, retrasos por ajustes y set-up, paros menores, disminución de la velocidad, defectos de los procesos y reducción de producción):

4.5.2. Principios del JIT (Justo a Tiempo).

Los tres principios de justo a tiempo son:

1. Takt time.
2. Flujo.
3. Sistema de jalar (pull system).

Si tienen esos tres puntos implementados en el proceso de producción van a lograr lo que se conoce como:

- Flujo.
- Sincronización.
- Equilibrio.

En pocas palabras, se tendrá flujo de pieza como lo requiere el cliente.

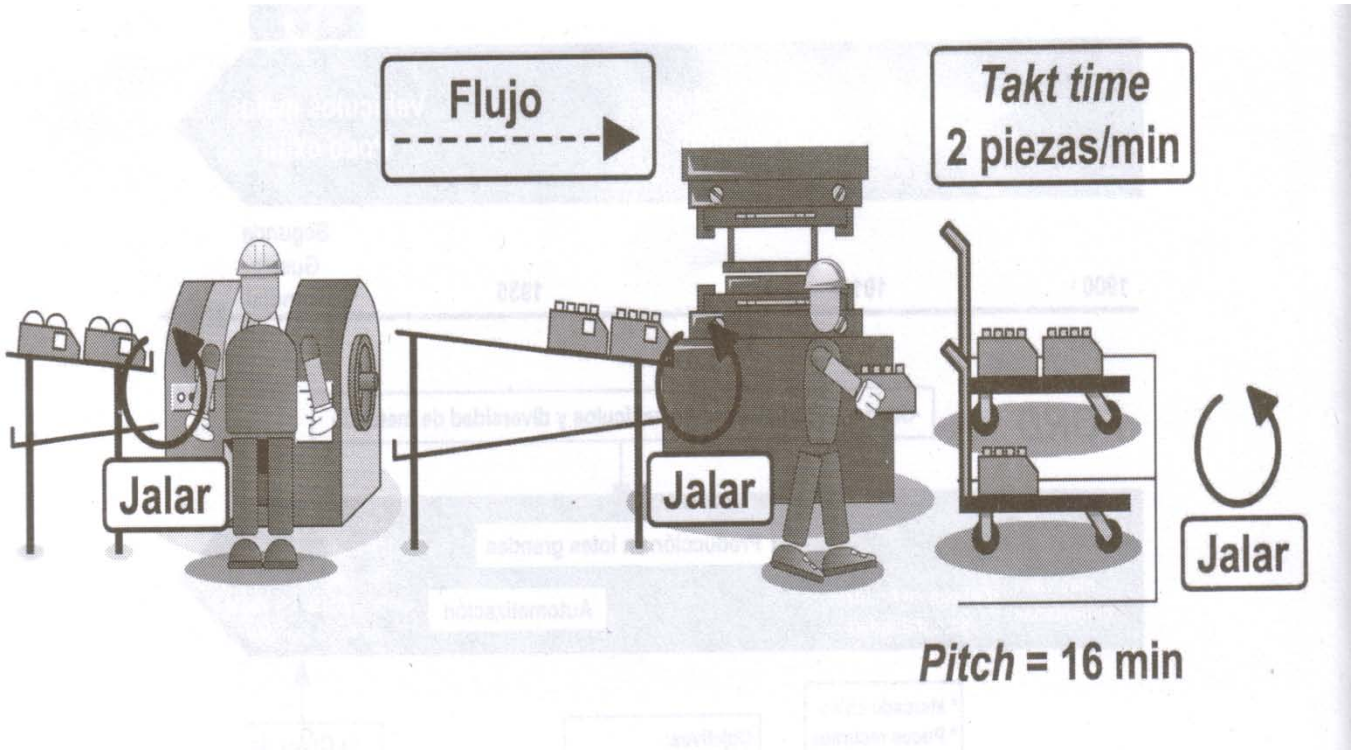


Figura 41. Fuente (Villaseñor, 2007)

4.6 Jidoka

Esencialmente, Jidoka significa construir un sistema que muestre los problemas y defectos. También se refiere al diseño de las operaciones y equipos que no detengan a los operadores y así estos estén libres para que hagan trabajo que agregue valor (liker, 2004).

Jidoka consiste en instalar un mecanismo en las maquinas que les permite detectar defectos y también un mecanismo que detenga la línea o la

máquina cuando ocurren los defectos. Estas máquinas agregan valor a la producción sin necesidad de contar con un operador (hinaro, 1990).

Según Hinaro (1990), se debe tomar en cuenta los siguientes puntos: las operaciones mecanizadas deben realizarse por máquinas; hay que separar las máquinas de los operadores; un operario no tiene por qué estar observando una máquina si esta tiene la capacidad de detenerse a si misma cuando se produce el defecto.

Se cuenta con 4 pasos para el desarrollo del Jidoka o automatización con toque humano, y cada uno de ellos concierne a la relación entre las personas y las maquinas:

1. Análisis de la actividad manual: estudiar el proceso, que tanto trabajo hace la gente y que tanto hacen las máquinas. Calcular el porcentaje. Hacer una hoja de trabajo estándar del proceso.
2. Mecanización: una parte del trabajo manual es tomado por la máquina.
3. Automatización: en este paso, la actividad manual es tomado por la maquina. Pero no hay manera de saber si se están cometiendo defectos.
4. Jidoka: en esta parte, la máquina detecta los errores y se detiene. En aplicaciones más avanzadas, la máquina llega a corregir el problema.

Hirano (1990) muestra como se implementan estas 4 fases:

1. Análisis de la actividad manual: cada operación se hace manualmente. Se depende de la mano de obra barata.
2. Mecanización: se utiliza una máquina que detiene parte de la operación manual haciendo el trabajo más fácil, pero aun predomina el factor humano.
3. Automatización: se automatizan la mayoría de las operaciones, con los operadores cargando y descargando las máquinas y poniendo en marcha el ciclo automático.
4. Automatización con toque humano (Jidoka): esa es una línea de montaje con piezas electrónicas. Un trabajador opera diez maquinas. El trabajador carga las piezas en la maquina y pulsa el comienzo del ciclo de mecanizado. Las maquinas paran automáticamente cuando se ha completado el ciclo de mecanizado o proceso. Algunas máquinas descargan las piezas por sí mismas. Estas maquinas trabajan con independencia de los trabajadores y tienen una función para el cero defectos.

Puntos claves a tomar en cuenta:

- Jidoka no es un paso más del proceso.

- Jidoka se basa en el uso práctico de la automatización a prueba de error con el fin de detectar defectos y liberar a los trabajadores para que hagan múltiples actividades dentro de la célula.
- Jidoka es diferente a la automatización. Se logra lenta, sistemática y económicamente. Asegura que las maquinas hagan solamente trabajo que agreguen valor.
- Implementar jidoka ayuda a reducir los tiempos de ciclo y prevenir los defectos, así como la espera, el transporte y la inspección.

4.7 One piece flow.

Se refiere básicamente a tener un flujo de una pieza entre procesos. Aparentemente, es algo sencillo, pero en la práctica resulta complicado.

En otras palabras, one piece flow es el estado que existe cuando los productos se mueven de uno en uno a través de los procesos, al ritmo determinado por las necesidades del cliente (the productivity press development team, 1999).

El opuesto del one piece flow es la producción en lotes. Muchas compañías producen en grande lotes, y esto provoca desperdicios en el proceso de producción. Los artículos no se pueden mover al siguiente proceso hasta que todos han sido terminados. El lote con grandes cantidades espera enormes cantidades de tiempo entre los procesos.

Para generar el flujo entre estaciones, se tiene ciertas reglas y condiciones, las cuales se describen a continuación (sekine, 1993).

1. Base de tiempo ciclo (T/C) en los requerimientos del mercado (takt time). El enfoque básico de la producción de una pieza comienza coordinando el *ritmo* de la producción con las necesidades de los clientes. Bajo esta perspectiva, el principio básico del tiempo de ciclo es que el takt time de la fabricación debe igualarse al tiempo de ciclo de las venta.

2. Base de la utilización de la capacidad del equipo en el takt time. Los factores de los equipos, basados en la producción de una pieza, son:

   a) Calidad: instalación del equipo para inspección total, Poka Yoke, Jidoka, sin paros menores, y el equipo debe tener la precisión requerida.
   b) Costo: el equipo es suficientemente compacto para uso en células en forma de *U*, equipo agrupado en *familias* a lo largo de la ruta del

proceso, equipo coordinado en el tiempo de ciclo, equipo apto para operaciones de preparación sucesivas, entre otras.

c) Entrega: preparación del equipo para cero cambio de dados, fácil de manejar; el equipo debe ser resistente a fallas, y las fallas deben ser fáciles de identificar.
d) Seguridad: uso de mecanismo de seguridad.

El establecimiento de la producción de una pieza es más fácil cuando se emplean grandes equipos u otros mecanismos que los ingenieros de producción han diseñado para la aplicación de los sistemas de fabricación flexibles. Tales equipos y mecanismos se orientan a la producción en lotes y no son en modo alguno fáciles de coordinar con los tiempos de ciclo de la producción de una pieza.

3. Centre la producción con base en los procesos de producción.
   En los sistemas de producción de una pieza, la última información del mercado se basa exclusivamente al departamento de producción, que recibe también un plan de producción diario basado en esa información. La información no pasa a ninguno del los procesos anteriores. En vez de eso, los procesos anteriores reciben órdenes que reemplazan los artículos consumidos en los procesos de producción. En otras palabras, la fábrica sigue el principio de *jalar la producción*.

4. El layout (distribución de piso) de la fábrica debe ser apropiado para la producción de una pieza.
   Para generar un layout en donde se incluyan algunas células con forma de *U*, se tienen las siguientes recomendaciones:
   a. Reordenar el layout de la fábrica para que sea apropiado al flujo global de producción.
   b. La fabrica debe incluir rutas calaras de acceso o paso.
   c. La línea de producción debe distinguir claramente entre la entrada de materias primas y la salida del producto terminado.
   d. La línea de producción debe constituir principalmente en célula en forma de *U* con un operario.
   e. Incluir la inspección dentro de la distribución del layout.
   f. Minimizar los inventarios en proceso; tratar de crear supermercados en puntos clave.

5. Los productos deben ser aptos para la producción de una pieza.
   Generalmente, las piezas muy pequeñas no son apropiadas para la producción en pieza a pieza como consecuencia del desperdicio que implica el cambio de dados, y el manejo de estos. Sin embargo, si los traslado pueden automatizarse completamente y el tiempo ciclo no es largo, la producción pieza a pieza es aún posible.

Es también complejo tener una producción con flujo de una pieza si los tiempos de cambio de útiles y preparación de máquina son largos. En tal situación, se pueden ir haciendo mejoras con la idea de ir disminuyendo los tiempos de los cambios de útiles. No obstante, cuando una amplia variedad de piezas involucra muchas operaciones de cambio que llevan mucho tiempo, la producción con flujo en una pieza es muy complicada.

4.7.1 Como lograr la producción con flujo de una pieza.

- Eliminar la producción centrada en la planeación. El sistema de producción se debe basar en lo que pide el cliente. Aplicar el sistema de jalar (no hacer nada que no esté ya vendido).
- Abandonar la idea de que la producción de lotes es el método de producción de lotes es el método de producción más eficiente.
- Quitar la idea de los almacenes automatizados, debido a que se pierde mucho tiempo en la entrada y salida del material o productos; se tiene gente cuidando el inventario, el cual la mayoría de las veces no está sincronizando con lo que aparece en el sistema y, además, se genera un costo por faltantes y mantenimiento del almacén.
- Dejar la idea del layout tradicional, ya que este evita el flujo de la información, la materia prima, productos en proceso o terminados.
- Se requiere desarrollar nuevos métodos para el control de calidad. Por lo pronto, se recomienda el siguiente sistema de control:
    a) La inspección se incorpora a línea de producción.
    b) Cuando ocurre un defecto, se para la línea de producción hasta encontrar la causa raíz y se elimina.
    c) Se implementa poka yokes.
    d) Se evitan los dobles chequeos.
    e) El departamento de inspección no es independiente del de producción.

Puntos clave a tomar en cuenta:

- One piece flow es establecer el flujo de una pieza entre procesos.
- Coordinar el *ritmo* de la producción con las necesidades de los clientes. Para ello es importante el takt time.
- Basar la utilización de la capacidad del equipo en el takt time, cuidando los factores como calidad, costos y entregas.
- La última información del mercado se pasa exclusivamente al departamento de producción, el cual debe recibir un plan de producción diario basado en esta información.

- Generar un layout flexible que permita la creación de células en forma de *U*, ya que este tipo de acomodo es uno de los más óptimos para el flujo de una pieza.
- Cuando se manejan piezas muy pequeñas o tiempos de ciclos muy pequeños, el manejo de una pieza se complica, pero para estos casos se puede hacer uso del pitch.
- One piece flow es un estado ideal, pero en la operación diaria, esto no siempre es posible. Lo importante es promover el flujo continuo de los productos, con la menor cantidad de retrasos y tiempos de espera.

UNIDAD V: AUTOMATIZACIÓN EN LA MANUFACTURA.

Objetivo General:

El alumno determinará los requerimientos para el Diseño, Implementación y Control de Sistemas Automatizados de Manufactura.

Objetivo del aprendizaje:

El alumno conocerá los principios que rigen a la automatización en las líneas de producción sin olvidar la relevancia que tiene la tecnología de grupos para su desarrollo.

5.1 ROBÓTICA INDUSTRIAL

Un *robot industrial* es una máquina programable de propósito general que posee ciertas características antropomórficas; más evidente es un brazo mecánico o manipulador. La unidad de control para un robot industrial moderno es una computadora que se programa para ejecutar subrutinas bastante sofisticadas, lo cual proporciona al robot una inteligencia que en ocasiones parece casi humana. El manipulador del robot, junto con un controlador de alto nivel, permite que un robot industrial realice diversas tareas, como cargar y descargar máquinas herramienta, aplicar soldadura de puntos y pintar por aspersión. En general, los robots de usan como sustitutos de trabajadores en estas tareas. El primer robot industrial se instaló en una operación de fundición a troquel en la Ford Motor Company. El trabajo del robot consistió en descargar las piezas de la máquina de fundición a troquel.

En esta sección, se consideran diversos aspectos de la tecnología y las aplicaciones de robots, incluido como de programa éstos para realizar sus tareas.

5.1.1 Anatomía de un robot

Un robot industrial consta de un manipulador mecánico y un controlador para moverlo y realizar otras funciones relacionadas. El manipulador mecánico posee uniones que colocan y orientan el extremo del manipulador respecto a su base. La unidad controladora está formada por el hardware el software electrónico cuyo propósito es ejecutar el ciclo de trabajo programado. La anatomía de un robot se relaciona con el manipulador mecánico y su construcción.

5.1.2 Articulaciones y uniones para manipulación

Una articulación en un robot es similar a la del cuerpo humano. Proporciona un movimiento relativo entre dos partes del cuerpo. A cada articulación se conecta una unión de entrada y una de salida. Cada articulación mueve su unión de entrada en relación con su unión de salida. El robot manipulador consiste en una serie de combinaciones unión-articulación-unión. La unión de salida de una articulación es la unión de entrada para la siguiente. Los robots industriales típicos tienen cinco o seis articulaciones, y el movimiento coordinado le proporciona al robot la capacidad de mover, colocar y orientar objetos y herramientas para efectuar un trabajo útil. Las articulaciones de un manipulador se clasifican como lineales o rotatorias, indicando el movimiento de la unión de salida en relación con la unión de entrada.

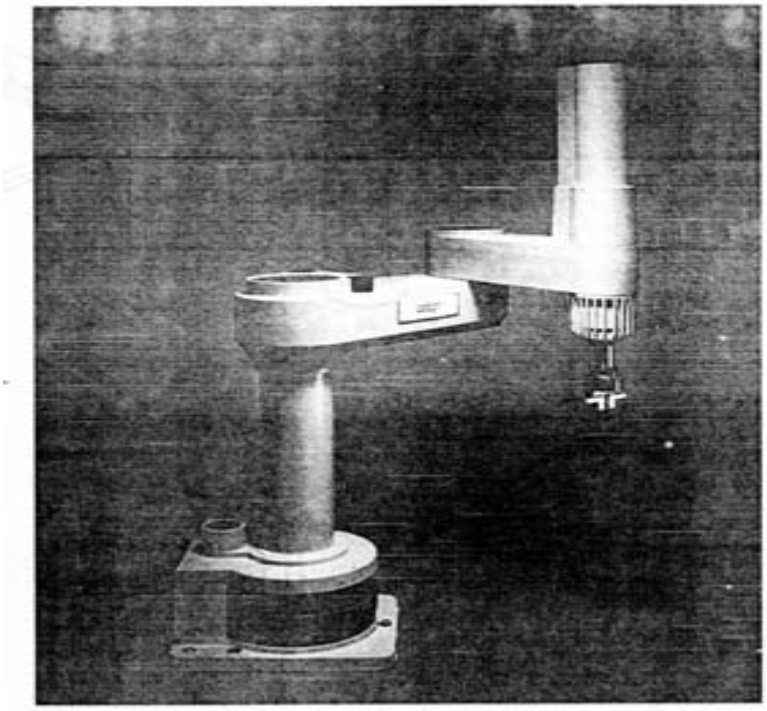


Figura 42. Fuente (Groover, 2007;901)

5.1.3 Manipuladores de un robot

Los manipuladores de robot por lo general se dividen en dos secciones: ensamble de brazo y cuerpo y ensamble de muñeca. Normalmente se asocian tres articulaciones con el ensamble y brazo y cuerpo, y dos o tres con el de muñeca. La función del primero es colocar un objeto o herramienta y la del segundo es orientar de manera adecuada el objeto ó herramienta. La colocación se refiere a mover la pieza u objeto de una posición a otra. La orientación se relaciona con la alineación precisa del objeto de acuerdo con alguna posición estacionaria en el área de trabajo.

Para realizar estas funciones, los diseños de brazo y cuerpos son diferentes de los de muñeca. La colocación requiere movimientos espaciales grandes, en tanto que la orientación requiere movimientos de giro y rotación, para alinear la pieza o herramienta, relacionados con una posición física en el lugar de trabajo. Un ensamble de brazo y cuerpo posee uniones y articulaciones grandes, mientras que el de muñeca consta de uniones cortas. Con frecuencia las articulaciones de brazo y cuerpo consisten en los tipos lineal y rotatorio, mientras que las uniones de muñeca casi siempre son de este tipo.

En los robots comerciales hay cinco configuraciones básicas de brazo y cuerpo. El diseño mostrado en el inciso e) de la figura y en la figura 43 se llaman robots SCARA, que significa brazo robótico de ensamble selectivamente dócil (selectively compliant assembly robot arm). Es similar a una articulación de brazo humano, excepto porque las articulaciones del hombro y el codeo

tienen ejes verticales de rotación, por lo que proporcionan rigidez en la dirección vertical, pero docilidad relativa en la dirección horizontal.

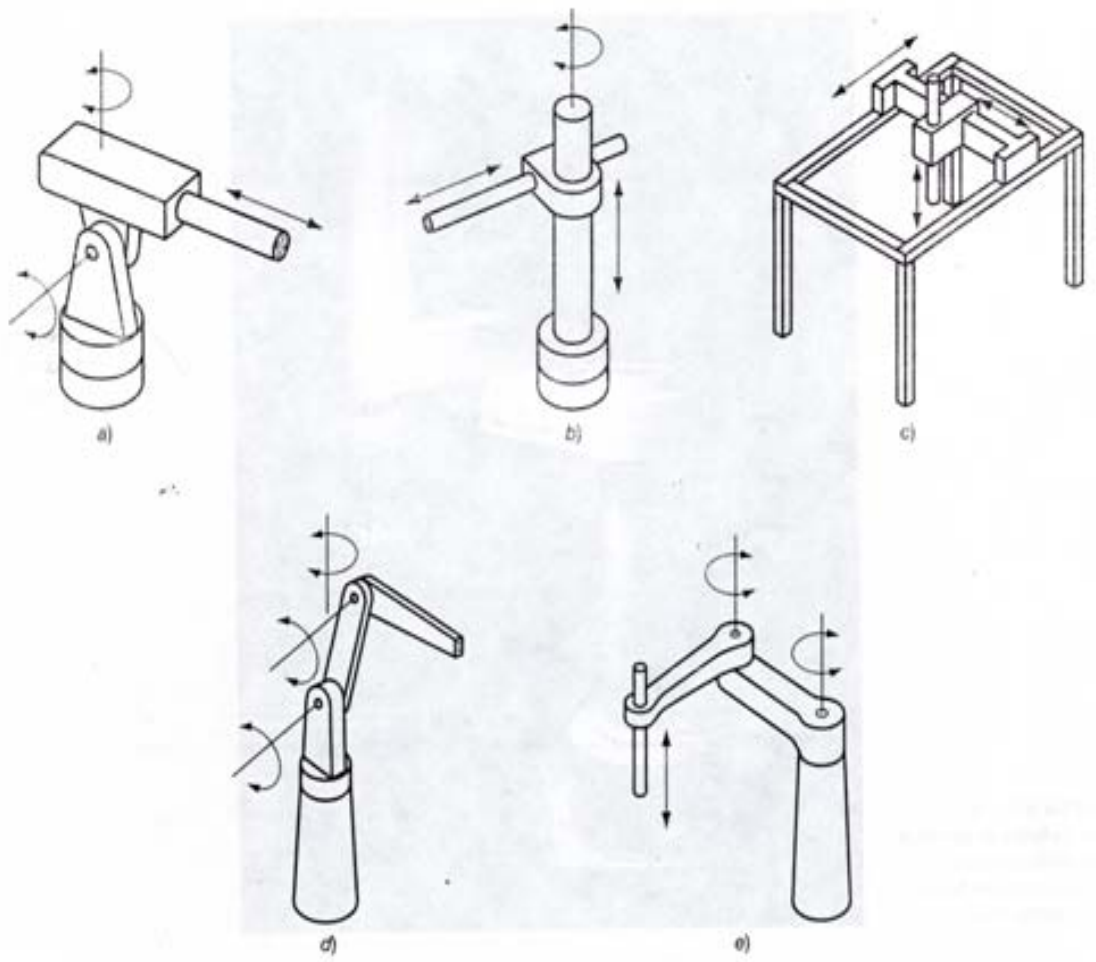


Figura 43. Fuente (Groover, 2007:902)

La muñeca se ensambla en la última unión en cualquiera de estas tres configuraciones de brazo y cuerpo. En ocasiones, el SCARA es una excepción, porque casi siempre se usa para tareas sencillas de manejo y ensamble que implican movimientos verticales. Pos lo general, no se presenta una muñeca en el extremo de manipulador. El sustituto de la muñeca en el SCARA es una pinza para asir componentes, cuyo propósito es moverlos y/o ensamblarlos.

Volumen de trabajo y precisión de movimiento una consideración técnica importante para un robot industrial es su volumen de trabajo. Este se define como el área dentro de la cual un robot manipulador puede colocarse y orientar el extremo de su muñeca. La cantidad de articulaciones determina el área interior, así como sus tipos y rangos, y los tamaños de las uniones. El volumen de trabajo es importante porque representa una función esencial que determina cuales aplicaciones puede ejecutar un robot.

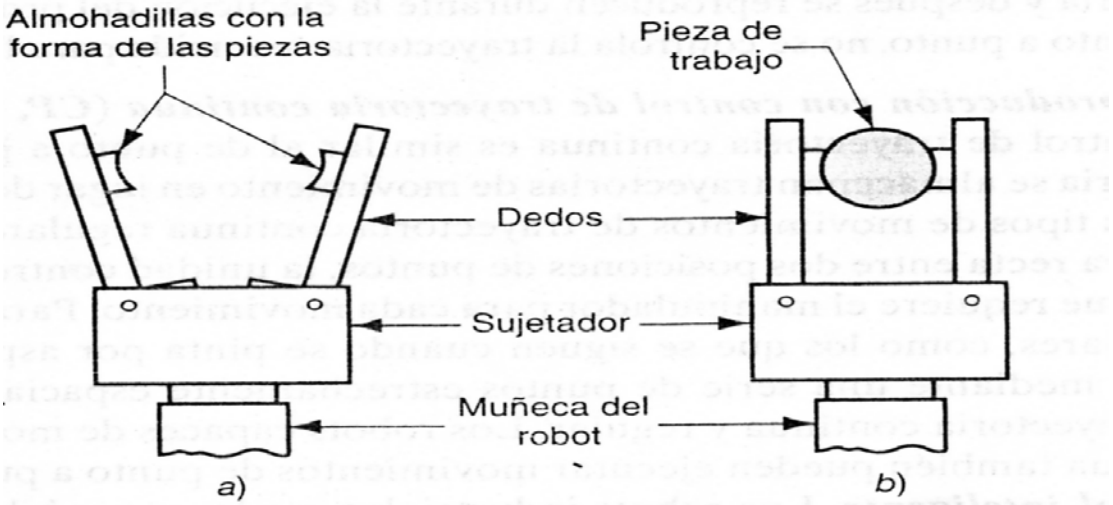


Figura 44. Fuente (Groover, 2007;903)

En general, las uniones y las articulaciones de los robots no son tan rígidas como sus contrapartes de las máquinas herramienta y, por ende, su exactitud y su repetibilidad de movimientos no son tan buenos. Un robot industrial es una máquina de propósito general. Para que un robot sea útil en una aplicación particular, sebe equiparse y habilitarse con herramientas diseñadas especialmente para una aplicación. Un actuador final es la habilidad especial de herramienta que se conecta al extremo de loa muñeca de robot para realizar la tarea específica. Existen dos tipos generales de actuadores finales: herramientas y sujetadores. La herramienta se utiliza cuando el robot debe realizar una operación de procesamiento. Las herramientas especiales incluyen pistolas para soldadura de puntos, herramientas para soldadura con arco, boquillas para pintar por aspersión, ejes rotatorios, sopletes para calentamiento y herramientas de ensamble (por ejemplo, un destornillador automático). El robot se programa para manipular la herramienta que se necesita para la pieza de trabajo que se procesa.

Los sujetadores están diseñados para asir y mover los objetos durante el ciclo de trabajo. En general, los objetos son piezas de trabajo y actuador final debe diseñarse específicamente para la pieza. Los sujetadores se usan para aplicaciones de colocación de piezas, carga y descargo de maquinas y para colocar pieza sobre tarimas.

5.1.4 Sistemas de control y programación de robots

El controlador de un robot está formado por el hardware y el software electrónico para controlar las articulaciones durante la ejecución de un ciclo de trabajo programado. La mayoría de las unidades de control de robots actuales

se basan en un sistema de microcomputadora. Los sistemas de control en la robótica se clasifican del siguiente modo:

Control limitado de secuencia. Este sistema de control está diseñado para ciclos de movimiento simples, como *tomar y colocar*. No requiere un microprocesador, y en general se lleva a cabo mediante interruptores de límite y detenciones mecánicas, junto con un secuenciador para coordinar el funcionamiento sincronizado de las articulaciones. Los robots que usan el control limitado de secuencia con frecuencia se hacen funcionar en forma neumática.

Reproducción con control punto a punto (PTP, por sus siglas en inglés). Igual que en el control numérico, los sistemas de movimiento de robots se dividen: de punto a punto y trayectoria continúa. El programa para un robot de reproducción punto a punto consiste en una serie de posiciones de puntos y la secuencia en la que estos deben visitarse durante el ciclo de trabajo. Durante la programación, estos puntos se graban en la memoria y después se producen durante la ejecución del programa en los movimientos punto a punto, no se controla la trayectoria recorrida para llegar a la posición final.

La reproducción con control de trayectoria continua (CP, por sus siglas en inglés). El control de trayectoria continua es similar al punto a punto, excepto que en la memoria se almacenan trayectorias de movimiento en lugar de puntos individuales. En ciertos tipos de movimientos de trayectoria continua regulares, como una trayectoria en línea recta entre dos posiciones de puntos, la unidad controlada calcula la trayectoria que requiere el manipulador para cada movimiento. Para movimientos continuos irregulares, como los que se siguen cuando se pinta por aspersión, la trayectoria se define mediante una serie de puntos estrechamente espaciados que se aproximan a una trayectoria continua y regular. Los robots capaces de movimientos de trayectoria continua también pueden ejecutar movimientos de punto a punto.

Control inteligente. Los robots industriales modernos exhiben características que a menudo los hacen parecer inteligentes. Estas características incluyen la capacidad de responder a sensores sofisticados, tales como una máquina de visión, tomar decisiones cuando hay errores durante el ciclo de trabajo, hacer cálculos y comunicarse con los humanos. La inteligencia de los robots se instrumenta mediante controladores con microprocesadores poderosos y técnicas de programación avanzadas.

Los robots ejecutan un programa de instrucciones almacenadas que definen la secuencia de movimientos y posiciones en el ciclo de trabajo, en forma muy parecida a un programa de piezas por CN. Además de las instrucciones de movimiento, el programa incluye instrucciones pará otras funciones, como interactuar con equipo externo, responder a los sensores y procesar datos.

Se usan dos métodos básicos para enseñar sus programas a los robots modernos programación de ejemplo y lenguaje de programación de computadoras. La programación de ejemplo implica un método de enseñanza mediante ejemplos, en la cual el programador mueve el manipulador a través de la secuencia de posiciones en el ciclo de trabajo. El controlador registra cada posición en la memoria para la reproducción subsecuente. El controlador registra cada posición en la memoria para la reproducción subsecuente. Existen dos procedimientos para conducir a robots a través de la secuencia de movimientos: con energía y manual. En la enseñanza mediante ejemplo con energía se usa una caja de control para conducir al manipulador. La caja de control, denominada enchufe para enseñanza, tiene interruptores de conmutación o botones que se oprimen para controlar las articulaciones. Usando el enchufe para enseñanza, el programador mueve el manipulador a cada posición y graba en la memoria las posiciones de la articulación correspondientes. La enseñanza mediante ejemplo con energía es el método común para programar los robots de reproducción con control punto a punto, la enseñanza mediante ejemplo manual se usa comúnmente para robots de reproducción con control de trayectoria continua. En este método, el programador mueve físicamente la muñeca del manipulador a través del ciclo de movimientos. Para pintura pos aspersión y otros trabajos, este es el medio más conveniente para programar el robot.

Los lenguajes de programación de computadoras para controlar robots han evolucionado a partir del uso de controladores de microcomputadoras. Unimation, inc. Introdujo el primer lenguaje comercial alrededor de 1979. Los lenguajes de computadoras proporcionan una forma conveniente de integrar ciertas funciones que no implican movimiento en el ciclo de trabajo, como los cálculos y procesamiento de datos, la lógica de decisiones, el entrelazado con otro equipo, la interfaz con sensores y las interrupciones. En la referencia se presenta un análisis más profundo de la programación de robots.

5.1.5 Aplicación de robots industriales

Algunos trabajos industriales se prestan para las aplicaciones de robots. Las características más importantes que tienden a promover la sustitución de un trabajador humano por un robot, en ciertas condiciones de trabajo, son las siguientes: 1) el ambiente de trabajo es peligroso para las personas, 2) el ciclo de trabajo es repetitivo, 3) el trabajo se realiza en una posición estacionaria, 4) el manejo de la pieza o la herramienta sería difícil para los humanos, 5) es una operación de cambios múltiples, 6) hay largas líneas de producción y los relevos no son frecuentes y 7) la colocación y orientación de las piezas se establecen al inicio del ciclo de trabajo, dado que la mayoría de los robots no pueden ver.

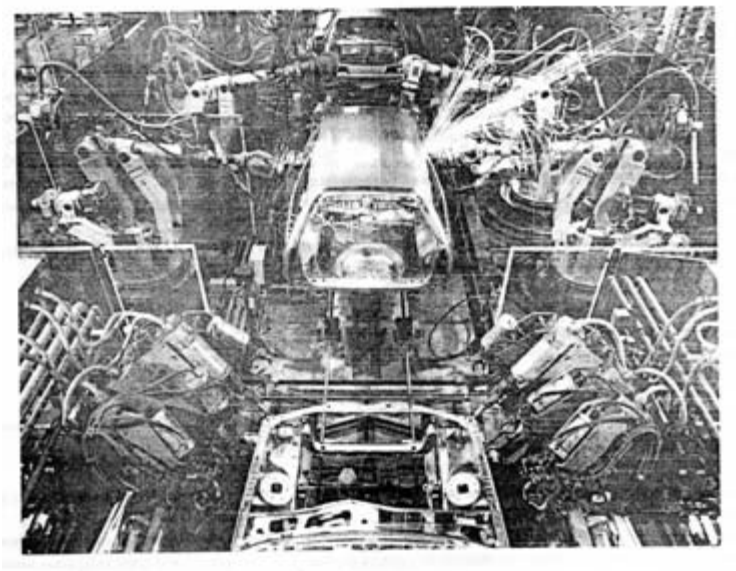


Figura 45. Fuente (Groover, 2007;905)

Las aplicaciones de los robots industriales que tienden a cumplir estas características se dividen en tres categorías básicas: 1) manejo de material, 2) operaciones procesamiento y 3) ensamble e inspección.

Las aplicaciones del manejo de material implican el movimiento de materiales o piezas de una posición y orientación a otra. Para realizar la tarea de recolocación, el robot está equipado con un sujetador. Como se dijo antes, este debe diseñarse específicamente para asir la pieza particular en la aplicación. Las aplicaciones de manejo de materiales incluyen la transferencia de materiales (colocación de piezas, carga sobre tarimas y descarga tarimas) y carga y/o descarga de maquinas (por ejemplo, máquinas herramienta, prensa y moldes de plástico).

Las operaciones de procesamiento requieren que robots manipule una herramienta como el actuador final. Entre las aplicaciones están la soldadura de puntos, la soldadura continúa con arco eléctrico, el recubrimiento por aspersión y ciertas operaciones de corte y eliminación de rebabas en metal, en las cuales el robot manipula una herramienta especial. En cada una de estas operaciones se usa una herramienta (por ejemplo, una pistola para soldadura de puntos o una boquilla para pintar por aspersión) como el actuador final del robot. Las aplicaciones de ensamble e inspección no pueden clasificarse en forma definida en cualquiera de las dos categorías anteriores, porque en ocasiones implican el manejo de pieza y otras veces la manipulación de una herramienta. Las aplicaciones de ensamble frecuentemente requieren el apilamiento de una pieza sobre la otra, lo cual es básicamente una tarea de manejo de piezas. En otras operaciones de ensamble, se manipula una herramienta, como un destornillador automático. Asimismo, las operaciones de

inspección en ocasiones requieren que el robot coloque una pieza de trabajo en relación con un dispositivo de inspección o que cargue una pieza en una máquina de inspección, mientras otras aplicaciones implican la manipulación de un sensor para realizar una inspección.

5.2 TECNOLOGÍA DE GRUPOS

La tecnología de grupos es un enfoque para manufactura, en el cual se identifica y agrupan piezas similares para aprovechar sus similitudes en el diseño y la producción. Las similitudes entre las piezas permiten clasificarlas en familias. No es extraño que una fábrica que produce 10,000 piezas diferentes sea capaz de agrupar la mayoría de ellas en 20 o 30 familias de piezas. En cada familia de piezas. Los pasos de procesamiento son similares. Cuando estas similitudes se aprovechan en la producción, mejora la eficiencia operativa. En general, el mejoramiento se obtiene organizando las instalaciones de producción en celdas de manufactura. Cada celda se diseña para producir una familia de pieza) o una cantidad limitada de familias de piezas), con los que se sigue el principio de la especialización de la operaciones. La celda incluye equipo especial de producción de las familias de piezas. En efecto, cada celda se convierte en una fábrica dentro de la fábrica.

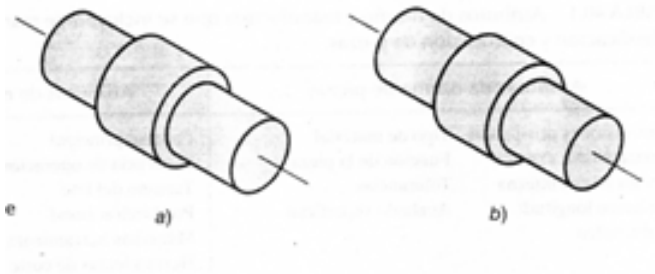


Figura 46. Fuente (Groover, 2007; 911)

5.2.1 Clasificación y codificación de piezas

Una característica central de la tecnología de grupos es la familia de piezas. Una familia de piezas es un grupo de piezas que poseen similitudes en la forma geométrica y el tamaño, o en los pasos de procesamiento que se usan en su manufactura. Siempre hay diferencias entre las piezas de una familia, pero las similitudes son lo suficientemente cercanas para poder agruparlas en la misma familia. En las figuras 40.1 y 4002 se muestren dos familias de piezas distintas. Las piezas de la figura 40.1 tienen el mismo tamaño y forma; sin

embargo, sus requerimientos son muy distintos debido a las diferencias en material de trabajo, las cantidades de producción y las tolerancias de diseño.

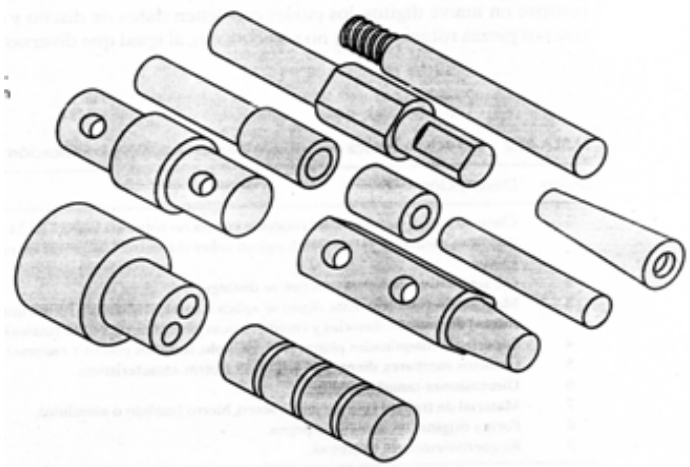


Figura 47. Fuente (Groover, 2007; 911)

Atributos de diseño y manufactura que incluye de manera típica en un sistema de clasificación y codificación de piezas.

Atributos de diseño de piezas		Atributos de manufactura de piezas	
Dimensiones principales	Tipo de material	Proceso principal	Dimensiones principales
Forma básica externa	Función de la pieza	Secuencia externa de operación	Forma básica
Forma básica interna	Tolerancias	Tamaño del lote	Relación longitud diámetro
Relación longitud/ diámetro	Acabado superficial	Producción anual	Tipo de material
		Máquinas herramienta	Tolerancias
		Herramientas de corte	Acabado superficial

Tabla 31. Fuente (Groover, 2007;912)

Existen varias formas para identificar familias de piezas en la industria. Un método involucra la inspección visual de todas las piezas hechas den la fábrica (o fotografías de las piezas) y el uso del mejor juicio para agruparlas en familias apropiadas. El método que probablemente sea el más usado, y también el más costoso, es la clasificación y codificación de piezas.

La clasificación y codificación de piezas implica la identificación de similitudes y diferencias entre las piezas para relacionarlas mediante un esquema de codificación común. La mayoría de los sistemas de clasificación y codificación están entre los siguientes: 1) sistemas basados en atributos del diseño de piezas, 2) sistemas basados en atributos de la manufactura de pieza y 3) sistemas basados tanto en atributos de diseño como de manufactura

Debido a que cada compañía produce un conjunto único de piezas y productos, un sistema de clasificación y codificación que sea satisfactorio para una empresa no es necesariamente apropiado ara otra. Este sistema fue creado para piezas maquinadas por H. Opitz en Alemania. El número de códigos básico consiste en nueve dígitos, los cuales contienen datos de diseño y de manufactura. Se diferencian piezas rotacionales y no rotacionales, al igual que diversas características de piezas.

A continuación se muestra en la tabla la estructura del sistema de clasificación y codificación de piezas de Opitz.

Dígito	Descripción
1	Clase de forma de una pieza; rotatoria contra no rotatoria (figura 22.1). Las piezas rotatorias se clasifican mediante la relación longitud sobre diamtro.la piezas no rotatorias por longitud, ancho y grosor.
2	Características de forma externa: se distinguen diversos tipos
3	Maquinado rotatorio. Este digito se aplica a características d forma interna (por ejemplo, orificios y roscas) en piezas rotatorias y características generales de forma rotatoria para pieza rotatorias.
4	Superficies maquinadas planas (por ejemplo, fresado planos y ranuras).
5	Orificios auxiliares, dientes de engranes y otras características.
6	Dimensiones-tamaño general.
7	Material de trabajo (por ejemplo, acero, hierro fundido o aluminio).
8	Forma original de la materia prima.
9	Requerimientos de exactitud.

Tabla 32. Fuente (Groover, 2007;912)

Tales como: taladros internos, roscas y dientes de engranes. Los beneficios que se citan con frecuencia para un sistema de clasificación y codificación bien diseñado son 1) facilita la formación de familias de piezas, 2)

permite una recuperación rápida de los dibujos del diseño de una pieza, 3) reduce la duplicación del diseño, debido a que se recuperan diseños de piezas similares o idénticos y se utilizan en lugar de diseñarlo desde el principio. 4) promueve la estandarización del diseño, 5) mejora la estimación y la cuantificación de costos, 6) facilita la programación de piezas con control numérico, permitiendo que las piezas nuevas usen el mismo programa de las piezas ya existentes en la misma familia, 7) permite la racionalización y mejoramiento en el diseño de herramientas y soportes y hace posible la planeación de procesos asistidos por computadora (CAPP, por sus siglas en inglés). Los planes de procesos estándar se correlacionan con números de códigos de familias de piezas, para que se reutilicen o editen los planos de procesos de piezas nuevas de la misma familia.

5.2.2 Manufactura celular

Para explorar por completo las similitudes entre las piezas de una familia, la reproducción debe organizarse usando celdas de maquinado diseñadas para especializarse en fabricar piezas particulares. Un principio que se usa para diseñar una celda de maquinado de tecnología de grupos es el concepto de piezas compuestas.

Concepto de pieza compuesta. Los miembros de una familia de piezas poseen diseño y características de manufactura similares por lo general hay una correlación entre las características del diseño de piezas y las operaciones de manufactura que producen tales características normalmente lo orificios redondos se hacen mediante taladro, las formas cilíndricas se hacen mediante torneado, y así sucesivamente.

La pieza compuesta de una familia determina (no confundirla con una pieza hecha de material compuesto) una pieza hipotética que incluye todos los tributos de diseño y manufactura de la familia. En general, una pieza individual en la familia tendrá algunas de las características que distingue a la familia, pero no todas. Una celda de producción diseñada para una familia de piezas incluiría las maquinas requeridas para hacer la pieza compuesta. Tal celda sería capaz de producir cualquier elemento de la familia con solo omitir las operaciones que corresponderían a las características que no posee la pieza particular. La celda también se diseñaría para permitir variaciones de tamaño dentro de la familia, al igual que variaciones en las características.

A modo de ilustración, considere la pieza compuesta de la figura 48. Representa una familia de piezas rotatorias o giratorias con características definidas en el inciso b) de la figura. Cada característica está asociada con cierta operación de maquinado, como se resume en la tabla. También se diseñaría una celda de maquinado para producir ésta.

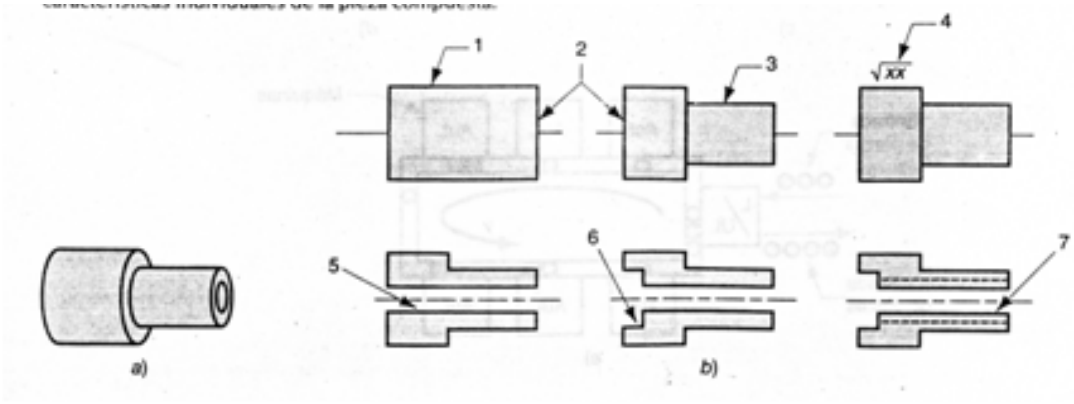


Figura 48. Fuente (Groover, 2007;913)

Características de diseño de la pieza compuesta de la figura 48. Y las operaciones de manufactura para formar tales características.

Etiqueta	Características de diseño	Operación de manufactura correspondiente
1	Cilindro externo	Torneado
2	Cara del cilindro	Careado
3	Paso del cilindro	Torneado
4	superficie lisa	Esmerilado cilíndrico externo
5	Orificio axial	Taladro
6	Abocardado	Perforado, abocardado
7	Roscas internas	Roscado

Tabla 33. Fuente (Groover, 2007;914)

Familia de piezas con la capacidad de realizar todas las operaciones que aparecen en la última columna de la tabla.

Diseño de celdas de maquinado Las celdas de maquinado se clasifican de acuerdo con la cantidad de máquinas y nivel de automatización. Las posibilidades son: a) máquina única, b) varias máquinas con manejo manual, c) varias maquinas con manejo mecanizado, d) celda flexible de manufactura y e) sistema flexible de manufactura. Estas celdas de producción se muestran esquemáticamente en la figura.

La celda de máquina única tiene una máquina que se opera en forma manual. La celda también incluiría soporte y herramientas para permitir las variaciones de características y tamaños dentro de la familia de piezas que produce la celda. La celda de maquinado requerida para la familia de piezas de la figura. Probablemente sería este tipo.

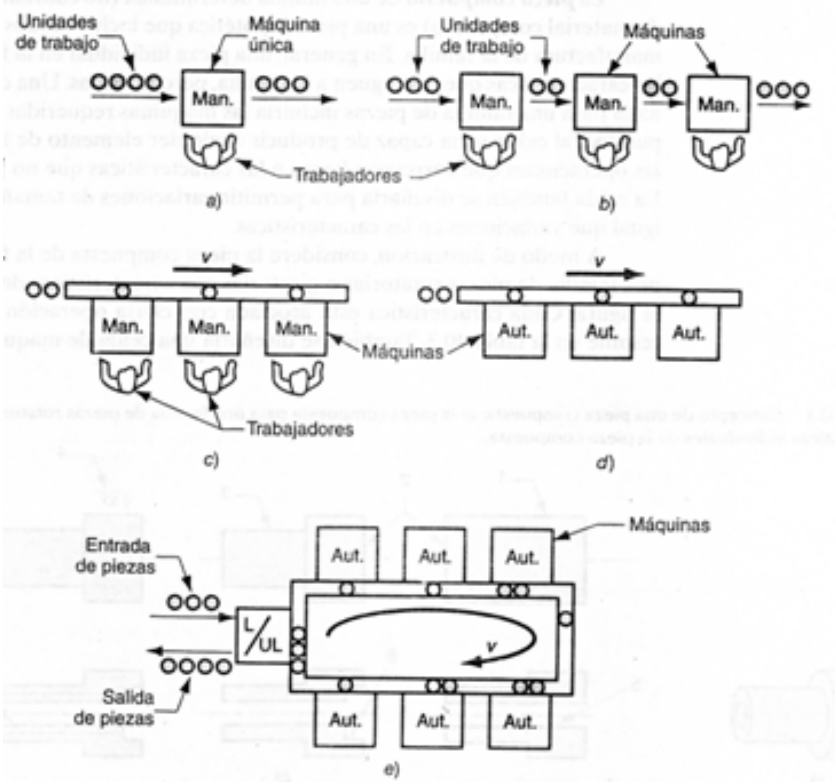


Figura 49. Fuente (Groover, 2007;914)

Las celdas de máquinas múltiples tienen dos o más máquinas que se operan en forma manual. Estas se distingue por el método de manejo de piezas de trabajo en la celda: manual o mecanizado. El manual significaría que los trabajadores promueven las piezas dentro de la celda. Por lo general los operadores de maquinas. El mecanizado se refiere a la transferencia de piezas hechas en la celda o simplemente para aumentar la velocidad de otras distribuciones. Como en forma de U o en ciclo.

La celdas flexibles de manufactura y los sistemas flexible de manufactura consisten en maquinas automatizadas con manejo automatizado.

5.2.3 Beneficios y problemas en la tecnología de grupos

Esta tecnología proporciona beneficios sustanciales a las compañías, si estas tienen la disciplina y perseverancia para implementarla. Los beneficios potenciales incluyen: 1) la TG promueve la estandarización en las herramientas, en la instalación de soportes y en las configuraciones; 2)se reduce el manejo de material porque las piezas se mueven dentro de una celda de maquinado y no dentro de la fabrica; 3) los calendarios de producción pueden ser más sencillos; 4) se reduce el tiempo de producción; 5) se reduce el trabajo en proceso; 6) se simplifica la planeación de los procesos: 7) por lo general, mejora la satisfacción de los trabajadores cuando laboran en una celda de tecnología de grupos y 8) se obtiene un trabajo de mayor calidad usando tecnología de grupos.

Existen varios problemas para llevar a cabo la tecnología de grupos. Un problema obvio es el reordenamiento de las maquinas para producción de planta en las celdas de maquinado adecuadas. Se requiere tiempo para planear y realizar este reordenamiento y las máquinas no producen durante el cambio. El mayor problema para iniciar un programa de TG es identificar las familias de piezas. Si la planta hace 10 000 piezas distintas, la revisión de todos los dibujos de piezas y agrupación en familias es una tarea enorme que consume una cantidad importante de tiempo.

5.2.4 Sistemas flexibles de manufactura (FMS)

Un sistema flexible de manufactura (FMS, por sus siglas en inglés) es una celda de maquinado con TG altamente automatizada que consiste en un grupo de estaciones de procesamiento (por lo general, máquinas herramienta CNC) interconectadas mediante un sistema automatizado de manejo y almacenamiento de material y controladas por medio de un sistema integrado de computadoras. Un FMS es capaz de procesar una amplia variedad de estilos de piezas simultáneamente bajo un programa de control numérico en diferentes estaciones de trabajo.

Una FMS se basa en los principales de la tecnología de grupos. Ningún sistema de manufactura puede ser completamente flexible. No es posible producir un rango infinito de productos. Existen límites en el grado de flexibilidad que pueden incorporarse en un DMS. En consecuencia, un sistema flexible de manufactura se diseña para producir piezas (o productos) dentro de un rango de estilos, tamaños y procesos. En otras palabras, es capaz de producir una familia de piezas única o un rango limitado de familia de pieza

5.2.5 Flexibilidad y sistema automatizados de manufactura

Estos en términos de la cantidad de máquinas herramienta y el nivel de flexibilidad. Cuando el sistema solo tiene algunas máquinas, se usa el término celda flexible de manufactura (FMS, por sus siglas en ingles). Tanto las celdas como los sistemas están muy automatizados y controlan por computadora. Las diferencias entre un FMS y una FMC no están siempre claras, pero en ocasiones se basan en la cantidad de máquinas (estaciones de trabajo) que incluye. El sistema flexible de manufactura consta de cuatro o más máquinas, mientras que una celda flexible de manufactura consta de tres máquinas o menos. Sin embargo, esta distinción no está aceptada universalmente.

Algunos sistemas y celdas altamente automatizados no son flexibles y esto produce confusión en la terminología. Para desarrollar el concepto de flexibilidad en un sistema de manufactura, considere una máquina que posee dos máquinas herramientas CNC, en las cuales un robot industrial carga y descarga desde un carrusel de piezas, tal vez en un ordenamiento como el que se muestra en la figura. La celda opera sin vigilancia durante largos periodos. En forma periódica, un trabajador debe descargar piezas terminadas del carrusel y sustituirlas con piezas de trabajo nuevas. Esta es verdaderamente una celda automatizada de manufactura consiste en las máquinas herramienta CNC que pueden programarse para maquinar distintas configuraciones de piezas como cualquier otra máquina CNC. Sin embargo, si la celda solo funciona en un modo por lotes, en el cual se produce el mismo estilo de pieza en varias docenas (o varios cientos) de unidades, esto no puede clasificarse como manufactura flexible.

Para calificar a un sistema de manufactura como flexible debe cumplir varios criterios. Las pruebas de flexibilidad en un sistema de producción automatizada con la capacidad de 1) procesar diferentes estilos de piezas, pero no por el modelo de lotes, 2) aceptar cambios en el programa de producción, 3) responder en forma inmediata cuando se presenten averías y errores del equipo en el sistema y 4) aceptar la introducción de nuevos diseños de piezas. Estas capacidades hacen posible el uso de una computadora central que controla y coordina los componentes del sistema. Los criterios más importantes son: 1) y el 2); los criterios 3) y 4) son más suaves y pueden implementarse en distintos niveles de sofisticación.

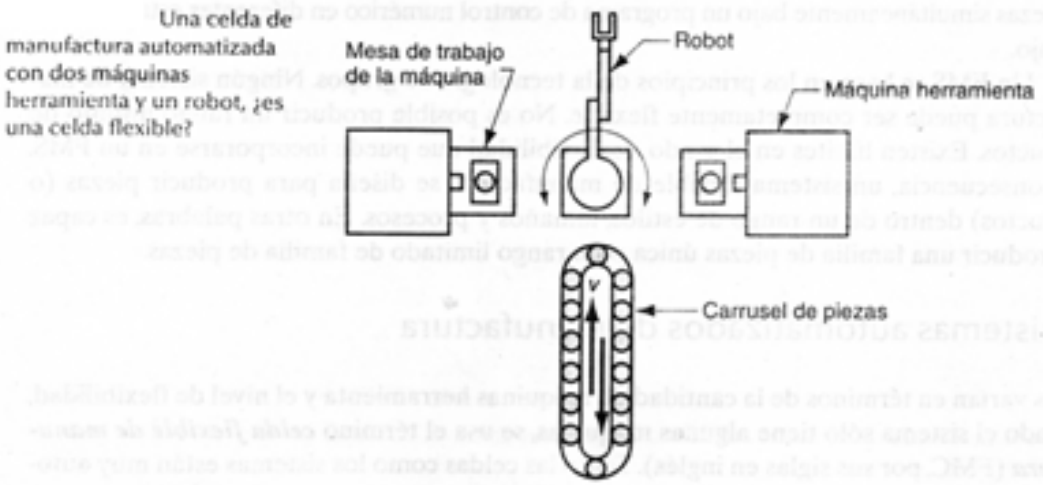


Figura 50. Fuente (Groover, 2007;916)

5.2.6 Componentes de un sistema flexible de manufactura

Un FMS consiste en un hardware y un software que deben integrarse en una unidad eficiente y confiable. También incluye personal humano. En esta sección se examinarán estos componentes. Y la manera en que se integran.

Componentes de hardware. Un sistema flexible de manufactura incluye estaciones de trabajo. Un sistema de manejo de material y una computadora de control central. Las estaciones de trabajo incluyen máquinas CNC en un sistema de tipo de maquinado; además de estaciones de inspecciones, limpieza de piezas y otras, según se necesiten. A menudo se instala un sistema de transportador con chip central bajo el nivel del piso.

El sistema de mano de materiales es el medio para mover las piezas entre las estaciones e incluye una capacidad limitada para almacenar pieza. Entre los sistemas de manejo para la manufactura automatizada están los transportadores de rodillos, los carros enganchados en el piso, los vehículos guiados en forma automática y lo robots industriales. El tipo más apropiado depende del tamaño y la configuración geométrica de piezas, al igual que de factores relacionados con la economía y la compatibilidad con otros componentes del FMS. Con frecuencia, las piezas no rotatorias se mueven en un FMS sobre *tarimas* fijas, por lo que éstas están diseñadas para el manejo particular, y los soportes se diseñan para alojar las diversas configuraciones geométricas de piezas en la familia. Las piezas rotatorias se manejan mediante robots, si el peso no es un factor restrictivo.

El sistema de majo establece la distribución básica del FMS. Pueden distinguirse cinco tipos de distribución: 1) en línea, 2) en ciclo, 3) en escalera,

4) a campo abierto y 5) celda centrada en un robot. El diseño en línea usa un sistema de transparencia lineal para mover las piezas entre las estaciones de procesamiento y las de carga/descarga. El sistema de transferencia en línea generalmente tiene capacidad de movimiento den dos direcciones; de lo contrario, el FMS opera en forma muy parecida a una línea de transferencia, y los diferentes estilos de piezas hechos en el sistema deben seguir la misma secuencia básica de procesamiento, debido al flujo en una dirección. La distribución en ciclo consiste en un transportador o ciclo con estaciones de trabajo ubicadas en una periferia. Esta configuración permite cualquier secuencia de procesamiento, debido a que es posible acceder a cualquier estación desde otra. Esto también se aplica a la distribución en escalera, en la cual las estaciones de trabajo se ubican en los peldaños de la escalera. La distribución a campo abierto es la configuración de FMS más compleja y consiste en varios ciclos enlazados. Por último, una celda centrada en un robot consiste en un robot cuyo volumen de trabajo incluye las posiciones de carga/descarga de las máquinas en la celda.

El FMS también incluye una computadora central que hace interfaz con otros componentes de hardware. Además, de la computadora, las máquinas individuales y otros componentes generalmente tienen microcomputadoras como sus unidades de control individual. La función de la computadora central es coordinar las actividades de los componentes para obtener una operación general del sistema que sea continuo. Esta función se realiza por medio del software de aplicación.

5.3 Software de un FMS y funciones de control

El software de un FMS consiste en módulos asociados con las diversas funciones que ejecuta el sistema de manufactura. Por ejemplo, una función implica cargar programas de piezas de CN a las máquinas herramienta individuales; otra función se relaciona con el control del sistema de manejo de material; otra se refiere a la administración de las herramientas, y así sucesivamente. En la tabla presenta una lista de las funciones incluidas en la operación de un FMS típico. Con cada función se asocian uno o más módulos del software. En una instalación determinada puede usarse

5.3.1 Aplicaciones de los sistemas flexibles de manufactura

Ésta es una forma típica para usar una producción de volumen medio y variedad intermedia. Si la pieza o el producto se hacen en grandes cantidades sin variaciones de estilo, es más conveniente una línea de transferencia o un sistema similar de producción dedicada. Si las piezas se hacen en volumen bajo y variedad alta, sería más conveniente el control numérico o incluso métodos manuales.

Los sistemas flexibles de maquinado son las aplicaciones más comunes en la tecnología de un FMS. Debido a las flexibilidades y capacidades inherentes al control numérico por computadora, es posible conectar varias máquinas herramienta de CNC a una pequeña computadora central y diseñar métodos automatizados para transferir las piezas de trabajo entre las máquinas.

Además, de los sistemas de maquinado, se han implantado otros tipos de sistemas flexibles de manufactura, aunque el estado de la tecnología en estos procesos no ha permitido su implementación como en el maquinado. Los otros tipos de sistemas incluyen el ensamble, la inspección, el procesamiento de láminas metálicas (perforado, recorte, doblado y formado) y el forjado.

La mayoría de la experiencia en los sistemas flexibles de manufactura se ha obtenido en el área de maquinado. Para los sistemas flexibles de maquinado, los beneficios que, por lo general son:

1) Mayor utilización de maquinas que un taller especializado convencional, ut6ilizaciones relativas entre 40 y 50 % para que las operaciones convencionales de tipo por lote y alrededor de 75% para un FMS debido a un mejor manejo del trabajo, distribuciones fuera de línea y programación mejorada.
2) Menor trabajo en el proceso debido a la producción continua, en vez de la producción por lotes.
3) Tiempos de manufactura más cortos.
4) Mayor flexibilidad en el programa de producción.

5.4 Líneas de producción automatizadas:

Las líneas de producción son una clase importante en los sistemas de manufactura cuando deben hacerse grandes cantidades de productos idénticos o similares. Están diseñados para situaciones donde el trabajo total que debe realizarse en la pieza o producto consiste en muchos pasos separados. Entre los ejemplos están los productos ensamblados (por ejemplo, los automóviles y los aparatos eléctricos);así como las piezas maquinadas que se producen en forma masiva, en las cuales se requieren múltiples operaciones de maquinado (por ejemplo, bloques de motores y receptáculos de transmisiones). En una línea de producción, el trabajo total se divide en tareas pequeñas y se asignan trabajadores o máquinas para realizar estas actividades con gran eficiencia. Gran parte del crédito para la implantación y refinamiento de la línea de producción se debe a Henry Ford y su equipo de ingeniería en la Ford Motor Company a principios del siglo XX.

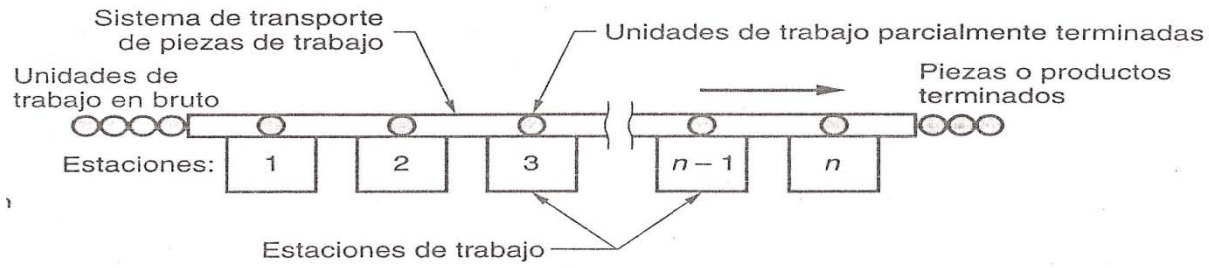
Por cuestiones de organización, las líneas de producción se dividieron en dos tipos básicos: líneas de ensamble manual y líneas de producción

automatizadas. Sin embargo, son frecuentes las líneas híbridas con operaciones tanto manuales como automatizadas.

Antes de examinar estos sistemas, se considerarán algunos de los aspectos generales involucrados en el diseño y operación de una línea de producción.

5.4.1 Fundamentos de las líneas de producción

Una *línea de producción* consiste en una serie de estaciones de trabajo ordenadas para que el producto pase de una estación a la siguiente y en cada ubicación se realice una parte del trabajo total.



. Figura 51. Fuente (Groover, 2007,923)

La transferencia del producto a lo largo de la línea por lo general se realiza mediante un dispositivo de transferencia mecánica o sistema de transporte, aunque algunas líneas manuales simplemente pasan entre las estaciones el producto a mano. Las líneas de producción se asocian con la producción masiva. Si las cantidades del producto son muy grandes y el trabajo se va a dividir en tareas separadas que pueden asignarse a estaciones de trabajo individuales, entonces una línea de producción es el sistema de manufactura más apropiado.

5.4.2 Variaciones de productos

Las líneas de producción se diseñan para afrontar las variaciones en los modelos de los productos, siempre y cuando las diferencias entre ellos no sean demasiado grandes (una variedad suave de productos, como se define en la sección 1.1.2). Pueden distinguirse tres tipos de líneas: 1) de modelo único, 2) de modelo por lotes y 3) de modelo mixto. Una ***línea de modelo único*** produce sólo un modelo y no hay variaciones en él. Por lo tanto, las tareas que se realizan en cada estación son iguales sobre todas las unidades de productos.

Las líneas de modelo por lotes y de modelo mixto se diseñan para producir dos o más modelos del producto en la misma línea, pero usan diferentes enfoques para enfrentar las variaciones. Como lo sugiere su nombre, una ***línea de modelo por lotes*** produce cada modelo en lotes. Las estaciones de trabajo se configuran para producir la cantidad deseada del primer modelo y después se reconfiguran para producir la cantidad requerida del modelo siguiente, y así sucesivamente. Con frecuencia, los productos ensamblados usan este enfoque cuando la demanda de cada producto es media. En este caso, la economía favorece el uso de una línea de producción para varios productos en vez de usar líneas separadas para cada modelo.

La "*configuración de la estación de trabajo*" se refiere a la asignación de tareas a una estación dada en la línea, las herramientas especiales necesarias para realizar las tareas y la distribución física de la estación. En general, los modelos hechos en la línea son similares y, por lo tanto, las tareas para hacerlos también son semejantes. Sin embargo, existen tales diferencias entre los modelos que se requiere **una** secuencia de tareas distinta, y tal vez las herramientas usadas en una estación **de** trabajo para el último modelo no sean las mismas que se requieren para el siguiente. Un modelo puede requerir más tiempo total que otro, lo que obliga a la línea a funcionar a un ritmo más lento. Asimismo, puede requerirse capacitación adicional o nuevo equipo para la producción de un modelo nuevo. Por estas razones, se requieren cambios en la configuración de una estación de trabajo antes de que empiece la producción de un modelo nuevo. Estas modificaciones producen tiempos muertos (tiempo de producción perdido) en una línea **de modelos** por lotes.

Una *línea de modelo mixto* también **produce** varios modelos; sin embargo, éstos se entremezclan en la misma línea, en **lugar de producirse** por lotes. Mientras un modelo particular se trabaja en una estación, se procesa **uno distinto** en la siguiente estación. Cada estación está equipada con las herramientas necesarias y es capaz de realizar las tareas que se requieren para producir **cualquier modelo que se requiera. Muchos** productos para el consumidor se ensamblan en líneas **de modelo mixto.** Los principales ejemplos son los automóviles y los aparatos eléctricos, que se caracterizan por variaciones significativas entre modelos y las opciones disponibles.

Las ventajas de una línea de modelo mixto sobre una por lotes son: 1) se minimizan los tiempos muertos entre modelos; 2) se evitan altos inventarios de algunos modelos cuando hay escasez de otros; y 3) las velocidades de producción y las cantidades de los modelos aumentan y descienden de acuerdo con los cambios en la demanda. Por otra parte, el problema de asignar tareas a las estaciones de trabajo para que todas compartan una misma carga de trabajo es más complejo en una línea de modelo mixto. La programación (determinar la secuencia de modelo) y la logística (llevar las piezas correctas a

cada estación de trabajo para el modelo que está en esa estación) son más difíciles en este tipo de línea.

5.5 Métodos de transporte de trabajo

Existen distintas formas de mover las unidades de trabajo de una estación a la siguiente. Las dos categorías básicas son manual y mecanizada.

Métodos manuales de transporte de trabajo Estos implican pasar las unidades de trabajo entre las estaciones en forma manual y se asocian con las líneas de ensamble manual. En algunos casos, el producto de cada estación se recopila en una caja o una charola de carga, cuando la caja está llena se mueve a la siguiente estación. Esto puede dar por resultado una cantidad significativa de inventario dentro de los procesos, lo cual no es deseable. En otros casos, las unidades de trabajo se mueven en forma individual 3. *A lo largo de* una tabla plana o un transportador sin energía (por ejemplo, un transportador de rodillos). Cuando se termina una tarea en cada estación, el trabajador simplemente empuja la unidad a la siguiente estación. En general, se permite un espacio para recolectar una o más unidades entre las estaciones, con lo que se relaja el requerimiento de que todos los trabajadores ejecuten sus respectivas tareas en forma sincronizada.

Un problema asociado con los métodos manuales de transporte de trabajo es la dificultad para controlar la velocidad de producción en la línea. Los trabajadores tienden a trabajar a un ritmo más lento, a menos que se les proporcione un medio mecánico para marcar el ritmo.

Métodos mecanizados de transporte de trabajo. Por lo general, se usan sistemas mecánicos de potencia para mover unidades de trabajo a lo largo de una línea de producción. Éstos incluyen dispositivos para levantar y cargar, mecanismos para levantar y colocar, transportes que utilizan energía eléctrica (por ejemplo, transportadores de cadena colgante, cintas transportadoras y transportadores de cadena al piso) y otro equipo de manejo de materiales, algunas veces se combinan varios tipos en la misma línea. En este texto no se pretende describir los tipos de equipo para el manejo de material disponible, pero resulta conveniente identificar los tres tipos de sistemas de transferencia de piezas de trabajo que se usan en las líneas de producción: 1) transferencia continua, 2) transferencia sincrónica y 3) transferencia asincrónica. Estos sistemas de transferencia se implantan mediante diversos tipos de equipo.

Los *sistemas de transferencia continúa*. Consisten en un transportador que se mueve continuamente y opera a una velocidad constante. El sistema de transferencia continua es más común en las líneas de ensamble manual. Se distinguen dos casos: 1) las piezas se fijan al transportador o 2) pueden retirarse del transportador. En el primer caso, generalmente el

producto es grande y pesado (por ejemplo, automóviles y lavadoras), y no puede removerse de la línea. Por lo tanto, el trabajador debe rodear el transportador móvil para completar la tarea asignada en tal unidad mientras está en la estación. En el segundo caso, el producto es lo suficientemente pequeño para removerse del transportador y facilitar el trabajo en cada estación. En este tipo de disposición, se pierden algunos de los beneficios del ritmo, puesto que no se requiere que cada trabajador termine las tareas asignadas dentro de un periodo fijo. Por otra parte, este caso permite una mayor flexibilidad a cada trabajador para enfrentar los problemas técnicos que pueda encontrar en una unidad de trabajo particular.

En los *sistemas de transferencia sincrónica.* Las unidades de trabajo se mueven simultáneamente entre las estaciones con un movimiento rápido y discontinuo. Estos sistemas se conocen con el nombre de *transferencia intermitente,* la cual caracteriza el tipo de movimiento que experimentan las unidades de trabajo. La transferencia sincrónica incluye la colocación del trabajo en las estaciones, y es un requerimiento para las líneas automatizadas que usan este modo de transferencia. Ésta no es común para líneas manuales debido al ritmo tan rígido que involucra. La tarea en cada estación. debe terminarse dentro del tiempo de ciclo permitido o el producto saldrá de la estación como una unidad incompleta. Esta disciplina rítmica rígida presiona a los trabajadores, lo cual es indeseable. En contraste, este ritmo de trabajo se presta para una operación automatizada.

La *transferencia asincrónica* permite que cada unidad de trabajo salga de la estación actual cuando se termina el procesamiento. Cada unidad se mueve en forma independiente y no en forma sincrónica. Por lo tanto, en cualquier momento, algunas unidades en la línea se mueven entre estaciones, mientras que otras están colocadas en ellas. En ocasiones, este tipo de transferencia se denomina un sistema de *carga y liberación*. Con la operación de un sistema de transferencia asincrónica se asocia el uso táctico de colas entre las estaciones. Se permite que se formen pequeñas colas de unidades de trabajo enfrente de cada estación, de modo que las variaciones en los tiempos de tareas de los trabajadores se promedien y las estaciones siempre tengan trabajo pendiente para ellas. La transferencia asincrónica se usa tanto en sistemas de producción manual como automatizada.

5.6 LÍNEAS DE PRODUCCIÓN AUTOMATIZADAS

Las líneas de ensamble manual utilizan normalmente un sistema de transferencia mecanizado para mover las piezas entre las estaciones de trabajo, pero las estaciones también son operadas por trabajadores. Una *línea*

de producción automatizada consiste en estaciones de trabajo automatizadas, conectadas a un sistema de transferencia de piezas, cuya actuación está coordinada con la de las estaciones. En una situación ideal, no hay trabajadores en la línea, excepto para realizar funciones auxiliares como cambiar herramientas, cargar y descargar piezas al inicio y al final de la línea y actividades de reparación y mantenimiento. Las líneas automatizadas modernas son sistemas integrados que operan bajo el control de una computadora.

Las operaciones realizadas por estaciones automatizadas tienden a ser más simples que las que ejecutan personas en líneas manuales. La razón es que las tareas más sencillas son más fáciles de automatizar. Las operaciones que son difíciles de automatizar son las que requieren varios pasos, así como la aplicación de juicio o capacidad sensorial humana. Las tareas fáciles de automatizar consisten en elementos de trabajo únicos, movimientos de funcionamiento rápido y movimientos de alimentación en línea recta, como en el maquinado.

Tipos de líneas automatizadas

Las líneas de producción automatizada pueden dividirse en dos categorías básicas: 1) las que realizan operaciones de procesamiento como el maquinado, y 2) las que realizan operaciones de ensamble. Un tipo importante en la categoría de procesamiento es la línea de transferencia.

Líneas de transferencia y sistemas de procesamiento similares una línea de transferencia es una secuencia de estaciones de trabajo que realizan operaciones de procesamiento, con una transferencia automatizada de unidades de trabajo entre las estaciones. El maquinado es la operación de procesamiento más común. También existen sistemas de transferencia automática para trabajar y ensamblar láminas metálicas. En el maquinado, la pieza de trabajo empieza generalmente como un fundido o forja metálicos, y se realiza una serie de operaciones de maquinado para obtener detalles de alta precisión (por ejemplo, orificios, roscas y superficies con acabado liso).

Por lo general, las líneas de transferencia son piezas de equipo costosas, que en ocasiones llegan a costar millones de dólares: se diseñan para trabajos que requieren grandes cantidades de piezas. La cantidad de maquinado que se realiza en la pieza de trabajo puede ser significativa, pero como el trabajo se divide entre muchas estaciones, las velocidades de producción son altas y los costos unitarios son bajos, en comparación con los métodos de producción alternativos. Comúnmente se usa transferencia sincrónica en las líneas de maquinado automatizadas.

La ingeniería de manufactura es una función que realiza el personal técnico, y está relacionada con la planeación de los procesos de manufactura

para la producción económica de productos de alta calidad. Su papel principal consiste en preparar la transición del producto desde las especificaciones de diseño hasta la manufactura de un producto físico. Su propósito general es optimizar la manufactura dentro de una organización particular. El ámbito de la ingeniería de manufactura incluye muchas actividades y responsabilidades que dependen del tipo de operaciones de producción que realiza la organización particular. Entre las actividades usuales están las siguientes:

> ***Planeación de*** *procesos.* Como lo sugiere la definición, esta es la principal actividad de la ingeniería de manufactura. La planeación de procesos incluye: *a)* decidir que procesos y métodos deben usarse y en que secuencia, *b)* determinar los requerimientos de habilitación de herramientas, c) seleccionar el equipo y los sistemas de producción y *d)* estimar los costos de producción para los procesos, la habilitación de herramientas y los equipos seleccionados.

>~ ***Solución*** *de problemas y mejora continua.* La ingeniería de manufactura proporciona personal de apoyo a los departamentos operativos (fabricación de piezas y ensamble de productos) para resolver problemas técnicos de producción. También debe poner en práctica esfuerzos continuos para reducir los costos de producción, aumentar la productividad y mejorar la calidad de los productos.

>- ***Diseño para la manufacturabilidad****.* En esta función, que cronológicamente se encuentra antes que las otras dos, los ingenieros en manufactura sirven como consejeros de manufacturabilidad para los diseñadores del producto. El objetivo es crear diseños que no solo cumplan requerimientos funcionales y de rendimiento, sino que también puedan producirse a costos razonables, con un mínimo de problemas técnicos. Con la mayor calidad y en el menor tiempo posible.

La ingeniería de manufactura debe realizarse en cualquier organización industrial relacionada con la producción. El departamento de ingeniería de manufactura por lo general depende del gerente de manufactura en una organización. En algunas compañías el departamento se conoce con otros nombres, como ingeniería de procesos o ingeniería de producción. Con frecuencia, bajo la ingeniería de manufactura se incluyen el desafío de herramientas, la fabricación de herramientas y diversos grupos de apoyo técnico.

Bibliografía.

ESCALANTE Vázquez Edgardo J, Análisis y Mejoramiento de la Calidad, Edit. Limusa, México, 2006.

VILLASEÑOR Contreras Alberto, Conceptos y Reglas de Lean Manufacturing, Edit. Limusa, México, 20078.

GROOVER Mikell P, Fundamentos de Manufactura Moderna, Edit. Mc Graw Hill, México, 2008.

ESCALANTE Vázquez Edgardo J, Seis Sigma Metodologías y Técnicas, Edit. Limusa, 2007.

CHILES, Black, Lissaman, Martin, Principios de Ingeniería de Manufactura, Edit. CECSA, México.

MIRANDA Rivera Luis Néstor, Seis Sigma: Guía para principiantes, Edit. Panorama, México, 2006.

SIPPER Daniel, Planeación y control de la producción, Edit. . Mc Graw Hill, México, 1998.

MENDOZA Valencia Juvenal, Manual de practicas Laboratorios de Automatización y Robótica, Edit. IPN, México.

BUSTAMANTE Domínguez Arturo, Trilogía en la Manufactura, Edit.IPN, México, 2002.