Qa f 3829





# UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

# DISEÑO DE UN PLAN DE MEJORAS DE LA PRODUCTIVIDAD EN UNA LÍNEA DE FABRICACIÓN DE ENVASES TERMOFORMADOS.

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su MERITORIO. contenido con el resultado:

JURADO

Firma:

Nombre: ALTREDO PANTIN

REALIZADO POR

Luis Enrique Chávez García. Carlos Alberto Serrada Pérez.

PROFESOR GUIA

Ing. José Miguel Martín.

**FECHA** 

Octubre de 1994.

#### **DEDICATORIA**

A mis padres, por su amor, constancia y apoyo en todos estos años.

A mis hermanas, por formar parte importante en mi vida y alegrar cada momento de ella.

A mis abuelos, por brindarme su amor y consejos a cada momento.

A la memoria de Andrés y María Carlota, a quienes recuerdo siempre con cariño.

A Maritzelix, por su apoyo, comprensión, por este gran amor que compartimos, por ser la razón de mi vida.

A Félix, Maritza, Félix Ramón y Marelix, por permitirme entrar en sus vidas y formar parte de ella.

Carlos Alberto.

A Jorge T. y Rosa I., mis padres. Por ser los mejores padres que he podido tener.

A Jaqueline, Jorge, Marina, Cesar y Juan Carlos, mis hermanos. Por acompañarme en los momentos buenos y malos.

A Oriana, mi sobrina. Por llenar de ternura, nuestras vidas

A Tibisay y José Manuel, mis cuñados. Por el aprecio y cariño que se han sabido ganar

A Carlos. Por confiar en mi para realizar este trabajo.

A todos mis amigos. Por formar parte de mi vida.

Luis Enrique.

#### **AGRADECIMIENTOS**

Llegado el momento final de esta gran etapa, nos sentimos felices de poder dirigirnos, en primer lugar, a Dios, agradeciéndole por habernos concedido los dones de la sabiduría y la perseverancia para ofrecer esta satisfacción a nuestros padres.

A nuestros padres y hermanos, que de una u otra manera, estuvieron presentes en los buenos y malos momentos, apoyándonos y alentándonos pacientemente.

Tambien queremos agradecer al Ingeniero José Miguel Martín, quien con sus conocimientos, nos sirvió de guía y siempre mostró la mejor disposición, para ayudarnos, apoyar os y alentarnos.

A las Ligenieros María Gabriela Belisario y Rosa Angela Gangone, por cooperar en la investigación de este trabajo.

A el personal de la empresa Envases Caracas C.A. por su valiosa colaboración, en especial al Ingeniero Walter Mostert, por permitirnos realizar gran parte de esta tesis en la planta, fijar los cimientos de la misma y explorar nuevas posibilidades que quedan impresas en este trabajo.

Y a todas las personas que de una u otra forn a contribuyeron a la realización de este crabajo.

A todos, GRACIAS !.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN1
ANTECEDENTES
CAPITULO 1.
RESEÑA HISTÓRICA3
MARCO TEÓRICO
CAPÍTULO 2.
DEFINICIONES6
CAPÍTULO 3.
MEJORAMIENTO EN LA FABRICACIÓN APLICANDO
INGENIERÍA DE MÉTODOS13
3.1. INTRODUCCIÓN
3.2. ANÁLISIS OPERACIONAL15
3.3. ESTUDIO DE TIEMPOS35
3.4. MUESTREO DEL TRABAJO38
3.5. RELACIÓN DE LA INGENIERÍA DE MÉTODOS CON LOS
NUEVOS ENFOQUES DE MANUFACTURA45
CAPITULO 4
NUEVOS ENFOQUES DE MANUFACTURA46
4.1. INTRODUCCIÓN46
4.2. EL SISTEMA SMED56
4.2.1 HISTORIA

4.2.2. PASOS BÁSICOS EN UN PROCEDIMIENTO
DE PREPARACIÓN58
4.2.3. MEJORAMIENTO DE LA PREPARACIÓN61
4.2.4. EFECTOS DE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO SMED64
4.3. EL SISTEMA KANBAN69
4.3.1.HISTORIA69
4.3.2. QUE ES UN KANBAN ?70
4.3.3. LA TÉCNICA KANBAN SE BASA EN EL SISTEMA
"PULL"70
4.3.4. FUNCIONAMIENTO BÁSICO DE LA TÉCNICA
KANBAN72
4.3.5. LA TARJETA KANBAN76
4.3.6. TIPOS DE TARJETA KANBAN76
4.3.7. FLUJO DE TARJETAS78
4.3.8. REGLAS KANBAN79
4.3.9. BENEFICIOS82
4.4. SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD CERO83
4.4.1. HISTORIA83
4.4.2. LAS INSPECCIONES EN LA FUENTE85
4.4.3. SISTEMA POKA-YOKE89
4.4.3.1. FUNCIONES DE UN SISTEMA POKA-YOKE89
4 4 3 2 TIPOS DE SISTEMA POKA-VOKE 80

CAPÍTULO 6.

CAPÍTULO 5.	
ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD	92
5.1. INTRODUCCIÓN	92
5.1.1. INTRODUCCIÓN AL TPM	92
5.1.2. MAXIMIZAR LA EFICIENCIA DE LOS EQUIPOS	96
5.1.3. MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	103
5.1.4. MANTENIMIENTO PREVENTIVO	112
5.1.5. PREVENCIÓN DEL MANTENIMIENTO	119
5.1.6. ADIESTRAMIENTO EN MANTENIMIENTO	122
5.2. CONTROL ESTADÍSTICO	125
5.2.1. INTRODUCCIÓN	125
5.2.2. DIAGRAMA DE PARETO	126
5.2.3. DIAGRAMA DE CAUSA-EFECTO	127
5.2.4. GRÁFICO DE CONTROL	127
5.3. NORMAS SERIE ISO 9000	130
5.3.1. INTRODUCCIÓN	130
5.3.2. FUNDAMENTOS DEL ISO 9000	132
5.3.3. BENEFICIOS DEL MEJORAMIENTO DE LA CALID	AD. 136

6.2.2. PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE
LA PRODUCCIÓN149
6.3. CLARIFICACIÓN DEL PROBLEMA155
6.4. REDUCCIÓN DE LAS PARADAS DE MÁQUINAS
NO PROGRAMADAS163
6.5. PLAN DE MEJORAS ( FASE I )191
6.6. PLAN DE MEJORAS ( FASE II )195
CONCLUSIONES220
RECOMENDACIONES221
BIBLIOGRAFÍA223
ANEXOS
1. FORMATO PARA REALIZAR UN DIAGRAMA DE PROCESO.
2. SIMBOLOGÍA EMPLEADA EN UN DIAGRAMA DE PROCESO.
3. FIGURA DEL ÁREA NORMAL Y MÁXIMA DE TRABAJO.
4. HOJA DE OBSERVACIÓN PARA ESTUDIO DE TIEMPOS.
5.GRÁFICO PARA LA DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE
OBSERVACIONES NECESARIAS PARA VALORES DADOS DE (p) Y
DEL GRADO DE PRECISIÓN, CON NIVEL DE CONFIANZA DEL 95%.
6. FORMATO PARA MUESTREO DEL TRABAJO

- 7. EJEMPLO DE GRÁFICA DE CONTROL PARA MUESTREO DEL TRABAJO.
- 8. FORMATO UTILIZADO PARA RECOLECTAR DATOS DE PRODUCCIÓN POR MÁQUINAS Y POR TURNOS.
- 9. FORMATO UTILIZADO PARA RECOLECTAR DATOS DE LAS PARADAS DE MÁQUINAS NO PROGRAMADAS.

# LISTADO DE TABLAS Y FIGURAS

TABLA 4.1. Pasos en un proceso de preparación de máquinas58
FIGURA 4.1. Reducción del lote económico como consecuencia de la disminución del tiempo de preparación de máquina65
FIGURA 4.2. Funcionamiento básico de la técnica kanban75
FIGURA 4.3. Flujo general de las tarjetas kanban
FIGURA 4.4. Ciclos de dirección
TABLA 5.1. Actividades de los pequeños grupos TPM94
TABLA 5.2. Efectividad global del equipo97
TABLA 5.3. Registros requeridos por el TPM116
FIGURA 5.1. Espiral del progreso en la calidad131
FIGURA 5.2. Sistema de calidad
FIGURA 6.1. Caracterización de la línea de termoformado141
FIGURA 6.2. Gráfico de producción mes Febrero157
FIGURA 6.3. Gráfico de producción mes Marzo158
FIGURA 6.4. Gráfico de producción mes Abril. 159

FIGURA 6.5. Gráfico de producción mes Mayo160
FIGURA 6.6. Gráfico de producción mes Junio161
FIGURA 6.7. Gráfico de producción mes Julio162
FIGURA 6.8. Gráfico de paradas de la máquina #1, turno #1164
FIGURA 6.9. Gráfico de paradas de la máquina #1, turno #2165
FIGURA 6.10. Gráfico de paradas de la máquina #1, turno #3166
FIGURA 6.11. Gráfico de paradas de la máquina #2, turno #1167
FIGURA 6.12. Gráfico de paradas de la máquina #2, turno #2168
FIGURA 6.13. Gráfico de paradas de la máquina #2, turno #3169
FIGURA 6.14. Gráfico de paradas de la máquina #3, turno #1170
FIGURA 6.15. Gráfico de paradas de la máquina #3, turno #2171
FIGURA 6.16. Gráfico de paradas de la máquina #3, turno #3172
FIGURA 6.17. Gráfico de paradas de la máquina #4, turno #1173
FIGURA 6.18. Gráfico de paradas de la máquina #4, turno #2174
FIGURA 6.19. Gráfico de paradas de la máquina #4, turno #3175
FIGURA 6.20. Gráfico de paradas de la máquina #5, turno #1

FIGURA 6.21. Gráfico de paradas de la máquina #5, turno #2177
FIGURA 6.22. Gráfico de paradas de la máquina #5, turno #3178
DIAGRAMA 6.1. Diagrama Causa-Efecto de paradas general
DIAGRAMA 6.2. Diagrama Causa-Efecto de paradas182
DIAGRAMA 6.3. Diagrama Causa-Efecto de paradas
DIAGRAMA 6.4. Diagrama Causa-Efecto de paradas
DIAGRAMA 6.5. Diagrama Causa-Efecto de paradas
DIAGRAMA 6.6. Diagrama Causa-Efecto de paradas
DIAGRAMA 6.7. Diagrama Causa-Efecto de paradas
DIAGRAMA 6.8. Diagrama Causa-Efecto de paradas
TABLA 6.1. Tabla de Pareto
FIGURA 6.23. Estructura promocional de TPM
TABLA 6.2. Lista de chequeo para el sistema neumático
TABLA 6.2. Lista de chequeo para el sistema eléctrico209
TABLA 6.2. Lista de chequeo para el sistema de dirección210
TABLA 6.2. Lista de chequeo para el sistema hidráulico.

THE	CIC	DI	6	DA	DO
B 87				F4 /4	

Listado de	Tablas	v Figuras.
------------	--------	------------

TABLA 6.2.	Curso básico de maquinaria	213
TABLA 6.2.	Curso básico de mantenimiento	215

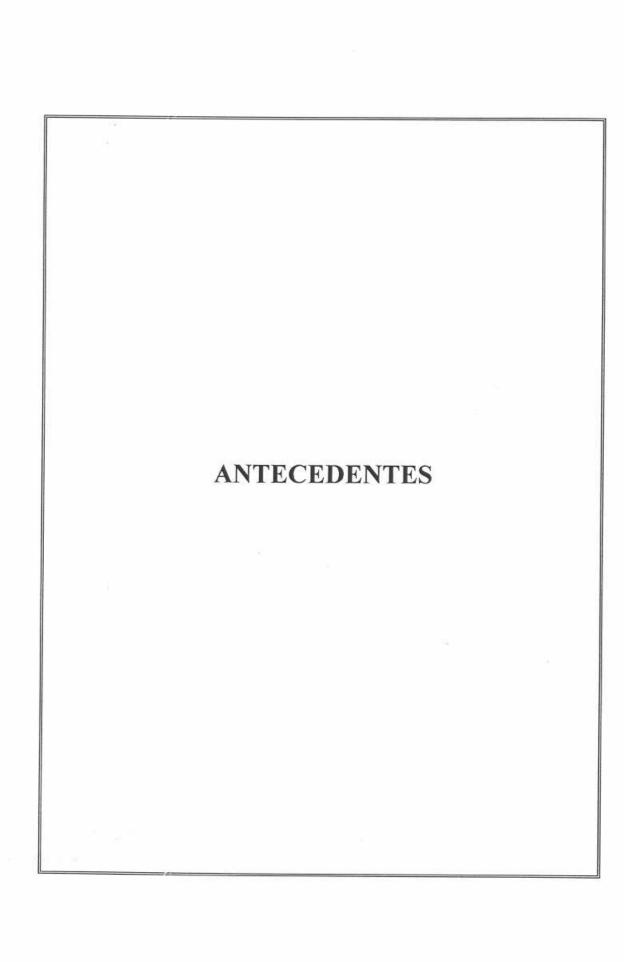
# INTRODUCCIÓN

En la actualidad, vivimos momentos importantes en la historia económica en general, que obligan al sector empresarial a ser más competitivos, teniendo como horizonte, la búsqueda de la excelencia.

Venezuela no escapa a esta realidad, y es por esta razón que la industria, en su afán de mantenerse en el mercado, recurre al Ingeniero Industrial, quien posee las habilidades y conocimientos necesarios para aceptar el reto. Uno de los elementos de mayor importancia, para alcanzar un escalón más en la búsqueda de la excelencia, es el de mejorar la productividad.

La empresa Envases Caracas C.A., consciente de esta situación, se plantea como objetivo, el mejoramiento de la productividad en la línea de elaboración de envases termoformados; y para lograr esta tarea es necesario diseñar un plan de mejoras de la productividad, es decir, acciones a corto, mediano y largo plazo, que permitan alcanzar este objetivo.

Con este trabajo podremos, además, poner en práctica algunos de los conocimientos adquiridos, en la universidad, durante el transcurso de la carrera de Ingeniería Industrial, así mismo las experiencias logradas durante la investigación para fundamentar este trabajo especial de grado.



# CAPÍTULO I:

# RESEÑA HISTÓRICA.

Envases Caracas C.A. es una de las más competitivas empresas dentro de la elaboración de productos de plástico.

Envases Caracas nace, como una empresa familiar, en febrero de 1982 de un contrato con la Coca Cola y la Golden para la fabricación de botellas de Pet de uno y dos litros. Para esta fecha se construye el Galpón I y se compran tres máquinas sopladoras Cincinnati con dos líneas de producción, etiquetado y empaque. Y se comienza ese primer año con preforma de Pet importada. En 1982 se compran máquinas inyectoras para la elaboración de las preformas.

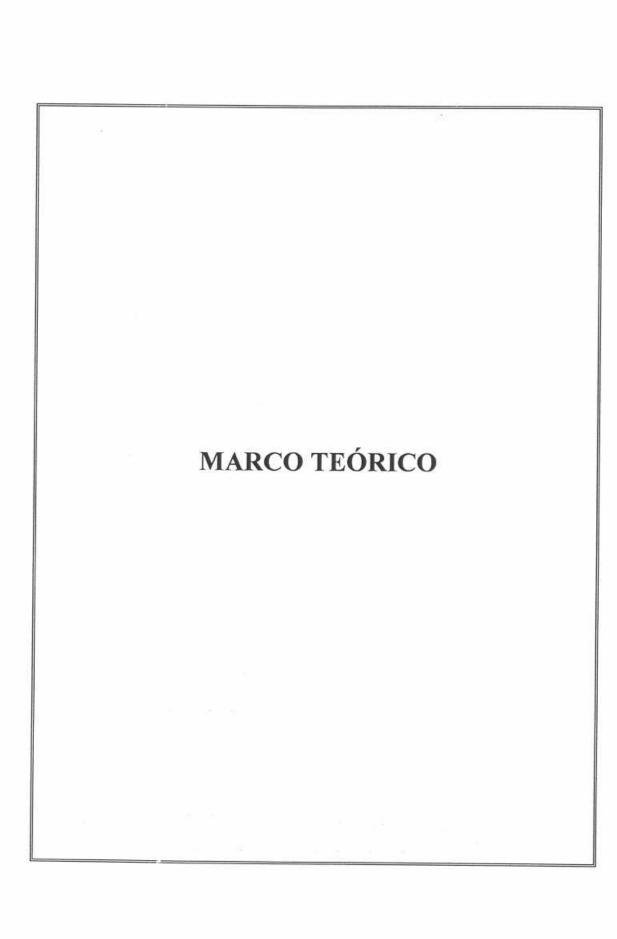
En 1984 la Coca Cola y la Golden bajan demasiado sus pedidos, lo que dio la necesidad de abrir otra línea de producción y construir un segundo galpón. En el Galpón II se comienza con la máquina extrusora y algunas termoformadoras para la fabricación e introducción en el mercado de platos, tinas, tapas y vasos de diferentes dimensiones.

Después de abrir este mercado en 1985 se comienzan a traer máquinas inyectoras para la fabricación de nuevos productos. También se prueba con máquinas de Coextrusión Soplado para la fabricación de botellas de aceite, mostaza y ketchup de plástico. Este ramo no tuvo mucha transcendencia por lo cual se encuentra parada con miras a una futura negociación.

En 1988 se abre de nuevo la demanda de botellas de refresco, y se tienen nuevos clientes como la Pepsi Cola. Se compran nuevas máquinas inyectoras para otros productos y ,máquinas de impresión para tinas, vasos, cuñetes y tapas.

Envases Caracas cuenta con la planta situada en la Zona Industrial del Este en Guarenas y las oficinas de ventas situadas en el Centro Empresarial Los Ruices en Caracas.

La planta en Guarenas cuenta con dos galpones de aproximadamente 150 x 50 mts². También la planta cuenta con varias oficinas, entre otras, Relaciones Industriales, Compras, Producción y Control de Calidad.



# CAPITULO 2 : DEFINICIONES.

ABC: Conjunto de requerimientos mínimos básicos en un departamento o línea de producción, para administrar eficientemente el sistema.

Análisis de operación: Un procedimiento utilizado para el estudio de los principales factores que afectan al método general de ejecución de una operación determinada.

Carga de producción: Demanda de producción establecida por programación, basada en los pedidos de los clientes o en los planes de ventas. Generalmente se establece en función del tiempo necesario para elaborar la producción pedida o como porcentaje de la capacidad de producción normal, horas-máquina disponibles u otros factores.

Causa accidental: Causa de variación en un proceso que empieza o actúa de manera imprevisible y no puede ser identificada como presente o ausente en un determinado momento.

Causa asignable: Causa significativa de variación en un proceso que es mucho mayor o de origen diferente que las originadas por causas aleatorias. "Asignable" significa que puede ser posible identificar la naturaleza de la causa.

Celda de manufactura: Tipo de distribución que busca reorganizar el equipo que se utiliza para producir cada familia de productos, bajo el enfoque de flexibilidad.

Condiciones de trabajo: Factores tales como iluminación, temperatura, humos, seguridad, riesgos, ruido, polvo, etc., que afectan al rendimiento de un puesto de trabajo o al bienestar general del trabajador.

Contenido de un puesto de trabajo: Deberes, funciones y responsabilidades que integran un puesto de trabajo.

Control de calidad: Técnica para establecer límites aceptables de variación en las medidas, peso, acaliados, etc., de productos o servicios, y para mantener los productos o servicios resultantes entre esos límites.

Control de existencias: Técnica para mantener los stocks a un nivel deseado, ya sean las materias primas, los materiales en proceso o los productos acabados.

Control de la producción: Procedimientos o métodos de planificación, programación, lanzamiento y expedición de los materiales, piezas, submontajes y montajes, dentro de la fábrica, desde el estado bruto hasta el producto acabado, en forma ordenada y eficiente.

Control estadístico de la calidad. Técnica para controlar la calidad de un producto o proceso mediante aplicación de las leyes de probabilidad y las técnicas estadísticas a las características observadas de tal producto o proceso.

Costo de mano de obra: Aquella parte de los costos de mercancías, servicios y similares, imputable a los salarios. Se refiere corrientemente sólo a los obreros que realizan trabajo directo; pero puede también incluir a los que realizan trabajo indirecto. Cronometraje continuo: Procedimiento de cronometraje, utilizado para el estudio de tiempos, en el cual el cronómetro marcha continuamente durante todo el período del estudio, mientras el observador anota y registra las lecturas al final de cada elemento, espera o cualquier otra incidencia, independientemente de si tiene o no relación directa con el trabajo. El tiempo transcurrido se obtiene por sustracción de las diferentes lecturas, una vez terminado el cronometraje.

Cronometraje repetitivo o de vuelta a cero: Procedimiento de cronometraje utilizado en la realización de estudios de tiempos, en el que se efectúa la lectura del cronómetro y se vuelve la aguja a cero al finalizar cada elemento o ciclo de trabajo.

Diagrama de análisis del proceso: Representación gráfica de la sucesión de todas las operaciones, transportes, inspecciones, esperas y almacenamientos que tienen lugar durante un proceso. Incluye la información necesaria para el análisis, tal como el tiempo necesario y la distancia recorrida.

- a) El diagrama de procesos del material muestra el proceso en función de las operaciones que sufre el material.
- El diagrama de proceso del operario muestra el proceso en función de la actividad personal.

Diagrama del proceso: Representación gráfica de las fases que componen una serie de operaciones y la información referente a ellas.

Distribución (Layout): Disposición de elementos en una zona o área.

Distribución del puesto de trabajo: Disposición de las herramientas, muebles, recipientes, vertederos y otros equipos en un determinado puesto de trabajo.

Distribución en planta: Disposición física ya existente, o planeada, de instalaciones industriales.

Elemento: Subdivisión de un ciclo de trabajo, compuesta de una sucesión de uno o varios movimientos fundamentales y/o actividades de máquina o de proceso, que sean diferentes, descriptibles y medibles.

Estudio de tiempos: Procedimiento por el cual el tiempo real transcurrido para realizar una operación, o una parte o elemento de ésta, se determina con el uso de un dispositivo adecuado de medición del tiempo y es registrado. El procedimiento generalmente, pero no siempre, incluye el ajuste del tiempo real como resultado del rendimiento desarrollado, para deducir el tiempo que se requerirá para que ejecute la

tarea un hombre trabajando a ritmo normal y siguiendo un método normalizado, en condiciones normalizadas.

Existencias: Todos los materiales, piezas, suministros, herramientas y productos acabados o en curso de fabricación, registrados en los libros de contabilidad de una empresa y distribuidos en sus diferentes almacenes, depósitos, talleres, etc.

Gráfico de control: Gráfico en el cual, alguna propiedad observada o calculada de un producto o proceso, se señala, generalmente en el orden de producción, con el fin de estar seguros de la naturaleza de la variación en el proceso y la posible necesidad de acción correctora.

Hora-hombre: Unidad de medida de trabajo. Equivale al trabajo de un hombre, a ritmo normal, durante 60 minutos; al de dos hombres, a ritmo normal, durante 30 minutos, o a alguna combinación análoga del trabajo de hombres, a ritmo normal, durante un cierto período de tiempo.

Hora-máquina: Unidad para medir la disponibilidad y utilización de las máquinas. Es equivalente al trabajo de una máquina durante 60 minutos, al trabajo de dos máquinas durante 30 minutos, o a otra combinación equivalente de máquinas y tiempos de trabajo.

Ingeniería de métodos: Técnica que somete cada operación de una tarea determinada a un detenido análisis, para eliminar todo elemento u operación innecesarias y para acercarse al más rápido y perfecto método de realización de cada elemento u operación necesarios. Incluye la mejora y normalización de métodos, equipos, y condiciones de trabajo; formación de los operarios; determinación de tiempos tipo y, ocasionalmente, proyecto y administración de planes de incentivo.

Inspección: Examen de un objeto para su identificación o control, verificando cantidad o la calidad de alguna de sus características.

Inventario: Relación de nombres, cantidades, precios e importes de todos algunos de los materiales, piezas, suministros, herramientas y productos acabados o en curso de fabricación, de una empresa.

Ley de Pareto: Algunas veces llamada "ley de los muchos triviales y pocos críticos". Ley que establece que en la mayor parte de las actividades empresariales una pequeña fracción (comúnmente estimada en 20%) del total de elementos considerados produce la mayor porción (comúnmente estimada en 80%) del trabajo, costo, beneficio, u otra medida de importancia. A menudo se muestra gráficamente como curva de valores totales en función de la frecuencia acumulada.

Lote económico: Cantidades de unidades de un material o artículo manufacturado que pueden ser compradas o producidas con el mínimo costo unitario. Su determinación implica una solución de compromiso entre el decrecimiento a que tienden los costos unitarios de preparación y el incremento que tiende a manifestarse en los costos unitarios por almacenaje, intereses, seguros, depreciación y otros gastos inherentes al patrimonio, al aumentar el tamaño del lote.

Planificación de la producción: Programación sistemática de hombres, materiales y maquinaria, utilizando tablas de tiempos, tiempos tipo, fechas de entrega, cargas de trabajo y otros datos similares, con el fin de lograr una producción eficiente y económica y satisfacer las fechas de entrega deseadas.

**Preparación:** Disponer los elementos necesarios para la realización de un trabajo u operación. La preparación de máquinas supone equiparlas con los accesorios apropiados, herran ientas y dispositivos de fijación, establecer il avance, velocidad y

profundidad de corte adecuados, etc. En el trabajo manual, la preparación comprende la previa ordenación, al empezar el trabajo, de las herramientas accesorios, piezas componentes y otros detalles. También incluye el desmontaje para volver la máquina o la zona de trabajo a sus condiciones iniciales o normales.

Principios de economía de movimientos: Conjunto de reglas y sus corolarios aplicables a los movimientos humanos, que sirven de guía para el desarrollo de la forma óptima de realización de un determinado trabajo.

**Productividad:** La productividad es la relación entre lo producido y lo insumido. Es el cociente entre la cantidad producida y la cuantía de los recursos que se hayan empleado en la producción. Estos recursos pueden ser:

- a) Tierra.
- b) Materiales.
- c) Instalaciones, máquinas y herramientas.
- d) Servicios del hombre.
- e) O cualquier combinación de los mismos.

La responsabilidad principal en lo que respecta al aumento de la productividad de una empresa corresponde a la gerencia.

La productividad de una serie determinada de recursos (insumos) es la cantidad de bienes o servicios (productos) que se obtienen de tales recursos. Los recursos a disposición de una industria manufacturera son:

- a) Terrenos y edificios.
- b) Materiales.
- c) Máquinas.
- d) Mano de obra.

El uso que se hace de todos estos recursos combinados determina la productividad de la empresa.

Tiempo de parada: Período de tiempo que es corrientemente igual o mayor que un mínimo especificado, durante el cual se detiene una operación, debido a falta de materiales, averías en la maquinaria u otras causas.

**Tiempo de parada de máquina:** Cualquier tiempo, durante un período regular de trabajo, en que una máquina no puede ser puesta en marcha.

Tiempo inactivo de máquina: Porción de un período regular de trabajo durante la cual una máquina, que está dispuesta para trabajar, no se utiliza.

Variación: Diferencia entre un valor tipo o previsto y un valor real. Por ejemplo, la diferencia entre el costo tipo establecido y el costo real resultante de la ejecución de un trabajo u operación.

Variación accidental: Variación debida a una combinación de causas accidentales.

### CAPITULO 3.

# MEJORAMIENTO EN LA FABRICACIÓN APLICANDO INGENIERÍA DE MÉTODOS.

# 3.1.- INTRODUCCIÓN

La ingeniería de métodos capacita al ingeniero industrial y al director de línea a situar cada operación dentro del ámbito de su estudio de métodos para un preciso y sistemático análisis. El objetivo de la ingeniería de métodos es eliminar todo elemento u operación innecesarios y alcanzar el más rápido y mejor método para realizar aquellos elementos u operaciones que son determinados como necesarios.

El término "ingeniería de métodos" es usado para describir un conjunto de técnicas de análisis, que centran su atención sobre la mejora de la efectividad de hombres y máquinas. Dado que el aumento de la eficiencia debe ser el objetivo de cualquier directivo que busca el éxito, las técnicas de la ingeniería de métodos no están restringidas al departamento de ingeniería industrial. De hecho, estas técnicas pueden ser utilizadas por cualquier miembro de una organización con suficiente adiestramiento. La ingeniería de métodos no se limita a una única industria o negocio, ni tampoco a cierta área funcional importante dentro de una industria o empresa. A causa de su gran potencial puede ser utilizada por cualquier función.

Al establecer las bases para lograr las mejoras que se requieren en el departamento de termoformado, concretamente en la línea de elaboración de vasos y tinas, consideramos prudente enfocar la situación bajo las siguientes herramientas de ingeniería de métodos, a saber:

- Análisis Operacional.
- · Estudio de Tiempos.
- Muestreo de Trabajo.

A continuación se expone cada aspecto en detalle.

## 3.2.- ANÁLISIS OPERACIONAL.

Los factores que rodean el proceso u operación más simple son muchos y variados. Comparativamente, pocos progresos se harán hacia la mejora de métodos y la automatización si la tarea es estudiada en conjunto. La primera etapa en cualquier estudio que produzca resultados es dividir la tarea en sus partes, componentes o elementos. Entonces, cada parte puede ser considerada separadamente, y el estudio del proceso u operación se convierte en una serie de estudios de problemas claramente más simples.

Este tipo de trabajo analítico se conoce por el término "análisis operacional" o "análisis de operaciones", y puede ser definido como "un procedimiento sistemático, empleado para estudiar todos los factores que afectan al método de realización de una operación, y alcanzar la máxima economía general. A través de este estudio, se halla el mejor método posible de realización de cada elemento necesario de una operación, y se incorporan nuevos desarrollos de fabricación y mantenimiento a medida que están disponibles, en un continuo esfuerzo para llevar cada tarea a una etapa más cercana a la realización automática continua.

Los diez puntos o factores que se tendrán en cuenta en cada operación, según el orden en que deben considerarse, son los siguientes:

# 1. Objetivo de la operación.

La meta es tratar de eliminar aquellas actividades que aparecen formando parte de un proceso, pero que no son correctas e incluso necesarias. El analista debe tratar de eliminar o combinar una operación antes de mejorarla.

# Causas de operaciones incorrectas e innecesarias:

- Planeación inapropiada en el momento de iniciar el trabajo.
- Ejecución inapropiada de una operación previa.
- Cuando se introduce una operación para facilitar otra que la sigue.
- d. Haber pensado que se le daría mayor atractivo de venta al producto.
- e. Cambio en el diseño o en la especificación de los materiales.
- Uso de equipos o herramientas inadecuadas para eliminar, combinar o mejorar cada operación.

- a. ¿Es posible lograr mejores resultados de otra manera?.
- b. ¿Se puede eliminar la operación analizada?, ¿combinarla con otra?,
   ¿efectuarla durante el tiempo muerto de otra?.
- c. ¿Es la secuencia de operaciones la mejor posible?.
- d. ¿Debe realizarse la operación en otro departamento para ahorrar en costo o manejo?.

e. ¿Podría un suplidor realizar la operación más económicamente?.

#### 2. Diseño de la pieza.

Por lo general es dificil introducir un ligero cambio en el diseño, sin embargo, estos no son permanentes y pueden cambiarse y si resulta un mejoramiento y la importancia del trabajo es significativa, entonces se debe realizar el cambio a la brevedad posible.

#### Criterios para reducir costos:

- a. Simplificar el diseño reduciendo el número de partes.
- b. Reducir el número de operaciones y la magnitud de los recorridos en la fabricación uniendo mejor las partes y haciendo más fáciles el acabado a máquina y el ensamble.
- c. Utilizar un mejor material.
- d. Mantener precisión en las operaciones "claves".
- e. Asegurarse que los detalles caros, originalmente diseñados en la pieza, son todavía necesarios.

- a. ¿Son necesarias todas las piezas?.
- b. ¿Podrían ser sustituidas por piezas estandar?.
- c. ¿Permite el diseño menos costo de proceso y montaje?.
- d. ¿De que características de diseño hacen uso los competidores?.
- e. ¿Permitirá el diseño una automatización eventual?.

## 3. Tolerancias y especificaciones.

El análisis debe determinar si las exigencias de calidad están de acuerdo con el uso que tendrá una pieza determinada y si la operación, bajo estudio, producirá un resultado que cumpla con la especificación económicamente, para que de esta manera, asegurar que la empresa no está pagando por exigencias innecesarias y que las establecidas correctamente están siendo uniformemente exigidas y cumplidas.

También se debe considerar el establecer el procedimiento de inspección ideal. La inspección es una verificación de cantidad, calidad, dimensiones y funcionamiento; puede ser en el sitio (chequeos periódicos), lote por lote (muestreo) o por el control estadístico de calidad (100%).

#### Detalle del análisis:

- a. ¿Las tolerancias, acabado, concesiones y otras exigencias son necesarias?, ¿demasiado costosas?, ¿proporcionales al objetivo?.
- b. ¿Puede ser usado el control estadístico de calidad?.
- c. ¿El procedimiento de inspección es efectivo y eficiente?.

#### 4. Materiales.

En muchas ocasiones es posible y práctico incorporar un material mejor y más económico a un diseño existente, debido a que la gran variedad de materiales disponibles hace que la escogencia actual no sea necesariamente la correcta. Consideraciones relativas a los materiales directos e indirectos utilizados en un proceso:

- Encontrar un material menos costoso.
- b. Encontrar materiales más fáciles de procesar.
- c. Emplear materiales en forma más económica.
- d. Utilizar materiales de desecho.
- e. Usar más económicamente los suministros y herramientas.
- Estandarizar los materiales.

#### Detalle del análisis:

Considerar dimensiones, adaptabilidad, adecuación y otras condiciones:

- a. ¿Puede ser sustituido por material más barato?.
- b. ¿Modificaciones de herramientas permitirán el uso de materiales más ligeros o más delgados?.
- c. ¿Un material más caro reduciría los costos de mecanizado y proceso?.
- d. ¿Es adecuado el embalaje?.

#### 5. Procesos de Manufactura.

Se debe efectuar una investigación en cuatro aspectos a fin de mejorar los procesos de manufactura:

- a. Efectos sobre operaciones posteriores al cambiar una operación actual.
- b. Mecanización de las operaciones manuales.

- c. Utilización de mejores máquinas y herramientas.
- d. Operación más eficiente de los dispositivos e instalaciones mecánicas.

#### Detalle del análisis:

- a. ¿Podría sustituirse el proceso por otro que permita mayor grado de automatización?
- b. ¿Podría rearreglarse o combinarse las operaciones para reducir los costos unitarios?.
- c. ¿Puede eliminarse la operación?.

#### 6. Preparación y Herramental.

Uno de los elementos más importantes a considerar en todos los tipos de herramental y preparación, es el económico. La preparación de herramental más ventajosa depende de:

- a. Cantidad de piezas a producir.
- b. La posibilidad de repetición de pedido.
- c. La mano de obra que se requiere.
- d. Las condiciones de entrega.
- e. El capital necesario.

Un error común es el de invertir sumas considerables en dispositivos altamente economizadores si fuesen utilizados, pero que rara vez se usarán.

La ventaja económica de bajos costos de mano de obra, es el factor dominante en la determinación de un herramental a utilizar.

La preparación está estrechamente ligada a la consideración del herramental, pues las herramientas a utilizar en un trabajo determinan invariablemente los tiempos de preparación y desmontaje.

Para desarrollar mejores métodos se debe investigar desde los siguientes puntos de vista:

- a. Reducir el tiempo de preparación mediante una mejor planeación y control de la producción.
  - b. Diseño herramental para utilizar la plena capacidad de una máquina.
  - c. Adopción del herramental más eficiente.

- a. ¿Cómo se consiguen los dibujos y herramientas?.
- b. ¿Se puede mejorar la preparación?.
- c. ¿Las herramientas son apropiadas?, ¿están disponibles cuando se necesitan?.
- d. ¿Se han especificado las herramientas más efectivas?.
- e. ¿Las herramientas de corte están correctamente afiladas?.
- f. ¿Se ha especificado la alimentación y adecuada velocidad de corte?.
- g. ¿Podrían utilizarse alimentadores automáticos para incrementar la utilización de la máquina?.
- h. ¿Puede la máquina especificada producir parte de buena calidad a la velocidad, alimentación y profundidad de corte especificados?.

#### 7. Condiciones de Trabajo.

Aunque se presta mucha atención a los movimientos que debe realizar un obrero y a las exigencias para un proceso efectivo, el ambiente en que se desenvuelve el trabajo también juega un papel importante para mantener el confort y eficiencia del obrero. Puntos extremos de calor o luz, mala ventilación o riesgos de seguridad, pueden causar fatigas innecesarias o preocupación al operario. Estos factores tienen una influencia directa en la producción. Para ser más eficaz, un operario debe tener óptimas condiciones ambientales. Durante el análisis de la operación, el analista debe considerar el efecto de factores ligados a la comodidad, seguridad y bienestar del operario.

Consideraciones para lograr mejores condiciones de trabajo:

- a- Mejorar la iluminación.
- b- Controlar la temperatura.
- c- Proveer ventilación adecuada.
- d- Suministrar medios de control de ruidos.
- e- Promover el orden, limpieza y cuidado de los locales.

- a. Luz.
- b. Calefacción.
- c. Ventilación, humos.
- d. Fuentes para beber (bebederos, filtros de agua, etc.).

- e. Lavabos.
- f. Aspectos de seguridad.
- g. Diseño de las piezas.
- h. Trabajo necesario administrativo (para llenar fichas de tiempos o cosas parecidas).
- Probabilidad de esperas.

## 8. Manejo de Materiales.

El flujo de material a través de una planta es, generalmente, realizado por una serie de transportes separados. Estos transportes pueden ser realizados dentro y fuera de los sitios de almacenamiento y desde los lugares de trabajo. El analista, por un cuidadoso estudio de las necesidades de transporte y del tipo de manipulación que requiere el material, a menudo puede reducir parte importante de su costo.

Muchos aparatos han sido desarrollados a través de la investigación para facilitar el flujo de materiales y eliminar los problemas relacionados con su manipulación. Cuanto más voluminosa es la pieza, tanto más ventajoso es pensar en disponer ordenadamente un flujo continuo, que su transporte por lotes.

- a. ¿Pueden ser entregados directamente en el lugar de trabajo los materiales que llegan?.
- b. ¿Pueden usarse señales de luz o timbres para notificar a los manipuladores que los materiales están preparados para ser movidos?.

- c. ¿Pueden utilizarse grúas, transportadores por gravedad, cestones de bandejas o carretillas especiales?.
- d. Considerar la distribución en planta con respecto a la distancia movida
  - e. ¿Los contenedores están correctamente dimensionados?.

#### 9. Distribución en Planta.

Se entiende por distribución en planta la disposición física de los equipos e instalaciones industriales. Esta disposición, sea instalada o en proyecto, incluye los espacios necesarios para el movimiento del material y su almacenamiento, de la mano de obra indirecta y todas las demás actividades auxiliares o de servicios, así como el equipo de producción y su personal.

#### Detalle del análisis:

#### a. Materiales.

Este es uno de los factores que mayor importancia reviste en una distribución. Incluye a su vez el tratamiento de los siguientes puntos:

- Materias primas.
- Material en proceso.
- Productos terminados.
- Materiales indirectos.
- Piezas rechazadas.
- Material recuperable.

- Desperdicios.
- Material de embalaje.
- Material para mantenimiento.

Consideraciones que se deben tener presente en este punto:

- Especificaciones del producto.
- Características físico-químicas.
- Cantidad y variedad de productos o materiales.
- Materiales componentes y secuencia de las operaciones.

### b. Maquinaria.

Después del factor material, le sigue en importancia el factor maquinaria que incluye todo el equipo que se necesita para ejecutar el proceso. La siguiente información para este punto es de vital importancia para la distribución:

- Proceso o método.
- Maquinaria.
- Utilaje y equipo.
- Utilización de la maquinaria.
- Requerimientos relativos a las maquinarias.

### c. Hombre.

Este es uno de los factores más flexibles ya que se puede trasladar, dividir o repartir su trabajo y entrenarle para nuevas operaciones, por estas causas es que muchas veces se trata al operador de una forma no adecuada lo que ocasiona una serie de descontentos, resentimientos y al final una baja en la producción. Por estas razones al realizar una distribución de planta el trabajador debe ser tomado muy en cuenta y darle la misma importancia que a cualquier otro factor.

Las consideraciones sobre el factor hombre son las siguientes:

- Condiciones de trabajo y seguridad adecuados.
- Necesidades de mano de obra (cantidad de personas a trabajar en la linea).
- Uso de la mano de obra.
- Otras consideraciones (métodos de pago, psicológicas o personales, organización y supervisión).

## d. Movimiento. (Materiales).

Las consideraciones sobre el factor movimiento o manejo se agrupan de la siguiente manera:

- Patrón de circulación o de ruta.
- Reducción del manejo innecesario y antieconómico.
- Combinar manejo de materiales con producción.
- Espacio requerido por el movimiento.
- Analizar métodos utilizados para el movimiento.
- Equipo de manejo.
- e. Demoras.

El objetivo principal de un flujo de material, es una circulación clara y veloz de este a través de la planta, siempre avanzando hacia el producto terminado.

Cada vez que el material es detenido, tiene lugar la espera o demora, la cual implica dinero.

Dentro de los costos originados por las demoras tenemos:

- Costo de protección del material en espera.
- Costo de manejo efectuado hacia el punto de espera y del mismo hacia producción.
- Costo de los contenedores.
- Costo del manejo en el área de espera.
- Intereses del dinero representado por el material ocioso.
- Costo de espacio y gastos generales.
- Costo de los registros necesarios para no perder de vista el material en espera.

Las consideraciones que afectan una distribución en lo concerniente al factor demora son:

- Situación de los puntos de almacenaje o espera.
- Espacio para cada punto de espera.
- Método de almacenaje.
- Dispositivos de seguridad y equipos destinados al almacenaje o espera.

### f. Servicios

La palabra servicio se aplica al personal y elementos que sirven y auxilian a la producción, manteniendo y conservando en actividad a la maquinaria, trabajadores y materiales. Estos servicios comprenden:

- 1. Servicios concernientes a las maquinarias.
  - 1.1. Mantenimiento.
  - 1.2. Distribución de líneas de servicios auxiliares.
- 2. Servicios relativos a los trabajadores o al personal.
  - 2.1. Vías de acceso.
  - 2.2. Instalaciones para uso personal.
  - 2.3. Protección contra incendios.
  - 2.4. Iluminación.
  - 2.5. Calefacción y ventilación.
  - 2.6. Oficinas.
- 3. Servicios concernientes al material.
  - 3.1. Control de calidad.
  - 3.2. Control de producción.
  - 3.3. Control de rechazos, mermas y desperdicios.

### h. Edificio.

Los elementos o particularidades del factor edificio que con mayor frecuencia intervienen en el problema de la distribución son:

- Edificio especial o de uso general.
- Edificio de un solo piso o varios.

- Formas características de edificios industriales.
- Sótano y altillos.
- Ventanas.
- Suelos.
- Cubiertas y techos.
- Paredes y columnas.
- Escaleras y rampas.
- i. Cambio. (Flexibilidad).

Las consideraciones del factor cambio incluyen:

- Cambios en el personal (habilidades, horas de trabajo, organización y supervisión).
- Cambios en los materiales (variedad, demanda, diseño del producto, materiales).
- Cambios en la maquinaria (procesos y métodos).
- · Cambios externos y limitaciones debido a la instalación.
- Cambios en las actividades auxiliares (edificio, servicios, almacenamiento, manejo).

### 10. Principios de Economía de Movimientos.

Los principios de la economía de movimientos están relacionados con:

- Utilización del cuerpo humano.
- Distribución del lugar de trabajo.

- Modelo de las máquinas herramientas.
- Consideraciones sobre la disposición del lugar de trabajo.

A continuación se presentan al detalle cada uno de los puntos anteriores:

10.1.- Utilización del cuerpo humano.

Siempre que sea posible:

- Las dos manos deben comenzar y completar sus movimientos a la vez.
- Nunca deben estar inactivas las dos manos a la vez, excepto durante los períodos de descanso.
- c. Los movimientos de los brazos deben realizarse simultáneamente y en direcciones opuestas y simétricas.
- d. Los movimientos de las manos y del cuerpo deben caer dentro de la clase más baja con que sea posible ejecutar satisfactoriamente el trabajo.
- e. Debe aprovecharse el impulso cuando favorece al obrero, pero debe reducirse a un mínimo si hay que contrarrestarlo con un esfuerzo muscular.
- f. Son preferibles los movimientos continuos y curvos a los movimientos rectos en los que hay cambios de dirección repentinos y bruscos.
- g. Los movimientos de oscilación libre son más rápidos, más fáciles y más exactos que los restringidos y controlados.

- h. El ritmo es esencial para la ejecución suave y automática de las operaciones repetitivas, y el trabajo debe disponerse de modo que se pueda hacer con un ritmo fácil y natural, siempre que sea posible.
- El trabajo debe disponerse de modo que los ojos se muevan dentro de límites cómodos y no sea necesario cambiar de foco a menudo.

## 10.2.- Distribución del lugar de trabajo.

- a. Debe haber un sitio definido y fijo para todas las herramientas y materiales, con objeto de que se adquieran hábitos.
- Las herramientas y materiales deben colocarse de antemano donde se necesitarán, para no tener que buscarlos.
- c. Deben utilizarse depósitos y medios de "almacenamiento por gravedad", para que el material llegue tan cerca como sea posible del punto de utilización.
- d. Las herramientas, materiales y mandos deben situarse dentro del área máxima de trabajo y tan cerca del trabajador como sea posible.
- e. Los materiales y las herramientas deben situarse en la forma que dé a los gestos el mejor orden posible.
- f. Deben utilizarse, siempre que sea posible, eyectores y dispositivos que permitan al operario "dejar caer" el trabajo terminado sin necesidad de utilizar las manos para despacharlo.
- g. Deben preverse medios para que la luz sea buena, y facilitarse al obrero una silla de tipo y altura adecuados para que se siente en buena postura. La altura de la superficie de trabajo y la del asiento

- deberán combinarse de forma que permitan al operario trabajar alternativamente sentado o de pie.
- El color de la superficie de trabajo deberá contrastar con el de la tarea que realiza, para reducir así la fatiga de la vista.
- 10.3 Modelo de las máquinas y herramientas.
- a. Debe evitarse que las manos estén ocupadas "sosteniendo" la pieza cuando ésta pueda sujetarse con una plantilla, brazo o dispositivo accionado por el pie.
- b. Siempre que sea posible deben combinarse dos o más herramientas.
- c. Siempre que cada dedo realice un movimiento específico, como para escribir, debe distribuirse la carga de acuerdo con la capacidad inherente a cada dedo.
- d. Los mangos, como los utilizados en las manivelas y destornilladores grandes, deben diseñarse para que la mayor cantidad posible de superficie esté en contacto con la mano. Es algo de especial importancia cuando hay que ejercer mucha fuerza sobre el mango.
- e. Las palancas, barras cruzadas y volantes de mano deben situarse en posiciones que permitan al operario manipularlos con un mínimo de cambio del cuerpo y un máximo de "ventajas mecánicas".
- 10.4.- Consideraciones sobre la disposición del lugar de trabajo.
- a. Si las dos manos realizan un trabajo análogo, hay que prever una reserva aparte de materiales o piezas para cada n ano.

- b. Cuando se utilice la vista para seleccionar al material, este deberá estar colocado, siempre que sea posible, de manera que el operario pueda verlo sin mover la cabeza.
- La naturaleza y forma del material determinan su posición en el lugar de trabajo.
- d. Las herramientas manuales deben recogerse alterando al mínimo el ritmo y simetría de los movimientos. En lo posible, el operario deberá recoger o depositar la herramienta conforme la mano pasa de una fase del trabajo a la siguiente, sin hacer un recorrido especial. Los movimientos naturales son curvos y no rectos; las herramientas deben colocarse en el arco del movimiento, pero no en el camino de algún material que sea preciso deslizar por el banco de trabajo.
- e. Las herramientas deben situarse de modo que sea făcil regarlas y volverlas a poner en su lugar; siempre que sea posible volverán a su sitio mediante un dispositivo automático o aprovechando el movimiento de la mano cuando va a recoger la pieza siguiente de material.
- f. El trabajo terminado debe:
  - f.1. dejarse caer en vertederos o deslizadores;
  - f.2. soltarse en una deslizadera cuando la mano inicie el primer movimiento del ciclo siguiente;
  - f.3. colocarse en un recipiente dispuesto de tal manera que los movimientos de las manos queden reducidos al núnimo;

- f.4. colocarse en un recipiente donde el operario siguiente pueda recogerlo făcilmente, si se trata de una operación intermedia.
- g. Estúdiese siempre la posibilidad de utilizar pedales o palancas de rodilla para accionar los mecanismos de cierre o graduación a los dispositivos para retirar el trabajo terminado.

#### 3.3.- ESTUDIO DE TIEMPOS.

El estudio de tiempos es un procedimiento empleado para medir la cantidad de tiempo requerida para realizar una tarea dada, de acuerdo con un método específico, por un operario de habilidad media, trabajando con esfuerzo medio, bajo condiciones normalizadas.

El procedimiento de estudio de tiempos es como sigue:

- El método debe ser estudiado, mejorado y normalizado antes de que se haga el estudio de tiempos.
- El operario que va a ser estudiado debe ser seleccionado e informado del estudio que se va a hacer.
- La operación es subdividida en un cierto número de pequeñas operaciones, conocidas como elementos. Cada elemento es definido exactamente, de manera que quien esté familiarizado con la clase de trabajo puede visualizar cada etapa de la operación leyendo simplemente la lista.
- Se mide el tiempo de la operación con la ayuda de un cronómetro, haciendo el suficiente número de lecturas de cada elemento para asegurar la exactitud.
- El tiempo transcurrido para cada elemento es obtenido por resta de sucesivas lecturas si el reloj marcha continuamente, o directamente del reloj si este se pone a cero al final de cada elemento.

- Los elementos irregulares o no usuales son registrados cuidadosamente, para que en cada momento durante el estudio del tiempo se tengan en cuenta.
- El tiempo transcurrido para cada elemento se determina y registra en el impreso de estudio de tiempos. Los valores anormales deben ser examinados cuidadosamente para determinar si representan una situación típica.
- Los tiempos elementales son ajustados multiplicando cada uno de ellos por un factor de corrección que es determinado en función de la habilidad y esfuerzo del operario en la realización de la tarea. La corrección es necesaria para ajustar el tiempo observado a fin de que refleje lo que puede realizar un operario trabajando a un nivel medio de rendimiento.
- Al tiempo total corregido de todos los elementos, se le añaden tiempos para esperas inevitables y necesidades personales, fatiga y cualquier otra condición especial.
- Cada tiempo elemental es multiplicado por el número de veces que sucede por pieza o ciclo de la operación.
- Los tiempos resultantes son, entonces, sumados para determinar el tiempo total concedido para cada pieza.

Para que un estudio de tiempos sea satisfactorio para su uso industrial o en negocios, debe tener las siguientes características:

 Debe ser una medida exacta del tiempo requerido para realizar la operación o proceso.

- Debe estar claramente definido y făcilmente comprensible para cualquiera familiarizado con el procedimiento del estudio de tiempos.
- Debe ser "vendible" para que el operario pueda ser convencido de la honradez y corrección del valor del tiempo.

#### 3.4.- MUESTREO DEL TRABAJO.

Una de las técnicas más efectivas de la ingeniería de métodos y más frecuentemente empleadas es el muestreo del trabajo. El procedimiento del muestreo del trabajo está basado en el hecho de que un pequeño número de observaciones al azar tienden a seguir el mismo modelo de distribución que produce realmente la situación que se estudia. En un estudio por muestreo del trabajo, las observaciones se hacen a intervalos al azar. Durante las observaciones, los tipos de actividades observadas son registrados en categorías predefinidas. De la distribución de observaciones al azar se puede predecir la situación de un trabajo particular en cuanto a las proporciones de actividad en cada una de las categorías predefinidas.

El muestreo del trabajo capacita al observador para reunir datos acerca de una operación, proceso u otra actividad, sin gastos y con seguridad. Estos datos o hechos pueden ser usados posteriormente, para mejorar la efectividad de la operación y reducir costos. Las ventajas del muestreo del trabajo son:

- Es menos caro que las técnicas de observación continua.
- Puede ser aplicado por observadores con poco entrenamiento y sin habilidad especial.
- El número de observaciones puede ser ajustado para alcanzar los niveles deseados de precisión.
- Es un medio efectivo de obtener hechos que no podrían ser recogidos por otros medios.

- Produce menos angustia y agitación en la persona que está siendo observada.
- Produce poca interferencia con la rutina normal del operario.

## 3.4.1.- PASOS PARA ELABORAR UN ESTUDIO CON MUESTREO DEL TRABAJO.

### · Vender el muestreo de trabajo.

Aunque el muestreo del trabajo parezca bastante simple, se comprobará que muchas personas no creerán en el, los operarios tampoco lo aceptarán. La reacción natural es que uno no puede obtener una imagen real si no vigila la operación continuamente.

### Comunicación de la directiva con el personal.

A menudo, al instalar programas de muestreo del trabajo, la dirección toma la actitud general de que esto es una prerrogativa suya y que no es necesario decírselo al sindicato, o aquellos que son observados o controlados, hasta que la técnica haya culminado. Es necesario conseguir la aceptación del programa por parte del personal involucrado.

### · Definir el problema.

Determinar exactamente que información se necesita, realizando un estudio preliminar para elaborar una lista de los elementos de la operación.

### Elaborar un formato para el registro de las observaciones.

El formato usado para registrar las observaciones hechas durante el curso del muestreo del trabajo debe ser diseñado expresamente en cada caso; su diseño dependerá del número de puestos de trabajo o personas a ser observadas y la clasificación de las actividades sobre las cuales se quieren obtener datos.

### Selección de la frecuencia de observación.

Naturaleza de la operación. Si es una operación reiterativa, de ciclo corto, en la cual todos los elementos que interesan ocurren frecuentemente, las observaciones pueden hacerse a intervalos grandes. Si es una operación no reiterativa o una en la cual algunos elementos suceden raramente, es mejor hacer más observaciones en un día, con la finalidad de mejorar la probabilidad de obtener todos los detalles.

## Determinar el tiempo de los pasos.

Sobre una base aleatoria: se utiliza una tabla de números aleatorios, ya que la mente humana tiene tendencia a seguir ciertos esquemas.

El muestreo puede ser distribuido al azar durante el día, dentro de una hora o dentro de cualquier otro período de tiempo (90 minutos, 2 horas, etc.). Por ejemplo, podrían hacerse 20 muestreos al azar por hora (llamado muestreo estratificado al azar) o podrían hacerse 160 muestreos al azar por día, teniendo ciertas horas más observaciones que otras. La observación aleatoria está dirigida a reducir los errores de muestreo.

Sobre la base de un intervalo fijo: el muestreo del trabajo se realiza sobre una base continua en la que la misma operación u operador pueden ser observados cada minuto, cada cinco minutos u otros pequeños intervalos fijados de tiempo. A través de estudios de simulación, se ha llegado a la conclusión de que el muestreo sistemático de la actividad (a intervalos fijos) da resultados más seguros que el muestreo al azar, cuando puede ser aplicado un intervalo de muestreo más corto que los más cortos elementos. Sin embargo, es necesario hacer una medición de tiempo preliminar para determinar la frecuencia de las observaciones, dado que el ciclo y los tiempos elementales no se conocen al comienzo.

Este muestreo es básicamente igual al proceso de medición de tiempo con cronómetro, cuando los intervalos de muestreo son más cortos que la duración de la actividad.

### Estimación del número de observaciones necesarias.

Esta información se necesita para planificar la frecuencia, número de observadores y duración del estudio. El número depende de la exactitud que se necesite en las respuestas. Un gran número de observaciones da una mayor exactitud. La experiencia en el muestreo de trabajo y el conocimiento de la operación capacitará al analista para hacer una estimación aceptable.

Existe un método matemático para estimar el número de observaciones necesarias para obtener la exactitud deseada, la teoría sobre la cual se basa es la misma que se aplica en el control estadístico de la calidad.  Métodos de evaluación con los que se puede reducir las lecturas sesgadas.

Los sesgos pueden ser prevenidos solamente por el correcto diseño y ejecución del proceso de muestreo. Las posibles fuentes de desviación pueden provenir de:

- 1. La definición exacta de la población que ha de ser muestreada.
- 2. La ambigüedad de la definición de los diversos estados de actividad.
- La actitud por parte del observador en la elección del momento de observación.
- El método de selección de los tiempos de observación.
- La antelación con que el obrero puede conocer el momento de la observación que le permite alterar el estado de actividad en que le será observado.
- Antes de iniciar el estudio tener una sesión con el observador u observadores.

Definir claramente y discutir cada elemento que ha de ser observado y registrado. Esta etapa es muy importante cuando dos o más observadores estudian la misma operación. Sin esto, puede ocurrir que no coincidan en la designación de lo que vean.



estadístico y que son homogéneos y consistentes. El gráfico de control se considera adecuado para la determinación de tiempos de espera equitativos. Tiene la ventaja adicional e importante de que el efecto de un cambio en las condiciones operativas

CAPITULO 3

Mejoramiento en la Fabricación

UCAB

## 3.4.2.- EXACTITUD Y PRECISIÓN DEL MUESTREO DE TRABAJO.

Hay un método matemático de predeterminar el número de observaciones necesarias para la exactitud práctica que se desea. Será necesario vigilar el proceso de los resultados si se hacen demasiadas observaciones. Algunas veces será posible llegar a una gran exactitud sin tener que hacer las numerosas observaciones planificadas originalmente. O quizá, para estar seguros, deberán tomarse más de las planeadas originalmente. La fórmula para calcular N, número de observaciones necesarias, es la siguiente:

$$\sigma = \sqrt{(p.(1-p)/n)}$$

En donde:

 $\sigma$  = error estándar en la proporción.

p = proporción muestral.

n = número de observaciones o tamaño de la muestra a determinar.

Para facilitar estos cálculos se recomienda el uso de ábacos o nomogramas que determinen el número de observaciones necesario para alcanzar la precisión requerida.

## 3.4.3.- GRÁFICO DE CONTROL.

### CAPITULO 4.

## NUEVOS ENFOQUES DE MANUFACTURA

## 4.1.- INTRODUCCIÓN

La acción económica tiende a sujetar al mundo exterior, al universo, al servicio del hombre; y el hombre, por su fundamental limitación y contingencia, es un manojo de necesidades. La responsabilidad de satisfacer esas necesidades recae en gran parte en las empresas manufactureras elaborando bienes específicos para el consumo masivo.

Este tipo de empresa está estructurada por especialización de las funciones o departamentos y posee una organización centralizada. Por lo general se establecen las siguientes gerencias con responsabilidades definidas, a saber: logística, mercadeo, producción, finanzas, recursos humanos y control de calidad; estas gerencias le repor an a una dirección o gerencia general la cual depende de una asamblea de accionistas. Este tipo de departamentalización genera una perfecta especialización en el trabajo que realizan. Estas empresas trabajan bajo dos esquemas de producción como son: los sistemas continuos y los sistemas de pedidos. Las empresas que utilizan el sistema continuo producen para mantener un inventario que les garantice cumplir con un pedido en cualquier instante que le sea requerido.

Se utiliza como una herramienta los pronósticos de la demanda para elaborar el plan de producción y determinar el nivel de los inventarios. Con el pronóstico se logra inferir con exactitud la demanda futura para evitar que se originen exceso de producción o escasez.

Producir bajo el sistema continuo genera costos como el de mantener el inventario y el de la escasez, que los diferencian de otros. Para el manejo de estos costos se cuenta con una serie de teorías que se desarrollaron basados en los propios sistemas de inventario y la planificación de la producción. En este punto se presentan las siguientes opciones: producir grandes lotes, que reduce los costos de preparar la producción pero incrementa los costos de mantener el inventario; o producir lotes pequeños, que reduce el costo de mantener el inventario pero el costo de preparar la producción es mayor. Por tanto se establece un punto de equilibrio para determinar cuanto se debe producir, y mediante la aplicación de modelos matemáticos se define el "lote económico", cuyo objetivo es el de encontrar el costo más bajo de las existencias el cual involucra los costos de preparar la producción, mantener el inventario y el de los productos en existencia.

En el sistema de producción por pedidos el concepto del "lote económico" permanece invariable, ya que la empresa acumula los pedidos que le llegan hasta completar el "lote económico" o bien se le exige al cliente una cantidad equivalente a dicho lote, con el objeto de minimizar los costos de preparar la producción para procesar distintos productos; en este sistema no se generan los costos de mantener el inventario. En este sistema de producción el tiempo de anticipación del pedido, obliga a los clientes a mantener un stock para garantizar las existencias durante el tiempo de entrega.

Sin importar el sistema de producción que se utilice, existen distintas formar de lograr la distribución en planta de las maquinarias o equipos, mejor conocido como "layout". La más empleada es la distribución por función donde las

maquinarias y equipos con características de operación similares se colocan en áreas específicas constituyendo un departamento. Cada departamento va a tener una capacidad de producción específica por la maquinaria, equipos y mano de obra que lo conforman. Teóricamente los departamentos se diseñan para que operen con capacidades de operación similares con el objeto de evitar los "cuellos de botella", para equilibrar estas capacidades se recurre al "estándar de producción", el cual se define como el tiempo promedio que un trabajador u operario tarda en realizar una tarea bajo condiciones normales.

Una variable que afecta ya sea directa o indirectamente al programa de producción es el tiempo de reposición o entrega por parte de los proveedores, el cual se considera una variable aleatoria de amplio rango y de no llegar a controlarse puede ocasionar altos inventarios de materia prima e incluso parar la producción por falta de la misma. Esta situación podría ocasionar problemas para elaborar los planes de compra, porque se deben establecer correctamente los parámetros de cuando y cuanto comprar, basados en las cantidades a producir, los inventarios a mantener y el tiempo de reposición.

Otro punto de análisis dentro de la empresa tradicional de manufactura, son las gestiones que se llevan a cabo de mantenimiento y de control de calidad; por lo general el departamento de mantenimiento se encuentra centralizado y tiene la función de corregir las averías cuando se presentan (mantenimiento correctivo) y ejecutar las acciones de un plan previamente elaborado para la conservación de los equipos (mantenimiento preventivo).

Por su parte la gerencia de control de calidad está constituida por inspectores que recurren a una serie de técnicas y herramientas, para controlar los procesos de recepción de la materia prima, el proceso de producción en si y el despacho de los productos terminados.

Los puntos descritos anteriormente a grandes rasgos, constituyen el sistema de manufactura tradicional, el cual para ser manipulado requiere de una serie de modelos matemáticos que se han desarrollado para este fin, tales como: modelos de pronósticos, inventarios, planificación de la producción, etc.; que dependen de variables aleatorias como lo son la demanda, disponibilidad de equipos, tiempo de reposición de materia prima, etc.

Los resultados que se obtienen al ejecutar las operaciones de un sistema de producción tradicional de manufactura son:

- Fabricación por lotes: la producción en lotes impide encadenar las operaciones que deben realizar las distintas máquinas sobre una pieza dada, lo que amplia notablemente los tiempos de ciclos. También impide fabricar de modo urgente una pieza que se necesite. Es necesario terminar el lote en curso en la máquina, prepararla para el nuevo lote, producir el lote completo de la pieza deseada, siendo las restantes piezas del lote almacenadas hasta que se requiera de ellas nuevamente en algún pedido.
- Cuellos de botella: los cuellos de botella aumentan los tiempos de ciclos y los almacenes; en la manufactura tradicional se han originado una serie de mitos sobre la utilización y capacidad de las máquinas, a saber:

Los tiempos de ciclo y las capacidades de las máquinas deben estar equilibradas. Es imposible que todas las máquinas tarden la misma cantidad de tiempo en realizar las distintas operaciones necesarias para cada pieza procesada. Esto se debe a que las máquinas tienen diferentes ciclos y velocidades, ya que piezas distintas exigen tiempos de producción específicos para cada operación.

La capacidad de las máquinas debe ser aprovechadas al máximo. En la mayoría de las fábricas, las máquinas se utilizan por debajo del 100% de su capacidad.

- Recorridos largos de materiales: cuando los recorridos son largos, resulta imposible encadenar consecutivamente las operaciones de producción correspondientes a una pieza dada. La distancia de los puestos de trabajo que realizan operaciones sucesivas sobre las mismas piezas hace necesaria la fabricación en lotes, a fin de minimizar las tareas de transporte entre operaciones. La longitud de los recorridos tiene otra consecuencia: " el flujo " de los millares de piezas que se desplazan simultáneamente sobre trayectos diferentes, es complejo y muy dificil de manejar. De ello resultan pérdidas de tiempo, dificultades para localizar las piezas, mala utilización de la superficie disponible e insuficiente productividad.
- Frecuentes averías: Siendo producir el imperativo de una fábrica, las máquinas se utilizan en el mayor grado posible. Resulta por tanto imposible encontrar tiempo para su mantenimiento. Se espera simplemente que la próxima avería sobrevenga lo más tarde posible. A fin de limitar sus efectos, se aprovechan los periodos de buen funcionamiento de la maquinaria para construir "stocks". Las

máquinas, en consecuencia, reciben mantenimiento insuficiente y se limpian en pocas ocasiones, de modo que en la mayoría de las fábricas se encuentran deterioradas, incluso igual sucede con su entorno inmediato.

Esta es la principal causa de las averías y su consecuencias se agravan por la duración de las reparaciones.

En consecuencia, esta falta de disponibilidad recorta gravemente la capacidad de producción de las máquinas y, por ello, aumenta el precio del costo. Ello explica que los plazos de fabricación sean largos y que dificilmente se respeten.

Productos defectuosos: La verificación de la calidad se lleva a cabo, clásicamente, al final del proceso de fabricación y se orienta a impedir que salgan de la fábrica productos defectuosos. De hecho no alcanza totalmente este objetivo: algunos defectos no pueden descubrirse ya cuando el producto está terminado; además, la inspección se lleva a cabo por hombres que, como sabemos, no son infalibles.

El control en tiempo diferido hace muy dificil identificar las causas de los defectos, porque las condiciones de producción evolucionan entre la fabricación de los defectos, porque las condiciones de producción evolucionan entre la fabricación y el control de una pieza.

De modo general, es conveniente que la inspección de una operación se efectúe lo antes posible en el proceso de fabricación, preferiblemente después de la operación misma. Pero, definitivamente la gestión de calidad no puede limitarse a un problema de control, aunque se realice lo antes posible, hay que impedir que el proceso de fabricación origine defectos y para esto hay que averiguar y suprimir las causas.

• Tiempos de ciclos altos y stocks elevados: Son la manifestación de la mala organización y el funcionamiento mal dirigido, en una fábrica. Para que los stocks puedan disminuir es necesario que su papel sea menos indispensable. Tienen esencialmente una función de seguridad: existen porque los plazos necesarios para fabricar una nueva pieza o un nuevo producto son demasiado largos para hacer frente a un pedido urgente o a un defecto de fabricación o a una avería de las máquinas. Los almacenes no pueden reducirse sin una fuerte disminución de los tiempos de ciclo.

Recíprocamente, para que los tiempos de fabricación puedan disminuir será necesario encadenar con mayor rapidez las operaciones de producción, por tanto, dejar de construir stocks intermedios.

Cada uno de estos resultados se consideran como problemas frecuentes y ocasionan que la planificación de la producción llegue a ser de cierta manera compleja. Hoy en día lo que se quiere es simplificar los problemas en vez de buscar soluciones complicadas. Esto ha originado la creación de una nueva cultura industrial: La flexibilidad.

### Ser flexible es:

- Producir lo que el cliente desea, en la cantidad que éste desea.
- Elaborar productos sólo con la frecuencia que el cliente los desea.
- Fabricar instantáneamente, con tiempo de espera nulo e innecesario.

- Producir sin desperdicio de mano de obra, materiales o equipo; todo movimiento tiene una finalidad, de manera que por ningún motivo existe inventario ocioso.
- Mantener costos bajos.

Este nuevo enfoque hacia la manufactura surge de la necesidad de satisfacer a consumidores cada vez más exigentes donde la producción en masa está totalmente desechada.

La teoría que sustenta la flexibilidad es sencilla. Si existen dos competidores y uno puede leer el mercado más rápido, manufacturar diferentes productos en una misma línea, cambiar de uno a otro instantáneamente y a bajo costo, hacer igual ganancia en ciclos cortos como largos y hacer nuevas ofertas más rápido, de seguro éste triunfará sobre el otro. El objetivo es llegar a obtener un sistema de producción plástico, que dentro de un área razonable permita que una fábrica produzca cualquier cosa.

En los sistemas de producción de manufactura tradicional se encuentran porcentajes altos de desperdicio. El desperdicio es toda actividad del proceso que agrega costo pero no valor. El desperdicio se puede clasifica de la siguiente manera:

 Desperdicio por sobreproducción: se refiere a la producción de materiales, partes o piezas que no son requeridas por el siguiente paso del proceso, o por el cliente, para el momento de ser producidos; es el producir para inventario, lo cual hace necesario sistemas de almacenamiento y manejo de materiales, largos la concepción de la manufactura. La raíz del problema no está en la forma como se opera el sistema sino en el sistema mismo.

Los nuevos enfoques y prácticas de manufactura son la nueva forma de operar y tienen como objetivo la eliminación sistemática del desperdicio aplicando medidas como:

- Reducir el recorrido a través de la constitución de celdas de manufactura.
- Reducir el tiempo de las preparaciones por medio de cambios de útiles en menos de diez minutos (Sistema SMED).
- Reducción de los niveles de inventarios por medio del sistema KANBAN.
- Alcanzar el cero defectos a través de la inspección en la fuente y el sistema POKA-YOKE.
- Eliminar las fallas de la maquinaria y equipo mediante el mantenimiento productivo total (TPM).

### 4.2.- EL SISTEMA SMED

### 4.2.1.- HISTORIA

Una de las mayores dificultades encontradas en muchas compañías es alcanzar la producción diversificada, de bajo volumen, ya que esta requiere numerosas operaciones de cambio de útiles y de preparación de máquinas. Son frecuentes los cambios necesarios para producir mercancías variadas en pequeños lotes.

Sin embargo, aunque el número de cambios de útiles no pueda reducirse, el tiempo de los mismos puede disminuir radicalmente. De hecho, esto se ha hecho posible con la implementación de los cambios en pocos minutos.

Los cambios de útiles en minutos de un solo dígito se conocen popularmente como el sistema SMED, acrónico de la 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 diez minutos. Aunque no cada preparación en particular pueda literalmente completarse en menos de diez minutos, son usualmente posibles dramáticas reducciones de tiempo.

El sistema SMED ha sido desarrollado a lo largo de muchos años por el Ing. Shigeo Shingo. Comenzó cuando realizaba un estudio de mejoras en Toyo Kogyo de Mazda en 1950. Cuando iba a comenzar una operación de cambio de útiles, un trabajador advirtió que faltaba un perno del útil. Después de una inútil búsqueda del perno, tuvo que fabricar uno nuevo, lo que precisó una hora y media.

Allí percibió, por primera vez, que había dos clases de operaciones de preparación: preparación interna, que puede realizarse solamente cuando la máquina está parada, y preparación externa, que puede realizarse mientras la máquina está en operación.

En 1957 en una operación de preparación de una cepilladora de bastidores de motores diesel de Mitsubishi Heavy Industries convirtió preparaciones internas en externas. Sin embargo, po percibió todavía esto con alcance general; simplemente pensó en lo que había hecho como una mejora operacional de rutina. Por esta razón, transcurrieron doce años hasta que se desarrolló el concepto SMED.

El siguiente encuentro ocurrió en 1969 en Toyota Motor Company. Toyota quería que el tiempo de una operación de preparación en una prensa de 1.000 toneladas, que ya había sido reducido desde cuatro horas a una hora y media, fuese reducido a tres minutos. Habiendo estudiado el fenómeno de los cambios de útiles y herramientas durante tantos años, esto constituyó un reto para Shigeo Shingo. Fue entonces plenamente consciente del principio más importante del SMED, esto es, la conversión de la preparación interna en externa. Inmediatamente desarrolló los puntos enfocados a conseguir el SMED y pudo reducir el tiempo de cambio de útiles a tres minutos en tres meses.

# 4.2.2.- PASOS BÁSICOS EN UN PROCEDIMIENTO DE PREPARACIÓN

Los procedimientos de preparación pueden tener una variedad infinita, dependiendo del tipo de operación y del tipo de equipo empleado. Pero cuando esos procedimientos son analizados, se puede observar que todas las operaciones comprenden una determinada secuencia. Según Shingo, quien trabajó mucho con prensas y maquinarias pesadas, en las preparaciones tradicionales la distribución del tiempo es la mostrada en la siguiente tabla.

OPERACIÓN	PROPORCIÓN DEL TIEMPO
Preparativos, arreglos después del proceso y chequeo de materiales, herramientas, etc.	30%
Montaje y remoción de partes, piezas, etc.	5%
Centrar, dimensionar y fijar otras condiciones	15%
Corrida de prueba y ajustes	50%

TABLA 4.1. Pasos en un proceso de preparación de máquinas.

Si analizamos en detalle cada una de las operaciones tenemos:

 Preparativos, arreglos después del proceso, chequeo de materiales, herramientas, etc.

Estas operaciones aseguran que todas las partes y herramientas están donde deben estar y funcionando correctamente. También se incluye en este paso el

período que sigue al fin de la corrida del producto anterior cuando los artículos producidos y los materiales no utilizados son retirados y regresados al almacén, así como traer los materiales necesarios para la corrida del nuevo lote, la limpieza de la máquina, etc.

## Montaje y remoción de partes, piezas etc.

Esto incluye la remoción de partes y piezas después de completado el procesamiento del lote y la fijación o montaje de partes y piezas para procesar el próximo lote.

### · Mediciones, posicionamientos y calibraciones.

Este paso comprende todas las mediciones y calibraciones que deben ser realizadas, con el fin de llevar a cabo las operaciones de producción requeridas, tales como centraje, dimensionamiento, medición de temperatura o presión, fijación de alturas, etc.

### Corrida de prueba y ajustes.

En esta etapa, los ajustes se efectúan tras realizar una pieza de prueba. Una mayor precisión de las mediciones y calibraciones del paso precedente (ajustes gruesos), simplifican los ajustes a ser realizados en la corrida de prueba (ajustes finos). La frecuencia y duración de las corridas de prueba dependen de la habilidad del mecánico encargado de la preparación. La mayor dificultad de una operación de preparación estriba en el correcto ajuste del equipo, y la gran proporción del tiempo empleado en las pruebas deriva de los problemas de ajuste. Si se quieren facilitar y reducir las corridas de prueba y los ajustes, el procedimiento más efectivo es incrementar la precisión de las mediciones y calibraciones realizadas en la etapa precedente.

## 4.2.3.- MEJORAMIENTO DE LA PREPARACIÓN

Etapa preliminar: Las operaciones de preparación internas y externas no se encuentran diferenciadas.

En las operaciones de preparación tradicionales, se confunden las preparaciones internas (realizadas cuando la máquina está parada) con las externas (realizadas cuando la máquina está funcionando) y lo que podría ser hecho externamente es hecho internamente permaneciendo, como consecuencia, las máquinas paradas por largos períodos de tiempo. Antes de planear implementar SMED se deben estudiar las condiciones actuales del proceso en la planta con gran detalle.

## • Primera etapa: Separar preparaciones internas y externas.

El paso más importante en la implementación del sistema SMED es la diferenciación entre la preparación interna y la externa. Todos estarán de acuerdo en que la preparación de partes, el mantenimiento de los útiles y herramientas y operaciones análogas, etc. no se deben hacer mientras la máquina está parada. Sin embargo, es sorprendente observar cuan frecuente son estos casos.

Si en lugar de esto se hace un esfuerzo científico por tratar que, tantas operaciones como sean posibles, sean preparaciones externas, entonces el tiempo necesario para las preparaciones internas (aquellas que se realizan con la máquina parada) puede ser usualmente reducido entre un 30 y un 50 por ciento.

## · Segunda etapa: Convertir preparaciones internas en externas.

Se ha señalado que un tiempo de preparación normal puede ser reducido, entre 30 y 50 por ciento, separando los procedimientos o rutinas internas de preparación de las rutinas externas. Pero esta enorme reducción no es suficiente para lograr el objetivo de SMED que son llevar a un minuto los tiempos de preparación, hasta hacer posible la producción de pequeños lotes de producción.

La segunda etapa comprende dos conceptos importantes:

- Reevaluación de las operaciones para observar que pasos de la preparación han sido erróneamente considerados como internos.
- Búsqueda de formas para convertir esos pasos en externos.

Un ejemplo de esto sería el precalentamiento de algunas partes para que una vez cambiadas puedan alcanzar más rápidamente su temperatura de operación.

Es realmente importante adoptar una nueva perspectiva que no esté sujeta a viejos hábitos. Se debe cuestionar todo lo que "tradicionalmente" se realizaba en las operaciones de preparación, preguntando insistentemente: ¿por qué?, hasta llegar a la verdadera causa de los métodos actuales, a la función de las diferentes operaciones de preparación, encontrándose muchas veces que un gran porcentaje de ellas pueden ser eliminadas.

Tercera etapa: Simplificar todas las preparaciones internas y externas.

Aunque el nivel de los diez minutos se puede alcanzar algunas veces simplemente convirtiendo la preparación interna en externa, no es así en la mayoría de los casos. Esta es la razón por la cual debemos concentrar esfuerzos para perfeccionar todas y cada una de las operaciones elementales que constituyen las preparaciones internas y externas. Consecuentemente, la tercera etapa necesitará un análisis detallado de cada operación elemental.

La segunda y tercera etapa no requieren ser realizadas secuencialmente, pueden ser hechas en forma simultánea; aquí se han separado con el objeto de demostrar que cada una de ellas envuelve nociones diferentes: análisis e implementación.

## 4.2.4.- EFECTOS DE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO SMED.

## · Ahorro de tiempo.

El tiempo total de preparación (incluyendo preparaciones internas y externas) es reducido. Con la aplicación del método SMED el tiempo de preparación promedio es alrededor de dos y medio por ciento del tiempo que se requería originalmente.

### Reducción del lote económico de producción.

La reducción del tiempo de preparación de máquinas acarrea una disminución en el tamaño del lote económico de producción. Esto puede verse claramente en la figura que se muestra a continuación.

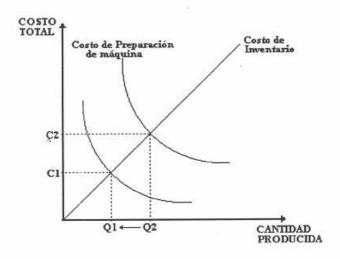


FIGURA 4.1. Reducción del lote económico como consecuencia de la disminución del tiempo de preparación de máquina.

En ella se puede observar que el costo de inventario crece en razón directa con el aumento de las cantidades producidas, mientras que el costo de preparación de máquinas disminuye. El costo total, representado por la suma del costo de preparación de la máquina y el costo de inventario, será mínimo en el punto de intersección de las dos curvas (C2), correspondiendo a un lote económico de producción (Q2). Si se reduce el tiempo de preparación de la máquina, el costo de preparación disminuye y consecuentemente, el costo total (C1) pasa a ser menor, acarreando un nuevo lote económico de producción (Q1) menor que el anterior (Q2).

#### · Producción sin stock.

Es verdad, por supuesto, que los inventarios desaparecen cuando se trabaja con pedidos de poco volumen y de alta diversidad a través de producción en pequeños lotes. Pero los efectos multiplicativos del componente alta diversidad, por un lado, y del componente pequeños lotes por otro lado, conlleva inevitablemente a un incremento substancial en el número de operaciones que se deben realizar. Pero acortar el tiempo de un proceso que duraba dos horas a solo tres minutos con SMED, cambia la situación considerablemente. El sistema SMED ofrece la única vía para una producción de alta diversidad y en pequeños lotes, a la vez que existen niveles de inventarios mínimos.

Además, cuando se adopta un sistema de producción que minimiza los inventarios, los siguientes efectos colaterales pueden ser esperados:

- a. Las tasas de rotación de capital se incrementan.
- Las reducciones de stock conllevan a un uso más eficiente del espacio de la planta.
- La productividad se incrementa al mismo tiempo que las operaciones de movimiento de stock son eliminadas.
- d. Stock innecesario provocado por cambios de modelos o estimados de demanda equivocados es eliminado.
- e. los productos no son perdidos por deterioro.

# Incremento de las tasas de trabajo de máquinas y de la capacidad productiva.

Si los tiempos de preparación/montaje se reducen drásticamente, entonces las tasas de trabajo de las máquinas se incrementarán y la productividad crecerá no obstante el aumento del número de operaciones de preparación/montaje.

## · Eliminación de errores de preparación.

Los errores de preparación son reducidos, y la eliminación de las operaciones de prueba disminuyen la incidencia de defectos.

## Mejora de la calidad.

La calidad también mejora, debido a que las condiciones de operaciones son reguladas completamente con anticipación.

## · Incremento de la seguridad.

Las preparaciones más simples resultan también ser más seguras.

# Simplificación del área de trabajo.

La estandarización reduce el número de herramientas requeridas, y las que todavía se requieren, son organizadas más funcionalmente.

#### · Reducción de costes.

Al implementar SMED se incrementa la eficiencia de las inversiones haciendo posibles grandes incrementos en la productividad a costos relativamente bajos.

## • Menor nivel de entrenamiento y requerimientos.

La facilidad de los cambios de útiles elimina la necesidad de trabajadores con habilidades especiales.

Los resultados del SMED van más allá de acortar los tiempos de cambio de útiles y herramientas y mejorar las tasas de trabajo. Los fabricantes que adoptan el sistema SMED pueden obtener ventajas estratégicas fundamentales eliminando los stocks y revolucionando sus conceptos de producción básicos.

#### 4.3.- EL SISTEMA KANBAN

#### 4.3.1.- HISTORIA

El KANBAN es un sistema de información que controla de modo armónico la fabricación de los productos necesarios, en la cantidad y en el tiempo asimismo necesarios en cada uno de los procesos.

La paternidad de este sistema ha sido acreditada al Sr. Taiichi Ohno, Ex-Vicepresidente de Toyota Motor Company. Ohno ideó este sistema de control de producción al observar el funcionamiento de los grandes supermercados americanos: el último proceso (el cliente), se dirige al primer proceso (supermercado) para adquirir las piezas necesarias (artículos de consumo) en el momento y en la cantidad en que le sean necesarios; inmediatamente, el primer proceso reemplaza la cantidad que se ha llevado el último proceso (se llenan nuevamente las estanterías).

Adaptando el sistema de los supermercados al taller de maquinaria de Toyota (año 1953) se crea el sistema Toyota, en el cual, cada proceso recoge los elementos o piezas del anterior (sistema "pull"). Puesto que únicamente la línea de montaje final puede conocer con precisión el tiempo y la cantidad de elementos que se necesitan, será ella la que requiera del proceso anterior esos elementos necesarios en las cantidades y en el tiempo precisos para el montaje del vehículo, de modo que cada proceso tendrá que producir los elementos que le sean requeridos por el proceso siguiente.

Para transmitir a todos los procesos la información sobre el momento y la cantidad de los elementos que deben producirse, Toyota utiliza el Kanban.

## 4.3.2.- ¿QUE ES UN KANBAN?

La palabra *kanban*, en japonés, posee varios significados, entre ellos los de tarjeta, símbolo o tablero.

Cuando se hace referencia al kanban como técnica, debe entenderse como tal, únicamente al uso de tarjetas como señales de producción y aprovisionamiento, y a las normas que regulan su tránsito.

El funcionamiento de esta técnica sólo es posible dentro de un sistema global concebido bajo los principios del sistema "pull". A tal sistema se le suele dar, al igual que la técnica propiamente dicha, el nombre de kanban.

# 4.3.3.- LA TÉCNICA KANBAN SE BASA EN EL SISTEMA "PULL"

El término "sistema pull" implica que el material sea trasladado por sus propios usuarios a medida que los van necesitando. Dicha idea podría resumirse así: "nunca haga ni envíe nada a ningún lado hasta que venga alguien a buscarlo".

En la técnica kanban la producción es comandada por la línea de ensamblaje. Solamente el consumo de piezas en la línea de ensamblaje genera autorizaciones de fabricación de nuevos lotes a los sectores anteriores. Kanban utiliza lotes de producción pequeños. Cada lote es almacenado o colocado en recipientes

estandarizados denominados bines, que contienen un número determinado e invariable de piezas. Para cada lote existe una tarjeta kanban asociada: las piezas están dentro de los bines, y anexa a estos, la tarjeta como señal de movimiento a través de los sectores que integran su ruta particular. A través de dicha ruta, cada pieza será sometida a las diversas operaciones que le darán la forma final para ser utilizada en la línea de ensamblaje. A medida que las piezas son consumidas en la línea de ensamblaje de productos terminados y se vacía el bín, la tarjeta kanban correspondiente es colocada en el tarjetero existente en el sitio seleccionado. Al vencerse el período de reposición, las tarjetas, conjuntamente con los contenedores, son enviadas para el sector de inicio del proceso de fabricación de esa pieza en particular.

Cada tarjeta kanban representa una autorización para la fabricación de un nuevo lote de piezas, en cantidades bien definidas. El nuevo lote de piezas, nuevamente dentro de los contenedores y junto con las tarjetas kanban recorrerá otra vez todas las etapas del proceso de fabricación hasta llegar a la línea de ensamblaje, completando el ciclo. Si por algún motivo es interrumpido el consumo de piezas en la línea de ensamblaje, las tarjetas no se seguirán colocando en el tarjetero, interrumpiéndose como consecuencia el flujo para ese material. Al sector inicial de fabricación no le llegará ninguna tarjeta kanban autorizando la fabricación de nuevos lotes, suspendiéndose automáticamente la producción. De esta manera, ninguna inversión adicional para inventario se hará hasta que surjan nuevas necesidades con el reinicio de consumo de piezas en la línea de ensamblaje.

Los sectores de fabricación son los responsables de la alimentación de piezas a la línea de ensamblaje en el plazo de reposición determinado, con las cantidades exactas y con la calidad requerida.

En definitiva, la técnica kanban se basa en el sistema pull, un sistema donde la producción se "hala" de las etapas posteriores a las anteriores.

La idea general puede ser aplicada a cualquier forma de manufactura, pero el sistema ha sido desarrollado de forma más completa para su aplicación en manufactura repetitiva, esto implica, estabilizar y suavizar el plan de ensamblaje final y entonces halar el material a dicho sector.

Es un medio efectivo para ver que partes son realmente necesarias y cuales no lo son. Si un lote de partes terminadas se apila en el lugar donde fueron hechas y nadie viene por ellas, los operarios pueden a simple vista decidir que la producción de esa parte debe detenerse. Si dicho lote fuera enviado a un almacén o a otra parte fuera de la vista, se haría más lenta la toma de la misma decisión abultándose eventualmente, los inventarios en proceso. Por otro lado, si alguien necesita partes que no se han hecho, tal mensaje es también claro y de inmediata interpretación. La gente quiere tener a la mano lo que le haga falta, pero no demasiado, especialmente si el espacio es limitado.

## 4.3.4.- FUNCIONAMIENTO BÁSICO DE LA TÉCNICA KANBAN

Como se señaló anteriormente, la idea de kanban fue tomada del sistema de funcionamiento de los supermercados.

En un supermercado los productos están ubicados en estanterías, con la información necesaria colocada en pequeñas tarjetas. Cuando un cliente desea adquirir determinado producto, va al supermercado y retira la mercancía del estante en la cantidad necesaria. Luego el supermercado, de acuerdo con la demanda, repone las mercancías vendidas solicitando más a los proveedores. El supermercado también se responsabiliza por la reposición en el tiempo determinado, por la calidad, por las cantidades empacadas y por los precios competitivos.

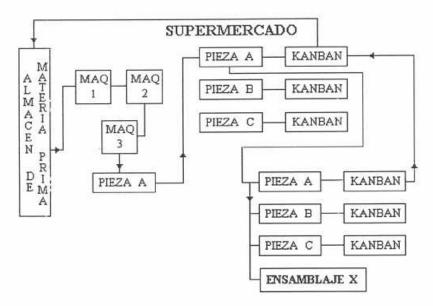
La técnica kanban elimina el almacenamiento de piezas acabadas, sustituyéndolo por pequeños supermercados próximos a los lugares de consumo. A medida que las tarjetas son cambiadas por piezas en el supermercado, se inicia automáticamente la reposición por los sectores de fabricación. Así, cada supermercado tendrá en analogía, sus proveedores (sectores de fabricación y almacén de materia prima) y sus clientes (el sector de fabricación o línea de ensamblaje donde esté instalado) según sea el caso.

El aumento en el grado de sincronización entre proveedores y clientes, puede eliminar, a corto plazo, la necesidad de mantener un supermercado.

La figura 4.2 muestra el funcionamiento básico de la técnica kanban. En ella se puede observar como:

- 1. La pieza A es consumida en la línea de ensamblaje.
- La tarjeta correspondiente a la pieza consumida es cambiada por un nuevo contenedor de piezas A en el supermercado.

- 3. El supermercado envía la tarjeta kanban conjuntamente con el contenedor vacío para el almacén de materias primas, que provee el material necesario para la producción de un nuevo lote.
- 4. Mediante la señal de la tarjeta se inicia la producción de la pieza A en la máquina. Cuando el primer contenedor de piezas A es completado en la máquina 1, es enviado conjuntamente con la tarjeta kanban correspondiente a la máquina 2, y así sucesivamente cada contenedor de piezas va sufriendo las operaciones siguientes hasta terminar de elaborar la pieza A.
- La pieza A terminada, es enviada en el contenedor con la tarjeta kanban al supermercado, completándose así el ciclo.



DPTO. DE ENSAMBLAJE

FIGURA 4.2. Funcionamiento básico de la técnica kanban

#### 4.3.5.- LA TARJETA KANBAN

La tarjeta kanban es el medio que permite la comunicación y el funcionamiento de todo el sistema. No existe un modelo estandarizado de tarjeta. Esta deberá contener la información necesaria para la perfecta operación del sistema, atendiendo a las características propias de cada empresa.

El llenado de las tarjetas es realizado manualmente y personalmente por el departamento de producción. Dos o tres veces al año se hace una revisión y de acuerdo con las variaciones de los niveles de producción, el número de las tarjetas puede ser aumentado o disminuido.

Ahora bien, no todos los ítems producidos pueden ser controlados por el kanban. Una analogía con la clasificación ABC de materiales muestra que si una tarjeta kanban llega a controlar el 10 o 20% de los ítems de mayor actividad, estará controlando cerca del 70 u 80% del valor de los inventarios. Esto trae como consecuencia un beneficio significativo en relación al giro del inventario en proceso.

El sistema kanban es compatible con un tipo de producción en serie, siendo más eficiente cuando controla los ítems estándar y de producción repetitiva (ítems de alta actividad).

#### 4.3.6.- TIPOS DE TARJETAS KANBAN.

Las tarjetas más utilizadas para el funcionamiento de la técnica kanban son:

## · Kanban de proceso.

Es una tarjeta que autoriza la producción de un contenedor de materiales para reemplazar aquellos que fueron retirados anteriormente. Dicha tarjeta acompaña a las piezas en los contenedores durante el proceso de fabricación hasta las líneas de ensamblaje o hasta el supermercado.

Esta posee la información de las rutinas que establece el flujo de proceso. Así mismo, debe contener: la identificación del ítem, las cantidades de piezas por contenedor, el lote de producción, destino de las piezas, sector de inicio del proceso, el número de la tarjeta, el tiempo de operación y otras informaciones opcionales que se consideren importantes, tales como, una breve lista de materiales requeridos y los puntos de salida de los mismos, entre otras.

#### · Kanban de movimiento.

Esta tarjeta autoriza el movimiento de ítems entre un par de centros de trabajo. La tarjeta circula entre el punto de salida del centro de trabajo suplidor (donde se elabora la parte) y el punto de entrada del centro de trabajo usuario. La tarjeta siempre acompaña a un contenedor estándar de partes cuando es llevada al centro de trabajo usuario.

## 4.3.7.- FLUJO DE TARJETAS.

Una fábrica opera con muchos flujos de tarjetas entre los distintos sectores productivos.

El punto importante es que exista una relación entre cada uno de los flujos, de modo que las tarjetas circulen cómodamente siempre para el proceso subsiguiente, hasta regresar al inicio de la fabricación.

En la figura 4.3. se muestra un flujo general de tarjetas de movimiento y de proceso y se esquematiza la interrelación entre el flujo de tarjetas de proceso y movimiento con el flujo de bines respectivamente.

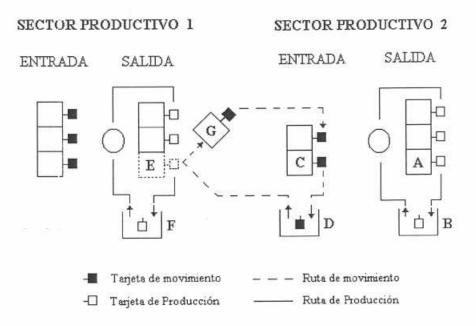


FIGURA 4.3. Flujo general de las tarjetas kanban

## En esta podemos observar:

- a. Dos sectores productivos 1 y 2. Siendo el sector productivo 1 proveedor del sector productivo 2, por tanto la entrada de 2 es igual a la salida de 1.
- b. Cuando se consume un bin del producto elaborado por el sector 2 (punto A), se deposita la tarjeta de proceso correspondiente en el buzón de dicho sector (punto B), la cual ordena la producción del bin.
- c. En la fabricación de este bin, se emplean piezas pertenecientes al bín de entrada (punto C).
- d. Cuando se consume dicho bin, se deposita la tarjeta de movimiento en el buzón de este sector (punto D).
- e. La tarjeta de movimiento es trasladada al estante de salida del sector 1 (punto E), donde hay un bin lleno acompañado por una tarjeta de proceso.
- f. La tarjeta de proceso es retirada del bin lleno y depositada en el buzón (punto F) autorizando la fabricación de un nuevo bin de partes.
- g. La tarjeta de movimiento se introduce en el bin que seguidamente es trasladado al estante de entrada del sector 2 (punto G).

#### 4.3.8.- REGLAS KANBAN

Para conseguir el propósito de la técnica kanban (reducir los niveles de inventario en proceso) deben cumplirse las siguientes normas:

Regla I: El proceso posterior recogerá del anterior los productos necesarios en las cantidades precisas y en el momento oportuno. Para asegurar el cumplimiento de esta regla deberá prohibirse tanto la retirada de piezas o elementos sin utilización de kanban, como la retirada de piezas o elementos en cantidad mayor que el número kanban.

Regla II: El proceso precedente deberá fabricar sus productos en las cantidades recogidas por el proceso siguiente. En este caso, queda prohibida la producción mayor que el número kanban. Puesto que el proceso siguiente requerirá lotes de tamaño reducido, a fin de conseguir el equilibrio de la producción, el proceso anterior deberá llevar a cabo frecuentes preparaciones de máquina según los requerimientos asimismo frecuentes del proceso posterior, preparaciones que habrán de realizarse con la mayor rapidez. La producción de los diferentes tipos de piezas deberá seguir la secuencia con que se han entregado los diversos tipos de kanban.

Regla III: Los productos defectuosos nunca deben pasar al proceso siguiente. El incumplimiento de esta regla comprometería la existencia misma del sistema kanban. Si llegaran a identificarse en el proceso siguiente algunos elementos defectuosos, tendria lugar una parada de la línea, al no tener unidades extra en existencia y devolvería los elementos defectuosos al proceso anterior. La parada de la línea del proceso siguiente resulta obvia y visible para todos. Por esta razón, las operaciones defectuosas deben eliminarse, a fin de asegurar un ritmo continuo en los pedidos a retirar del proceso anterior.

Regla IV: El número de kanban debe minimizarse. Puesto que el número de kanban expresa la cantidad máxima de existencias de un elemento, habrá de mantenerse tan pequeño como sea posible. Si un proceso se perfecciona gracias a la disminución de tamaño del lote y el acortamiento del plazo de fabricación será posible disminuir a su vez el número de kanban necesarios. Estas mejoras del proceso contribuirán al cumplimiento de esta regla.

Regla V: El kanban habrá de utilizarse para lograr la adaptación a pequeñas fluctuaciones de la demanda (ajuste de la producción). Las empresas que utilizan la técnica kanban no emiten programas detallados de producción, de carácter mensual, con simultaneidad a los procesos. En éstas, cada proceso puede conocer lo que ha de producirse sólo cuando la orden kanban de producción se despeja de su con enedor en el almacén. Únicamente la línea de ensamblaje final recibe una secuencia programada para la producción diaria en la que se especifica la siguiente unidad que debe montarse. Como resultado, incluso si el plan mensual predeterminado señalara la fabricación de seis unidades de A y cuatro de B diarias, tal proporción puede modificarse al final del día sin tener que dar instrucciones a todos los procesos para cambiar al plan, ya que cada uno de ellos se adapta de modo natural a la demanda del mercado y a las exigencias de la producción, de acuerdo con el número de kanban.

Cuando se utiliza el kanban y se equilibra la producción, resulta más fácil llevar a cabo variaciones en el mercado fabricando unas cuantas unidades más que el número predeterminado por el programa. Este es el significado del ajuste de la producción.

Este ajuste de la producción mediante el kanban sólo puede adaptarse a pequeñas fluctuaciones de la demanda. En caso de grandes cambios claramente estacionales de la demanda deberán modificarse todas las líneas de producción, es decir, habrá que volver a calcular el ciclo de fabricación de cada taller y, en consecuencia, cambiar el número de trabajadores en cada proceso; por otra parte, habrá que aumentar o disminuir el número total de kanban.

#### 4.3.9.- BENEFICIOS

La implantación del sistema kanban permite obtener los siguientes beneficios:

- Reducción drástica de los niveles de inventario de productos en proceso y terminados, al producirse las cantidades requeridas en el momento oportuno.
- Prevención del exceso de producción y transporte, por medio del control con tarjetas kanban (sin una tarjeta kanban no se transportan ni fabrican artículos).
- Reducción de los tiempos de entrega a través de la disminución del tiempo de ciclo.
- Prevención de la fabricación de productos defectuosos, al no permitirse el envío de éstos a los procesos siguientes cuando son identificados.

### 4.4.- SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD CERO

#### 4.4.1.- HISTORIA

La persistencia de los defectos en las actividades de producción crea la necesidad de encontrar eliminar esos defectos. Como es imposible conseguir el cero defectos automáticamente, los defectos no se localizarán a menos que se inspeccionen el 100% de los ítems. Generalmente, las unidades aceptables son incomparablemente más numerosas que las defectuosas, de forma que esta clase de inspecciones al 100% entraña un considerable "despilfarro" de trabajo. Adicionalmente, las inspecciones al 100%, requieren una gran cantidad de esfuerzo y altos costos de personal.

Estos problemas dieron origen a la técnica denominada inspección por muestreo, fundada en la ciencia de la estadística inductiva. En este enfoque, inspecciones altamente fiables que requieren poco esfuerzo y son del mismo nivel que las inspecciones al 100%, pueden realizarse por medio de tamaños de muestra indicados por los gráficos de nivel de calidad aceptable (AQL); el tamaño de la muestra depende de la tasa de ocurrencia de los defectos.

De acuerdo con el enfoque AQL, que es extremadamente lógico, el tamaño relativo de la muestra puede ser pequeño cuando la tasa de defectos es elevada y el tamaño se incrementa cuando la tasa de defectos es baja. Este método reduce considerablemente tanto los costos como las molestias de la inspección.

Estos métodos de muestreo basados en la estadística no son más que medios racionales de inspección; en ningún sentido hacen más racional la garantía de la calidad. Esto es consecuencia de que el método fundamental de las inspecciones por muestreo se basan en la teoría de probabilidades y no toman en cuenta una ocurrencia por cada cien mil unidades o una en un millón. Por tanto, tales métodos pueden reducir defectos, pero nunca eliminarlos.

La posterior implementación de mecanismos poka-yoke, que posibilitaban las inspecciones a bajo costo y con mínimo esfuerzo, hizo que las inspecciones por muestreo perdieran su razón de ser. Sin embargo, el uso de las inspecciones por muestreo como una segunda mejor estrategia, debe considerarse en situaciones en las que la aplicación de medidas poka-yoke pueden ser extremadamente dificil, pero debe entenderse que éste no es un método de elección.

Los sistemas poka-yoke implican realizar inspecciones al 100%, realizando inmediatos "feedback" y acción cuando ocurren errores o defectos. Este enfoque, por tanto, resuelve llanamente el problema planteado por la desfasada creencia de que las inspecciones al 100% son fastidiosas y costosas.

Sin embargo, como consecuencia del considerable efecto obtenido con la instalación de mecanismos poka-yoke, muchas personas caen en la falsa impresión de que la simple incorporación de tales accesorios eliminará los defectos.

Pero, un sistema poka-yoke es un medio no un fin. Los sistemas pokayoke pueden combinarse con: chequeos sucesivos (el trabajador de la operación inmediatamente siguiente, chequea todos los productos de la operación previa) o con un auto-chequeo (se introduce en cada operación capacidad para detectar todos los defectos que ocurran en las mismas), proveyendo inspecciones al 100%, rápido "feedback" y acción para satisfacer las necesidades de estas técnicas.

Sin embargo, los chequeos sucesivos y los auto-chequeos pueden funcionar solamente como inspecciones en las que el "feedback" y la acción tiene lugar después de la ocurrencia de un defecto. De hecho, hacen inevitable que, como mínimo, ocurra un defecto. Por supuesto, en los casos en que los artículos pueden repararse, parecería que los defectos no han ocurrido, pero, en un sentido absoluto, estos métodos son inherentemente inhábiles para conseguir el cero-defectos.

De todo esto se sigue, y se llega a las inspecciones en la fuente, inspecciones en las que en vez de detectar los resultados, se detectan las causas del defecto, evitando así, los errores o condiciones defectuosas que los producen.

Es la combinación de las inspecciones en la fuente y los mecanismos poka-yoke la que hace posible establecer un sistema de Control de Calidad Cero, es decir un sistema ideal de producción en el que no se producen defectos.

#### 4.4.2.- LAS INSPECCIONES EN LA FUENTE.

Las inspecciones en la fuente pueden ser descritas como métodos de inspección que, en lugar de estimular la retroacción y la acción en respuesta a los defectos, se basa en la idea de descubrir errores en las condiciones que originan los defectos y realizar el "feedback" y la acción en la fase errónea de forma que se evite que esos errores se tornen en defectos.

Muchas personas sostienen que es imposible eliminar los defectos de cualquier tarea realizada por seres humanos. Este punto de vista se deriva del fallo en hacer una clara separación entre errores y defectos. Los defectos surgen porque se cometen errores; entre los dos conceptos hay una relación causa-efecto.

Entre los errores humanos podemos mencionar:

- a. Olvidos. Algunas veces olvidamos cosas cuando no estamos atentos.
- b. Errores debidos a desconocimiento. Algunas veces cometemos equivocaciones cuando llegamos a conclusiones erróneas antes de familiarizarnos con la situación.
- c. Errores de identificación. A veces juzgamos mal una situación porque la revisamos demasiado rápido o está demasiado alejada para verla bien.
- d. Errores de inexperiencia. A veces cometemos errores que se deben a la falta de experiencia.
- e. Errores voluntarios. A veces ocurren errores debido a que decidimos ignorar las reglas bajo ciertas circunstancias.
- f. Errores por inadvertencia. A veces estamos distraídos y cometemos equivocaciones sin darnos cuenta de lo que ocurre.
- g. Errores debido a lentitud. Algunas veces cometemos errores cuando nuestras acciones se retardan por retrasos en el juicio.
- h. Errores debido a falta de estándares. Ocurren algunos errores cuando no hay instrucciones apropiadas o estándares de trabajo.
- i. Errores por sorpresa. A veces ocurren errores cuando el equipo opera de forma diferente a lo que se espera.

j. Errores intencionales. Algunas personas cometen errores deliberadamente.

Estos errores originan defectos, entre los cuales se pueden citar los siguientes:

- 1. Procesos omitidos.
- 2. Errores de proceso.
- 3. Errores de montajes de piezas en máquinas.
- 4. Piezas omitidas.
- 5. Piezas equivocadas.
- 6. Operación defectuosa.
- 7. Error de ajuste.
- 8. Útiles y plantillas mal preparados.

Los sistemas de dirección en el pasado asocian la realización de la dirección y el control en ciclos de larga duración ( ver FIGURA 4.4 ):

- sucedía un error
- · como resultado ocurría un defecto.
- la información se enviaba en retroacción.
- se adopta acción correctiva en consecuencia.
- Sin embargo, en las inspecciones en la fuente la dirección o el control se realizan en ciclos cortos:

- ocurre un error (causa).
- el "feedback" se realiza en fase con el error, antes de que el error se materialice en defecto.
- se adopta acción correctiva consecuente.

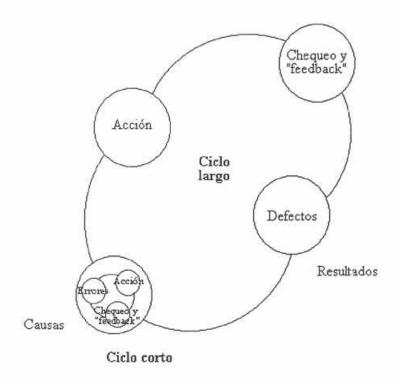


FIGURA 4.4. Ciclos de Dirección.

Se consigue el "cero-defectos" porque los errores no se materializan en defectos y los ciclos de dirección son extremadamente rápidos.

#### 4.4.3.- SISTEMA POKA-YOKE

El sistema poka-yoke fue creado por el Ing. de Producción Shigeo Shingo, quien desarrolló la idea como una herramienta formidable para alcanzar el cero defectos.

Este concepto se basa en la misma idea del "foolprofing" ( a prueba de tontos), un enfoque diseñado principalmente para preservar la seguridad de las operaciones. En un principio se utilizaba el término "a prueba de tontos" (en japonés, bakayoke), pero al reconocer que esta etiqueta podía ofender a muchos trabajadores, se le dio el nombre de poka-yoke (error-prueba) a estos mecanismos porque sirven para prevenir (en japonés, yoke) los errores inadvertidos (poka en japonés) que cualquiera puede cometer.

#### 4.4.3.1 - Funciones de un sistema poka-voke.

Un sistema poka-yoke posee dos funciones: puede realizar inspecciones al 100% y, si ocurren anomalías, puede realizar inmediatos "feedback" y acción. Los efectos de los métodos poka-yoke en la reducción de defectos diferirán dependiendo de los sistemas de inspecciones con los que se combinen: inspecciones en la fuente, auto chequeos, o chequeos sucesivos.

#### 4.4.3.2.- Tipos de sistemas poka-yoke.

De acuerdo con sus propósitos, los sistemas poka-yoke caen en las categorías o tipos de funciones reguladoras, o en las categorías de funciones de fijación, de acuerdo con las técnicas que se usen.

## a. Poka-yoke de funciones reguladoras

Los sistemas poka-yoke realizan dos funciones reguladoras:

- Métodos de control. Métodos en los que, cuando ocurren anomalías, detienen la máquina o las bloquean para parar las operaciones, previniendo por tanto la ocurrencia de defectos en serie. Tales métodos tienen una máxima eficacia para conseguir el cero defectos.
- Métodos de aviso. Estos métodos llaman la atención de los trabajadores cuando ocurren anomalías activando un zumbador o una luz. Como los defectos continuarán ocurriendo si los trabajadores no advierten estas señales, este enfoque provee una función reguladora menos poderosa que los métodos de control.

Por esta razón, el uso de métodos de señal puede considerarse cuando el impacto de las anomalías sea ligero o cuando los factores técnicos o económicos hacen extremadamente dificil la adopción de métodos de control

## b. Poka-yoke de funciones de fijación.

Los sistemas poka-yoke que fijan funciones pueden dividirse en tres categorías:

 Métodos de contacto. Métodos en los que mecanismos sensibles detectan anomalías en la forma o dimensiones del producto; por tanto si se hace contacto como si no entre los productos y los mecanismos sensibles, se denominan mecanismos de contacto.

- Método de valor fijo. Con estos métodos, las anomalias se detectan chequeando un especificado número de movimientos en los casos en los que las operaciones deben repetirse un predeterminado número de veces.
- Métodos de pasos de movimiento. En estos métodos las anomalías se detectan chequeando los errores en movimiento estándares en los casos en los que las operaciones tienen que realizarse con movimientos predeterminados. Estos métodos, extremadamente efectivos tienen un amplio rango de aplicaciones y la posibilidad de su uso tiene que examinarse en cualquier caso cuando se consideren las funciones de fijación poka-yoke.

# CAPITULO 5 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

## 5.1.- INTRODUCCIÓN.

En los capítulos anteriores hemos observado, varias técnicas para mejorar la producción, primero con herramientas de Ingeniería de Métodos, segundo con los nuevos enfoques de manufactura, ahora nos planteamos el reto de que estas mejoras no sean de carácter temporal sino, por el contrario, de carácter permanente. Para ello existen herramientas de comprobada eficiencia, como son:

- Mantenimiento Productivo Total (TPM)
- Control Estadístico de Calidad.
- Normas Serie ISO-9000.

### 5.1.1.- INTRODUCCIÓN AL TPM.

En la mayoría de las compañías, los equipos de mantenimiento realizan este en toda la fábrica, aplicando una división del trabajo del tipo " yo opero y tu arreglas ". Contrariamente, muchas corporaciones japonesas han modificado el mantenimiento preventivo de forma que todos los empleados pueden participar. El mantenimiento Productivo Total ( TPM ), definido a menudo como mantenimiento productivo realizado por los empleados, se basa en el principio de que la mejora de los equipos debe implicar a toda la organización, desde los operadores de la cadena hasta la alta dirección.

La palabra " total " en " mantenimiento productivo total " tiene tres significados relacionados con tres importantes características de TPM:

- Eficiencia total : la búsqueda de eficiencia económica o rentabilidad.
- total: prevenir el mantenimiento y mejorar su facilidad.
- Participación total: el mantenimiento autónomo por la actividad de operadores o pequeños grupos en cada departamento y a cada nivel.

La innovación principal de TPM radica en que los operadores se hacen cargo del mantenimiento básico de su propio equipo. Mantienen sus máquinas en buen estado de funcionamiento y desarrollan la capacidad de detectar problemas potenciales antes de que ocasiones averías.

El término TPM fue definido en 1.971 por el Instituto Japonés de Ingenieros de Planta ( precursor del Instituto Japonés para el Mantenimiento de Plantas ) incluyendo las cinco metas siguientes:

- 1. Mejorar la eficacia de los equipos.
- 2. Mantenimiento autónomo de los operadores.
- Programa aplicado de mantenimiento, administrado por el departamento de mantenimiento ( mantenimiento preventivo ).
- Adiestramiento para mejorar las habilidades operativas y de mantenimiento.
- Un programa inicial de gestión de equipos para prevenir problemas que puedan surgir durante la puesta en marcha de una nueva planta o nuevo equipo ( Prevención del mantenimiento ).

Las metas TPM se implantan a través de actividades en pequeños grupos en los que participan todo el personal. Los miembros del grupo y sus líderes tienen la tarea de:

	Miembros del grupo	Lideres	
	Desarrollar interés, curiosidad, orgullo y cuidado del equipo a través del contacto frecuente. Desarrollar habilidades de liderazgo.	<ul> <li>Identificar áreas de prioridad a limp y la importancia de mantener las condiciones básicas del equipo ( limpieza, lubricación, apretado de pernos).</li> <li>Enseñar lo que significa "la limpieza es inspección".</li> </ul>	
	Aprender conceptos y técnicas de mejora de equipos. Aprender a participar en las mejoras.	<ul> <li>Asegurar que las órdenes de mantenimiento se realizan rápidamente.</li> <li>Promover sistemas de control visu ( etiquetas, marcas, etc.).</li> </ul>	ıal
•	Entender el significado e importancia del mantenimiento fijado y manteniendo los estándares.	<ul> <li>Proveer guía sobre el contenido y forma de los estándares de limpieza</li> <li>Proveer asistencia técnica en el desarrollo de estándares de lubricación.</li> </ul>	i.
	Aprender mecanismos del equipo, funciones y criterios de inspección a través de la educación en inspección; dominar actividades de inspección.  Aprender a realizar inspecciones simples.  Seleccionar y estudiar datos de inspección general; entender la importancia de los datos analizados.	<ul> <li>Preparar manuales de inspección general.</li> <li>Preparar programas de inspección general.</li> <li>Simplificar inspecciones mediante creativo de controles visuales.</li> </ul>	1SO

	Miembros del grupo	Lideres	
	Diseñar hojas de chequeo periódico y diario individuales con base en el manual de inspección general y datos del equipo y desarrollar capacidades de gestión autónoma.  Aprender la importancia del registro de datos básicos.  Aprender métodos de operación apropiados, signos de anomalías y acciones correctivas apropiadas.	<ul> <li>Proveer guía en el desarrollo de prioridades de inspección.</li> <li>Aconsejar sobre contenido y forma listas de chequeo de inspección.</li> <li>Proveer asistencia técnica en el desarrollo de estándares de operación y manuales.</li> </ul>	
	Ampliar el perfil de mantenimiento autónomo estandarizando diversos elementos de la gestión y el control. Ser conscientes de la necesidad de mejorar continuamente los estándares y procedimientos, con base en la práctica de la estandarización y el análisis de los datos actuales.	Enseñar técnicas de mejora, sistema de control visual y métodos de control de calidad.	as
•	Aprender a realizar reparaciones simples a través del entrenamiento en técnicas de reparación.  Aprender a recoger y analizar datos y técnicas de mejora.	<ul> <li>Proveer asistencia técnica para la mejora del equipo.</li> <li>Proveer entrenamiento en técnicas reparación.</li> <li>Estandarizar los resultados de las mejoras.</li> </ul>	de

TABLA 5.1. Actividades de los pequeños grupos TPM.

## 5.1.2.- MAXIMIZAR LA EFICACIA DE LOS EQUIPOS.

Una de las metas del TPM es aumentar la eficacia del equipo de forma que cada pieza del mismo pueda ser operada óptimamente y mantenida en este nivel. El personal y la maquinaria deben funcionar ambos de manera estable bajo condiciones de avería y defectos cero.

El TPM maximiza la eficacia del equipo a través de dos tipos de actividad:

- cuantitativa: aumentando la disponibilidad total del equipo y mejorando su productividad dentro de un período dado de tiempo operativo.
- cuantitativa: reduciendo el número de productos defectuosos, estabilizando y mejorando la calidad.

La eficacia se puede medir a través de la fórmula:

Efectividad global del equipo = Disponibilidad x Tasa de rendimiento x

Tasa de calidad.

en donde.

	Afectada por
Disponibilidad	<ul> <li>Perdidas por avería</li> <li>Pérdidas en la preparación y ajuste.</li> </ul>
Tasa de rendimiento	<ul> <li>Pérdidas por tiempos muertos y paradas menores.</li> <li>Pérdidas de disminución de velocidad.</li> </ul>
Tasa de calidad	Defectos de calidad.

TABLA 5.2. Efectividad Global del Equipo.

Entonces, la eficacia del equipo se limita por cinco tipos de pérdidas.

## Pérdidas por avería.

Las averías de los equipos son a menudo causadas por supuestos y acciones humanas. Existen dos tipos de averías:

- las averías de pérdida de función: significa un fallo repentino y drástico.
   Como consecuencia el equipo se para por completo.
- las averías de reducción de función: el deterioro del equipo causa otras pérdidas, aunque el equipo puede seguir operando. Los tiempos largos de preparación y ajuste, los tiempos muertos frecuentes y paradas pequeñas, la disminución de la velocidad de fabricación y de tiempos de ciclo, así como el incremento de defectos son todas pérdidas posibles de este tipo.

Por ende, las averías causan dos tipos de pérdidas: pérdidas de tiempo, cuando se reduce la productividad, y pérdida de cantidad, causadas por productos defectuosos.

Para maximizar la eficacia del equipo, todas las averías deben reducirse a cero. Esto es realmente posible sin realizar un gran esfuerzo o inversión. No obstante, primero es preciso cambiar la filosofía convencional del mantenimiento, la creencia de que las averías son inevitables.

Principio básico para lograr cero defectos: Revelar los efectos ocultos.

Los defectos de los equipos son desordenes que causan averías. Los defectos ocultos permanecen invisibles por una u otra causa y no se atienden. Muchas averías se causan por estos defectos del equipo que no se observan; su revelación y corrección puede reducir las averías a cero.

Los defectos pueden estar física o psicológicamente ocultos. Están físicamente escondidos a causa de:

- una inspección y análisis del deterioro defectuosos.
- 2. .- "layout" y ensamblado defectuosos que dificultan la inspección.
- polvo y contaminación.

y psicológicamente escondidos porque:

- 1. .- los defectos se ignoran conscientemente, aunque estén visibles.
- 2. .- el problema se subestima.
- el problema se pasa por alto, aunque haya sintomas concretos visibles.

Son necesarios cinco tipos de acciones para descubrir los defectos ocultos y tratarlos correctamente:

- .- Mantener las condiciones básicas del equipo. Hay tres factores implicados en el mantenimiento de las condiciones básicas del equipo: limpieza, lubricación correcta y apretado de los tornillos.
- Adherirse a las condiciones operativas. Las condiciones operativas son aquellas que requiere el equipo para poder operar a plena capacidad, como por ejemplo, la temperatura atmosférica, humedad, presión, etc.
- 3. .- Restaurar el deterioro. Con el tiempo, los equipos se deterioran lentamente y se producen averías a medida que se desgastan. Por lo tanto aunque se restaure y mejore una pieza rota, seguirán ocurriendo averías en otras piezas desgastadas. Llegados a este punto, y antes de pensar en realizar cambios de diseño, conviene retomar los diseños originales y utilizar la inspección y el chequeo para descubrir la causa del deterioro.
- Corregir las debilidades del diseño.
- 5. .- Mejorar las destrezas operativas y de mantenimiento. Muchas averías se causan por falta de destreza. Los errores humanos a menudo no se detectan, lo que dificulta su eliminación. Las responsabilidades de los operadores y los trabajadores de mantenimiento, deben quedar claras y su nivel de destreza debe aumentar por medio de la formación y adiestramiento.

#### Pérdidas de reparaciones y ajustes.

El tiempo muerto de la preparación de máquinas y el ajuste comienza cuando la fabricación de un producto se ha concluido y finaliza cuando se consigue la calidad estándar en la fabricación del producto siguiente. La preparación y el ajuste deben realizarse con rapidez y exactitud. Esto exige planificación y estudio sistemático de las maneras de reducir el tiempo de preparación y ajuste sin que la precisión disminuya.

#### Tiempos muertos y paradas menores.

Una parada menor surge cuando la producción se interrumpe por un mal funcionamiento temporal o cuando la máquina está inactiva. Estos tipos de paradas difieren claramente de las averías. La producción normal es restituida simplemente moviendo las piezas que obstaculizan la marcha y reajustando el equipo.

El tiempo muerto aparece cuando el flujo de piezas de trabajo, se detiene, pero el equipo sigue funcionando sin procesamiento. Tenemos tiempos muertos en todos los tipos de maquinaria automática cuando hay defectos en el mecanismo de alimentación o transporte del trabajo.

#### Perdidas de velocidad.

Una perdida de velocidad es la producción que se ha perdido por causa de la diferencia entre la velocidad de diseño ( o estándar ) de una máquina y su velocidad operativa real, cuando la primera es requerida. Esta pérdida puede prevenirse, manteniendo la máquina operando a la velocidad fijada en los estándares operativos.

Los esfuerzos para aumentar la velocidad son obstaculizados por diferentes problemas:

- La falta de cuidado en la fase de diseño puede tener como resultado una especificación de velocidad poco clara.
- Es posible que algunos equipos no se operen a la velocidad especificada debido a problemas de calidad o mecanismos que no han sido resueltos.
- Conforme las velocidades aumentan gradualmente sobre los niveles actuales, los problemas de calidad o mecánicos pueden aparecer inmediatamente, o surgir de forma repentina cuando se alcanza cierta velocidad.

El incremento de la velocidad es, por tanto, una manera simple y productiva de aflorar los defectos. sin embargo, la mayoría de las compañías no investigan ni seleccionan el fenómeno ni los problemas producidos por los incrementos de velocidad operativa se reduce a su valor anterior, menor óptimo.

#### Defectos de calidad.

Los productos irreparablemente defectuosos son pérdidas obvias; menos obvias son las pérdidas generadas por los productos parcialmente defectuosos que requieren de una inversión adicional en mano de obra para repetición de trabajos o reparaciones.

Debido ha que pueden ser reparados, a menudo no se consideran los defectos parciales como defectos. Para que un programa de reducción de pérdidas crónicas tenga éxito, es necesario examinar con igual atención cualquier resultado defectuoso.

# 5.1.3.- MANTENIMIENTO AUTÓNOMO.

El ideal es que quién opere el equipo, también lo mantenga.

La producción eficiente depende tanto de las actividades de producción como de las de mantenimiento es a menudo algo antagónica. Por muy duro que trabaje el personal de mantenimiento, poco progreso en la mejora del mantenimiento de los equipos puede llevar a cabo, si la actitud del operador hacia el mantenimiento es "yo opero - tu arreglas".

Existen siete fases de desarrollo de un programa de mantenimiento autónomo. Estas fases se basan en las experiencias de muchas compañías que han implementado el TPM con éxito. Representan una división optima de responsabilidades entre los departamentos de producción y mantenimiento para la realización de actividades de mantenimiento y mejora.

### Fase 1: Limpieza inicial.

El establecimiento de las condiciones básicas del equipo es una actividad importante en el mantenimiento autónomo. Esta actividad incluye limpieza, lubricación y sujeción de pernos.

Limpieza significa quitar suciedad, polvo, residuos y otros tipos de materias extrañas que se adhieren a la máquina, matrices, piezas de trabajo, etc. La limpieza no consiste simplemente en que el equipo parezca limpio, aunque tenga este defecto. Limpieza significa también tocar y mirar cada pieza detectar defectos y

anomalías ocultos, tales como, exceso de vibración calor y ruido. En otras palabras limpieza es inspección.

La lubricación previene el deterioro del equipo y preserva su fiabilidad. Igual que otros defectos ocultos, la lubricación inadecuada a menudo no se tiene en cuenta, porque no siempre está directamente relacionada con las averías y los defectos de calidad.

Los operarios son quienes se encuentran en mejor posición para asegurar diariamente que todos los elementos de sujeción estén correctamente tensados. Hay que eliminar los pernos sueltos, la vibración y utilizar contratuercas u otros mecanismos de bloqueo, además poner marcas de colocación en los pernos y tuercas principales y así poder descubrir fácilmente durante la limpieza los pernos que estén sueltos.

#### Fase 2: Acción contra las fuentes de polvo y contaminación.

Después de la limpieza inicial, es fácil comprobar las fuentes de suciedad, polvo y materia extraña, así como sus efectos sobre el equipo y la calidad del producto. La eliminación de las fuentes es un requisito previo para la reducción de los tiempos de limpieza y la prevención de futuros problemas.

Existen diferentes fuentes de contaminación, tales como, virutas, residuos de limaduras, polvo, agua, etc. Tomar medidas sobre estos contaminantes significa suprimir sus fuentes, evitar que se extiendan la suciedad y el polvo, y prevenir su infiltración en la maquinaria utilizando cubierta y sello, etc.

# Fase 3: Estándares de limpieza y lubricación.

El grupo de mantenimiento autónomo debe fijar los estándares operativos requeridos para mantener las condiciones básicas.

El mayor obstáculo de los estándares, es que las personas que los fijan no son las mismas que deben seguirlas. Esto promueve la actitud "yo fijo estándares (supervisores, personal de ingeniería) y ustedes los obedecen (operadores)". Cuando los supervisores contemplan los estándares como reglas que hay que obedecer, es típico que ignoren la necesidad de explicar porque son necesarios, como seguirlos adecuadamente, o como proporcionar el tiempo necesario.

En otras palabras, si no existen motivación, habilidad y oportunidad los estándares no pueden obedecerse, por mucho que se esfuercen los supervisores, en intentar imponerlos.

La mejor forma de asegurar la adhesión a los estándares, es que los fijen las personas que los tendrán que seguir. En realidad, este es el primer paso en el establecimiento del control autónomo.

# Fase 4: Inspección general.

En un programa de mantenimiento autónomo se adiestra a los operadores para que realicen inspecciones de rutina. Se espera de ellos que sean capaces de identificar las evidencias, a menudo sutiles, del deterioro.

Inevitablemente hay problemas con la inspección cuando los ingenieros de mantenimiento preparan las hojas de chequeo para inspección y simplemente entregan a los operadores. Los ingenieros desean siempre que inspeccionen demasiados elementos y tienden a considerar que su trabajo ha terminado cuando han preparado hojas de chequeo. No indican qué elementos a chequear son los más importantes y cuánto tiempo se necesita; tampoco toman en consideración que los procedimientos de inspección podrían hacerse más fluidos o que los operadores quizás necesiten aprender ciertas destrezas para realizar la inspección.

Los operadores necesitan un adiestramiento considerable antes de que puedan realizar las inspecciones correctamente.

Incluso los operadores adiestrados no deben confiar exclusivamente en las hojas de chequeo para realizar las inspecciones. Su función más importante es hacer juicios basados en su propio conocimiento del estado del equipo e identificar los defectos del funcionamiento durante la limpieza y lubricación.

El primer requerimiento para una inspección autónoma general es disponer de operadores conocedores de su equipo y que confien en él. Una vez que hayan sido adiestrados y tengan la práctica necesaria para llevar a cabo inspecciones generales pueden preparar hojas de chequeo que cubran sus propios requerimientos.

También los intervalos y tiempos de inspección son críticos puesto que es preciso realizar el trabajo mientras el equipo está operando.

# Fase 5: Inspección autónoma.

La formación de los operadores sobre sus equipos es efectiva en cuanto a costos, pero consume mucho tiempo porque el adiestramiento debe ser detallado, y debe comenzar desde la base. Sin embargo muchas compañías están descubriendo que el adiestramiento técnico concienzado es la llave para establecer el TPM y obtener beneficios significativos.

Un operario que conoce su equipo no necesita tener la destreza en reparaciones del trabajador de mantenimiento. La destreza más importante del operador es más bien la capacidad de descubrir anomalías. Los operadores deben saber lo bastante sobre el equipo como para identificar los pequeños signos de problemas siempre que suceda algo fuera de los normal.

Sin embargo, más difícil es reconocer las anomalías causales condición que puedan conducir a averías o a ocasionar productos defectuosos. Estas anomalías se manifiestan antes de la avería o la aparición de los defectos, en puntos donde pueden ser prevenidas. Un operador verdaderamente hábil puede detectar las anomalías causales y ocuparse de ellas inmediatamente.

No es fácil desarrollar operadores con esta capacitación. La destreza en la inspección autónoma y el entrenamiento examinados aquí deben considerarse como el primer paso en el desarrollo de los operadores diestros, operadores que con razón se pueden considerar como " sensores humanos".

# Fase 6: Seiri y seiton.

Seire (organización) y seiton (orden) son los principios fundamentales para la gestión del lugar de trabajo. Son fáciles de promover pero bastante difíciles de poner en práctica.

Seire, significa identificar cuáles son los objetivos a gestionar y fijar los estándares relevantes. Por lo tanto, un objetivo es minimizar el número de elementos o condiciones a gestionar y simplificarlos tanto como sea posible. Los directores y supervisores son responsables de la dirección de esta actividad.

Seiton, se refiere a la observancia de los estándares fijados. Esto es principalmente responsabilidad de los operadores. Puesto que tienen que asegurar la adherencia a los estándares, la actividad de un grupo se centra regularmente en las mejoras que faciliten la obediencia a los estándares normalmente a través de la utilización creativa de los controles visuales.

Seire y seiton son por lo tanto actividades de mejora diseñadas para simplificar y estandarizar lo que ha de organizarse y controlarse y encontrar maneras creativas para mejorar la adherencia.

#### Fase 7: Mantenimiento autónomo total

Para tener éxito con la implantación del mantenimiento autónomo, debemos considerar los siguientes elementos importantes:

 Formación y adiestramiento preliminar. Antes de empezar cualquiera de las actividades iniciales autónomas, debemos asegurarnos de que todos los departamentos y todo el personal relacionado hayan entendido los objetivos y beneficios del desarrollar del TPM.

- Cooperación entre departamentos. Los directores de todos los departamentos relevantes deben reunirse y acordar como colaborar para apoyar los esfuerzos del departamento de producción para lograr el mantenimiento autónomo.
- Actividades de grupo. La mayoría de las actividades se realizan en pequeños grupos en los que participa todo el personal. Los líderes de todos los niveles de grupos forman parte de la estructura de dirección de la compañía. De esta forma, la estructura promocional TPM se organiza a lo largo de las líneas de la jerarquía de la compañía.
- El mantenimiento autónomo no es una actividad voluntaria. Todos los participantes deben comprender que las actividades de mantenimiento autónomo ( en todas las fases ) son obligatorias y necesarias.
- Práctica. El entendimiento llega a través de la práctica más que por la racionalización intelectual.
- La formación y el adiestramiento deben ser progresivos. El éxito de la implantación del mantenimiento autónomo depende de una combinación del desarrollo gradual de la destreza, del aprendizaje experimental, y de la mayor consciencia o cambios de actitud.

- Contemplar siempre resultados concretos. Es necesario fijar en cada fase temas y metas de mejora claros, apropiados y concretos para que se generen resultados prácticos.
- Los operarios deben determinar los estándares a seguir. Los operarios deben fijar sus propios estándares y criterios para la limpieza, lubricación, inspecciones, preparación y ajuste, así como para las operaciones y el mantenimiento del taller. Además, deben adquirir la destreza necesaria estas tareas autónomamente.
- La dirección deberá auditar el progreso del mantenimiento autónomo.
   Los directores y el staff deben auditar la actividad de los pequeños grupos de mantenimiento autónomo en cada uno de sus pasos y ofrecer guía y apoyo, señalando las áreas de problemas.
- Utilizar proyectos modelos. Seleccionar unidades de equipo o grupos individuales TPM para que sirvan como modelo para el conjunto del programa de desarrollo TPM.
- Corregir rápidamente los problemas de los equipos. El departamento de mantenimiento debe ocuparse de la mayor parte del mal funcionamiento que surge como resultado de las actividades de mantenimiento autónomo. Sin embargo, el tratamiento de estos problemas descubiertos y la implantación de planes de mejora de los equipos deben llevarse a cabo rápidamente.

#### 5.1.4. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo es una inspección periódica para detectar las condiciones de operación que pueden ocasionar averías, detención de la producción o pérdidas que perjudiquen la función, combinada con mantenimiento destinado a eliminar, controlar o remediar tales condiciones en sus fases iniciales. En otras palabras, el mantenimiento preventivo es una rápida detección y tratamiento de anomalías del equipo antes de que causen defectos o pérdidas.

El mantenimiento planificado o programado debe funcionar como un tándem con el mantenimiento autónomo. La primera responsabilidad del departamento de mantenimiento es responder con rapidez y eficacia a las peticiones de los operadores. El personal de mantenimiento debe así mismo eliminar el deterioro que resulta de una lubricación y limpieza inadecuada. A continuación, debe analizar cada avería para descubrir puntos débiles en el equipo y modificarlo para mejorar su facilidad de mantenimiento alargando su vida útil. Esto se logra mediante las siguientes actividades:

#### 5.1.4.1. Fijación de estándares.

Las diferentes actividades de mantenimiento no pueden ser realizadas eficazmente si se deja que las personas las realicen de cualquier manera, además se tarda mucho tiempo en dominar las técnicas de mantenimiento y tener destreza necesaria. Por estas razones, es indispensable disponer de estándares y manuales compresivos que incorporen las experiencias y tecnologías derivadas de la pasada experiencia de la compañía. Tales documentos permiten que un gran número de

trabajadores, incluyendo los recientes incorporados, realicen trabajos que antes solamente los trabajadores experimentados podían llevar a cabo. Esta capacitación para adiestrar e implicar a un gran número de personas en el trabajo de mantenimiento es la clave del desarrollo de un programa de mantenimiento de alta calidad y eficiencia.

# Tipos de estándares:

- Estándares de inspección: Estos son estándares para la inspección del equipo, en otras palabras, técnicas para medir o determinar de alguna manera el alcance del deterioro.
- Estándares de servicio: Estos estándares especifican cómo realizar el mantenimiento de servicio y rutina con la ayuda de herramientas manuales.
- Estándares de reparaciones: Los estándares de reparaciones especifican condiciones y métodos de trabajo de reparación. Pueden diseñarse separadamente para equipos o piezas específicos, o clasificarse de acuerdo con el tipo de trabajo de reparación (por ejemplo, torneado, acabado, tubería o trabajos eléctricos).
- Procedimientos de trabajo de mantenimiento: son los procedimientos de trabajo, métodos y tiempos para inspección, servicio, reparaciones y otros tipos de trabajo de mantenimiento.
- Estándares de trabajo de mantenimiento: se preparan para trabajos que se realizan con frecuencia. Son útiles en la medición de la eficiencia del equipo de mantenimiento, estimando las horas de trabajo disponibles y

capacidades de reserva, fijando programas y adiestramiento nuevos trabajadores.

# 5.1.4.2. Preparación y ejecución de planes.

El mantenimiento rutinario y periódico debe ser bien planificado y razonable. En otras palabras, debe basarse en valoraciones correctas de las condiciones del equipo y proyectarse sistemáticamente, teniendo en cuenta las prioridades y recursos actuales y futuros e incorporando pasos para asegurar que los recursos apropiados están disponibles cuando sea necesario.

Los planes de mantenimiento se clasifican por período o proyecto, encontrándose:

- Planes de mantenimiento anuales: Deberán garantizar la fiabilidad para toda la vida útil pronosticada del equipo, desde la instalación hasta el desguace.
- Planes de mantenimiento mensual: se basan en los planes anuales de mantenimiento e incluyen actividades de mejora, así como acciones específicas para prevenir averías.
- Planes de mantenimiento semanales: ayudan a gestionar el trabajo individual del personal de mantenimiento.
- Planes de los proyectos de mantenimiento principales, son planes individuales para una preparación a gran escala, o revisión general de equipos específicos o áreas de plantas.

# 5.1.4.3. Confección de registros.

La documentación de los resultados de mantenimiento es una de las actividades más importantes. La calidad del mantenimiento de una fábrica se revela por sus registros de mantenimiento.

No hay un formato fijo para los registros de mantenimiento; los tipos y contenidos pueden disponerse de forma que se ajusten a los estándares de gestión de una planta en particular. Sin embargo, todo el mundo debe entender cuál es el propósito de la existencia de los registros, por qué se confeccionan, qué es lo que controlan, y cómo deben utilizarse.

Incorporar siempre rápidamente en el sistema de registros los resultados de las actividades de mantenimiento, de forma que los resultados puedan incluirse en los planes subsiguientes de mantenimiento, de esta manera la calidad del mantenimiento y los niveles de rendimiento pueden incrementarse continuamente.

Los tipos de registros requeridos en la práctica del TPM se muestran en la TABLA 5.3.

# 5.1.4.4. Mantenimiento predictivo.

Las metodologías de mantenimiento conocidas como mantenimiento predictivo y mantenimiento basado en las condiciones atraen la atención como sustitutos de alta fiabilidad del mantenimiento periódico y revisión general.

	Función	Tipo de registro	Contenido
1	Prevenir deterioro equipo.	Hoja de chequeo de inspección diaria.	visual del equipo durante la operación.
2		Registro de lubricación.	Registro de reposición de lubricantes y reemplazo de lubricantes contaminados.
3	Medir deterioro equipo.	Registro de inspección periódica.	Registro de grado medido de deterioro y desgaste. Analizar si es necesario.
4		Informe de mantenimiento.	Detalles de reparación de averías esporádicas, mantenimiento planificado y mejora de mantenibilidad.
5	Restaurar equipo.	Registro de mejora de mantenibilidad.	Registros de planes de mejora de mantenibilidad, ejecución y resultados.
6		Gráfico de análisis MTBF.	Registro de todos los tipos de trabajos de mantenimiento, por ejemplo, reparación de averías esporádicas, reposición y reemplazo de lubricantes mantenimiento periódico y mejora mantenibilidad.
7	Documentar vidas equipos.	Libro del equipo.	Detalle y registro de costos de las reparaciones de averías principales mantenimiento periódico y mejora mantenibilidad.
8	Control presupuesto de mantenimiento.	Registro costos de mantenimiento.	Descomposición de los costos de mantenimiento, costos de personal materiales y subcontratistas.
			Descomposición de costos de cada unidad de equipo.

TABLA 5.3.. Registros requeridos por el TPM.

Los intervalos para el mantenimiento periódico y revisión general convencionales se deciden usualmente determinando los tiempos máximos operativos, partiendo de estadísticas e inspecciones visuales. Sin embargo, conforme los equipos modernos se tornan avanzados y complejos, ya no es posible juzgar su rendimiento a través de la intuición y experiencia convencionales basadas en los sentidos. Además, a medida de que los sistemas de equipos crecen en tamaño y complejidad, aumenta también la variedad de condiciones operativas. Los tiempos operativos máximos calculados a partir de estadísticas de averías y cómputos de probabilidades están crecientemente afectados por grandes errores experimentales.

Si es posible, debemos determinar de forma científica los intervalos de las revisiones y el mantenimiento, basándonos en una comprobación precisa de las condiciones de la máquina. Es aquí donde se presenta la necesidad de la tecnología de diagnóstico.

La tecnología de diagnóstico de máquinas mide la fatiga del equipo así como sus mal funciones, deterioro, resistencia, rendimiento, y otras propiedades sin tener que recurrir al desmantelamiento. Ayuda a diagnosticar y predecir la fiabilidad y capacidad del equipo, distinguiendo y evaluando las causas, ubicación y grado de peligro de cualquier funcionamiento defectuoso, e indicando el método de reparación conveniente.

El diagnóstico de equipos se centra naturalmente en la identificación de las condiciones actuales, pero no es simplemente una cuestión de determinar los síntomas presentes. Es una tecnología para monitorizar el cambio continuo.

La aplicación del mantenimiento predictivo se limita a los tipos de averías en los que los cambios en los parámetros previamente fijados se pueden detectar y utilizar para predecir averías. No es apto cuando existen medios para detectar con antelación los defectos de funcionamiento. Tampoco sirve cuando el coste de supervisión sea más elevado que el ahorro en gastos de reparaciones y pérdidas de producción.

El mantenimiento predictivo tiene como finalidad:

- · Reducir las averías y accidentes.
- Incrementar los tiempos operativos y la producción.
- Reducir los tiempos y costos de mantenimiento.
- · . Mejorar la calidad de los productos y servicios.

# 5.1.5. PREVENCIÓN DEL MANTENIMIENTO.

La meta de las actividades de prevención del mantenimiento es reducir los costos de mantenimiento y pérdidas de deterioro en nuevo equipo, considerando los datos pasado y la última tecnología cuando se diseña para mayor fiabilidad, mantenibilidad, operatividad, seguridad y otros requerimientos. En otras palabras, significa diseñar e instalar equipo que sea fácil de mantener y operar.

Las actividades de prevención del mantenimiento se realizan durante el diseño del equipo, fabricación, la instalación y operaciones de prueba, y el "commissioning" (establecimiento de la operación normal con producción comercial).

Estas actividades están enderezadas a reducir el período entre el diseño y la operación estable y a asegurar un progreso eficiente a través de este período con un mínimo de tarea y sin desequilibrios en la carga de trabajo. También se contempla que aseguren que el equipo se diseña para operar con elevados niveles de fiabilidad, mantenibilidad, economía, operatividad, y seguridad, y para lograr estas intenciones dentro de las restricciones fijadas en la fase de planificación de la inversión en equipo.

Para lograr estas metas de MP ( Prevención del Mantenimiento ), los ingenieros responsables del desarrollo del equipo deben estar altamente capacitados. Deben también hacer un pleno uso de todos los datos técnicos disponibles, combinando la aplicación de estos datos con tecnología basada en investigación y desarrollo internos. Estos datos técnicos incluyen registros de operaciones y mantenimiento, registros de mejoras del equipo existentes, registros de desarrollo y modificaciones de equipos, datos técnicos externos y estándares de diseño y listas de

chequeo basados en estos datos. El análisis y aplicación de esta información debe conducir a nuevo equipo que requiera menos mantenimiento y produzca productos de calidad más elevada.

# 5.1.5.1. Importancia del MP

Sin las actividades de mantenimiento, emergen problemas cuando después de instalar el equipo se hacen operaciones de prueba y las primeras operaciones comerciales, incluso aunque el diseño, la fabricación, y la instalación parezcan haber ido regularmente. La operación normal es dificil de implantar, y los ingenieros de producción y mantenimiento pueden que tengan que hacer numerosos cambios antes de lograr una operación a pleno rendimiento.

Incluso después de que el equipo está operando normalmente, las reparaciones menores e inspección, los ajustes, la lubricación y la limpieza. para evitar el deterioro y las averías son tan complicadas que todos los implicados se desmoralizan. Bajo tales circunstancias, pueden haber negligencias en la inspección, la lubricación y la limpieza; las paradas del equipo se prolongan sin ninguna razón concreta, incluso por muy pequeñas averías, por tanto el rol del MP es minimizar estos problemas diseñando salvaguardas y contramedidas en el equipo de su fabricación e instalación.

La calidad del programa de MP de una compañía depende de los tres factores siguientes:

 Capacidad técnica y sentido de la ingeniería de diseño de los ingenieros de diseño.

- Calidad y cantidad de los datos técnicos disponibles.
- Facilidad con la que pueden usarse estos datos técnicos.

A través de la propia creatividad y esfuerzo de los ingenieros se desarrolla un incremento en la habilidad de ingeniería, pero no es productivo para la persona descansar enteramente en el estudio teórico y en la pura experiencia de ingeniería. Los ingenieros de departamentos relacionados con el equipo deben reunir datos de las actuales condiciones operativas y usarlos en un diseño para la fiabilidad y mantenibilidad.

Sin embargo, demasiado a menudo los datos de mejoras técnicas obtenidos por los ingenieros de mantenimiento de las actividades de PM de rutina no se usan en el diseño de fiabilidad y mantenibilidad.

El primer paso obvio es la comunicación más efectiva entre los ingenieros de diseño y los de mantenimiento. Los ingenieros de mantenimiento deben considerar como ampliar datos MP útiles para apoyar al departamento de diseño en la planificación y diseño del equipo. A su vez, los ingenieros de diseño deben responsabilizarse del equipo que han diseñado, incluso después de fabricado e instalado. Deben vigilarlo asumiendo que la tecnología de mañana se desarrollará a partir de los errores de hoy.

#### 5.1.6. ADIESTRAMIENTO EN MANTENIMIENTO.

Un paso importante en TPM es enseñar a los operadores por qué el equipo tiene que operarse de una manera específica, explicando la construcción del equipo, el mecanismo y las funciones, así como los principios que se encuentran detrás del proceso de un producto o el cambio químico a que está asociado. Asimismo, debemos adiestrarles para que en cualquier situación sepan operar eficaz y correctamente su equipo.

También las actividades TPM necesitan personal con fuerte adiestramiento en mantenimiento y temas relacionados con el equipo. Los operarios deben estar intimamente integrados con su propio equipo y desarrollar el "expertise" práctico y conocimientos necesarios para mantenerlo bien mientras lo operan. Al mismo tiempo, el personal de mantenimiento debe tener voluntad de aprender y usar conocimientos y técnicas avanzados en respuesta al rango de problemas del equipo.

# 5.1.6.1. Responsabilidades de operarios y personal de mantenimiento.

Los operarios deben comprender lo suficiente de la estructura y funciones de su equipo como para operarlo apropiadamente. Su responsabilidad primaria es mantener las condiciones básicas del equipo a través de la inspección de rutina y las operaciones diarias de limpieza, lubricación y apretado de pernos. Deben también ser capaces de ejecutar reparaciones simples y reemplazos de piezas y otras funciones de mantenimiento autónomo. A la inversa, para asegurar unas actividades de mantenimiento efectivas del operario, el personal de mantenimiento debe poseer capacidades y conocimientos en los que pueda confiar el operario.

# Funciones básicas del operario

- Operar eficientemente el equipo.
- Realizar un chequeo puntual del equipo antes de arrancarlo.
- Periódicamente verificar la temperatura y velocidad, y otros elementos durante la operación y permanece alerta ante ruidos o vibraciones inusuales.
- Observar el panel de instrucciones regularmente para verificar los niveles de energía y otros varios calibres y diales.
- Asegurar que el equipo esté bien lubricado reponiendo lubricante cuando se precise.

Funciones óptimas del personal de mantenimiento.

- Mantenimiento planificado periódico.
- Medidas periódicas de temperatura y vibraciones.
- Estimar los intervalos óptimos para revisión y reemplazo de piezas.
- · Planificar y seleccionar los lubricantes, materiales y repuestos óptimos.
- Corregir debilidades de diseño del equipo.
- Restaurar rápidamente las averías del equipo.

- Proveer educación y adiestramiento de mantenimiento a los operarios del equipo.
- Mejorar sus propias capacidades de mantenimiento y aprender nuevas tecnologías.

# 5.2. CONTROL ESTADÍSTICO.

# 5.2.1.- INTRODUCCIÓN.

La producción industrial implica frecuentemente la elaboración masiva del mismo tipo de producto. Es necesario mantener la variación de las características de calidad de estos productos en el mínimo y lograrlo es una de las tareas más importantes del control de calidad. Las variaciones de las características de calidad son causadas por cambios en un gran número de factores que afectan estas características. Estos pueden generalmente clasificarse en :

- 1. Variaciones en los materiales.
- 2. Variaciones en la maquinaria y los equipos.
- 3. Variaciones humanas y en métodos.
- 4. Variaciones en las medidas.

Estos se llaman los 4M's de las variaciones, y las variaciones en las características se presentan como la suma de estos cuatro tipos de varianzas. Debemos averiguar que tan fuertemente contribuyen estos elementos a las variaciones en la calidad y cuales de estas variaciones se deben controlar y diseñar métodos para controlarlas. Las actividades básicas del control de calidad en la fabrica son los análisis repetidos y las mejorías para reducir la variación de la calidad. Se hace necesario determinar la magnitud de las actuales fluctuaciones y luego proceder con los análisis de los factores que las causan.

Las herramientas más usadas para el control estadístico son:

#### 5.2.2. DIAGRAMA DE PARETO.

El Diagrama de Pareto se utiliza para demostrar gráficamente las diversas causas que afectan el resultado de la variable que estamos analizando, jerarquizando las mismas por su impacto, para determinar las causas más importantes.

El gráfico de Pareto está basado en el principio de Pareto, el cual establece que entre muchas variables presentes, solo hay pocas de importancia vital (cerca de un 20%, que representa el 80% del problema) y muchas de poca importancia (alrededor de un 80%, que contribuyen con un 20% a la magnitud del problema).

El Diagrama de Pareto es muy útil, porque a simple vista es fácil determinar en qué consiste el problema principal. La gran ventaja es que enseña cuales son los factores en los que debe concentrarse la atención y esfuerzos de mejora de los procesos de trabajo.

La experiencia dice que habrá una razón detrás de cada razón. En otras palabras, si se tiene un problema grande es fácil desglosarlo en componentes menores para facilitar su análisis. Igualmente, podemos desglosar el Diagrama de Pareto en componentes más pequeños.

No debe prescindirse de la graficación. Ella ayuda a la comprensión del problema.

#### 5.2.3. DIAGRAMAS DE CAUSA - EFECTO.

El resultado de un proceso puede atribuirse a una multitud de factores, y es posible utilizar la relación causa-efecto de esos factores. Podemos determinar la estructura o una relación múltiple de causa-efecto observándola sistemáticamente. Es difícil solucionar problemas complicados sin tener en cuenta esta estructura, la cual consta de una cadena de causa y efectos, y el método para expresar esto en forma sencilla y fácil es un Diagrama de Causa-Efecto.

El Diagrama de Causa - Efecto se utiliza para clasificar los factores o causas de un problema o efecto y a organizar las relaciones entre ellas; actualmente, el diagrama se usa no solamente para observar las características de calidad de los productos sino también en otros campos y ha sido ampliamente aplicado en todo el mundo.

### 5.2.4. GRÁFICAS DE CONTROL.

El objetivo de una Gráfica de Control es el de detectar la aparición de causas asignables de desviación, distinguiendo las variaciones debidas a causas al azar, en un proceso que ha estado bajo control estadístico. Una Gráfica de Control consiste en una línea central, un par de límites de control, uno de ellos colocado por encima de la línea central y otro por debajo, y en unos valores característicos registrados en la gráfica que representa el estado del proceso. Si todos los valores ocurren dentro de los límites de control, sin ninguna tendencia especial, se dice que el proceso está en estado controlado. Sin embargo, si ocurren por fuera de los límites de control o muestran una forma peculiar, se dice que el proceso está fuera de control.

# 5.2.4.1. Tipos de Gráficas de Control.

Hay varios tipos de gráficas de control, unas utilizadas para variables que toman valores continuos y otras para variables que toman valores discretos.

Para Variables Continuas:

# Gráfica X-R

Se usa para controlar un proceso en el cual las características que se están midiendo toman valores continuos, tales como longitud, peso, etc. Dicha gráfica proporciona la mayor cantidad de información sobre el proceso. X representa un valor promedio de un subgrupo de datos y R representa el rango del subgrupo; la gráfica R permite controlar la variación dentro de un subgrupo.

#### Gráfica X

Cuando los datos de un proceso se registran durante intervalos largos o los subgrupos de datos no son efectivos, se gráfica cada dato individualmente y esa gráfica puede usarse como gráfica de control. Debido a que no hay subgrupos, el valor R no puede calcularse; se usa el rango móvil Rs de datos sucesivos para el cálculo de los límites de control de X.

Para Variables Discretas.

### Gráficas n,p

Estas gráficas se usan cuando la característica de calidad se representa por el número de unidades defectuosas o la fracción defectuosa. Para una muestra de tamaño constante, se usa una gráfica np del número de unidades defectuosas, mientras que una gráfica p de la fracción de defectos se usa para una muestra de tamaño variable.

# Gráfica c, Gráfica u

Se utilizan para controlar un proceso por los defectos de un producto, tales como rayones en una placa de metal, número de soldaduras defectuosas de un televisor o tejido desigual en telas. Una gráfica c referida al número de defectos, se usa para un producto cuyas dimensiones son constantes, mientras que una gráfica u se usa para un producto de dimensión variable.

#### 5.3. NORMAS SERIE ISO 9000.

#### 5.3.1 INTRODUCCIÓN

El ISO 9000, es un estándar acordado internacionalmente, para asegurar un sistema gerencial de calidad. El estandar desarrolla una serie de guías que determinan a los suplidores y a los manufactureros, que es requerido de un sistema de calidad.

El ISO 9000, es aplicable tanto a una empresa que posea 10 empleados o 10.000. Identifica las disciplinas básicas, para que el producto que deja la planta, satisfaga los requerimientos de los clientes.

Para manifestar que el sistema de calidad es cónsono con el ISO 9000, la empresa debe ser certificada por un organismo internacional acreditado.

La búsqueda del ISO 9000, forma la base de un enfoque positivo para el mejoramiento de la calidad en una empresa, utilizando los conceptos de la calidad total y del mejoramiento continuo.

El ISO 9000, desarrolla una serie de requerimientos que son mucho más amplios que el control y/o inspección. El ISO 9000, busca que todo aspecto relacionado con producción, administración o proceso de servicio, sea adecuadamente planificado y operado, que se tengan registros, y que se tomen acciones en relación a los problemas.

El ISO 9000, persigue que la empresa se instaure de una manera racional y documentada la espiral de calidad.

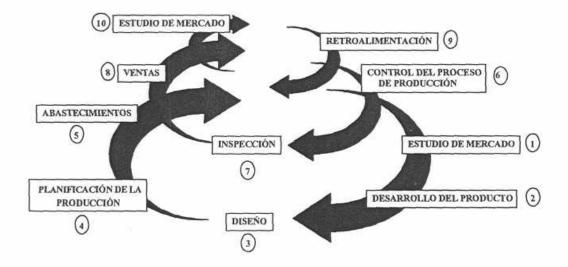


FIGURA 5.1. Espiral del Progreso en la Calidad.

#### 5.3.2. FUNDAMENTOS DEL ISO 9000.

Publicadas en 1987, las normas ISO 9000, fueron creadas por la Organización Internacional para la Normalización, grupo que representa a los organismos de normalización de más de noventa países. En la actualidad, aproximadamente cuarenta y cinco naciones allí representadas han adoptado la Serie a su equivalente como norma nacional.

El ISO 9000, ofrece un enfoque sistemático para el aseguramiento de la calidad, presionando a las empresas a documentar, implantar y mantener un detallado sistema contable de sus procedimientos y especificaciones de trabajo.

Los compradores siempre están buscando empresas que tengan calidad.

Una empresa que haya obtenido el sistema ISO 9000, puede asegurar que tiene un sistema documentado, implantado y mantenido de calidad.

Uno de los principales errores que se comenten en cuanto a la serie ISO 9000, es que, el *registrarse con el estandar*, significa que la empresa elabora productos de calidad.

Registrarse con el estandar no significa que un determinado producto ha sido registrado o aprobado. El registro al sistema ISO 9000, significa que la empresa tiene un método con registros para poder hacerle seguimiento a lo que realiza.

La Serie se llama así porque esta formada por cinco conjuntos de normas o criterios, enumeradas secuencialmente a partir de 9000. La primera norma ISO 9000 es un mapa viario que proporciona definiciones y conceptos básicos, y explica como

seleccionar y usar las otras normas de la Serie. Las normas ISO 9001, 9002 y 9003 fueron elaboradas con miras al aseguramiento de la calidad en situaciones contractuales. Estas son las normas que se utilizan para registrar los sistemas de calidad de los proveedores. Los tres modelos son en realidad subconjuntos sucesivos y la selección de la norma a utilizar depende del alcance y la complejidad de las operaciones de una compañía y no del tamaño de la empresa. Las tres normas centrales son genéricas ( no especifican las tecnologías a usar en la implantación de los diferentes elementos del sistema de calidad). Esto puede convertirse en una fuente tanto de frustración como de liberación. No existe una sola forma de aplicar la norma ISO 9000.

#### ISO 9001:

Es la norma más amplia que se utiliza para el aseguramiento de la calidad en el diseño, desarrollo, producción, instalación y servicio. Se usa típicamente en aquellas organizaciones de manufactura que diseñan y constituyen sus propios productos.

#### ISO 9002:

Se usa cuando la conformidad con los requerimientos específicos de producción e instalación necesitan ser asegurados; por ejemplo, cuando los productos son manufacturados según especificaciones provenientes de contratistas externos. En años anteriores, las industrias de proceso, tal como la manufactura de químicos y pintura, se basa únicamente en la norma ISO 9002. no obstante, es cada vez mayor el número de estas industrias

#### ISO 9003:

Es la más sencilla de implantar, se le conoce como ISO 9003, es el estandar más adecuado para empresas que tienen un ciclo de manufactura poco profundo, pero que desean asegurar a sus clientes que están generando un adecuado nivel de inspección y control de los productos terminados.

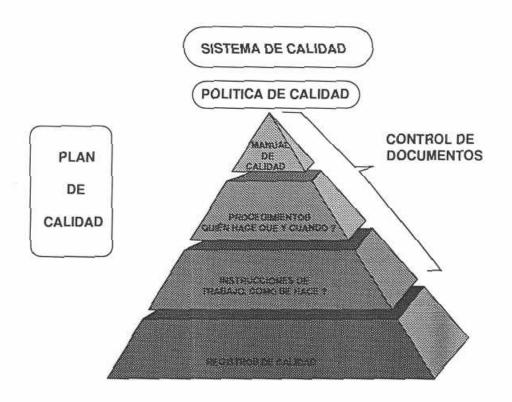


FIGURA 5.2. Sistema de Calidad

#### ISO 9004:

Se utiliza internamente y no en situaciones contractuales. Registra con algunos detalles los elementos esenciales que conforman un sistema completo de aseguramiento de la calidad, incluyendo las responsabilidades de la gerencia, mercadeo, abastecimiento, acción correctiva, uso del recurso humano, seguridad del producto y el uso de los métodos estadísticos. Muchos de estos elementos son elaboraciones de conceptos, contenidos en las tres normas anteriores.

Aunque la serie ISO fue escrita tanto por organizaciones de producto y de servicio, estas últimas han sido relativamente lentas en la adopción de las normas ¡ posiblemente porque no tienen la misma fluidez en cuanto a la terminología y conceptos! En términos absolutos, la serie ISO 9000 ha sido mayormente utilizada por las industrias de servicios del Reino Unido, donde las normas son usadas por las instituciones educativas, bancarias, legales, por las firmas de arquitectura e inclusive los colectores de basura. Para acelerar esta tendencia a nivel mundial, ISO ha emitido una guía separada, ISO 9004-2, la cuál explica los criterios en términos relevantes para esas industrias.

#### 5.3.3. BENEFICIOS DEL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD

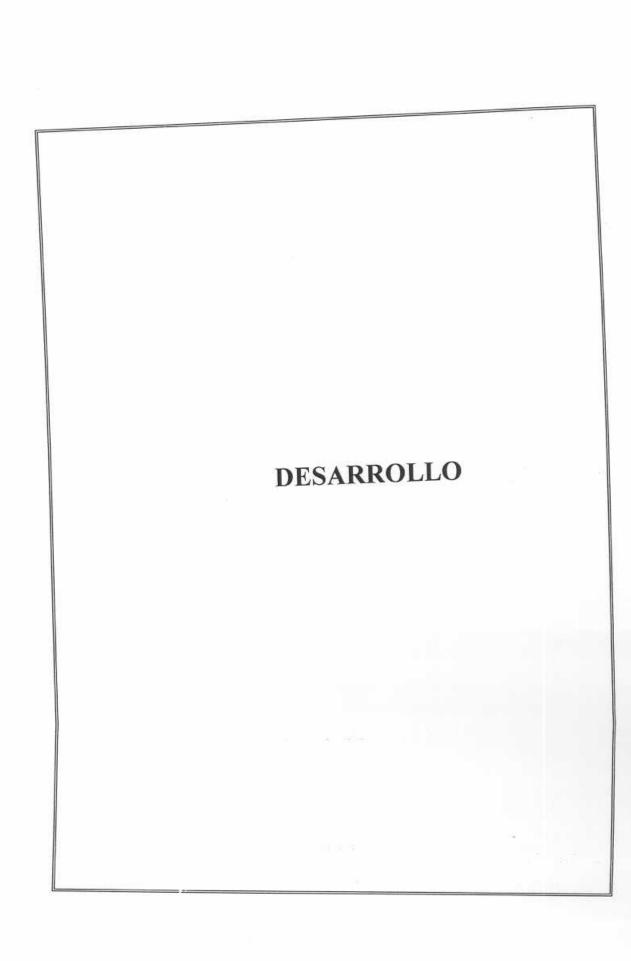
Aunque prepararse para registrarse en ISO 9000 no es tan intimidante como preparase para ganar el Premio Baldrige, el cuál está limitado a un máximo de seis compañías al año, la meta, en cualquiera de los casos no debe ser traer un trofeo a casa. El verdadero propósito de estos marcos es mejorar la calidad, dándoles a las organizaciones los criterios que pueden usar para definir y medir sus sistemas de calidad. " las compañías pueden revisar las normas con el fin de buscar áreas de discrepancia y áreas de mejoramiento", dice Caine " Yo le recomendaría a cualquier empresa que por lo menos se familiarice con las especificaciones y las use como guía para el mejoramiento de su sistema de calidad ".

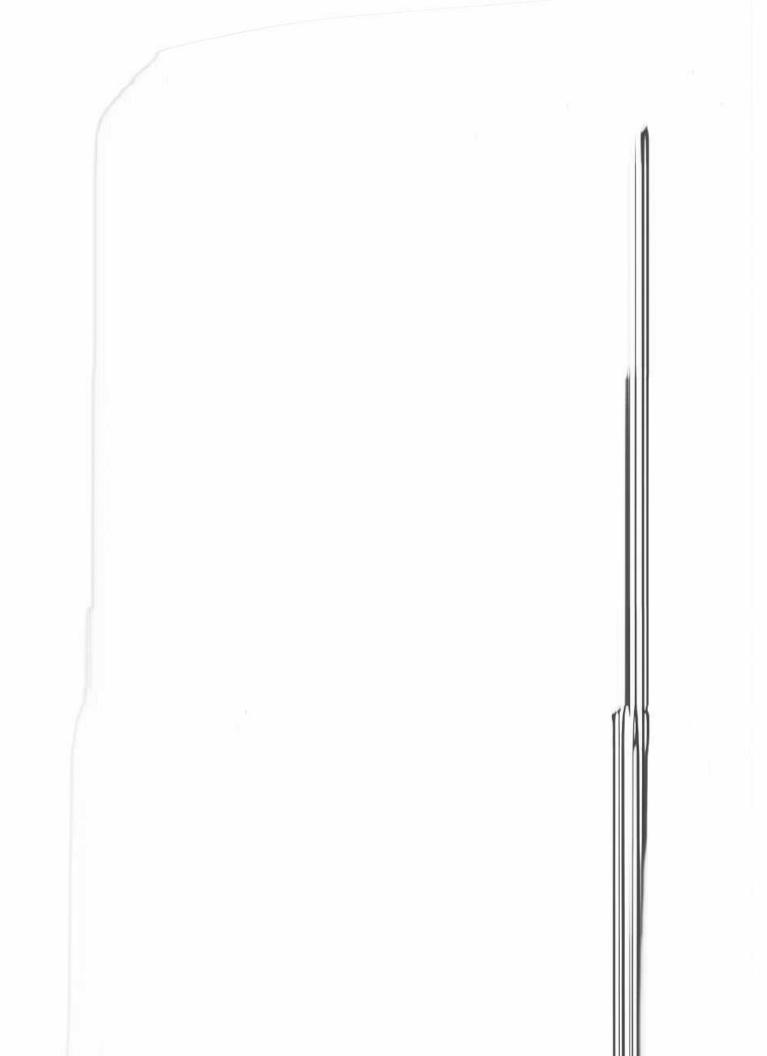
Las compañías que utilizan las normas ISO 9000 generalmente ven el mejoramiento en términos de consistencia del producto ( o servicio ) y eficiencia de operación mediante la reducción de las inspecciones costosas, de los costos de garantía y del retrabajo. Cynthia de Angelis, especialista del aseguramiento de la calidad en IC Advanced Materials, Exton Pennsylvania, observa que en su planta la preparación para la certificación ISO 9000 los forzó a hacer revisiones continuas de los procesos de trabajo, lo cuál llevó al mejoramiento de alguno de esos procesos. Como resultado de este escrutinio, los empleados aprendieron a entender mejor sus trabajos. En la operación que esta compañía tiene en el Reino Unido, el programa ISO 9000 redujo significativamente los costos del producto. Al suministrar consistentemente productos de alta calidad, había menos retrabajo, menos devoluciones de productos por parte de los clientes y menos tiempo invertido en

resolver problemas con clientes. También se redujeron los costos reales de producción a medida que se fueron refinando los procesos.

Las sucursales de Dupont en Europa reportan beneficios tales como mejores rendimientos de la manufactura y reducción de las quejas de clientes. El coordinador senior de la gerencia de la calidad del producto en Dupont, observa una reducción de las desviaciones y de la variabilidad de los procesos que a su juicio proviene de una mayor consistencia en la forma en que se operan los procesos de producción, especialmente de un turno a otro. Este aumento de la consistencia, dice se debe a la "disciplina exigida por ISO 9000".

Las mejoras no ocurrirán sin el compromiso de todos en la organización, incluida la alta gerencia " para que ISO funcione", dice Caine, " tiene que ir más allá de los informes de los consultores de calidad contratados o de los profesionales internos de la calidad. Todos en la organización deben estar concientes de las normas. La gente de producción, compra documentación fuera en el campo, la gente que hace el trabajo de post-producción, todos tienen que estar concientes de las normas, ajustarse a ellas y participar en todo el proceso".





En este trabajo solo se desarrollarán los cinco primeros pasos, en vista que, la implementación del plan, debe evaluarla la empresa dependiendo de sus intereses. Sin embargo se harán las recomendaciones pertinentes y se sugerirá la metodología a seguir en el(los) proyecto(s) grande(s).

A continuación se presenta, para facilitar la comprensión, un esquema del proceso de Termoformado y su entorno; esquema que se denominó "Caracterización de la Línea de Termoformado".



## **INSUMOS**

Bobina de Lámina

Electricidad

Agua

Material de Empaque



## LAMINA:

Dimensiones Espacíficas Homogeneidad del espesor Alto grado de Limpieza

#### SERVICOS PUBLICOS

- Confiabilidad

Calidad

## PROCESOS DE TERMOFORMADO

- \* Precalentamiento de lámina
- \* Transporte de lámina al horno
- \* Calentamiento de Lámina.
- \* Formación por presión en el molde
- \* Soplado dentro del molde para adquirir la forma adecuada
- \* Acumulación de piezas y expulsión
- \* Embalaje del producto.

LOGÍSTICA DE **PRODUCCIÓN** 

## **PRODUCTOS**

Vasos de distintas Capa-cidades y Colores

Tinas con capacidad de 250 g.

## ATRIBUTOS

#### VASOS:

Apariencia y Pureza. Forma y Capacidad,

Resistencia a la Filtración. Espesor de Pared y Fondo.

Peso

#### TINAS:

Dimensiones y Contenido. Capacidad de derrame.

Resistencia a la Compresión.

Resistencia al Impacto.

Espesor de Pared y Fondo. Contaminación Interna y Externa.

## CLIENTES INTERNOS

Departamento de Impresión.

## CLIENTES EXTERNOS

Empresas de alimentos del ramo de margarina.

Distribuidores Independientes.

## 6.2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

Para realizar un análisis de la situación actual, de la línea de Termoformado, necesitamos conocer y evaluar el proceso y su entorno, como la planificación y control de la producción, mantenimiento, etc.

#### 6.2.1. Proceso Productivo.

Para la comprensión del proceso de elaboración de envases termoformados, se describe, en forma detallada, la secuencia de operaciones de la línea.

#### TERMOFORMADO.

El termoformado consiste en el calentamiento de una lámina plástica, hasta llegar a una temperatura de ablandamiento. Este material flexible es rápidamente moldeado por medios mecánicos, juego de moldes o neumáticamente con diferenciales de presión creadas por vacío o por aire comprinido.

Cuando el material plástico se sujeta a los contornos del molde y se deja enfriar, retiene todos los detalles y figuras del molde.

El termoformado incluye varias ventajas:

- 1. Es un proceso que requiere bajas presiones.
- Se producen esfuerzos internos bajos y buenas propiedades físicas en las piezas terminadas.

- Capacidad de ser predecorada, laminada o coextruida para obtener diferentes acabados y propiedades.
- Capacidad para formar partes delgadas o fuertes para empaques y otros usos.
- Capacidad para hacer piezas grandes.

La máquina de moldeo por termoformado, consta en general de las siguientes partes:

#### a .- Alimentador.

En el se introducen las láminas de polipropileno previamente formadas en la máquina extrusora. El alimentador está formado por unos rodillos de precalentado para obtener una temperatura uniforme en la lámina. Los rodillos son calentados por resistencias tubulares y poseen sensores de temperatura. A su vez estos rodillos son movidos por un motor-reductor para guiar la lámina precalentada dentro de la formadora.

#### b.- Horno y Formador.

Consta de un sistema de transporte de la lámina formada por una doble red de cadenas dentadas, cuyos dientes penetran las orillas de la lámina. Este sistema lleva la lámina al horno. El tope del horno se mueve por un cilindro neumático, calentando así la lámina de forma pareja. Los elementos calentadores son resistencias de cerámica, la temperatura es controlada de acuerdo al material o al espesor de la lámina. Luego la lámina pasa por entre el molde, donde por acción neumática el macho se cierra sobre la hembra dando la forma inicial a la pieza, la cual, luego es

soplada para ajustarse a la forma del molde. Toda la formadora (rieles del transportador, molde) está provista de canales de agua circulante proveniente de un Chiller.

## c.- Acumulador o Colector.

Aquí pasan las piezas ya formadas. Este consta de unas paletas que llevan el producto hasta el eyector para que salga en forma ordenada y pueda ser empacado.

#### d .- Molino.

Aquí pasan las láminas perforadas en el formador para ser molidas. Mediante el uso de una bomba de vacío, el material remolido es enviado a un supersaco, que al llenarse se traslada a un área de almacenaje de sacos alrededor de la máquina extrusora, para su posterior uso. Este remolido es mezclado con material virgen para elaborar una nueva lámina.

## EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO.

En esta evaluación, centraremos nuestra atención en los métodos de trabajo, ya que ello tendría mayor impacto en la búsqueda de soluciones; mientras que evaluando el diseño del producto o el diseño del proceso, lograríamos mejoras a largo plazo.

Para realizar la evaluación del proceso productivo, haremos referencia a un principio básico con que debe contar la línea.

## Principio básico:

En base a las necesidades de la empresa se realizan o han realizado estudios de métodos de trabajo en los diferentes puestos de actividades tales como: diagramas de procesos, diagramas de recorrido, diagramas bimanual, diagramas hombre-máquina. Sistemáticamente se realizan estudios de tiempo para establecer las duraciones de las diferentes actividades.

Durante la evaluación se observa que la empresa aplica buenos métodos de trabajo.

#### Evaluación:

- Se realizan o han realizado estudios de métodos de trabajo en los principales puestos de actividades.
  - Existen diagramas de operación para los trabajos más importantes.
- No se realizan estudios de tiempos, en forma periódica, para establecer
   la duración de las actividades, los estándares de operación y los métodos de trabajos.
- No se inspecciona ni analiza críticamente con frecuencia la aplicación de los métodos de trabajos establecidos.
  - La empresa no cuenta con personal asignado a esta tarea.
- Los trabajadores no reciben entrenamiento detallado de las operaciones y su secuencia, ni se le provee de normas escritas sobre su trabajo.

## 6.2.2. Planificación y Control de la producción.

Para cada uno de los aspectos que a continuación se presentan la planificación y control de la producción desarrolla los siguientes pasos:

## a.- Materia Prima y Accesorios de Producción:

El departamento de programación y control elabora en base a las necesidades de la empresa una requisición de compra la cual envía al departamento de compras. El departamento de compras emite una orden de compras.

Una vez llegado el material se recibe a través del departamento de recepción acompañado con una orden de entrega. Este elabora un informe de recepción para dar entrega del material al almacén, el departamento de control de calidad autoriza este informe si se cumplen las especificaciones requeridas, en caso contrario, se elabora una nota de devolución para los proveedores. El material es recibido junto con el informe por almacén de materias primas.

El departamento de programación y control elabora una orden de producción según los requerimientos de ventas la cual se entrega al departamento de producción. Por cada departamento se elabora una nota de pedido de material según estas necesidades. El almacén recibe esta nota y entrega el correspondiente material a cada uno.

#### b.- Productos Terminados:

Una vez listos son entregados los productos junto con una nota de entrega elaborade por el departamento de producción al almacén de productos terminados para ser almacenados hasta su correspondiente fecha de entrega. El departamento de programación y control recibe las notas de pedido aprobadas por el departamento de crédito y cobranzas del departamento de ventas.

Este elabora una relación de despacho diaria la cual se entrega al departamento de despacho quién da la orden para retirar estas necesidades del almacén. Se elabora una nota de despacho para el cliente.

El proceso de planificación y control de la producción se rige por una normativa elaborada para tal fin la cual está contenida en un manual de organización y métodos de la empresa, donde se especifica clara y detalladamente este aspecto entre otros.

Para que las actividades de la planificación y control de la producción sean satisfactorias, se requiere que en el área de producción sean verificadas las condiciones mínimas de operatividad, como por ejemplo reducir las paradas no programadas de máquinas que originan un exceso de trabajo adicional, porque los lotes de pedidos no se completan a tiempo y ocasionan retrasos en los próximos lotes a elaborar. Esto aunado a una política efectiva de mantenimiento preventivo lograría que se origine un mejor aprovechamiento de la materia prima (reducción del material a reprocesar) y se incrementen los niveles de producción al aprovechar al máximo las horas de trabajo por turno.

# EVALUACIÓN DE LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN.

Para realizar una evaluación general de las actividades de la planificación y control de la producción, resultaría un tanto delicado emitir juicios respecto a una programación que quizás sea efectiva y que no ha logrado sus metas por causas externas a ésta. Sin embargo, consideramos conveniente evaluar el departamento de planificación y control de la producción, en base a tres principios básicos:

- 1. Organización y recursos.
- 2. Pronostico y programación.
- 3. Control y evaluación

## Organización y recursos.

## Principio básico:

Existe la función planificación y control de la producción bien definida en la empresa, y está establecida como una unidad diferenciada de las demás. Se conoce en cada momento a través de un registro actualizado las existencias de materias primas y productos terminados en el almacén, además se conoce el estado de la capacidad de las líneas de producción y los equipos.

#### Evaluación:

 Se cuenta para la planificación y control de producción con un área de oficina específica en la empresa.

- Se posee, para planeamiento y control de producción, de archivos, formatos, sin embargo es conveniente utilizar otras herramientas importantes como, gráficos de control etc.
- Planificación y control de producción se encuentra convenientemente, ubicada dentro del organigrama funcional.
- Se poseen registros y estadísticas periódicas de la demanda y venta de sus productos.
- No se tiene un registro constante actualizado de las existencias de materias primas e insumos; ni un registro actualizado de la existencia de productos terminados; ni de los productos en proceso.
- No se poseen registros de las materias primas e insumos utilizados por unidad de producto.
- No se poseen registros de tiempo de proceso de cada producto en diferentes líneas de producción.
- No se ha establecido con precisión el costo de la hora-máquina para cada máquina.
- No se ha establecido el costo de la hora-hombre por cada clasificación en el personal directo.

## Pronóstico y programación.

## Principio básico:

La empresa realiza pronósticos de ventas para planificar la producción. Se han establecido plenamente las políticas a seguir en los programas u ordenes de producción.

### Evaluación:

- Se realizan pronósticos periódicos de ventas de acuerdo con técnicas de pronósticos especiales.
- Se tiene establecido una política de secuenciación, prioridades, tamaños de lotes.
- No se establece por escrito fechas de comienzo y terminación de un lote de producción.
- No se da la orden de fabricación por escrito con indicación de las diferentes operaciones y su secuencia.
- Antes de ordenar un trabajo, no se verifica la existencia de todas las materias primas en la empresa.

### Control y evaluación

## Principio básico:

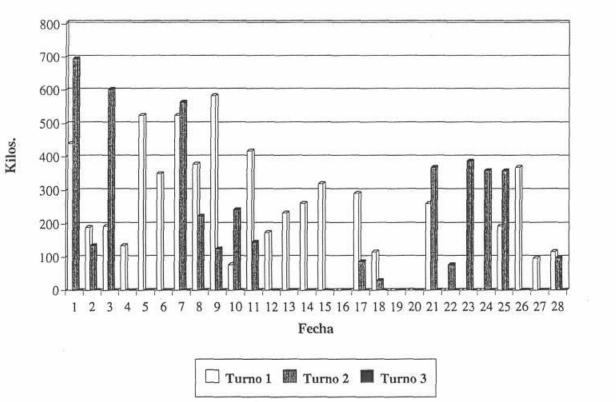
La empresa posee un sistema de control para conocer el estado y avance de las ordenes de trabajo. Se llevan registros reales de tiempos de producción como de como de insumos reales utilizados. Se evalúa la eficiencia y cumplimiento de los programas preestablecidos con la finalidad de introducir los correctivos necesarios.

#### Evaluación:

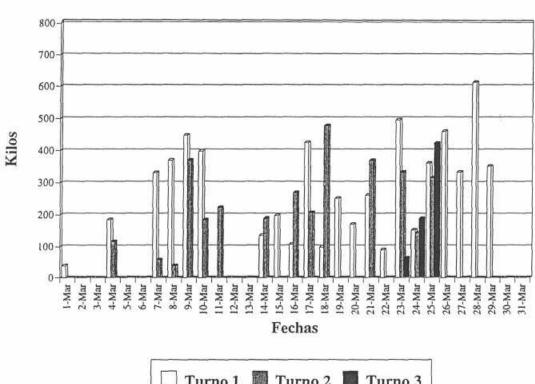
- No existen suficientes mecanismos de control periódico del lote a producir que señalen el estado y avance de las operaciones.
- No se llevan registros de tiempo reales de ejecución de cada operación en las diferentes máquinas.
- Se llevan registros de la utilización real de materia prima por cada pieza, producto o lote.
- No se llevan registros de la utilización real de la mano de obra por cada pieza, producto o lote.
  - · Se lleva registro del tiempo ocioso de algunos equipos o máquinas.
- No se utilizan los datos de producción para compararlos con los estándares preestablecidos.
- No se realizan estudios periódicos de capacidad de las máquinas y equipos auxiliares disponibles en la empresa.
- No se llevan registros ni se revisa con frecuencia para conocer la existencia real de los productos en proceso.
- No se llevan registros confiables de desperdicio a fin de establecer un control efectivo de los mismos.

En definitiva podemos observar varias debilidades en la planificación y control de la producción, pero también es cierto que cualquier herramienta que se utilice, no puede ser lo suficientemente eficaz, con tal descontrol, por las paradas.

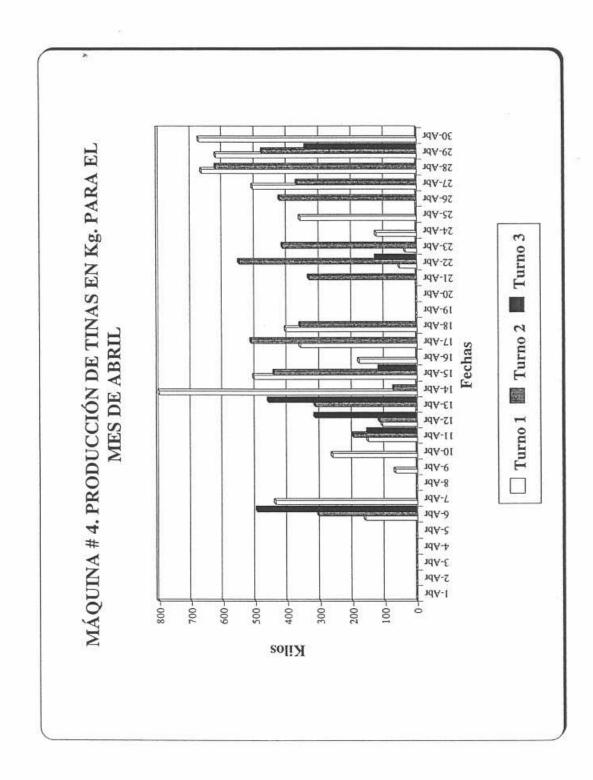




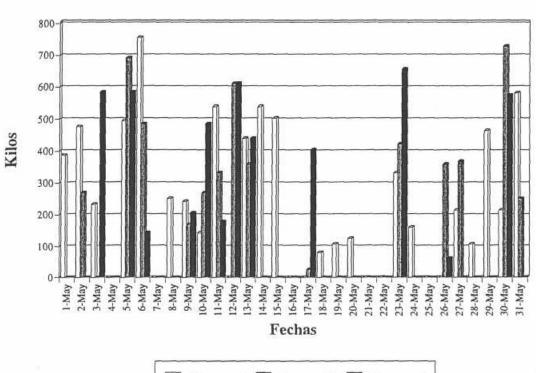
MÁQUINA # 4. PRODUCCIÓN DE TINAS EN Kg. PARA EL MES DE MARZO.



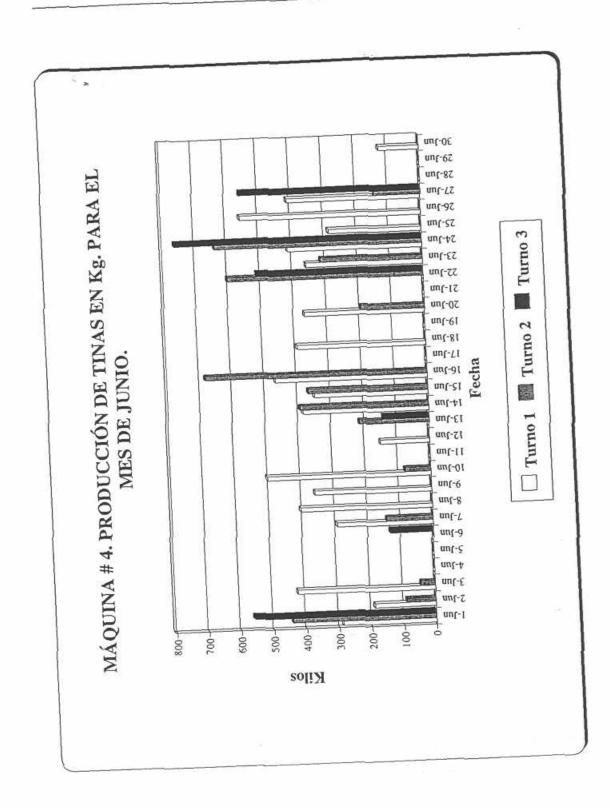
Turno 1 📓 Turno 2 🔳 Turno 3



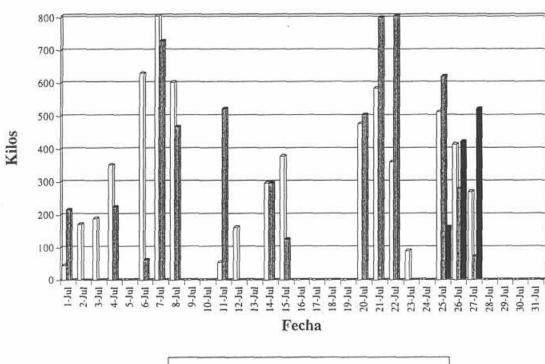
MÁQUINA # 4. PRODUCCIÓN DE TINAS EN Kg. PARA EL MES DE MAYO.



☐ Turno 1 💹 Turno 2 📕 Turno 3







☐ Turno 1 📓 Turno 2 📕 Turno 3

## 6.4. REDUCCIÓN DE LAS PARADAS DE MÁQUINAS NO PROGRAMADAS.

Las paradas de máquina no programadas, representan una de las causas principales de variación, en cuanto al nivel de producción se refiere, con un peso del 64,33% del total de horas destinadas a la producción, esto sin incluir la máquina # 5, que durante el tiempo de observación, se mantuvo totalmente detenida y agravaría la situación, aumentando el porcentaje de parada a 71,46 %. Los valores que hacemos referencia, se obtuvieron una parte por datos históricos ( reportes de producción y paradas ), y otra por observación directa a través de un muestreo.

Para un mejor detalle, se muestran a continuación, una serie de gráficas, por máquina y por turno, relativas a las causas de paradas no programadas, comparado con las horas trabajadas.

#### PORCENTAJES DE PARADAS NO PROGRAMADAS. 23,90% Total Trabajado Materia prima 2,13% 0,18% Compresor Chiller 2,07% Mecánico. 57,22% 1,23% Eléctrico. 2,11% Personal. 0.00% Suministro. Servicio público. 0,00% 0,88% Avería de moldes. Montaje de moldes 4,23% Pruebas 0,00% Arrancadas 0,26% **Pedidos** 0.00% Bomba/vacio. 0,00% Molino 5,80% PARADAS DE MÁQUINA vs TOTAL HORAS TRABAJADAS ( Máquina 1 Turno 1) 24% Mecánico. ☐ Eléctrico. ☐ Total Trabajado Materia prima Chiller Compresor ☑ A vería de moldes. Ⅲ Montaje de moldes ☑ Pruebas ₩ Personal. Suministro. Servicio público. Arrancadas Pedidos ■ Bomba/vacio. Molino M

#### PORCENTAJES DE PARADAS NO PROGRAMADAS. 23,37% Total Trabajado 2,00% Materia prima 0,00% Compresor Chiller 2,85% 56,43% Mecánico. 1,66% Eléctrico. Personal. 2,14% 0,00% Suministro. Servicio público. 0,00% 4,12% Avería de moldes. 3,08% Montaje de moldes 0,00% Pruebas 0,00% Arrancadas Pedidos 0,00% 0,00% Bomba/vacio. 4,36% Molino PARADAS DE MÁQUINA VS TOTAL HORAS TRABAJADAS ( Máquina 1 Turno 2) 23% 250% Chiller Mecanico. ☐ Eléctrico. ☐ Total Trabajado Materia prima Compresor ☑ Avería de moldes. ☐ Montaje de moldes. ☑ Pruebas. Personal. Servicio público. Moline Arrancadas Pedidos III Bomba/vacio.

#### PORCENTAJES DE PARADAS NO PROGRAMADAS. Total Trabajado 29,97% 1,19% Materia prima 0.00% Compresor Chiller 0,62% 56,60% Mecánico. Eléctrico. 2,20% 1,85% Personal. 0,00% Suministro. Servicio público. 0,00% Avería de moldes. 1,06% 2,82% Montaje de moldes 0,00% Pruebas Arrancadas 0,00% **Pedidos** 0,00% Bomba/vacio. 0,00% 3,70% Molino PARADAS DE MÁQUINA vs TOTAL HORAS TRABAJADAS ( Máquina 1 Turno 3) 2% 2%O<sup>4%</sup> Mecánico. ☐ Eléctrico. Chiller ☐ Total Trabajado Compresor Materia prima Servicio público. ☑ Avería de moides. ☐ Montaje de moides ☑ Pruebas Personal, Suministro. ☐ Arrancadas ■ Bomba/vacio. Molino 2 Pedidos

### PORCENTAJES DE PARADAS NO PROGRAMADAS. 15,54% Total Trabajado 1,69% Materia prima 0,00% Compresor 1,41% Chiller Mecánico. 49,90% 4,75% Eléctrico. 2,83% Personal. 0.00% Suministro. 0,00% Servicio público. Avería de moldes. 2,88% 0,00% Montaje de moldes 0,00% Pruebas 0,00% Arrancadas 0.00% Pedidos Bomba/vacio. 0,00% 21,01% Molino PARADAS DE MÁQUINA vs TOTAL HORAS TRABAJADAS ( Máquina 2 Turno1) 21% 3% 3% 49条 ☐ Eléctrico. Mecánico. ☐ Total Trabajado Materia prima Compresor Chiller Chiller 🖾 Averla de moides. 🖽 Montaje de moides 🚨 Pruebas

₩ Motino

Servicio público.

Suministro.

Pedidos

Personal.

Arrançadas

## PORCENTAJES DE PARADAS NO PROGRAMADAS. 20,42% Total Trabajado 1,63% Materia prima 0,00% Compresor Chiller 0,38% Mecánico. 43,65% Eléctrico. 5,60% Personal. 2,58% Suministro. 0,09% Servicio público. 0,26% Avería de moldes. 2,73% Montaje de moldes 1,41% Pruebas 0,00% Arrancadas 0.00% Pedidos 0,00% Bomba/vacio. 0,00% Molino 21,24% PARADAS DE MÁQUINA vs TOTAL HORAS TRABAJADAS ( Máquina 2 Turno 2) 21%

☐ Chiller

Molino

Mecánico.

☑ Avería de moldes. 
☐ Montaje de moldes 
☑ Pruebas

☐ Eléctrico.

Compresor

Servicio público.

III Bomba/vacio.

☐ Total Trabajado

B Personal.

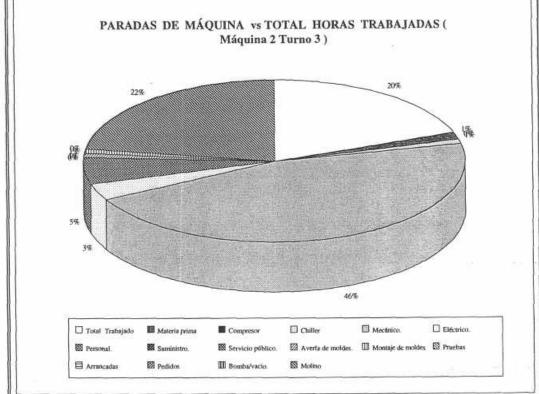
Arrancadas

Materia prima

Suministro.

Pedidos

#### PORCENTAJES DE PARADAS NO PROGRAMADAS. Total Trabajado 19,64% 1,29% Materia prima 0.00% Compresor 0,88% Chiller Mecánico. 45,67% Eléctrico. 3,08% Personal. 5,30% Suministro. 0,00% 0,00% Servicio público. Avería de moldes. 1,01% 0,88% Montaje de moldes 0,00% Pruebas 0,00% Arrancadas 0.00% Pedidos Bomba/vacio. 0.00% 22,24% Molino PARADAS DE MÁQUINA vs TOTAL HORAS TRABAJADAS ( Máquina 2 Turno 3)



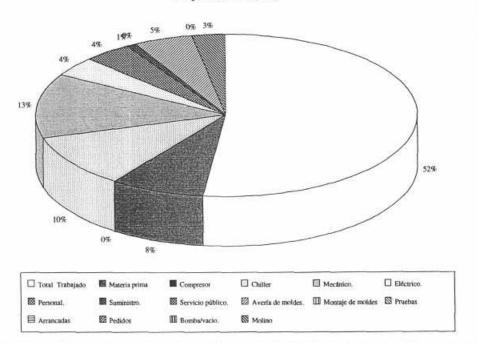
#### PORCENTAJES DE PARADAS NO PROGRAMADAS. 47,47% Total Trabajado 7,45% Materia prima 0,53% Compresor 16,73% Chiller 12,07% Mecánico. 2,49% Eléctrico. 1,92% Personal. 0,00% Suministro. 0,00% Servicio público. 7,35% Avería de moldes. 0,00% Montaje de moldes 0,00% Pruebas 0,88% Arrancadas 0,00% Pedidos 0,00% Bomba/vacio. 3,10% Molino PARADAS DE MÁQUINA vs TOTAL HORAS TRABAJADAS ( Máquina 3 Turno 1) 0%199% 3% 2%.0% 12% 48% 17% 1% 7% Chiller Mecánico. ☐ Eléctrico. Maseria prima Compresor Personal. Suministro. Servicio público. Molina Pedidos III Bomba/vacio. Arrançadas

#### PORCENTAJES DE PARADAS NO PROGRAMADAS. 57,31% Total Trabajado 3,87% Materia prima 1,10% Compresor 14,35% Chiller 10,99% Mecánico. 2,68% Eléctrico. 3,68% Personal. 0,26% Suministro. 0,00% Servicio público. 4,42% Avería de moldes. 0,18% Montaje de moldes 0,00% Pruebas 0,00% Arrancadas 0,00% Pedidos 0.00% Bomba/vacio. 1,15% Molino PARADAS DE MÁQUINA vS TOTAL HORAS TRABAJADAS ( Máquina 3 Turno 2) 0%% 09% 11% Mecánico. ☐ Eléctrico. ☐ Total Trabajado Materia prima Compresor Chiller Chiller ☑ Avería de moides. ☐ Montaje de moides ☑ Pruebus Personal. Suministro. Servicio público. Molino M Pedidos Bomba/vacio. Arrancadas

## PORCENTAJES DE PARADAS NO PROGRAMADAS.

Total Trabajado	52,06%
Materia prima	8,04%
Compresor	0,09%
Chiller	10,39%
Mecánico.	12,84%
Eléctrico.	3,90%
Personal.	4,33%
Suministro.	0,57%
Servicio público.	0,00%
Avería de moldes.	5,19%
Montaje de moldes	0,00%
Pruebas	0,00%
Arrancadas	0,00%
Pedidos	0,00%
Bomba/vacio.	0,00%
Molino	2,58%

## PARADAS DE MÁQUINA vs TOTAL HORAS TRABAJADAS ( Máquina 3 Turno 3 )

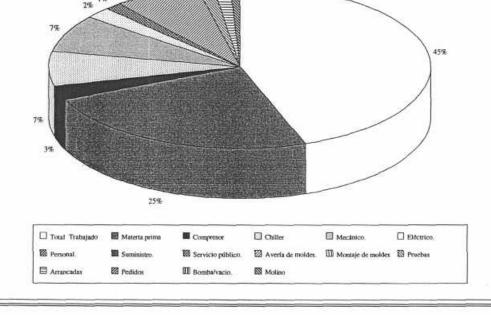


## PORCENTAJES DE PARADAS NO PROGRAMADAS.

Total Trabajado	44,48%
Materia prima	23,99%
Compresor	2,88%
Chiller	6,78%
Mecánico.	7,44%
Eléctrico.	2,38%
Personal.	1,23%
Suministro.	0,00%
Servicio público.	0,00%
Avería de moldes.	7,26%
Montaje de moldes	0,00%
Pruebas	1,50%
Arrancadas	1,28%
Pedidos	0,00%
Bomba/vacio.	0,00%
Molino	0,79%

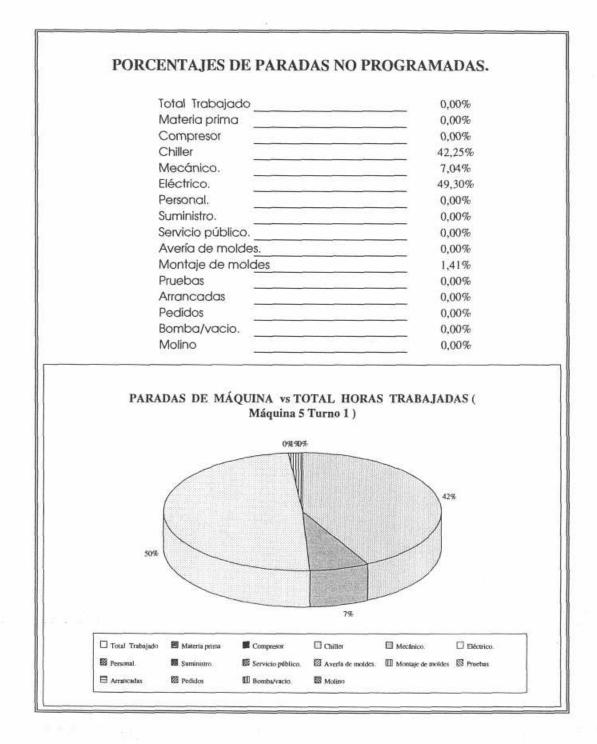
## PARADAS DE MÁQUINA vs TOTAL HORAS TRABAJADAS ( Máquina 4 Turno 1)

095 1506

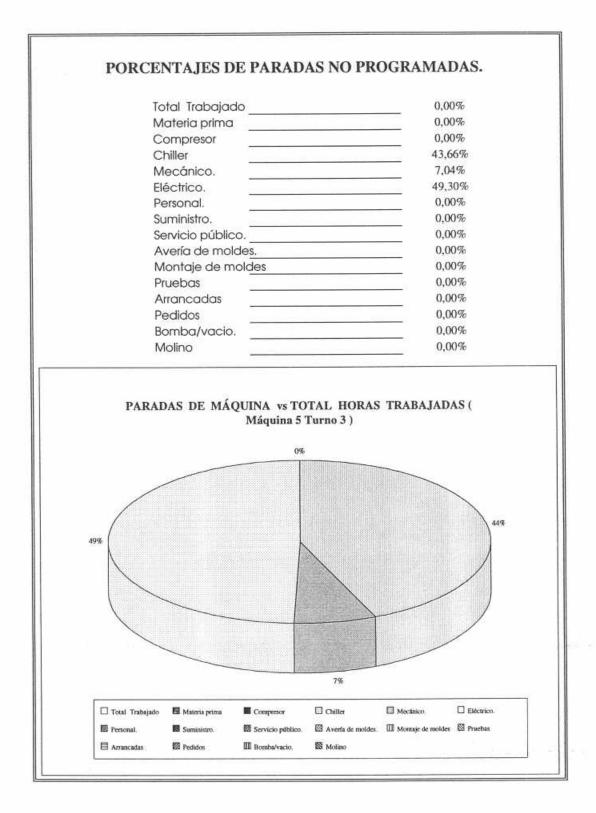


#### PORCENTAJES DE PARADAS NO PROGRAMADAS. Total Trabajado 51,16% Materia prima 17,30% Compresor 4,23% Chiller 5,46% Mecánico. 5,72% Eléctrico. 1,35% Personal. 2,49% Suministro. 0,15% Servicio público. 0,26% Avería de moldes. 4,53% Montaje de moldes 2,11% Pruebas 0,00% Arrancadas 0,00% Pedidos 0,00% Bomba/vacio. 1,36% Molino 3,87% PARADAS DE MÁQUINA vs TOTAL HORAS TRABAJADAS ( Máquina 4 Turno 2) 2% 0%% 5% 18% ☐ Total Trabajado Materia prima Compresor Chiller Mecánico, ☐ Eléctrico. Personal. Suministro. Servicio público ☑ Averfa de moldes. Ⅲ Montaje de moldes ☑ Pruehas Arrancadas Pedidos III Bomba/vacio.

#### PORCENTAJES DE PARADAS NO PROGRAMADAS. 39,94% Total Trabajado 22,10% Materia prima 3,52% Compresor 5,93% Chiller 5,74% Mecánico. 3,55% Eléctrico. 9,77% Personal. 0,00% Suministro. Servicio público. 0,00% 7,92% Avería de moldes. Montaje de moldes 1,41% 0,00% **Pruebas** 0.00% Arrancadas 0,00% **Pedidos** Bomba/vacio. 0,00% 0,13% Molino PARADAS DE MÁQUINA vs TOTAL HORAS TRABAJADAS ( Máquina 4 Turno 3) 190% 10% 22% Chiller Mecánico. ☐ Eléctrico. Compresor ☐ Total Trabajado ■ Materia prima ☑ Avería de moldes. Ⅲ Montaje de moldes ☑ Pruebas Personal. Suministro. Servicio público, III Bomba/vacio. ☐ Arrancadas Pedidos



#### PORCENTAJES DE PARADAS NO PROGRAMADAS. 0,00% Total Trabajado 0.00% Materia prima 0,00% Compresor Chiller 42,25% 8,45% Mecánico. 47,89% Eléctrico. 0,00% Personal. 0,00% Suministro. 0.00% Servicio público. 0.00% Avería de moldes. Montaje de moldes 1,41% 0,00% Pruebas 0,00% Arrancadas 0.00% Pedidos 0,00% Bomba/vacio. 0,00% Molino PARADAS DE MÁQUINA vs TOTAL HORAS TRABAJADAS ( Máquina 5 Turno 2) 0%1%0% 42% 49% Eléctrico. Chiller Mecánico. ☐ Total Trabajado Compresor Materia prima 🖾 Avería de moldes. 🖽 Montaje de moldes 🖾 Pruebas Personal. Suministro. Servicio público. III Bombu/vacio. Pedidos Arruncadas



Como pudimos observar en las gráficas, los problemas que originan las paradas de máquina son:

- Paradas por Materia Prima
- 2. Paradas por el Compresor
- Paradas por el Chiller
- Paradas por fallas Mecánicas
- Paradas por fallas Eléctricas
- 6. Paradas por causa del Personal
- Paradas por falta de Suministros
- 8. Paradas por fallas en el Servicio Publico
- 9. Paradas por Avería de Moldes
- 10. Paradas por Cambio de Molde
- 11. Suspensión de la producción por Pruebas
- 12. Suspensión de la Producción por Arrancadas
- 13. Paradas por Pedidos
- 14. Paradas por Bomba de Vacío
- Paradas por fallas en el Molino

Para la determinación de las causas de los problemas que originan las paradas no programadas, era aplicable realizar un muestreo; aunque se pudo haber realizado el mismo, resultó más ventajoso realizar entrevistas a los operarios, mecánicos de línea jefes de turno y supervisores, en vista de la experiencia que tienen laborando en el departamento. Con las causas obtenidas de la entrevista al personal

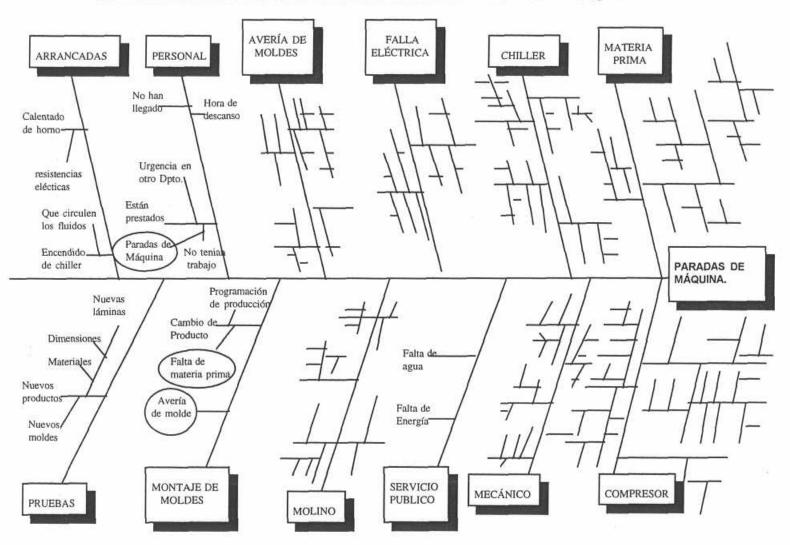
del departamento procedimos a elaborar un diagrama de "Causa-Efecto" con la ayuda del personal de la línea. (ver Diagrama de Causa-Efecto)

En el Diagrama que se presenta a continuación, se eliminaron los problemas, que en ocho (8) meses de datos, no se hicieron presentes, y debido a lo complejo del diagrama, motivado al grado de detalle necesario para localizar las causas raíces, solamente se encuentran presentes las causas raíces cuya complejidad permitía su colocación y en los diagramas siguientes están detalladas las causas raíces de los problemas planteados, que no están en el primero.

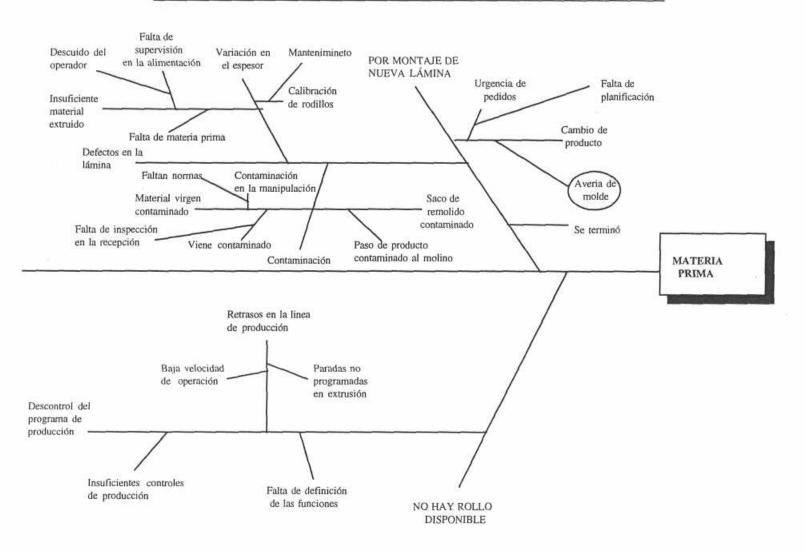
Las causas que aparecen encerrados en un óvalo, representan problemas que ya fueron detallados en otro diagrama. Por ejemplo, una causa de las averías de moldes es la variación en la lámina, pero ésta se encuentra totalmente detallada en el diagrama de materia prima.

Para la jerarquización de las causas raíces se utilizó una "Tabla de Pareto", basados en los datos obtenidos por el personal de la línea. (ver TABLA 6.1).

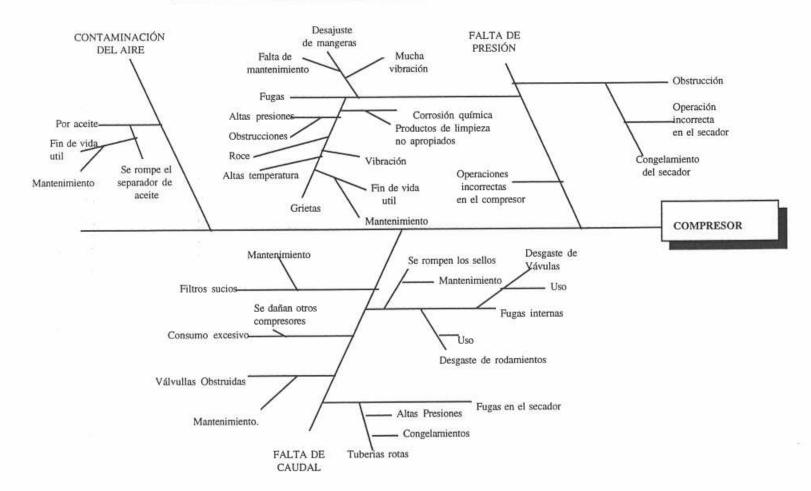
# DIAGRAMA DE CAUSA-EFECTO PARA PARADAS DE MÁQUINA.



## DIAGRAMA CAUSA-EFECTO PARA LA MATERIA PRIMA

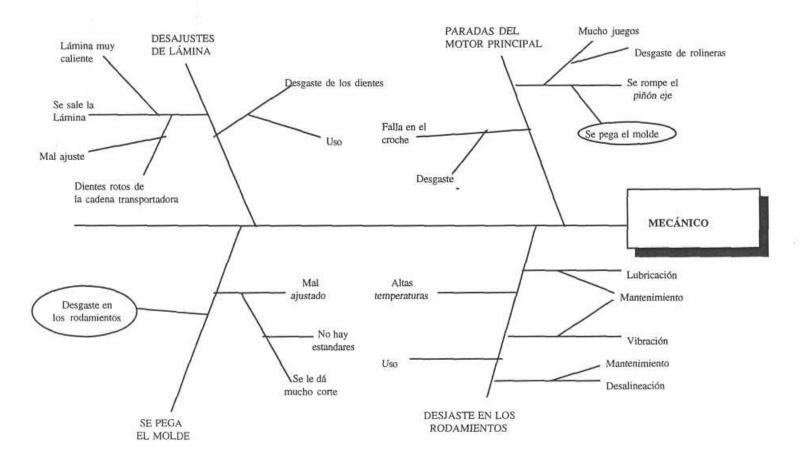


# DIAGRAMA CAUSA-EFECTO PARA LA MATERIA PRIMA



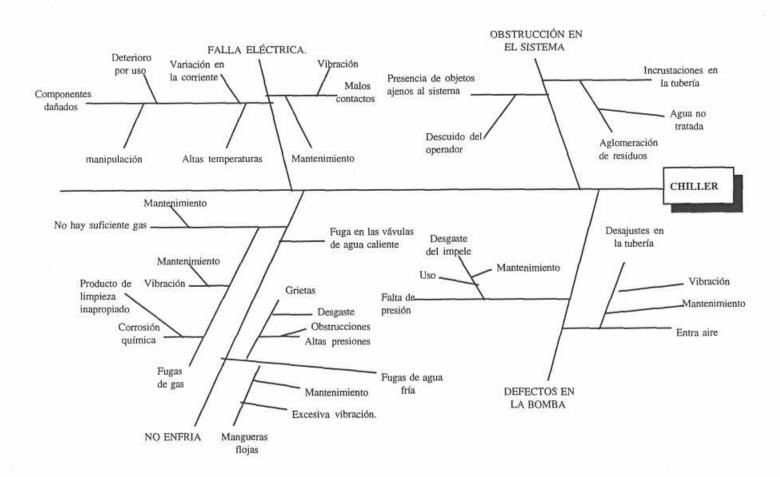
# UCAB

# DIAGRAMA DE CAUSA-EFECTO DE LAS FALLAS MECÁNICAS

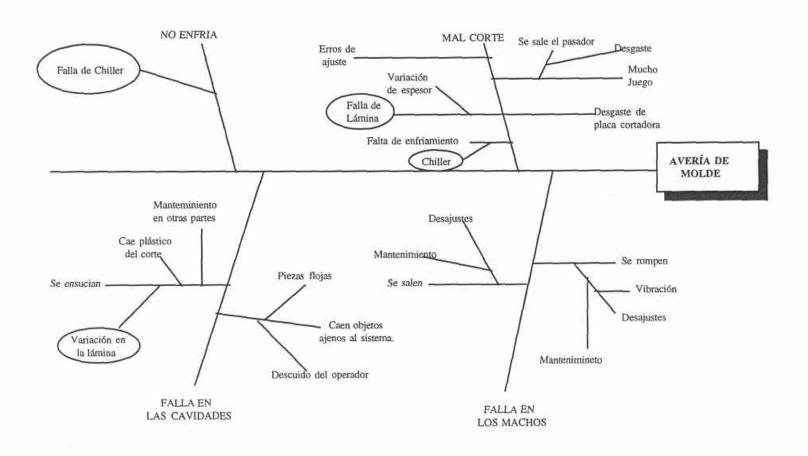


# UCAB

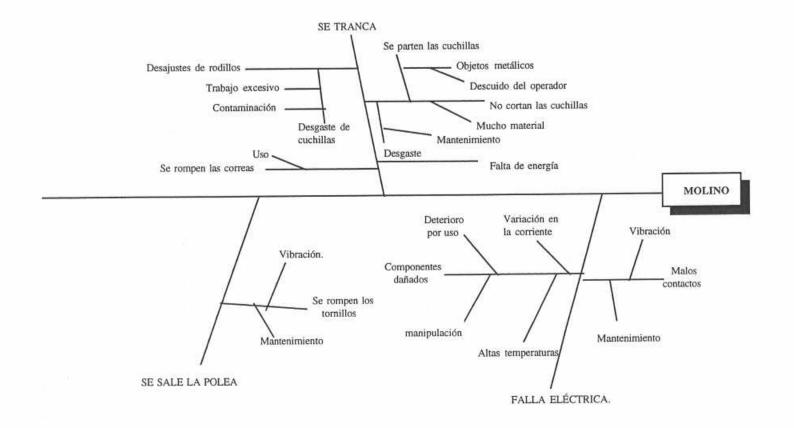
## DIAGRMA DE CAUSA-EFECTO PARA EL CHILLER



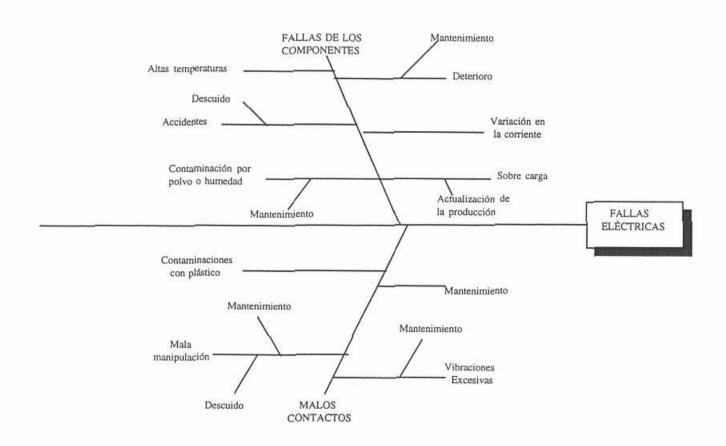
# DIAGRAMA CAUSA-EFECTO PARA LAS AVERÍAS DE MOLDE



# DIAGRAMA DE CAUSA-EFECTO PARA EL MOLINO



# DIAGRAMA DE CAUSA-EFECTO PARA LAS FALLAS ELÉCTRICAS



# PARADAS DE MÁQUINAS

CAUSAS RAÍCES	VOTACIÓN	% UNITARIO	% ACUMULADO
Falta de un programa de	70	20.20.8/	20.20.9/
mantenimiento general	78	39,39 %	39,39 %
Falta de Normas para las reparaciones, ajustes y puesta a punto de las maquinarias y equipos	37	18,69 %	58,08 %
Falta de Normas para el manejo de maquinarias y equipos.	22	11,11 %	69,19 %
Falta de un programa de planificación más efectivo	20	10,10 %	79,29 %
Falta de controles efectivos, que impidan el paso de productos que contaminen el material de reproceso	13	6,56 %	85,85 %
Falta de controles efectivos de calidad para a lámina	13	6,56 %	92,41 %
Falta de controles efectivos para evitar las altas temperaturas en los componentes de equipo.	6	3,03 %	95,44 %
Falta de Normas para la Manipulación de Materia Prima	3	1,51 %	96,95 %
Falta o Variación del servicio eléctrico.	2	1,01 %	97,96 %
Falta de tratamiento del agua destinada al enfriamiento	1	0,51 %	98,47 %
Falta de definición de las funciones	1	0,51 %	98,98 %
Descuido de los operadores	1	0,51 %	99,49 %
Falta de concient zación del personal para que lleguen a tiempo al turno	1	0,51 %	100 %

TABLA 6.1. Tabla de Pareto..

La TABLA 6.1. muestra el resultado de la utilización de la *Tabla de Pareto*, en ella se resumieron las causas raíces, que aparecían como constantes en muchos de los problemas presentes, por ejemplo la falta de mantenimiento por ajustes, limpieza o simplemente por la finalización de la vida útil del componente. También se resumieron las causas raíces, obviando las causas que por resultados de la votación, no tenían mayor impacto dentro de las paradas de máquina.

El problema más importante que debemos resolver, es la falta de un programa de mantenimiento preventivo, pero si observamos detenidamente, el resolver esta dificultad, resolverá en forma total o parcial otros problemas, unos más importantes que otros, que en conjunto representan un porcentaje muy alto del total de las causas raíces

Se impone la necesidad, de resolver el problema del mantenimiento, y que mejor solución que diseñar un plan de acciones a seguir para la implantación de un programa de Mantenimiento Productivo, en el área de Termoformado. Sin embargo, implantar un programa de Mantenimiento Productivo Total, no es una tarea fácil y se requerirá de un tiempo mucho mayor, al estipulado para este trabajo de grado.

Además, el departamento de Termoformado, como observamos en los gráficos de paradas vs. total de horas trabajadas, atraviesa por una grave situación que amerita soluciones prácticas y rápidas de implementar, que al contrario de darles más trabajo, los ayuden al aumento de la productividad.

Es por esta razón que fue necesario profundizar más allá de los problemas ocasionados por la falta de mantenimiento, y encontrar los puntos de mayor importancia a los que se debe aplicar un mantenimiento preventivo, con el objeto de disminuir las paradas no programas.

#### 6.5, PLAN DE MEJORAS. (Fase I)

Las causas raíces y sus correcciones, serán separadas para su mejor comprensión.

#### Paradas por problemas Mecánicos.

El principal causante de este tipo de problemas, son los desgastes de los rodamientos. El desgaste normal de un rodamiento viene incrementado por la falta de lubricación adecuada, es decir, deben ser lubricados semanalmente, con Grasa Industrial EP2.

Otro causante de el desgaste exagerado en los rodamientos del molde, se debe a fuertes impactos, producidos por la caída del rodamiento, sobre su guía, cuando el molde queda pegado en la parte superior de su recorrido. Para evitar que el rodamiento se separe de su guía es necesario que el rodamiento conserve la leva que fue diseñada para ello y en el caso de que los rodamientos no la conserven por fractura o desgaste de esta, conviene corregir este defecto directamente y no taparlo con diseños de otros mecanismos que permitan separar el molde (resortes).

Realizar estas tareas, traerá como beneficios: un mejor moldeado y corte del envase, además de disminuir la vibración excesiva.

#### Paradas por problemas en el Chiller.

Una de las principales causas de fallas en el Chiller se debe a problemas eléctricos. Estos a su vez los podemos dividir en dos: los producidos por componentes dañados y los producidos por los malos contactos.

Los malos contactos son más frecuentes y son producto en gran parte por la vibración excesiva. Para disminuir esta vibración conviene lubricar los rodamientos del eje de la bomba, cada 3 meses con Grasa Industrial EP2 y tener como norma no encender la bomba si esta no tiene agua ya que esta sirve de lubricante para los impulsores. También se recomienda realizar una revisión y ajuste por lo menos cada 1000 horas de funcionamiento.

Los componentes dañados, antes de llegar al termino de su vida útil, se deben en gran parte a las altas temperaturas y a la variación en la tensión, para disminuir la cantidad de estos componentes, se recomienda no sobrecargar el equipo, exigiéndole más de su capacidad, realizando un ajuste de los contactores cada 1000 horas de funcionamiento y controlando la tensión con un regulador para cada Chiller.

El Chiller, también puede presentar bajo rendimiento producto de fugas u obstrucciones, para minimizar este problema, se recomienda determinar los tiempos de cambio de los fiitros, tratar el agua destinada a el evaporador y evitar las fugas de gas y agua mediante la frecuente revisión y ajuste de las mangueras.

#### · Paradas por Materia Prima.

El principal problema de las paradas por materia prima se debe a la indisponibilidad de rollo de lámina para ser procesada. Pero a pesar de que la línea de extrusión posee la capacidad y más, de lo que se requiere en la línea de termoformado, la falta de materia prima representa un rubro importante dentro de las paradas no programadas.

Para disminuir la indisponibilidad de rollos de lámina, recomendamos revisar la metodología de planificación para la producción de láminas plásticas, en base a las necesidades de la línea de termoformado y las mejoras a implementar podrían ser tan sencillas como programar con apenas dos turnos de anticipación la producción de lámina que se va a necesitar y tener en inventario de productos en proceso al menos un rollo de cada tipo de lámina. para que garantice la continuidad de producción de envases termoformados, cuando la lámina en proceso presenta fallas de calidad.

# Paradas por problemas Eléctricos en el Equipo de Termoformado.

Los problemas eléctricos como en otros equipos, se deben principalmente a malos contactos y fallas en los componentes. Para disminuir significativamente estas fallas se debe realizar mensualmente una revisión y ajuste de los contactores y mantener libre de contaminación con polvo o humedad, teniendo como norma obligatoria, el mantener las puertas cerradas del tablero y realizar un mínimo mantenimiento de limpieza cada vez que se efectúe algún trabajo de ajuste o

#### · Paradas por problemas en el Molino.

De acuerdo a los datos encontrados, esta causa representa un factor importante a pesar de tener menor peso que las descritas con anterioridad. Las causas que pueden ocasionar problemas en el molino, son básicamente dos: una falla eléctrica o que se tranca.

Para disminuir las fallas eléctricas, recomendamos diminuir la vibración a través de la lubricación de los rodamientos y cada 1000 horas de funcionamiento realizar una revisión y ajuste de los contactores. También es recomendable la implementación de reguladores de voltaje.

Para disminuir las paradas motivadas por el trancamiento del molino, recomendamos determinar los tiempos de cambio de las correas y tener como norma, no sobrecargar de material. También es recomendable realizar un mantenimiento mínimo a las cuchillas determinado por el departamento de mantenimiento.

Todas estas soluciones que se proponen deben ser analizadas y tomadas en cuenta para su implantación inmediata, etapa que denominaremos Fase I. La Fase II, consta de la implantación de un programa de Mantenimiento Productivo Total, ya que el objetivo final no es, simplemente lograr un aumento de la producción sino aumentarla en el mayor grado posible y mantenerla.

#### 6.6. PLAN DE MEJORAS. (Fase II)

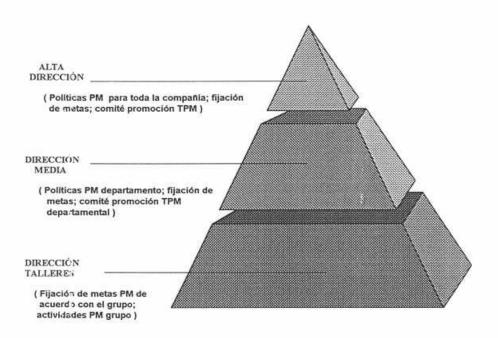
Acciones a seguir para la implantación de uun programa de mantenimiento productivo total en la línea de fabricación de envases termoformados.

Primer paso: La empresa debe incorporar el mantenimiento productivo total (TPM) en su política básica y establecer metas concretas, tales como, aumentar el índice operativo de las termoformadoras en más de un 80% o reducir las averías en un 50%. El éxito del programa depende de la implicación de la alta dirección.

Segundo paso: Cada miembro del personal debe entender e identificarse con las metas planteadas.

Tercer paso: Crear pequeños grupos TPM, los cuales funcionarán en cada nivel de la organización con la particularidad de que los jefes de los grupos serán miembros de otros grupos para asegurar la unión entre los diferentes grupos e intensificar la comunicación vertical y horizontal. Por ejemplo, los grupos TPM en el nivel de reparaciones se organizan en torno a los mecánicos de cada departamento productivo de la empresa.

Los líderes de estos grupos forman su propio grupo, bajo la dirección del jefe del departamento que a su vez trabaja en otro grupo bajo las órdenes del gerente de mantenimiento. Estos gerentes participan también en grupos que están bajo el mando del gerente de la planta, que forma parte del llamado grupo de promoción TPM. De esta forma, la estructura TPM se organiza a lo largo de las líneas de la jerarquía de la compañía (ver figura 6.23.).



igura 6.23. Estructura promocional de TPM.

Cuarto paso: Los pequeños grupos deben fijar sus metas en base a las metas de la empresa.

Quinto paso: Desarrollar un plan maestro, con base en las metas esenciales, que sirva como programa para el TPM y que pueda desglosarse.

Sexto paso: Promoción de los pequeños grupos. Los directores deben motivar a los traba adores, considerando los siguientes factores:

- Comprensión por parte del trabajador de la importancia de su trabajo.

- Establecimiento y logro de metas por parte de la dirección.
- Activar las sugerencias de los grupos.
- Recompensar los esfuerzos de los trabajadores.

El plan maestro TPM a realizarse en el Quinto paso consta básicamente de cuatro actividades que deben desarrollarse de la siguiente manera:

#### MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

1. Fijar estándares en cuanto a inspección, servicio y reparaciones.

Estándares de inspección. Por intervalo (rutina y periódico), por elemento (rendimiento y precisión) y por tipo de equipo (mecánico, eléctrico, tuberías, etc.).

Estos estándares deben constar de:

- Áreas y elementos a inspeccionar.
- Intervalos de inspección.
- Métodos.
- Instrumentos de medición.
- Criterios de evaluación.
- Acciones correctivas.

Estándares de servicio. Limpieza, lubricación, ajuste, sustitución de piezas.

Deben constar de:

- Áreas y piezas.
- Métodos.
- Tipos y cantidades de material a utilizar.
- Duración de las actividades.
- Intervalos.

Estándares de reparaciones.

Debe constar de:

- Métodos de reparación.
- Tiempos de trabajo.

Establecimiento de los procedimientos de trabajo.

- Revisión de los estándares y procedimientos de trabajo a medida que el equipo se mejora o moderniza.
- Realizar evaluaciones a los equipos para determinar las prioridades en los planes de mantenimiento.

Preparar los planes de mantenimiento anual

Este diseño requiere:

- a. Determinar que trabajo es necesario, el cual puede incluir:
- regulaciones legales: trabajo requerido por seguridad, control, etc.

- estándares de mantenimiento de equipos: trabajo determinado por los resultados de la medición del deterioro o la culminación de la vida útil.
  - registro de averías: trabajo de mantenimiento para prevenir averías.
- plan anual del año anterior: Trabajos pendientes debido a cambios de programa.
- b. Selección del trabajo a realizar, para clasificarlo y establecer prioridades.
- c. Estimar tentativamente los intervalos de mantenimiento o tiempo entre revisiones generales.
- d. Estimar el número de días de inactividad y el tiempo requerido para el trabajo de mantenimiento.
- e. Chequear el abastecimiento de materiales y piezas de repuesto dificiles de conseguir, así como también garantizar los trabajos que debe realizar el departamento de matriceria.

Preparar los planes de mantenimiento mensual

- a. Priorizar el trabajo, clasificándolo en el siguiente orden:
- Trabajo mensual indicado por el plan de mantenimiento anual.
- Trabajo señalado por las peticiones diarias de inspección y mejoras por parte del departamento de producción.
- Trabajo señalado por un análisis de los registros de averías e inspecciones.

- d. Identificar los que puedan exigir para el equipo. Decidir como tratar estos casos discutiéndolos con el supervisor.
  - 4. Lubricación.
  - a. Mantener todo el equipo etiquetado con instrucciones de lubricación.
- b. Chequear polvo, suciedad y aceite sucio en lubricadores, mecanismos de lubricación, grasa consistente, etc.
  - c. Chequear niveles de lubricante y goteo de alimentación.
  - d. Cubrir todos los puntos de lubricación.
  - e. Asegurar que los tubos de engrase estén limpios y libres de fugas.
- f. Verificar que haya siempre una película de aceite entre las piezas giratorias, piezas deslizantes, etc. Observar si el equipo tiene exceso de lubricación.
- g. Verificar que estén trabajando correctamente todos los depósitos de aceite y grasa.
  - 5. Limpieza alrededor del equipo.
- a. Asegurar que las herramientas están en los lugares asignados y ninguna está dañada u omitida.
- b. Chequear etiquetas, placas de identificación, etc. en cuanto a limpieza y legibilidad.

- c. Chequear ventanillas, tapas transparentes en cuanto a suciedad, polvo y visibilidad.
  - d. Asegurar que todos los tubos estén limpios y libres de fugas.
- e. Chequear alrededores en cuanto a polvo, suciedad y desechos caídos del equipo.
  - f. Chequear piezas desprendidas, piezas de trabajo, etc.
  - g. Chequear piezas de trabajo defectuosas dejadas alrededor.
  - Fase 2. Acción contra fuentes de polvo y contaminación.
- Mostrar claramente (si es posible mediante gráficos) las causas de suciedad, polvo, fugas de aceite, etc.
  - 2. Tomar acciones para evitar la generación de suciedad y polvo.
  - Tomar acciones para prevenir las fugas de aceites y otros.
  - 4. Hacer planes para tratar viejos problemas.
  - 5. Tomar en cuenta todas las causas.
  - Fase 3. Estándares de limpieza.

Deben:

a. Estar separados para cada equipo o área.

- b. Estar claramente asignados los deberes de limpieza.
- c. Estar clasificados los tipos y áreas de limpieza.
- d. Estar especificadas las herramientas y métodos de limpieza.
- e. Estar especificados los intervalos y tiempos de limpieza.
- f. Ser claros y entenderse por todos.

#### Chequear:

- Que pueda completarse la limpieza dentro de los tiempos especificados.
  - 2. Que estén incluidos todos los ítems de limpieza importantes.
- Que no se conceda demasiado tiempo a la limpieza de las áreas menos importantes.
- Que estén claramente descritos los puntos de inspección que pueden cubrirse durante la limpieza.
  - Fase 4. Inspección general.

Dividir la máquina en 5 sistemas.

Se deben inspeccionar:

1. Sistema neumático 1 (tubería, filtro regulador, lubricador)

Inspeccionar: Lubricación, tapones de drenaje, temperatura, cantidad, presión del fluido hidráulico.

Intervalo de inspección: diario

2. Sistema neumático 2.

Inspeccionar: Cilindros y válvulas hidráulicas y neumáticas.

Intervalo de inspección: cada 10 días.

Sistema eléctrico.

Inspeccionar: Conmutadores de límite y conmutadores de proximidad.

Intervalo de inspección: cada 10 días.

 Sistema de dirección. (Motores, transmisiones, engranajes, reductores, articulaciones, cadenas, poleas, bandas en V).

Inspeccionar: Engranajes de dirección y piezas móviles.

Intervalo de inspección: mensual.

Sistema hidráulico.

Inspeccionar: Válvulas hidráulicas

Intervalo de inspección: cada 3 meses.

Fase 5. Inspección autónoma. Desarrollo de operadores que conocen su equipo.

Se trata de adiestrar a los operadores que sean capaces de realizar las fases anteriores.

Fase 6 Seiri y Seiton. Desarrollo de un programa de organización y orden del lugar de trabajo.

- Promover operaciones organizadas y ordenadas así como el control visual del trabajo en proceso, productos, defectos, despilfarro y consumibles.
- Mantener los útiles y herramientas organizados para una rápida recuperación mediante el control visual; establecer estándares de reparaciones y precisiones.
- Inventariar instrumentos de medida y mecanismos a prueba de errores y asegurar que funcionan apropiadamente.
  - 4. Organizar estándares para responsabilidades de operarios.
- Los operarios deben chequear la precisión del equipo y estandarizar los procedimientos.

Tabla 6.2. Lista de chequeo para el sistema neumático.

1.	Sistema neumático.	b. c.	¿Se están usando correctamente los filtros del compresor y la bomba de vacío?. ¿Están sobrecalentadas las válvulas?. Chequee cables flojos y dañados. ¿Hay holguras en los cilindros neumáticos, materias extrañas en los vástagos de los cilindros, o daños en los vástagos?. ¿Están correctamente instalados los controladores de velocidad (en la dirección de flujo)?. ¿Tiene fugas el compresor?.
2.	Tubería y equipo.	a. b.	¿Hay pernos sueltos, vibración o tubos doblados?. ¿Hay alguna fuga de vapor, aire o agua o drenaje de vapor?. ¿Se ha dejado en el sitio algún tubo no usado?. ¿Algún tubo flexible suelto oprime una junta?.
3.	Válvulas y aislamiento.	a. b. c. d.	¿Hay válvulas dañadas, volantes manuales que faltan, grifos o pernos sueltos?. ¿Cortan completamente el flujo de las válvulas cuando se cierran?. ¿Giran fácilmente los volantes de mano?, ¿Son dificiles de abrir o cerrar?. ¿Están todos los indicadores del vapor y presión del aire limpios y sin daños?, ¿Tiene marcas de máximo y mínimo?. ¿Hay algún tubo o elemento de aislamiento del equipo desprendido o torcido?.
4.	Inspecciones y estándares de inspección.	b.	¿Se han hecho esfuerzos para facilitar la inspección?. ¿Son las frecuencias, intervalos y localizaciones de la inspección apropiados para el mantenimiento autónomo?. ¿Toman en cuenta los estándares de inspección, la seguridad, averías y calidad del producto?.

Tabla 6.3. List	Tabla 6.3. Lista de chequeo para el sistema eléctrico.						
1. Cables.	<ul> <li>a. ¿Están fijados con seguridad todos los hilos, tubos de protección y conectores flexibles?.</li> <li>b. ¿Están fijados con seguridad los cables de puesta a tierra?.</li> <li>c. ¿Está algún cable flojo sobre la zona de paso o dañado?.</li> </ul>						
2. Paneles de control.	<ul> <li>a. ¿Hay alguna desviación en voltímetros amperímetros, tacómetro, termómetros u otros instrumentos?</li> <li>b. ¿Hay bulbos fundidos en lámparas piloto o lámparas de panel?</li> <li>c. ¿Están firmemente fijos los botones de interruptores y otros tipos de conmutadores?</li> <li>d. ¿Hay agujeros innecesarios?, ¿Abre y cierra apropiadamente la puerta del panel?</li> <li>e. ¿Están en orden los cables en el interior de la</li> </ul>						
	cajas del panel?.  f. ¿Están los interiores de las cajas del panel libres de suciedad, polvo, etc.?.  g. ¿Contienen las cajas del panel algo más que diagramas?.						
3. Equipo eléctrico.	<ul> <li>a. ¿Está dañado algún equipo?, ¿Está sobrecalentada algún motor?.</li> <li>b. ¿Hay pernos sueltos?.</li> <li>c. ¿Hay ruidos u olores inusuales?, ¿Están bie lubricados los rodamientos?.</li> <li>d. ¿Están las resistencias fijadas con seguridad?.</li> <li>e. ¿Están fijados con seguridad los cables de toma da tierra?.</li> <li>f. ¿Están los sensores de límite, sensores de proximidad y tubos fotoeléctricos limpios y libre de holguras en la carcaza y pernos de anclaje?.</li> <li>g. ¿Están los cables del equipo en contacto co vapor, aceite o agua?.</li> <li>h. ¿Está todo el equipo eléctrico libre de agua aceite, suciedad y otras materias extrañas?.</li> </ul>						
4. Estándares de inspección.	a. ¿Son apropiados para el mantenimiento autónom las frecuencias, intervalos y asignaciones d trabajo de inspección?.						

		5. Lista de chequeo para el sistema hidráulico.
1.	Unidades hidráulicas.	<ul> <li>a. ¿Contienen las reservas las cantidades especificadas de fluido hidráulico?, ¿Se exponen los niveles de máximo y mínimo?.</li> <li>b. ¿Cómo está de caliente el fluido en las reservas?, ¿Puede tocarse?.</li> <li>c. ¿Fluye apropiadamente la reserva de agua fría?.</li> <li>d. ¿Están taponados los filtros?.</li> <li>e. ¿Son precisos los indicadores de presión de punto cero?, ¿Están libres de desviación las agujas?, ¿Se exponen marcas de máximo y mínimo?.</li> <li>f. ¿Hay ruidos u olores inusuales?.</li> <li>g. ¿Hay holguras en mecanismos o tubería?, ¿Hay alguna fuga de fluido?.</li> <li>h. ¿Hay unidades contaminadas por agua, aceite, suciedad u otras materias extrañas?.</li> <li>i. ¿Son fáciles de leer las placas de identificación de cada mecanismo?.</li> </ul>
2.	Tubería y manguera flexible de alta presión	<ul> <li>a. ¿Hay tubería flexible o juntas con fugas?.</li> <li>b. ¿Hay holgura o juego en los anclajes?.</li> <li>c. ¿Están los fosos de la tubería limpios de fluido derramado?.</li> <li>d. ¿Hay tubos flexibles de alta presión sucios o dañados?.</li> </ul>
3.	Equipo hidráulico.	<ul> <li>a. ¿Está el equipo libre de daños (cubiertas, tapas, etc.)?.</li> <li>b. ¿Está el equipo instalado con seguridad, sin holguras o aflojamientos?.</li> <li>c. ¿Están las agujas del indicador de presión correctamente en cero y libres de desviación?.</li> <li>d. ¿Está el equipo actuando correctamente (velocidad, aspiración, vibración)?.</li> <li>e. ¿Se calibran regularmente los indicadores de presión y se registran en el almacén de instrumentos?.</li> </ul>
4.	Troqueladoras.	<ul> <li>a. ¿Son las mismas que las usuales las velocidades de la carrera del molde?.</li> <li>b. ¿Están las válvulas de seguridad fijadas con la presión correcta?.</li> <li>c. ¿Están apretados con seguridad las tuercas de bloqueo y tornillos de resorte de ajuste de las válvulas de seguridad?.</li> </ul>
5.	Estándares de inspección.	

#### ADIESTRAMIENTO EN MANTENIMIENTO.

El primer paso en el adiestramiento del personal debe ser "asegurar la operación correcta". Para esto deben disponerse de:

- Estándares operativos.
- Procedimientos de trabajo u otros manuales similares.

El segundo paso es la búsqueda de la destreza.

- a. Clasificar conocimiento básico.
- b. Adiestramiento constante y verificación de habilidades.
- Usar conocimiento básico, practicar repetidamente hasta adquirir maestría.
  - Chequear habilidades durante adiestramiento y superar debilidades.
  - c. Graduar capacidades.
  - Evaluar y graduar resultados de adiestramiento en trabajo actual.

El tercer paso es impartir cursos relacionados con maquinarias y mantenimiento. Por tanto se recomienda:

- Curso básico de maquinarias.
- Curso de mantenimiento.

A continuación se describe el contenido que debe tener cada uno de estos cursos.

Unidad	Objetivo	Descripción
Pernos y tuercas.	Conferencia y practica en taller	<ul> <li>Observaciones de apertura</li> <li>Orientación</li> <li>Como leer dibujos</li> <li>Máquinas y materiales</li> <li>Pernos y tuercas</li> <li>Materiales y momentos de torsión</li> <li>Revisión de unidad y test de compresión.</li> </ul>
Chavetas y rodamientos	Conferencia y practica en taller	<ul> <li>Revisiones de la unidad 1 y cuestiones a contestar.</li> <li>Orientación</li> <li>Ajustes y tolerancias</li> <li>Tipos de chavetas</li> <li>Rodamientos</li> <li>Lubricación</li> <li>Revisión de unidad y test de comprensión.</li> </ul>
3.Transmisiones, energía (engranajes, correas y cadenas)	Conferencia y practica en taller	<ul> <li>Revisiones de la unidad 2 y cuestiones a contestar.</li> <li>Orientación</li> <li>Engranajes</li> <li>Correas en V.</li> <li>Cadenas</li> <li>Alineación y centrado</li> <li>Revisión de unidad y test de comprensión.</li> </ul>

<ol> <li>Sistemas hidráulicos, neumáticos y sellado</li> </ol>	Conferencia y practica en taller	<ul> <li>Revisiones de la unidad 3 y cuestiones a contestar.</li> <li>Orientación</li> <li>Sistemas hidráulicos</li> <li>Sistemas neumáticos</li> </ul>
		<ul> <li>Sellado</li> <li>Modelos de sección</li> <li>Revisión de unidad y test de comprensión.</li> <li>Observaciones finales.</li> </ul>

TABLA 6.6. Curso básico de maquinaria.

	Unidad		Metas		Primer día		Segundo día
1.	Desmontaje. Desmontaje,	•	Aprender la estructura y	1.5.00	Orientación.		Crear esquema.
	limpieza inspección.	е	funciones de la maquinaria.	2.	Crear un programa de trabajo.	2.	Crear tabla dimensiones piezas.
			Aprender a medir el deterioro para	3.	Crear una lista de inspección.	3.	Especificaciones y estándares.
			un mantenimiento preventivo más eficaz.	4.	Inspección (dinámica y estática).	4.	Medir e inspeccionar piezas.
					Desmontaje. Limpieza.	5.	Ordenar nuevas piezas.
					Resumen.	6.	Resumen.
2.	Modificación.		- ipromote a	1.	Modificación	1.	Montaje.
	Modificar montar.	У	reensamblar máquinas.	2.	piezas.  Investigación		Mejoras para alargar la vida.
		•	Aprender puntos		de causas de deterioro.		Lubricación.
			importantes para reensamblar.	3.	Procedimientos ante fallos.	4.	Resumen.
				4.	Ensambles menores.		
				5.	Resumen.		

Unidad	Metas	Primer día	Segundo día	
Test. Operación de ensayo y resumen.	Adquirir     experiencia     directa en     reparaciones y     ajustes     manuales.      Confirmar     resultados a     través de     inspecciones     dinámicas.      Aprender     procedimientos     mantenimiento     diario y     planificación     mantenimiento.	<ol> <li>Inspección con equipo parado.</li> <li>Reparaciones manuales.</li> <li>Reparaciones de muestras apropiadas.</li> <li>Tabla de programación de mantenimiento.</li> <li>Operación ensayo.</li> <li>Resumen.</li> </ol>	de partes separadas.  2. Manual de procedimientos	

TABLA 6.7. Curso de mantenimiento

Algunos otros cursos ayudan a promover un mantenimiento completo:

- Adiestramiento de instructores.
- Curso de cableado eléctrico e instrumentación.
- Monitorización de máquinas, etc.

## PREVENCIÓN EN MANTENIMIENTO.

La prevención en mantenimiento es aplicable en las fases de diseño, fabricación, instalación, operaciones de test y "commissioning", lo que hace que la técnica sea aplicable cuando la fábrica pueda tomar acciones en dichas fases, es decir, que tenga por ejemplo un departamento de diseño que tome decisiones sobre el fabricante acerca de las características de la máquina requerida.

Sin embargo, aunque no es lo ideal, el TPM permite modificar y mejorar el diseño de una maquinaria después que ha sido fabricada. Este es el caso más común y desde ese punto de vista se van a dar recomendaciones que ayuden en la mejora del diseño.

 Formar un equipo. Los departamentos de producción y mantenimiento deben reunirse para formar un equipo de proyecto centrado en el departamento de ingeniería.

El personal que opera y mantiene la maquinaria debe participar activamente en el proyecto.

- Recoger y utilizar datos MP. Este es el paso más importante; consiste en recoger, analizar y codificar datos relacionados con:
  - Accidentes de equipos.
  - Averías
  - Iniciación del control "commissioning".

- Actividades de control de rutina.
- Investigación sobre la vida de las piezas.
- Investigación sobre la capacidad del proceso.
- Defectos y mejoras de diseño.

Los datos se deben arreglar y archivar cronológicamente en forma de ficheros de historia de equipo, ficheros de historia línea, estándares de seguridad y estándares de máquina de taller.

- Analizar los datos. A través del análisis de datos podrán tomarse acciones sobre el diseño de la maquinaria que nos acerquen a la meta de "un equipo sin mantenimiento", pero esto solo dependerá de la capacidad técnica y sentido de ingeniería de diseño que tengan las personas involucradas en el proyecto.

#### MECANISMOS DE SEGUIMIENTO.

Los mecanismos de seguimiento o acciones de garantía tienen dos objetivos principales:

- Evitar retrocesos.
- Asegurar que la ganancia sea permanente.

Por tanto es fundamental:

#### RECOMENDACIONES.

- Establecer las condiciones mínimas de operatividad siguiendo los puntos del análisis operacional.
- Realizar una evaluación general de la empresa, utilizando como guía la norma COVENIN 1980-89 titulada "Capacidad para mejorar la productividad" con la finalidad de medir las condiciones y aptitudes para cumplir con los objetivos propuestos y operar de manera eficiente.
- Una vez establecidas las bases que aseguren un control en los procesos productivos, realizar los estudios pertinentes para implantar un nuevo enfoque de manufactura ya sea Kanban (reducción de inventarios), SMED (reducción de los tiempos de cambio), Poka-yoke (mecanismo a prueba de error) o el mantenimiento productivo total, para obtener mayores beneficios en las operaciones.
- Para consolidar los niveles de las mejoras en la productividad, logrados con la aplicación de los métodos antes señalados, se recomienda implementar las herramientas descritas en el capítulo 5, de este trabajo, relacionadas con el aseguramiento de la calidad.
- Orientar todos los esfuerzos en la primera fase a reducir las paradas de máquinas no programadas. Para ello ayudará:
  - 1. Analizar posible "Over Hall".

- 2. Programas globales de mantenimiento.
- 3. Sistema de registro de fallas.

Diariamente para cada máquina se puede registrar la producción en un registro de control. Las causas especiales se analizarán por el personal de operarios y mantenimiento semanalmente, para proponer acciones que se convertirán en proyectos de mejora.

El esfuerzo en las mejoras o la innovación de las líneas deben tomar en cuenta la demanda potencial. Si no la hay ingresar a Mercadeo.

Entrenamiento paralelo en el sitio, que permita a los operarios y mecánicos ser más eficientes.

De los planes propuestos, asignar proyectos tomando en cuenta las posibilidades (recursos) de abordarlos. No desesperarse por implantar todo a la vez. Mantener un enfoque general.

# BIBLIOGRAFÍA

1. BUFFA, Elwood.

TAUBERT, William.

Sistemas de producción e inventario. Planeación y control. Primera edición. Editorial Limusa. México 1990.

2. CARLETTI BISCARDI, Roberto.

OROPEZA LEHMANN, Iván.

Mantenimiento industrial. U.N.A., 1983.

3. HARRINGTON, H. James.

El coste de la mala calidad. Ediciones Díaz de Santos. España 1990.

4. KUME, Hitoshi.

Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad. Primera reimpresión. Grupo Editorial Norma. Colombia 1992.

5. MAYNARD, H.B.

Manual de ingeniería y organización industrial. Tercera edición. Editorial Reverté. España 1985.

6. NIEBEL, Benjamin.

Ingeniería industrial. Métodos, Tiempos y Movimientos. 3ª Edición. Alfaomega. México 1990.

# TRABAJOS ESPECIALES DE GRADO CONSULTADOS:

 Belisario L., Maria Gabriela. Gangone P., Rosa Angela. Desarrollo de una metodología que permita incrementar el ratio de operación de un proceso de manufactura. U.C.A.B. 1993.

2. Cardozo, Gabriela.

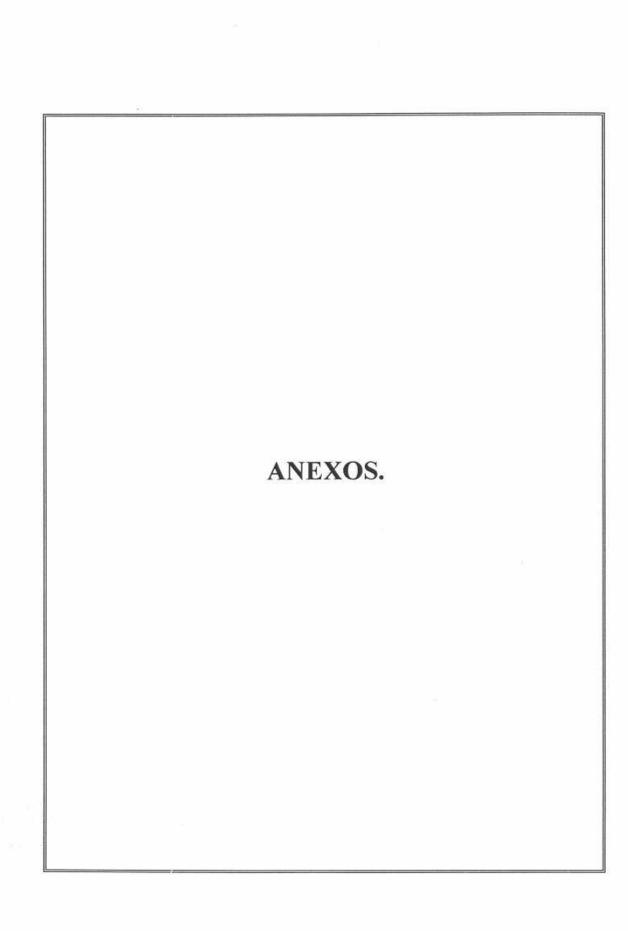
Mejoramiento al sistema productivo en el área de termoformado de una empresa manufacturera de aparatos electrodomésticos. U.C.A.B. 1992.

3. Frittitta, Patricia.

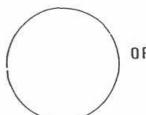
Diseño, planificación e implementación del plan de mantenimiento para la planta de Envases Caracas C.A. U.S.B. 1993.

León R., Rosa María.
 Quintero G., Carlos G.

Aplicación del sistema "Kanban"al proceso de manufactura de hojillas. U.C.A.B. 23 de Mayo de 1994.



the transfer was PROCESO: RESUMEN ACTUAL PROPUESTO ..... te. Trawed no. Kune as. TEMPS OPERACIONES PROCESO COMIENZA EN: PRECESE FERMINA EN: TRANSPORTES INSPECCIONES PEGCESE ARALIZADE POR: FECHA: DEMORAS PALMACENAMIENTOS ACTUAL PROPUESTO DISTABLIA ACCION DISTANCIA TIEMPE COMBINA SICULACIA A SICULA A SICULACIA A SICULACIA A SICULACIA A SICULACIA A SICULACIA A S ETAPAS DEL PROCESO OGODV OCODV 21  $\bigcirc \Diamond \Box D \nabla$  $\bigcirc \bigcirc \Box \Box \Box \Box \Box$ TRIALES



OPERACION



Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento. Por lo común, la pieza, materia o producto del caso se modifica durante la operación.



A.

Indica el movimiento de los trabajadores, materiales y equipo de un lugar a otro.



INSPECCION



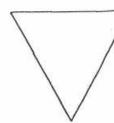
Indica que se verifica la calidad, la cantidad o ambas.





RETRASO O DEMORA

Indica demora en el desarrollo de los hechos: por ejemplo, trabajo en suspenso entre dos operaciones sucesivas, o abandono momentáneo, no registrado, de cualquier objeto hasta que se necesite.



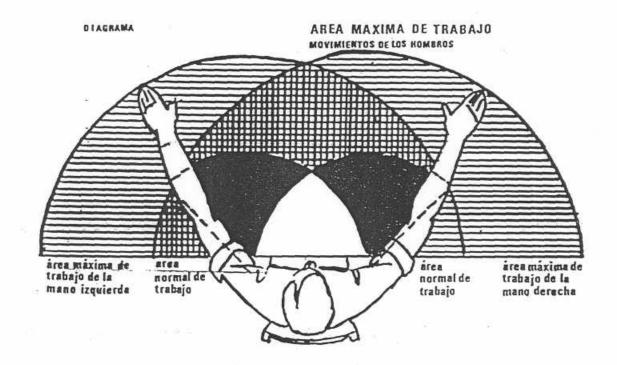




Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén donde se lo recibe o entrega mediante alguna forma de autorización o donde se guarda con fines de referencia.

## AREA NORMAL Y AREA MAXIMA DE TRABAJO





dentificacion de a operacion												Fech	a		
Hora inicial >	Opera	Operador			1	Aprobado					Observador				
Hora final						***									
Descripcion del elemento		Ciclos Resumen										nen			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ΣΤΟ	TO	FV	11
1	то														
	TC														
2	то														
	тс														
3	то														
	TC										.7.				
4	то														$\perp$
	TC														_
5	то														$\perp$
	TC														-
6	ТО				13.							_			1
	TC						_		_					_	-
7	то											_			1
•	TC														_
8	ТО														$\perp$
	TC														1
9	то														1
	TC														1
10	то	2.1	a						1		- 35			-	
	TC														1
11	TO												_	_	1
	TC										_	_	ļ.,	_	1
12	TO														+
	ТС									1 1				_	1
13	то														1
	TC														

### NUMERO DE OBSERVACIONES

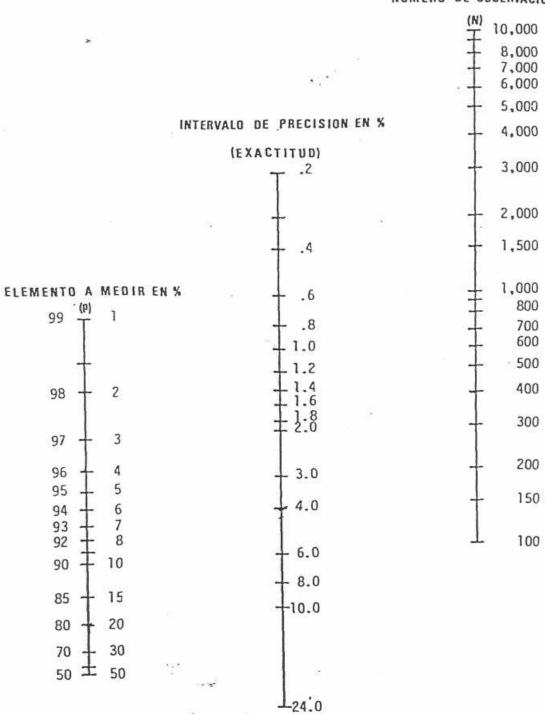
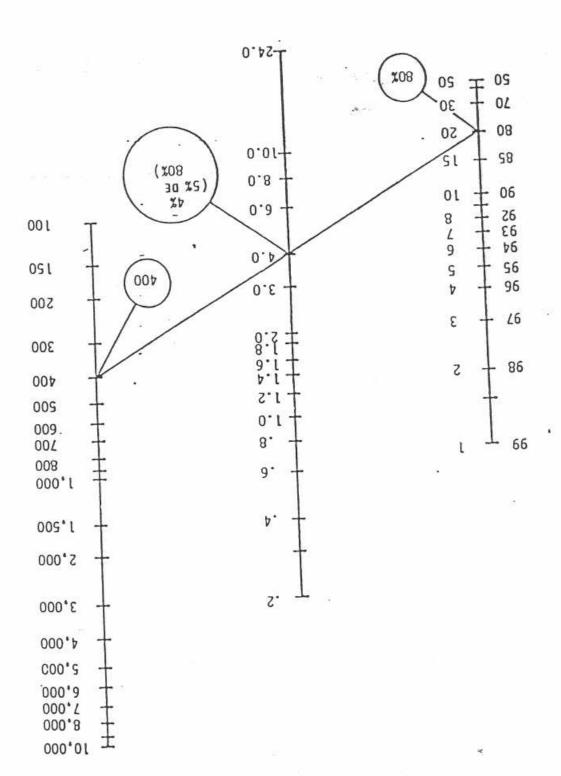


GRAFICO PARA LA DETERMINACION DEL NUMERO DE OBSERVACIONES

NECESARIAS PARA VALORES DADOS DE (P) Y DEL GRADO DE PRECISION,

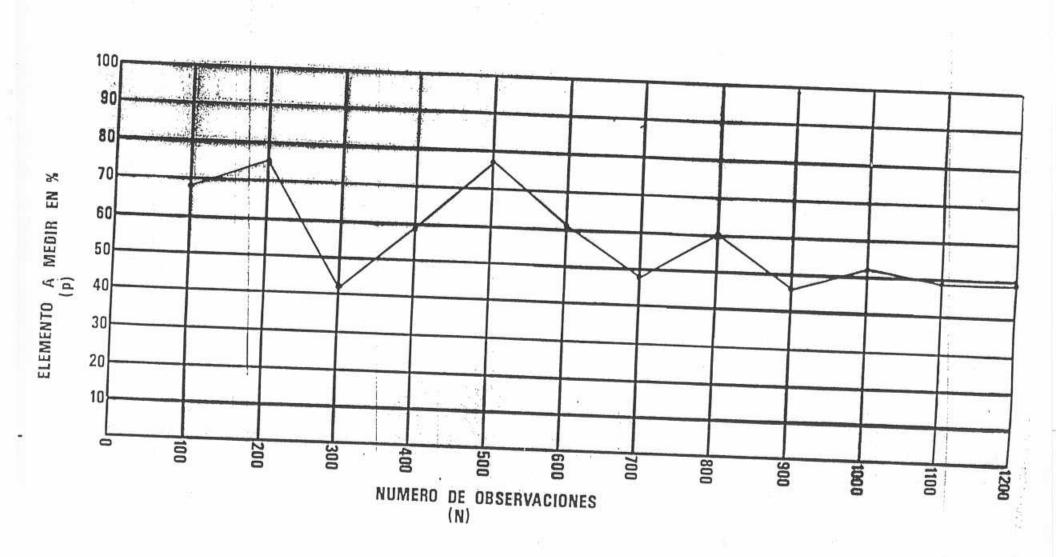
CON NIVEL DE CONFIANZA DEL 95%



MUESTREO DE TRABAJO\_\_\_\_ OBSERVADOR\_\_\_\_\_\_FECHA\_\_\_ LINEA PARADA DEBIDO A: TOTAL LINEA LINEA OBSERV. FUNC. PARADA DESCRIPCION DE LA CANT. CANT. % CANT. % LINEA

SESSIESSES

# GRAFICO DE CONTROL DE MUESTREO DE TRABAJO



MÁGUINA #3

OCOURT SASON F COCAV STEINING (A IT B)

CAJAS

ALIPAGE NET		Language of the star	F RESERVED AND AND AND AND AND AND AND AND AND AN			
100 (1	2.1		A control of the cont			
18-4	34	26	50			
19-4	19	. 44	50			
20-4	37	34	i			
10-5		2 (7)	5 (1)			
- 11-5	8 (7)		Account to the second second			
12-5	15(7)					
13-5	6 (T)					
17-5	4 (7)	22(7)				
18-5	8 (7)	32 (1)				
19-5	- 4	8	34			
20-5	18	35	36 (+)			
23-5	12(T)	25 ft)	28 (t)			
24-5	12(+)	ਰ(ਜ)	20 (T)			
25-5	29 (T)	30 (7)	14 (T)			
26-5	27 (T)	21(7)	22 (+)			
27-5	22 (T)	31 (7)	35 (T)			
28-5	30 (1)					
30-5		14 (A)				
1-6	9 (A)	I (A)				
2-6	· 19 (A)	42 (A)	31 (A)			
3-6	8	28	45			
4-6	39					
5-6	24					
6-6	38 29	3073	9730			
7-6	44	36				
			\$ 4			

REPORTE DE PARADAS NO PROGRAMADAS. SEPTIEMBNE JUE VIE MA MIE w 15-9 12 - 7 14-8 FECHA 13 16.7 2 4 4 5 1 2 5 4 6 2 1 4 1 2 3 4 6 I MÁQUINA 6 2 8 4 6 t 2 1 8 4 8 1 Materia Prima 425 2 Compresor 8 3 Chiller 8 8 8 8 148 3 4 Mecánico 8 8 8 8 5 Eléctrico 2 6 Personal 7 Suministro 1 Servicio Público Averia de Moldes 35 05 10 Montaje de Moldes 11 Pruebas 12 Arrancadas 18 Pedidos 14 Bomba/Vado 15 Molino Total borns perods Terms I # HÁQUINA 1 Materia Prima B 10/5 474 2 Compresor 8 Chiller 8 8 8 8 4 Mecánico 8 8 8 814 8 5 Eléctrico 6 Personal 7 Suministro 8 Servicio Público 9 Avería de Moldes 0,5 10 Montaje de Moldes 11 Pruebas 12 Arrancadas 13 Pedidos 14 Bomba/Vacio 15 Molino Total horse peruda Terso II 2 2 1 3 4 I MÁQUINA 4 5 8 8 0,5 Materia Prima 1/4 8 1/4 0,5 2 Compresor 8 3 Chiller 8 8 4 Mecánico 8 8 13 8 8 5 Eléctrico 1 Personal 7 Suministro 8 Servicio Público 9 Averla de Moldes 10 Montaje de Moldes 8 11 Pruebas 12 Arrancadas 18 Pedidos 14 Bomba/Vacio 15 Molino Total borne perada Turno III OBSERVACIONES: