

11126
86



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

**"CALIDAD EN LAS ORGANIZACIONES
(EMPRESAS E INSTITUCIONES)
APLICACIÓN DE LA GESTIÓN DE LA CALIDAD EN EL
MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO
DE UNA MAQUINA INYECTORA DE PVC"**

**TRABAJO DE SEMINARIO
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

PRESENTA:

FRANCISCO TORRES BULLÓN

ASESOR: ING. JOSÉ LUZ HERNÁNDEZ CASTILLO

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO

2003

A

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



ASOCIACIÓN NACIONAL
DE UNIVERSIDADES
MEXICANAS

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Calidad en las Organizaciones (Empresas e Instituciones) "Aplicación de la Gestión
de la Calidad en el Mantenimiento Preventivo y Correctivo de una Máquina Inyectora
de PVC"

que presenta el pasante: Francisco Torres Bullón

con número de cuenta: 9156577-4 para obtener el título de :

Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcallí, Méx. a 15 de Enero de 2003

MODULO

PROFESOR

FIRMA

1

Ing. José Juan Contreras Espinosa

3

Ing. Juan de la Cruz Hernández Zamudio

4

Ing. José Luz Hernández Castillo

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

B

DEDICATORIAS

LE DEDICO ESTE TRABAJO A UNA NIÑA MUY ESPECIAL, YA QUE GRACIAS A TU AYUDA LOGRE ALCANZAR ESTA META, GRACIAS ERIKA.

LES DOY LAS GRACIAS A MIS PADRES: FRANCISCO Y SUSANA POR TODA LA AYUDA Y CONFIANZA QUE ME BRINDARON.

LES DEDICO ESTE TRABAJO TAMBIÉN A MIS HERMANOS: MANUELA Y PABLO; Y ESPERO QUE SEA UN ESTIMULO PARA USTEDES COMO USTEDES LO HAN SIDO PARA MÍ.

PARA CARLITOS, QUE ME HA ENSEÑADO MAS DE LO QUE YO HE PODIDO ENSEÑARLE.

DEDICO ESTE TRABAJO PARA TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE ME DIERON ÁNIMOS PARA PODER TERMINAR Y TAMBIÉN QUIERO DARLES LAS GRACIAS

LES DOY LAS GRACIAS TAMBIÉN A AQUELLAS OTRAS PERSONAS QUE SIN SABERLO ME DIERON EL CORAJE DE TERMINAR ESTA META EN MI VIDA

POR ULTIMO LE QUIERO DAR LAS GRACIAS A DIOS POR PERMITIRME TERMINAR ESTA ETAPA DE MI VIDA Y PODER COMENZAR UNA NUEVA.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Trabajo de Seminario "Calidad en las Organizaciones"

Título:

Aplicación de la Gestión de la Calidad en el mantenimiento preventivo y correctivo de una máquina inyectora de PVC.

Objetivos :

- Aplicar un sistema de calidad en la programación del mantenimiento de una máquina inyectora de PVC.
- Hacer uso de los métodos estadísticos para la programación del mantenimiento preventivo.
- Aplicación de la gestión de la calidad en un caso practico.

Contenido

Introducción.	3
Capitulo 1. Principios de Calidad y Normas ISO 9000.	4
1.1 Los gurus de la Calidad.	4
1.1.1 La filosofía de Deming.	4
1.1.2 La filosofía de Juran.	6
1.1.3 La filosofía de Crosby.	8
1.1.4 Los ejecutores.	9
1.1.4.1. A. V. Feigenbaum.	9
1.1.4.2. Kaoru Ishikawa.	10
1.2 Normas ISO 9000.	11
Capitulo 2. Las siete herramientas de la Calidad.	13
2.1. Diagramas de Flujo.	13
2.2. Hojas de comprobación o verificación.	14
2.3. Histogramas.	16
2.4. Diagramas de Pareto.	17
2.5. Diagramas de causa y efecto.	18
2.6. Diagramas de Dispersión.	19
2.7. Graficas de Control.	20

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo 3. Introducción a las Máquinas Inyectoras y al PVC.	22
3.1. Introducción al PVC.	22
3.2. Máquinas inyectoras de PVC.	24
3.3. Introducción al Mantenimiento Preventivo y correctivo.	39
3.3.1. Mantenimiento Preventivo.	39
3.3.2. Programa de Mantenimiento Preventivo.	40
3.3.3. Ventajas del Programa de MP.	41
Capítulo 4. Gestión de la Calidad en el Mantenimiento Preventivo y Correctivo en una máquina inyectora.	43
4.1. Aplicación de las herramientas de la calidad en el Mantenimiento Preventivo.	43
Conclusiones.	61
Bibliografía.	62

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Introducción.

En la mayoría de las empresas el mantenimiento de las máquinas es de gran importancia debido a que se evita la depreciación de los equipos y al mismo tiempo se trata de mantener un nivel óptimo de funcionamiento de los equipos para poder alcanzar metas de producción específicas y además cumplir con los requerimientos de la calidad que en muchas empresas ya se están implementando con las normas ISO 9000.

Con el mantenimiento correctivo se corrigen fallas que surgen durante el proceso de producción y este tiene repercusiones monetarias de gran importancia para todas las empresas; en el mantenimiento preventivo se trata de evitar fallas que podrían causar grandes pérdidas de tiempo productivo debido a fallas en los equipos debido a desgastes naturales del uso de las máquinas.

Sé tratará de dar un enfoque basado en las herramientas de la calidad para hacer un programa de mantenimiento preventivo basado en una máquina de inyección de PVC dándole la importancia que se requiere para evitar los paros de maquina por desperfecto que afecten la producción.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Capítulo I. Principios de Calidad y Normas ISO 9000

1.1. Los gurús de la Calidad.

Aunque muchas personas han hecho contribuciones al tema de la calidad, son tres los personajes más importantes en este tema; por su gran importancia dentro de la calidad son conocidos como gurús. W. Edwards Deming, Joseph M. Juran y Philip B. Crosby han tenido un profundo impacto en incontables gerentes y empresas de todo el mundo.

1.1.1. La filosofía de Deming.

Deming, a diferencia de otros gurús y asesores de la calidad, jamás definió o describió con precisión la calidad. En su último libro, escribió: "Un producto o un servicio tienen calidad si sirven de ayuda a alguien y disfrutan de un mercado bueno y sostenido". La filosofía Deming se enfoca en descubrir mejoras en la calidad de los productos y servicios, en reducir la incertidumbre y la variabilidad en el diseño y proceso de manufactura. Desde el punto de vista de Deming, la variabilidad es la principal culpable de la mala calidad, así mismo la inconsistencia en el servicio frustra a los clientes y daña la reputación de las empresas. Para poder disminuir las variaciones, Deming proponía un ciclo sin fin sobre el diseño, manufactura, prueba y venta de productos, seguido por investigaciones de mercado y a continuación, rediseño, y así sucesivamente. Declaraba que mayor calidad lleva a más productividad, lo que a su vez conduce a un poder competitivo a largo plazo.

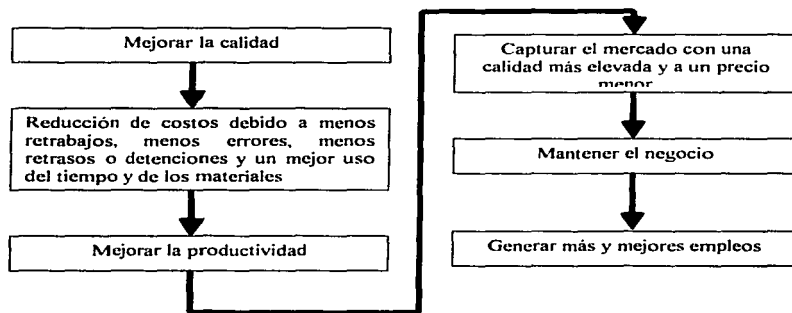


Figura 1. La reacción en cadena de Deming.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La teoría de la "reacción en cadena" de Deming resume este punto de vista. La teoría es que las mejoras en la calidad generan costos inferiores, ya que dan como resultado menos retrabajo, menores errores, menos retrasos y detenciones, y un mejor uso del tiempo y de los materiales. Los menores costos a su vez, llevan mejoras en productividad. Con una mejor calidad y costos inferiores, las empresas pueden conseguir una mayor penetración en el mercado y, por lo tanto, mantenerse en el negocio y generar más puestos de trabajo. Deming enfatizó que la administración superior tiene la responsabilidad intransferible de la mejora de la calidad.

La filosofía de Deming sufrió muchas modificaciones conforme seguía aprendiendo. En sus primeros trabajos en Estados Unidos, predicó sus "14 puntos" los cuales causaron alguna confusión y falta de comprensión entre los administradores porque Deming no les explicaba con claridad. Sin embargo, cerca del final de su vida, sintetizó las bases subyacentes a los "14 puntos". El sistema de profundos conocimientos de Deming está formado por cuatro partes interrelacionadas:

1. Apreciación de un sistema.
2. Comprensión de la variación.
3. Teoría del conocimiento.
4. Psicología.

A continuación vamos a ver los "14 puntos de Deming":

1. Crear y publicar un enunciado de objetivos y propósitos de la empresa para todos los empleados. La administración debe demostrar constantemente su compromiso respecto a este enunciado.
2. Tanto la administración superior como todos los empleados deben aprender la nueva filosofía.
3. Comprender el propósito de la inspección para la mejora de los procesos y reducción de costos.
4. Terminar con la costumbre de asignar contratos basados simplemente en el precio de venta.
5. Mejorar constantemente y para siempre el sistema de producción y el servicio.
6. Instituir la capacitación.
7. Enseñar e instituir el liderazgo.
8. Eliminar el miedo, crear confianza. Crear un clima para la innovación.
9. Los esfuerzos de equipo, grupos y áreas de personal asesor deben optimizarse para cumplir objetivos y propósitos de la empresa.
10. Eliminar exhortaciones a la fuerza de trabajo.
11. (a) Eliminar las cuotas numéricas de producción. En vez de ello, conocer e instituir métodos de mejora.
(b) Eliminar la administración por objetivos. En vez de ello, conocer las capacidades de los procesos y cómo mejorarlos.
12. Eliminar las barreras que despojan a las personas del orgullo de un trabajo bien realizado.
13. Alentar la educación y la autosuperación para todos los empleados.
14. Entrar en acción para que se lleve a cabo la transformación.

Deming ponía gran énfasis en su creencia de que las prácticas de la administración necesitaban una reconstrucción radical. Sus “14 puntos”, constituyen el núcleo central de su programa para conseguir la excelencia en la calidad.

De acuerdo con Deming, “los 14 puntos” no pueden ponerse en práctica de manera selectiva, se trata de un compromiso de todo o nada. Muchas personas han criticado a Deming porque su filosofía es simplemente eso: una filosofía que carece de dirección específica y de procedimientos prescriptivos. Deming no propuso métodos específicos para su implementación porque deseaba que las personas estudiaran sus ideas y dedujeran sus propios procedimientos.

1.1.2. La filosofía de Juran

Joseph Juran se unió a Western Electric en los años 20 cuando ésta era pionera en el desarrollo de métodos estadísticos para la calidad. La mayor parte de su tiempo trabajó como ingeniero industrial corporativo y en 1951 se ocupó de la mayor parte de la redacción, edición y publicación del Quality Control Handbook. Este libro, uno de los manuales de calidad más completos que existen, ha sido revisado varias veces y continúa siendo un libro de consulta popular.

Al igual que Deming, Juran enseñó principios de calidad a los japoneses en los años 50 y fue un impulsor importante en su reorganización de la calidad. Juran también hizo eco de las conclusiones de Deming de que los negocios estadounidenses se enfrentan a una crisis mayor en la calidad debido a los enormes costos de la mala calidad y de la pérdida de ventas ante la competencia extranjera. Ambos concluyeron que la solución a esta crisis depende de una nueva manera de pensar sobre la calidad, que incluya a todos los niveles de la jerarquía administrativa. En particular, la gerencia superior requiere capacitación y experiencia para administrar con base en la calidad.

Juran sostenía que los empleados en diferentes niveles de la organización hablan sus propios “lenguajes” (Deming creyó que el lenguaje común debía ser la estadística). Juran aseguró que la gerencia superior habla el lenguaje de los dólares, los trabajadores hablan el lenguaje de las cosas, y la administración intermedia debe ser capaz de hablar ambos lenguajes y traducir entre dólares y cosas, por lo que para llamar la atención de la gerencia superior, los problemas de calidad deben presentarse en el idioma que ellos comprenden: dólares. Por lo tanto Juran abogaba por el uso de la contabilidad de costos de la calidad y su análisis, para enfocar la atención en los problemas de la calidad. En el nivel operativo, Juran se enfocaba en un cumplimiento cada vez mayor de las especificaciones a través de la eliminación de defectos, apoyado de manera importante para su análisis con herramientas estadísticas.

Juran definía la calidad como “(1) rendimiento del producto que da como resultado la satisfacción del cliente; (2) libertad de deficiencias en el producto, que evita la falta de satisfacción del cliente” lo que se resume como “adecuabilidad para el uso”. Esta definición se puede subdividir en cuatro partes: calidad en el diseño, calidad de conformidad con las especificaciones, disponibilidad y servicio en el campo.

La calidad en el diseño se concentra en la investigación de mercados, el concepto de producto y la especificación de diseño. La calidad de cumplimiento incluye la tecnología, la mano de obra y la administración. La disponibilidad se enfoca en la confiabilidad, la capacidad de reparar y el apoyo logístico. La calidad del servicio en el campo incluye la prontitud, la competencia y la integridad.

La búsqueda de la calidad se concibe en dos niveles:

- (1) La misión de la empresa en su totalidad es conseguir una calidad elevada del producto; y
- (2) La misión de cada departamento en la empresa es obtener una elevada calidad de producción.

Las prescripciones de Juran se enfocan en tres procesos principales de calidad, conocidas como la Trilogía de la calidad:

- (1) Planeación de la calidad: el proceso de preparación para cumplir con las metas de calidad;
- (2) Control de calidad: el proceso de cumplir con las metas de calidad durante la operación; y
- (3) Mejora de la calidad: El proceso de elevarse a niveles de rendimiento sin precedente.

La planeación de la calidad empieza con la identificación de los clientes, tanto externos como internos, la determinación de sus necesidades y el desarrollo de características del producto que respondan a estas necesidades, por lo que Juran al igual que Deming, deseaba que los empleados supieran quien utiliza sus productos o servicios, ya sea en el siguiente departamento o en otra organización. Quedan entonces establecidas las metas de calidad basadas en el cumplimiento de las necesidades de los clientes y que cumplan con las metas de calidad bajo condiciones de operación. La planeación estratégica para la calidad determina las metas a corto y largo plazo, establece prioridades, compara resultados con planes anteriores y combina los planes con otros objetivos corporativos estratégicos.

Juran sostuvo que el control de calidad involucra la determinación de lo que se debe controlar, establecer unidades de medición para evaluar los datos de manera objetiva, establecer estándares de rendimiento, medir el rendimiento real, interpretar las diferencias entre rendimiento real y estándar, y tomar acción sobre las diferencias.

A Diferencia de Deming, Juran especificaba un programa detallado para la mejora, identificar proyectos específicos para la mejora, organizar el apoyo para los proyectos, diagnosticar las causas, dar remedios para las causas, demostrar que los remedios son efectivos bajo las condiciones de operación y proporcionar el control para mantener las mejoras.

La evaluación de Juran de la mayoría de las empresas reveló que el control de calidad recibe la prioridad más grande entre las de la trilogía; la mayor parte de las empresas tienen fuertes sentimientos respecto a esta categoría. La planeación de la calidad y la mejora de la calidad, sin embargo no tienen ninguna atención prioritaria y en la mayoría de las organizaciones son significativamente más débiles. Juran creía que debía hacerse un esfuerzo mayor en la planeación de la calidad y especialmente en la mejora de la misma.

Muchos aspectos de la filosofía de Juran y Deming son similares. El enfoque del compromiso de la gerencia general, la necesidad de la mejora, el uso de técnicas de control de calidad y la importancia de la capacitación son fundamentales en ambas filosofías. Sin embargo, no están de acuerdo en todos los puntos. Por ejemplo, Juran creía que Deming estaba equivocado al decirle a la gerencia que eliminara el miedo. De acuerdo con Juran "el miedo puede sacar a la superficie lo mejor de las personas".

1.1.3. La filosofía de Crosby.

Philip B. Crosby fue vicepresidente corporativo de la calidad durante 14 años en International Telephone and Telegraph (ITT). Después de retirarse de ITT en 1979, estableció Philip Crosby Associates para desarrollar y ofrecer programas de capacitación. También fue autor de varios libros populares. Del primero de ellos, Quality Is Free, se vendieron aproximadamente un millón de ejemplares.

La esencia de la filosofía de calidad de Crosby está incluida en lo que él llama "los absolutos de la administración de la calidad" y "los elementos fundamentales de la mejora". Los absolutos de la administración de la calidad de Crosby incluyen los puntos siguientes:

- Calidad significa conformidad con las necesidades y no elegancia. Los problemas de calidad se convierten en problemas de falta de conformidad, esto es, la variación en el resultado. El establecimiento de los requerimientos es responsabilidad de la administración.
- No existe tal cosa que un problema de calidad. Los problemas deben ser identificados por aquellos individuos o departamentos que los causan, por lo que una empresa puede experimentar problemas de contabilidad, de manufactura, de diseño, de relaciones con los clientes, etc. En otras palabras, la calidad se origina en departamentos funcionales y no en el departamento de calidad, y por lo tanto, el peso de la responsabilidad de dichos problemas recae en dichos departamentos
- No existe tal cosa que una economía de la calidad; siempre es más económico hacer el trabajo bien desde la primera vez. Crosby apoya la premisa de que la "economía de la calidad" no tiene ningún significado. La calidad es gratuita. Lo que cuesta dinero son todas aquellas acciones que involucran no hacer los trabajos bien desde la primera vez. La reacción en cadena de Deming transmite un mensaje similar.
- La única medición de desempeño es el costo de la calidad, es decir el desembolso por falta de conformidad.
- El único estándar de desempeño es "cero defectos". Crosby opina que la idea de cero defectos generalmente se ha entendido mal y se ha rechazado. Cero defectos no es programa de motivación. Se describe como sigue: Cero defectos es una norma de desempeño. Es el estándar del artesano, independientemente de su responsabilidad.

El tema de cero defectos es hacerlo bien desde la primera vez, lo que significa concentrarse en evitar defectos, más que simplemente en localizarlos y corregirlos.

La mayor parte del error humano está causado por falta de atención y no por falta de conocimientos. Se crea la falta de atención cuando suponemos que el error es inevitable. Si pensamos en esto con cuidado, y nos comprometemos nosotros mismos a hacer un esfuerzo consciente constante en hacer nuestro trabajo correctamente desde la primera vez, habremos dado un paso gigantesco hacia la eliminación del desperdicio por retrabajo, desecho y reparación que incrementan los costos y reducen las oportunidades individuales.

Juran y Deming, por otra parte, harían notar lo inútil e incluso hipócrita que resulta exhortar a un trabajador de línea a producir a la perfección, ya que la gran mayoría de las imperfecciones provienen de sistemas de manufactura mal diseñados, más allá del control de los trabajadores.

Los elementos básicos de mejora de Crosby incluyen la determinación, la educación y la implementación. La determinación significa que la administración superior debe tomar con seriedad la mejora de la calidad. Todo el mundo debería comprender los absolutos, porque sólo se pueden conseguir mediante la instrucción. Finalmente, cada uno de los miembros del equipo de administración debe comprender el proceso de implementación.

A diferencia de Juran y Deming, el programa de Crosby es principalmente de comportamiento. Enfatiza el uso de los procesos de la administración y de la organización, más que técnicas estadísticas para modificar culturas y actitudes corporativas. Igual que Juran y a diferencia de Deming, su procedimiento encuadra bien dentro de las estructuras organizacionales existentes.

1.1.4. Los ejecutores

1.1.4.1. A. V. Feigenbaum

La carrera de Feigenbaum en la calidad se inició hace más de 40 años. Durante una década fue gerente mundial de manufactura y control de calidad en General Electric. En 1968 fundó General Systems Company, donde actúa como presidente. A través de los años, Feigenbaum ha viajado y hablado a diversos auditorios y grupos alrededor del mundo. Fue elegido presidente fundador del consejo de la International Academy of Quality, que ha atraído la participación activa del European Organization for Quality Control, de la Union of Japanese Scientists and Engineers (JUSE), así como de la American Society for Quality.

Feigenbaum es mejor conocido en Estados Unidos por haber inventado la frase control de calidad total. Su libro Total Quality Control se publicó por primera vez en 1951 con el título Quality Control: Principles, Practice and Administration.

Feigenbaum concebía la calidad como una herramienta estratégica empresarial que requiere de involucrar a todos en la organización y promovió el uso de costos de calidad, como un herramienta de medición y evaluación. La filosofía de Feigenbaum se resume en sus tres pasos hacia la calidad:

1. Liderazgo de calidad. Un énfasis continuo de la administración basada en una buena planeación, en lugar de una reacción a las fallas. La administración debe mantener un enfoque constante y guiar el esfuerzo de calidad.
2. Tecnología de calidad moderna. El departamento tradicional de calidad no puede resolver de 80 a 90% de los problemas de calidad. Esta tarea requiere la integración en ese proceso de personal de oficina, así como ingenieros y trabajadores del piso de la planta, que evalúen continuamente e implementen nuevas técnicas para satisfacer a los clientes en el futuro.
3. Compromiso organizacional: Una capacitación y una motivación continuas de toda la fuerza de trabajo, así como la integración de la calidad en la planeación de la empresa, indican la importancia que tiene la calidad y proporciona los medios para incluirla en todos los aspectos de las actividades de la empresa.

Los japoneses se embarcaron en este concepto de control de calidad total como fundamento de su práctica conocida como control de calidad en toda la empresa que se inició en los años 60. Las ideas de Feigenbaum también se han convertido en elementos importantes en los criterios del Premio Nacional de Calidad Malcom Baldrige.

1.1.4.2. Kaoru Ishikawa.

Uno de los primeros pioneros en la revolución de la calidad en Japón, Kaoru Ishikawa, fue la figura de mayor importancia de la calidad en el país del sol naciente hasta su fallecimiento en 1989.

De no haber disfrutado su liderazgo, el movimiento de calidad japonés no hubiera ganado la aclamación y éxito mundial que tiene actualmente. El doctor Ishikawa fue profesor de ingeniería en la Universidad de Tokio durante muchos años.

Fue responsable del desarrollo de los lineamientos principales de la estrategia de la calidad japonesa, de la idea del CWQC, del proceso de auditoría utilizado para determinar si se selecciona una empresa para recibir el premio Deming, la solución de problemas con base en equipos, y una diversidad de herramientas de solución de problemas que supone puede emplear cualquier trabajador.

Como miembro del consejo de revisión editorial del periódico japonés Quality Control for Foremen, fundado en 1962, y posteriormente como director ejecutivo de las oficinas centrales del QC Circle en The Union of Japanese Scientists and Engineers (JUSE), el doctor Ishikawa influyó en el desarrollo de una visión participativa de la calidad, de abajo hacia arriba, que se convirtió en la marca de fábrica del procedimiento japonés para la administración de la calidad.

Sin embargo, Ishikawa también pudo llamar la atención de la gerencia superior y persuadirla de que un procedimiento en toda la empresa del control de la calidad era indispensable para un éxito total.

Algunos de los elementos claves de su filosofía se resumen aquí:

1. La calidad empieza con la educación y termina con la educación.
2. El primer paso en la calidad es conocer las necesidades de los clientes.
3. El estado ideal del control de calidad ocurre cuando ya no es necesaria la inspección.
4. Elimine la causa raíz y no los síntomas.
5. El control de calidad es responsabilidad de todos los trabajadores en todas las divisiones.
6. No confunda los medios con los objetivos.
7. Ponga la calidad en primer término y dirija la vista a las utilidades a largo plazo.
8. La mercadotecnia es la entrada y salida de la calidad.
9. La gerencia superior no debe mostrar enfado cuando sus subordinados les presenten hechos.
10. 95% de los problemas de una empresa se pueden resolver con simples herramientas de análisis y de solución de problemas.
11. Aquellos datos que no tengan información dispersa son falsos.

1.2 Normas ISO 9000

ISO (Organización Internacional de Normalización) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización, la cual tiene como fin el de hacer normas internacionales a través de los comités técnicos de ISO.

Las normas ISO 9000 son una ayuda para la estandarización mundial, siendo de gran importancia que pueden ser desarrolladas en cualquier parte del mundo, sin importar el idioma que predomine, ya que existen grupos de trabajo de traducción para todos los idiomas existentes.

La norma ISO 9000 son para ayudar a las organizaciones de todo tipo y tamaño en la implementación y la operación de sistemas de gestión de la calidad.

La norma ISO 9000-2000 es la más reciente y muy pronto la norma ISO 9000 1994 pasara a ser obsoleta. La norma ISO 9000-2000 esta dividida en las siguientes partes:

- ❖ ISO 9000-2000. Describe los fundamentos de los sistemas de gestión de la calidad y especifica la terminología para los sistemas de gestión de la calidad.
- ❖ ISO 9001-2000. Especifica los requisitos para los sistemas de gestión de la calidad aplicables a toda organización que necesite demostrar su capacidad para proporcionar productos que cumplan los requisitos de sus clientes y los reglamentarios que le sean de su aplicación y su objetivo es aumentar la satisfacción del cliente.
- ❖ ISO 9004-2000. Proporciona directrices que consideran tanto la eficacia como la eficiencia del sistema de gestión de la calidad.

Se entiende al sistema de gestión de la calidad como el conjunto de elementos relacionados para establecer las actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización con respecto a la calidad.

La norma ISO 9000-2000 se basa en ocho principios de gestión de la calidad que pueden ser utilizados por la alta dirección con el fin de conducir a la organización hacia una mejora en el desempeño:

- a) **Enfoque al cliente.** Las organizaciones dependen de sus clientes y por lo tanto deberían comprender las necesidades actuales y futuras de los clientes, satisfacer los requisitos de los clientes y esforzarse en exceder las expectativas de los clientes.
- b) **Liderazgo.** Los líderes establecen la unidad de propósito y la orientación de la organización.
- c) **Participación del personal.** El personal, a todos los niveles, es la esencia de una organización y su total compromiso posibilita que sus habilidades sean usadas para el beneficio de la organización.
- d) **Enfoque basado en procesos.** Un resultado deseado se alcanza más eficientemente cuando las actividades y los recursos relacionados se gestionan como un proceso.
- e) **Enfoque de sistema para la gestión:** Identificar, entender y gestionar los procesos interrelacionados como un sistema, contribuye a la eficacia y eficiencia de una organización en el logro de sus objetivos.
- f) **Mejora continua.** La mejora continua del desempeño global de la organización debería ser un objetivo permanente de ésta.
- g) **Enfoque basado en hechos para la toma de decisión:** Las decisiones eficaces se basan en el análisis de los datos y la información.
- h) **Relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor:** Una organización y sus proveedores son interdependientes, y una relación mutuamente beneficiosa aumenta la capacidad de ambos de crear valor.

Al llevar a cabo estos puntos nos permitirá tener un sistema de gestión de la calidad eficiente y de mejora continua, en donde lo más importante es la satisfacción del cliente, el cual puede ser externo de la empresa o bien en el caso de mantenimiento puede ser un cliente interno de la empresa.

Capítulo 2. Las siete herramientas de la Calidad.

2.1. Diagramas de Flujo.

Para comprender los lios, primero se debe determinar cómo funciona un proceso y qué se supone debe hacerse. Al definir claramente un proceso, todos los involucrados llegan a un entendimiento común y no pierden tiempo reuniendo datos no relevantes. Las variaciones se reducen al eliminar inconsistencias dentro del proceso. La comprensión de la forma en que funciona un proceso también permite detectar y definir problemas obvios, hacer el proceso a pruebas de fallas y mejorarlo, al eliminar pasos que no agregan valor. Por lo general, desarrollar un diagrama del flujo del proceso ayuda en la comprensión de un lió.

Los diagramas de flujo ayudan a que las personas involucradas en el proceso lo comprendan mucho mejor y con mayor objetividad. Los empleados se dan cuenta del papel que juegan en el proceso, quienes son sus proveedores y quienes son sus clientes. Esta realización a veces conduce a una mejor comunicación entre todos los involucrados. Al participar en el desarrollo de un diagrama de flujo, los trabajadores adquieren un sentido de propiedad del proceso, y por lo tanto, están más dispuestos a trabajar para su mejora. Si en la capacitación de empleados se utiliza un diagrama de flujo, se alcanzará mayor consistencia.

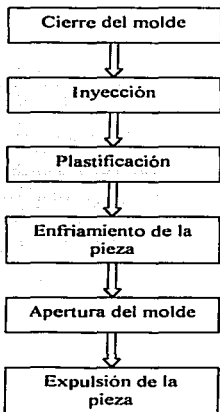


Figura 2.1 Diagrama de flujo del ciclo de trabajo de una máquina inyectora.

Para poder darle mantenimiento a una máquina inyectora es necesario saber como funciona y de que componentes esta conformada, por lo que se desarrolla un diagrama de flujo del ciclo de trabajo en la figura 2.1. Al detectar una falla en el diagrama de flujo es más fácil solucionar problemas de mantenimiento y para el mantenimiento preventivo es importante tomar en cuenta los aspectos más importantes para el funcionamiento de la máquina inyectora, sin los cuales su funcionamiento no sería el adecuado.

2.2. Hojas de comprobación o verificación.

La fase de determinación de hechos en la solución de problemas para la mejora de la calidad típicamente involucra algún tipo de recolección de datos. La recolección de datos no debe hacerse a ciegas. Primero se deberán hacer algunas preguntas básicas:

- ¿Qué preguntas se están tratando de contestar?
- ¿Qué tipo de datos se necesitarán para responder a la pregunta?
- ¿Dónde se pueden encontrar estos datos?
- ¿Quién puede proporcionar los datos?
- ¿Cómo se pueden recolectar los datos con mínimo esfuerzo y mínima posibilidad de error?

Prácticamente cualquier tipo de formulario puede emplearse para recolectar datos. Las hojas de datos son formularios simples, en columnas o tabulares, que se utilizaran para registrar datos. Para generar una información útil a partir de datos básicos, generalmente es necesario algún procedimiento posterior. Las hojas de verificación son un tipo especial de formularios de recolección de datos en el que los resultados pueden interpretarse sobre el formulario, de manera directa, sin procesamiento adicional.

En manufactura, las hojas de verificación son simples de usar y fácilmente interpretadas por el personal de planta. En la figura 2.2 al incluir más información como por ejemplo límites de especificación, se consigue que el número de elementos que no cumplen resulten fácilmente observables, dando una indicación inmediata de la calidad del proceso. Por ejemplo, en la figura 2.2 una proporción importante de las dimensiones está claramente fuera de especificación, con un mayor número del lado de alta en comparación con el lado de baja.

En mantenimiento es importante recolectar información para tener un archivo de fallas de cada máquina, esta información nos sirve para los mantenimientos preventivos, ya que nos da bases de las fallas más frecuentes y también nos permite ver que componentes no han sufrido desperfectos. Esta información nos permite enfocarnos hacia los problemas más recurrentes y darle prioridad en los mantenimientos preventivos.

En el caso de mantenimiento a la hoja de verificación se le puede hacer modificaciones para adaptarlas a las necesidades de las máquinas y obtener información verídica.

Hoja de verificación

Nombre del producto _____
 Uso _____
 Especificación _____
 Número de inspecciones _____
 Cantidad total _____
 Numero de lote _____

Fecha _____
 Nombre de la planta _____
 Nombre de la sección _____
 Recolector de datos _____
 Nombre del grupo _____
 Observaciones _____

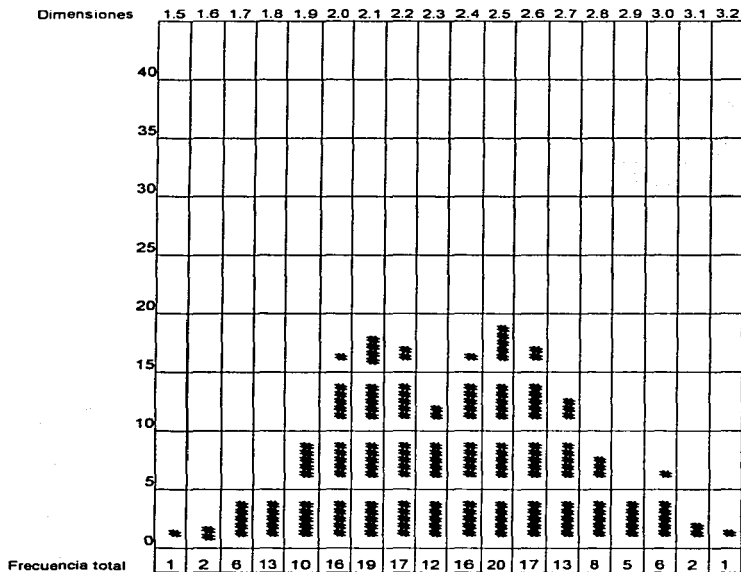


Figura 2.2 Hoja de verificación para recolección de datos

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

2.3. Histogramas.

Siempre habrá variaciones en un proceso y generalmente desplegarán algún patrón que puede captarse de manera visual en un histograma. Un histograma presenta gráficamente las variaciones en un conjunto dado de datos. Muestra la frecuencia o cantidad de observaciones con algún valor particular, o dentro de un grupo especificado. Los histogramas dan pistas sobre características de la población original, de la que se tomó la muestra. Utilizando un histograma, se puede observar con claridad su forma de distribución o pueden inferirse cosas relacionadas con la población y se hacen aparentes patrones que resultarían difíciles de observar en una tabla ordinaria con números.

La hoja de verificación de la figura 2.2 se diseñó para proporcionar el atractivo visual de un histograma, conforme se van contando los datos. Para éstos, fácilmente se pueden determinar la proporción de observaciones que quedarán fuera de límites de especificación.

La figura 2.3 muestra algunos patrones típicos de histogramas usados en aplicaciones de control de calidad. El patrón en forma de campana de la figura 2.3a es simétrico y es la forma más común de variaciones en los resultados de un proceso; éste se centra alrededor de algún valor, y las observaciones resultan menos frecuentes mientras más alejadas estén de ese valor central; cualquier desviación es por lo general resultado de alguna influencia externa, misma que deberá ser investigada.

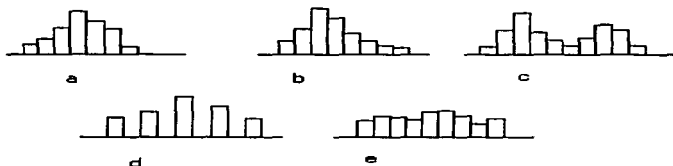


Figura 2.3 Patrones de histogramas típicos en el control de la calidad.

En mantenimiento los histogramas se pueden usar para obtener información de tiempo paro de un conjunto de máquinas, así como también para poder observar el tiempo que se toma al hacer reparaciones comunes y cuales son las causas que influencia que este tiempo este elevado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.4 Diagramas de Pareto

El principio de Pareto fue detectado por Joseph Juran en 1950. Juran encontró que la mayor parte de los efectos eran resultado de sólo unas cuantas causas. Identificó esta técnica en honor a Vilfredo Pareto (1848-1923), un economista italiano que encontró que en Milán el 85% de la riqueza era propiedad de únicamente el 15% de las personas. Por ejemplo, al analizar 200 tipos de fallas de campo en motores de automóvil, sólo 5 eran responsables de la tercera parte de las fallas; los primeros 25 eran responsables de las dos terceras partes de las fallas. En una fábrica textil se encontró que tres de 15 tejedoras eran responsables del 75% de las telas defectuosas producidas. El análisis de Pareto claramente separa los "vitales pocos" de los "triviales muchos" y sirve para dar orientación en la selección de proyectos de mejora.

A menudo se utilizan análisis de Paretos para estudiar datos recolectados en hojas de verificación. Una distribución de Pareto es aquella en la cual las características observadas se ordenan de la de más alta frecuencia a la de menor frecuencia.

Un diagrama de Pareto es un histograma de los datos, desde los de frecuencia más elevada hasta los de más baja. A menudo en el histograma también se dibuja una curva de frecuencia acumulada, como se puede ver en la figura 2.4. Esta ayuda visual muestra con claridad la magnitud relativa de los defectos, y puede utilizarse para identificar oportunidades de mejora. Los problemas más costosos o más importantes quedan de manifiesto. Los diagramas de Pareto también pueden mostrar los resultados de los programas de mejora a lo largo del tiempo.

Ejemplo 1 Análisis de Pareto de elementos defectuosos. En la tabla siguiente se tienen los tipos de defectos, ordenados en función de sus porcentajes relativos, dan como resultado la información siguiente:

	Cantidad	Porcentaje del total
a) Incompleto	48	42
b) Rayaduras superficiales	32	28
c) Grietas	23	20
d) Otros	8	7
e) Fuera de forma	4	3

La clase más grande de defectos es "incompletos", representando el 42 por ciento del total. Las tres clases más grandes representan en total el 80% de los defectos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

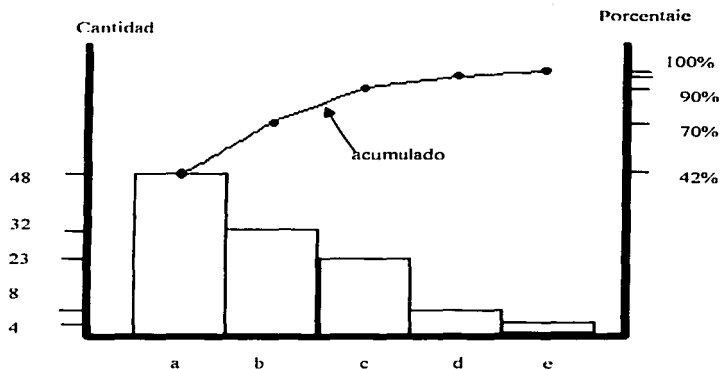


Figura 2.4 Diagrama de Pareto.

2.5 Diagramas de causa y efecto

Las variaciones en resultados de un proceso y otros problemas de calidad pueden ocurrir por una diversidad de razones, como materias primas, máquinas, métodos, personas y mediciones. El objetivo de la resolución de problemas es identificar las causas de los mismos, a fin de poder corregirlos. El diagrama de causa y efecto en esa tarea es una herramienta importante; ayuda a la generación de ideas relacionadas con las causas del problema y a su vez sirve de base para la determinación de la solución.

El diagrama de causa y efecto fue introducido en el Japón por Kaoru Ishikawa. Es un método gráfico simple de presentar una cadena de causas y efectos y de ordenar causas y organizar las relaciones entre las variables. Debido a su estructura, a menudo se conoce como diagramas en espina de pescado.

La estructura general de un diagrama de causa y efecto aparece en la figura 2.5. Al final de la línea horizontal se lista un problema. Cada rama que apunta hacia el tronco principal representa una causa posible. Las ramas que apuntan hacia las causas son contribuidores a las mismas. El diagrama identifica las causas más probables de un problema, de manera que se pueda llevar a cabo una recolección posterior de datos y análisis.

Dos tipos básicos de diagramas de causa y efecto son el análisis de dispersión y la clasificación de procesos. El análisis de dispersión involucra identificar y clasificar las causas posibles de un problema específico de calidad. La espina de pescado del diagrama da una cadena de relaciones lógicas entre causas posibles. Un diagrama de causa y efecto de clasificación de proceso se basa en un diagrama de flujo de proceso. Los factores clave que influyen la calidad en cada uno de los pasos quedan plasmados en el diagrama de flujo.

Los diagramas de causa y efecto se construyen en un ambiente del tipo de lluvia de ideas. Todos pueden involucrarse y sentir que son parte importante del proceso de resolución del problema. Por lo general pequeños grupos, sacados de manufactura o de la gerencia, trabajan en cooperación con un facilitador capacitado y experimentado. El facilitador dirige la atención al análisis del problema y a sus causas, no a opiniones. Como técnica de grupo, el método de causa y efecto requiere de una significativa interacción entre los miembros del grupo. Un facilitador que escuche cuidadosamente a los participantes puede capturar las ideas importantes.

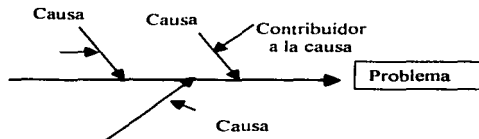


Figura 2.5 Estructura general del diagrama de causa y efecto.

2.6 Diagramas de dispersión

Los diagramas de dispersión son el componente gráfico del análisis de regresión. Aunque no son un análisis estadístico riguroso, a menudo indican relaciones importantes entre variables, como el porcentaje de un ingrediente en una aleación, y su dureza.

Típicamente, las variables en cuestión representan causas posibles y efectos obtenidos de los diagramas Ishikawa. Por ejemplo, si un fabricante sospecha que el porcentaje de un ingrediente dentro de una aleación esta causando problemas de calidad para cumplir especificaciones de dureza, un grupo de empleados pudiera recolectar datos de muestras, sobre cantidad de ingrediente y dureza y trazar los datos en un diagrama de dispersión tal y como se observa en la figura 2.6

El diagrama muestra que el porcentaje tiene muy poco efecto sobre la dureza, indicando que el grupo deberá investigar otras posibles causas.

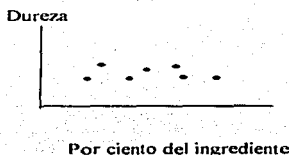


Figura 2.6 Diagrama de dispersión

Para interpretar los diagramas de dispersión se utiliza el análisis estadístico de correlación. La figura 2.7 muestra tres tipos de correlación. Si la correlación es positiva, un incremento en la variable x esta relacionada con un incremento en la variable y ; si la correlación es negativa, un incremento en x se relaciona con una disminución en y ; y si la correlación es cercana a cero, no hay una relación lineal entre las variables.

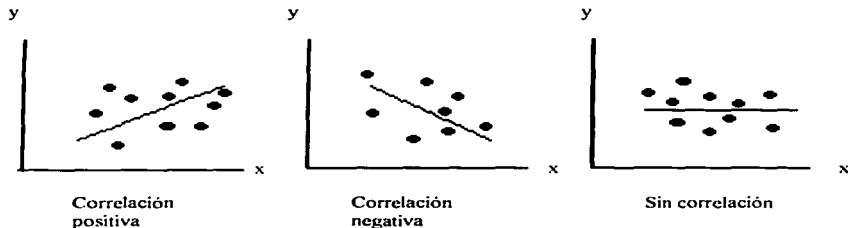


Figura 2.7 Tres tipos de correlación

2.7 Gráficas de Control

Una gráfica de control es simplemente una gráfica de tiempo a la que se han agregado dos líneas horizontales conocidas como límites de control: el límite de control superior (LCS) y el límite de control inferior (LCI) según se ilustra en la figura 2.7. Las gráficas de control fueron propuestas en los años 20 por primera vez por Walter Shewhart en Bell Laboratories y fueron muy apoyadas por Deming.

Los límites de control se seleccionan estadísticamente de manera que exista una elevada probabilidad (por lo general superior al 0.99), si el proceso esta bajo control, que los puntos caigan dentro de estos límites. Los límites de control facilitan la interpretación de los patrones de una gráfica de tiempo y la obtención de conclusiones sobre el estado de control.

Si los valores de muestra caen fuera de los límites de control o si en la gráfica ocurren patrones no aleatorios, entonces algunas causas especiales pudieran estar afectando al proceso; éste no es estable. Este proceso debería examinarse y tomar acción correctiva, según resulte apropiado.

Si la evaluación y corrección se hacen en tiempo real, entonces se minimiza la posibilidad de producir un producto que no este en especificación, por lo que, como herramienta de solución de problemas, las gráficas de control por si mismas no pueden indicar cual es la fuente del problema. Para buscar la causa raíz, los operadores, supervisores e ingenieros deberán recurrir a otras herramientas de resolución de problemas.

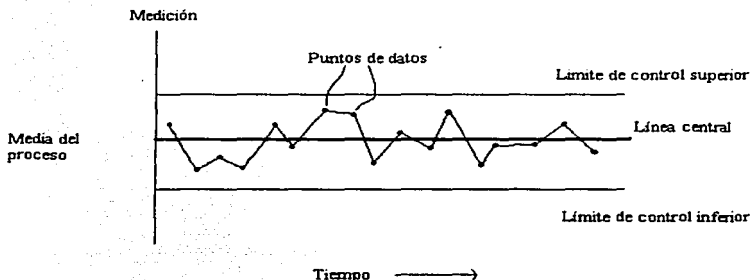


Figura 2.8 La estructura de una gráfica de control

Capítulo 3. Introducción a las Máquinas Inyectoras y al PVC

3.1. Introducción al PVC

Generalmente, los plásticos se clasifican de acuerdo con las propiedades físicas y químicas de las resinas que los constituyen, en dos grupos principales: Termoplásticos y Termofijos.

Los termoplásticos son resinas con una estructura molecular lineal (obtenida por procesos de polimerización o de policondensación) que durante el moldeo en caliente no sufren ninguna modificación química. La acción del calor causa que estas resinas se fundan, solidificándose rápidamente por enfriamiento en el aire o al contacto con las paredes del molde.

Dentro de ciertos límites, el ciclo de fusión-solidificación puede repetirse; sin embargo, debe tenerse en cuenta que el calentamiento repetido puede dar como resultado la degradación de la resina.

Las resinas termofijas (también obtenidas por polimerización o policondensación) pueden ser fundidas una sola vez. Las resinas de este grupo, que se caracterizan por tener una estructura molecular entrelazada, se funde inicialmente por la acción del calor, pero enseguida, si se continúa la aplicación de calor, experimenta un cambio químico irreversible, el cual provoca que las resinas se tornen infusibles e insolubles. Este endurecimiento es causado por la presencia de catalizadores o de agentes reticulantes.

Un material plástico listo para ser moldeado por inyección o por otros procedimientos de transformación, puede ser definido como un "compuesto" constituido por la resina base llamada "aglutinante" y varios aditivos químicos así como cargas o rellenos de diferente naturaleza.

El moldeo por inyección es el típico proceso de transformación de los termoplásticos, aunque también pueden trabajarse con otros métodos (extrusión, soplado, termoformado, etc.).

A continuación veremos las propiedades del Cloruro de Polivinilo, el cual es un material termoplástico, su símbolo ISO es PVC, la viscosidad de este material fundido es alta, su temperatura de fusión es de 130° a 160° C, la contracción por moldeo lineal es de 0.4% a 0.8%.

Las condiciones de moldeo son las siguientes: la temperatura del molde puede oscilar entre 40°-60°, la zona de la boquilla trabaja a 200°-170°, la zona #2 del cilindro es de 200°-170°, la zona #3 es de 190°-160° y la zona #4 trabaja de 180° a 150°C. Además en caso de interrumpir el ciclo de moldeo deberá reducirse la temperatura en el cilindro de plastificación par evitar que se degrade el material.

Los valores de las presiones son las siguientes: Presión de inyección (1ª. Presión) es de 1000-1600 bar; La presión de sostenimiento (2ª. Presión o postpresión) es de 500-800 bar; y por último la contrapresión sobre el husillo (durante la plastificación) es de 50-80 bar.

Las velocidades y los tiempos de inyección, así como las temperaturas y las presiones, deben fijarse en la máquina en función de las características del material utilizado, con la complejidad de la pieza moldeada y con el tipo de moldeo.

Para cambio de material y limpieza del cilindro de plastificación se deberá descargarse la tolva y continuar el ciclo de moldeo hasta que el material se agote. Cuando el husillo y el cilindro estén vacíos, deben purgarse perfectamente haciendo pasar polietileno de alta densidad. La limpieza de las boquillas y otros componentes desmontables del cilindro puede efectuarse con acetona (40-50°C). Algunos residuos pueden quitarse con cepillo de alambre.

3.2. Máquinas inyectoras de PVC

Principio de funcionamiento de las máquinas de inyección.

El proceso de moldeo por inyección consiste esencialmente en: calentar el material termoplástico que viene en forma de polvo o gránulos para transformarlo en una masa "plástica" en un cilindro apropiado llamado "cilindro de plastificación" y así inyectarlo en la cavidad del molde, del cual tomará la forma. Debido a que el molde es mantenido a una temperatura inferior al punto de fusión del material plástico, después de que este es inyectado se solidifica con rapidez. En este momento el proceso del ciclo se ha completado y se expulsa la pieza moldeada.

La duración del ciclo de trabajo varía, según el tipo de resina empleada y la configuración de la pieza moldeada, de un segundo (para las máquinas más veloces que moldean piezas de más o menos cinco gramos) hasta algunos minutos (para las que moldean piezas de dos kilogramos o más).

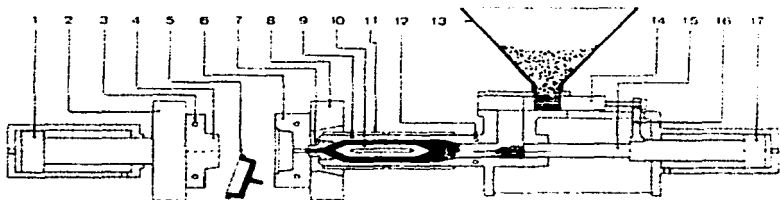


Figura 3.1 Diagrama simplificado de una máquina de moldeo por inyección tipo pistón. Todos los componentes móviles de la máquina están representados al finalizar el ciclo. Nótese que la pieza moldeada (5) es expulsada del molde. -1. Pistón de cierre del molde -2. Platina móvil -3. Circuito de agua para el enfriamiento del molde -4. Medio molde móvil -5. Pieza moldeada -6. Medio molde fijo -7. Boquilla -8. Platina fija -9. Cilindro de plastificación -10. Torpedo -11. Resistencia eléctrica para calentamiento del cilindro de plastificación -12. Circuito de agua para el enfriamiento del cilindro de plastificación -13. Pistón hidráulico de inyección.

El molde puede ser de una o más cavidades: se han construido moldes con 240 cavidades con resultados de piezas totalmente satisfactorias. Con pocas excepciones las piezas obtenidas por moldeo resultan totalmente terminadas, con tolerancias dimensionales muy cerradas. Por este motivo es posible afirmar que las máquinas de moldeo por inyección, son equipos de alta productividad.

A fin de dar una mejor explicación a todo lo dicho, examinaremos las siguientes figuras

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La figura 3.1 representa el esquema básico de una máquina de inyección del tipo de pistón que ha finalizado su ciclo de trabajo; se ve la pieza (5) que ya fue expulsada del molde. La figura 3.2 representa la misma máquina durante el ciclo de trabajo. En esta figura se nota el molde cerrado y el pistón (15) que ha terminado la inyección del material dentro del molde.

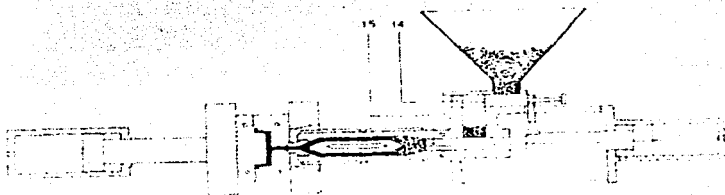


Figura 3.2 Diagrama simplificado de una máquina de moldeo por inyección tipo pistón.

Nótese que el molde está cerrado y el pistón (15) se encuentra en la fase final de la inyección, mientras que el dosificador (14) ha terminado la alimentación del material.

Refiriéndonos a las figuras citadas, las etapas o fases del proceso son las siguientes:

- Cierre del molde accionado por el pistón (1)
- Inyección del material al molde por medio del pistón (15) que, a su vez, es accionado por el pistón (17) del cilindro hidráulico. Debe tenerse en cuenta que el material inyectado no es el mismo que en ese momento cae de la tolva de alimentación al cilindro de plastificación, pues este contiene una cantidad de material superior a la inyectada de aproximadamente cinco veces, con el propósito de permitir que ese material sea plastificado.

El torpedero (10) de la figura 3.1 colocado dentro del cilindro de plastificación (9), tiene como función empujar el material termoplástico contra la pared externa de la cámara de plastificación con el fin de facilitar y mejorar la plastificación del material.

Durante la fase de inyección, la corredera dosificadora introduce en el cilindro de plastificación cierta cantidad de material termoplástico. Dicha corredera es accionada durante la fase de inyección por un brazo movido por el pistón de inyección (17). En la figura 3.2 puede verse que el material dosificado cae sobre el pistón (15) y llegará al cilindro de plastificación en el momento que dicho pistón retorne a su posición primitiva.

En la práctica, la corredera dosificadora (14) alimenta al cilindro de plastificación con la cantidad de material que se debe inyectar, que corresponde al peso de la pieza moldeada. Por lo tanto el volumen del dosificador puede variarse en función del peso por moldear.

Siguen las otras etapas del ciclo:

- c) Pausa para el enfriamiento del material inyectado.
- d) Retorno del pistón (15) a su posición inicial.
- e) Apertura del molde y expulsión de la pieza moldeada.

La máquina que se muestra en este diagrama, conocida como máquina de inyección con pistón, fue construida a principio de los 60's. Al introducirse en el mercado materiales termoplásticos con elevadas características, se requirieron mayores presiones específicas de la inyección y mejor plastificación, con lo que se inició la construcción de máquinas equipadas con una unidad de inyección dotado con un tornillo o husillo plastificador. Estas fueron llamadas máquinas de moldeo por inyección con husillo reciprocante.

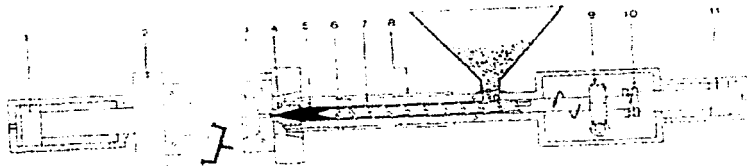


Figura 3.3 Diagrama simplificado de una máquina de moldeo por inyección con husillo reciprocante. Todos los componentes móviles están representados al finalizar el ciclo. Nótese que el molde que el molde está abierto y el husillo (6) se encuentra en la posición final de la fase de plastificación. -1. Pistón de cierre del molde -2. Platina móvil -3. Platina fija -4. Boquilla tipo libre -5. cámara de inyección -6. Husillo de plastificación -7. Cilindro de plastificación -8. Resistencia eléctrica para el calentamiento del cilindro -9. Reductor que actúa la rotación del husillo -10. Balero axial -11. Pistón hidráulico de inyección.

La figura 3.3 muestra el esquema básico de una máquina de moldeo por inyección con husillo reciprocante (reciprocating-screw injection moulding machine) En el dibujo se puede ver que la unidad de cierre es igual a de una máquina tipo pistón, en tanto que la unidad de inyección es sustancialmente nuevo. De hecho, el cilindro de plastificación y su correspondiente pistón fueron sustituidos por el cilindro (7) y el husillo (6). La correa dosificadora también fue eliminada ya que la dosificación se lleva a cabo por el husillo que gira en el cilindro.

Ahora examinaremos rápidamente las fases de operación de este tipo de máquinas.

- a) Cierre del molde por el pistón (1).

- b) **Inyección:** el pistón (11) empuja hacia delante el husillo (6), que se mueve con movimiento axial en el cilindro (véase Fig. 3.4), transfiriendo el material plastificado de la cámara de inyección a la cavidad del molde.
- c) **Plastificación:** Terminada la fase de inyección, el husillo empieza a girar accionado por el motorreductor (9). De este modo, se realiza la fase de plastificación, durante la cual el material termoplástico es transferido de la tolva a la cámara de inyección (5).

Durante esta transferencia, el material se plastifica por efecto del calor generado por las resistencias eléctricas (8). Al proceso de plastificación contribuye también el calor producido por la fricción del material en su recorrido de la tolva a la cámara de inyección. De hecho, también la energía mecánica suministrada por el motor al husillo para su rotación se transforma en calor.

- d) **Pausa para el enfriamiento de la pieza inyectada.**
 - e) **Apertura del molde y expulsión de la pieza moldeada.**
- Recopilando, la secuencia de las fases o etapas descritas anteriormente son:

- a) **Cierre del molde;**
- b) **Inyección;**
- c) **Plastificación (dosificación del material en la cámara de inyección);**
- d) **Pausa para el enfriamiento de la pieza moldeada (solidificación);**
- e) **Apertura del molde y expulsión de la pieza moldeada.**

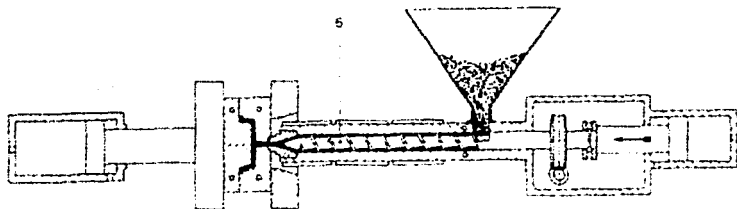


Figura 3.4 Diagrama simplificado de una máquina de moldeo por inyección con husillo reciprocante. Nótese que el molde está cerrado, mientras que el husillo (6) está al final de la carrera de inyección.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Unidad de cierre del molde.

La unidad de cierre del molde es el componente de la máquina que sostiene el molde: efectúa el cierre y la apertura, genera la fuerza para mantenerlo cerrado durante la fase de inyección y cuando el molde se abre, expulsa la pieza moldeada.

Se han creado muchos sistemas de cierre, pero los más conocidos y utilizados son:

- Cierre por rodillera (simple o doble)
- Cierre por pistón (también conocido como cierre directo).
- Cierre hidromecánico o pistón bloqueado.

De estos cuatro sistemas, el más utilizado es el de doble rodillera, especialmente en máquinas con fuerza de cierre hasta de 10 000 kN (1000 ton).

Cierre por rodillera simple.

La rodillera simple es un sistema de bielas que, multiplicando la fuerza que se le aplica, realiza la fuerza de cierre requerida. La relación de multiplicación obtenida varía de 15 a 25 veces en la rodillera simple y de 25 a 50 veces la rodillera doble. En otras palabras, para obtener una fuerza de cierre de 2000 kN (200 ton) en un sistema que tenga una relación de aproximadamente 40 veces, se debe aplicar una fuerza de 50 kN (5 ton).

Normalmente, los sistemas de rodillera son accionados por un cilindro hidráulico. La rodillera simple está constituida por un sistema de bielas que actúan a lo largo del eje central del grupo de moldes, entre la platina móvil y la cabeza de moldes, accionada como ya se dijo por un cilindro hidráulico. Para una misma fuerza de cierre producida, el consumo de energía de una máquina equipada con rodillera simple es superior con respecto al de una máquina con rodillera doble.

Cierre por rodillera doble.

El sistema de doble rodillera es el más usado en la actualidad en Europa, particularmente para máquinas con fuerza de cierre hasta de 10 000 kN (1000 ton).

Las razones por las cuales se emplea tanto este tipo de sistema se hallan en el hecho de que proporciona una mayor velocidad de desplazamiento a la platina móvil, acortando a la vez los tiempos de cierre y apertura del molde y, en consecuencia, reduce el tiempo total del ciclo del molde.

Puesto que la relación de multiplicación del sistema de doble rodillera es superior en más o menos dos veces respecto a la rodillera simple, para una misma fuerza de cierre requerida, el consumo de energía es aproximadamente la mitad; dicho de otra forma, la fuerza generada sobre el plano móvil resulta más equilibrada respecto a la originada por el sistema de rodillera simple, en cuanto que actúa sobre dos líneas, generalmente paralelas, con las columnas del grupo de moldes.

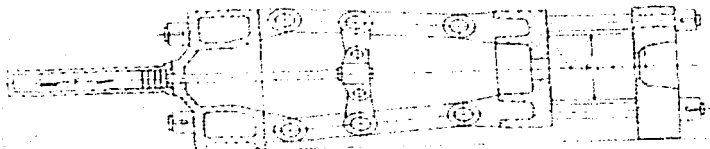


Figura 3.5 Sección longitudinal de un grupo de cierre de moldes con doble rodillera (del tipo a cuatro puntos de unión), accionado por cilindro hidráulico.

Sin embargo, es importante señalar que el sistema de doble rodillera es más costoso que el tipo de rodillera simple, pues tiene un mayor número de bielas y, además, la cabeza de moldes y la platina móvil resultan más complejas y costosas.

La rodillera doble puede ser del tipo de cuatro puntos o de cinco puntos de unión. La rodillera doble de cinco puntos se está imponiendo sobre la de cuatro puntos debido a que ofrece la ventaja de que, bajo las mismas condiciones, tiene una longitud externa de 30% más corta.

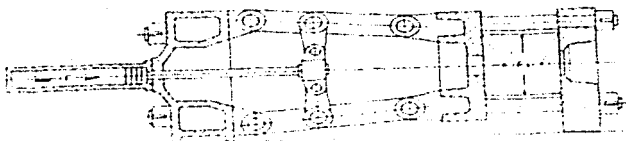


Figura 3.6 Sección longitudinal de un grupo de cierre de moldes con doble rodillera del tipo de cinco puntos.

Cierre por pistón hidráulico.

Comparado con el sistema por rodillera, el sistema por pistón resulta más lento, pero permite tener una carrera muy larga de la platina móvil, sin aumentar sustancialmente el costo del sistema. En este sistema, la platina móvil se acerca a la platina fija por medio de un pistón pequeño localizado en el centro del pistón principal o por medio de dos cilindros laterales al mismo pistón principal, todo esto con objeto de reducir el consumo de fluido hidráulico. La fuerza de cierre real es el propio empuje del pistón principal, si queremos conocer la fuerza de cierre, basta multiplicar el área de la sección del pistón por la presión del fluido hidráulico que actúa sobre el mismo pistón.

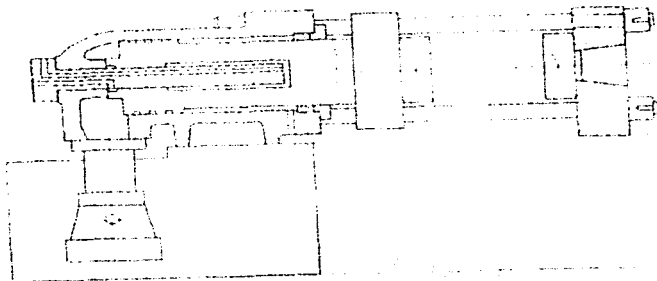


Figura 3.7 Sección longitudinal de un grupo de cierre de moldes tipo pistón.

Cierre hidromecánico o por pistón bloqueado.

En la figura 3.8 se ve el esquema de una prensa con cierre hidromecánico para una máquina de inyección. Se trata de un tipo que se usa preferentemente para máquinas grandes, en las que se puede obtener una carrera larga de la platina móvil sin aumentar notablemente el costo del sistema.

En este caso, la fase de acercamiento del molde se obtiene por medio de un pistón pequeño que actúa en el centro del pistón principal o mediante dos cilindros puestos lateralmente al mismo pistón principal, en tanto que la fase de cierre final (compresión) la proporciona el pistón grande o principal colocado sobre la platina móvil o sobre la cabeza de moldes.

Para este sistema, la fuerza de cierre también se determina multiplicando la sección transversal del pistón principal por la presión hidráulica del fluido.

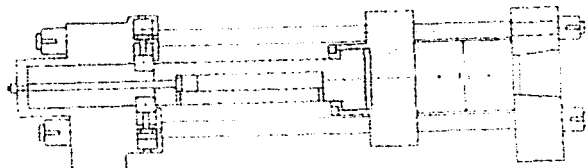


Figura 3.8 Sección longitudinal de un grupo de cierre de moldes del tipo hidromecánico o pistón bloqueado, usado normalmente en máquinas grandes.

Unidad de Inyección.

La unidad de inyección es la parte de la máquina que efectúa la alimentación, la plastificación y la inyección al molde del material termoplástico. En la figura 3.17 podemos ver que este grupo lo comprenden tres partes fundamentales:

- Cilindro de plastificación.
- Cabeza de inyección.
- Cilindro de inyección.

El cilindro de plastificación comprende el husillo (22), la boquilla (15) y las resistencias eléctricas (20) para el calentamiento del material termoplástico.

Del cilindro de plastificación, donde están insertados los termopares (21) parten los conductores que están conectados a los pirómetros, instalados en el gabinete del control eléctrico de la máquina. Los termopares controlan la temperatura del cilindro de plastificación, enviando la señal a los pirómetros.

Sobre la punta del husillo de plastificación, está instalada una válvula de no retorno que tiene como función impedir que el material se regrese a lo largo del husillo durante la fase de inyección.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

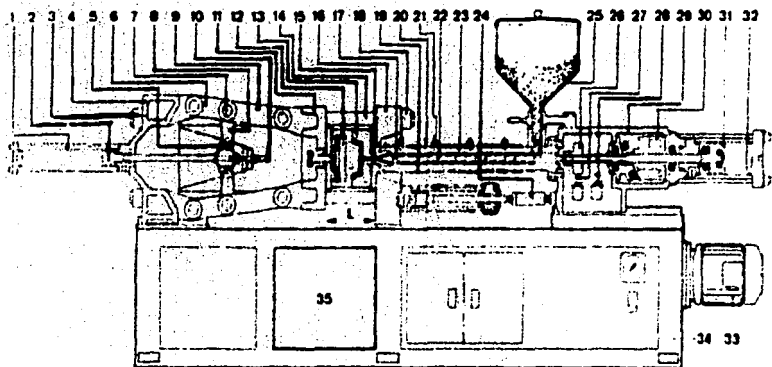


Figura 3.9 Sección longitudinal de una máquina de moldeo por inyección por husillo recíprocante del tipo doble rodillera. Nótese el molde cerrado y el husillo (22) en posición al final de la inyección. -1. Cilindro hidráulico del molde. -2. Pistón que actúa el cierre del molde. -3. Tuerca de la cabeza de moldes. -4. Cabeza de moldes. -5. Cabeza de cruz. -6. biela corta. -7. Perno. -8. Leva de empuje. -9. Biela larga. -10. Botador de expulsión de las piezas. -11. Platina móvil. -12. Medio molde móvil. -13. Medio molde fijo. -14. Columna. -15. Boquilla libre. -16. Platina fija. -17. Válvula antirretorno. -18. Tuerca de la platina fija. -19. Cilindro para accionar el movimiento del grupo de inyección. -20. Resistencia de calentamiento del cilindro de plastificación. -21. Termopar. -22. Husillo de plastificación. -23. Cilindro de plastificación. -24. Tuerca para regulación de la posición de la boquilla. -25. Tolva. -26. Acoplamiento. -27. Interruptor de límite para accionar la segunda presión de inyección. -28. Interruptor de límite para actuar el término de la plastificación. -29. Cabeza de inyección. -30. Motor hidráulico para actuar la rotación del husillo. -31. Pistón de inyección. -32. Cilindro de inyección. -33. Motobomba del sistema hidráulico. -34. Bancada. -35. Abertura para recolectar las piezas moldeadas.

Generalmente el husillo empleado es del tipo universal, adecuado para trabajar con todos los materiales termoplásticos existentes en el mercado, con excepción del PVC rígido, para el cual debe sustituirse la válvula, el puntal y el asiento de la válvula por un puntal adecuado, que se muestra en la figura 3.10, debido a que esta resina debe ser expulsada completamente de la boquilla en cada ciclo para evitar su degradación térmica. Si algún material fundido queda estancado en esa zona, sufrirá una degradación con el consecuente moldeo de piezas defectuosas. Por este motivo el puntal del husillo debe tener la misma forma de la cámara de la boquilla.

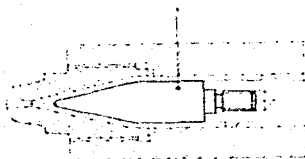


Figura 3.10 Puntal (1) montado en la punta del husillo usado para PVC rígido.

En algunos casos es necesario la construcción de husillos especiales con el fin de aumentar la productividad de la máquina o mejorar la plastificación del material, porque el husillo universal no puede dar el máximo rendimiento con todos los materiales de moldeo. La figura 3.11 muestra un husillo especial construido específicamente para el moldeo de PVC rígido.



Figura 3.11 Husillo con perfil especial diseñado para moldeo de PVC rígido.

Los cilindros de plastificación disponen de una serie de boquillas con las cuales se pueden inyectar todos los materiales termoplásticos existentes en el mercado y que pueden adaptarse a cualquier tipo de molde. La boquilla de la figura 3.12 (tipo C) es una boquilla de flujo libre (boquilla abierta). Este diseño se usa cuando la unidad de inyección permanece apoyada sobre el molde incluyendo la fase de plastificación. Sirve también para el moldeo de PVC rígido.



Figura 3.12 Boquilla libre "tipo C".

La cabeza de inyección une el cilindro de plastificación con el cilindro de plastificación con el cilindro hidráulico de inyección. En nuestro caso se incluye también el motor hidráulico (30) Fig. 3.9 que controla la rotación del husillo durante la fase de plastificación. Se trata de un motor con pistones axiales, coaxiales con el mismo husillo, con funcionamiento suave y silencioso.

El motor hidráulico está accionado por la bomba del sistema hidráulico de la máquina. Su velocidad de rotación y por lo tanto, la velocidad del husillo puede ser fácilmente regulada en forma continua de cero hasta la máxima. La máxima velocidad varía de 100 r.p.m. para las máquinas de gran capacidad, hasta 700 r.p.m. para las más pequeñas. La presión máxima de trabajo del sistema está normalmente comprendida entre 100 y 175 bar.

Algunos fabricantes utilizan para sus máquinas el motor hidráulico de capacidad variable, en el que el "par" (torque) es variable y la potencia constante. Con este tipo de motor se aumenta la versatilidad de la unidad de inyección, ya que se dispone de una unidad de plastificación que puede girar a elevada velocidad con bajo "par" (para materiales con mucha fluidez) o a baja velocidad con elevado "par" (para materiales muy viscosos o pocos fluidos).

Además, con el motor de capacidad variable se reduce el consumo de energía, ya que su variación de rotación no se efectúa con un regulador de flujo que descarga al tanque el aceite excedente de la bomba, sino que variando su desplazamiento se utiliza toda la capacidad de la bomba.

El cilindro hidráulico de inyección controla la fase de inyección por medio del pistón (31), o sea, la transferencia de material termoplástico de la cámara de inyección a la cavidad del molde. Esta fase, en la mayoría de los casos, se realiza en el menor tiempo posible, con el objetivo de evitar que el material termoplástico se solidifique antes de llenar completamente la cavidad del molde. Según la cantidad de material por inyectar, el tiempo total de inyección puede variar de unos pocos segundos, hasta algunas decenas de segundos.

La carrera de retorno del pistón de inyección y, por lo tanto del husillo, varía en función de la cantidad de material por inyectar. Naturalmente, se requerirá una carrera larga cuando deba inyectar el máximo volumen permitido por la capacidad de la máquina.

La variación de la carrera se obtiene moviendo en el momento oportuno el interruptor de límite (28) de la figura 3.9. En efecto, cuando el cople (26) acciona el interruptor de límite (28) se detiene la rotación del husillo y termina la fase de plastificación. En las máquinas más modernas con control de microprocesadores, el ajuste de la carrera se efectúa sobre el teclado del monitor de video.

La presión máxima de trabajo del cilindro de inyección está normalmente comprendida entre 100 y 175 bar. En algunos casos se usan presiones mayores, especialmente en las máquinas de gran capacidad.

El diámetro del pistón (31) se calcula de manera que pueda obtenerse una presión específica sobre el husillo mediano de 15 000 bar. La presión de inyección puede ser regulada mediante una válvula apropiada. Es importante considerar que la carrera de inyección se efectúa bajo dos diferentes valores de presión.

La primera presión (P1) actúa durante la fase de llenado del molde, que corresponde a cerca del 95% de la carrera de inyección. La segunda presión (P2) actúa en la parte final de la carrera y entra en función cuando el cople (26) acciona el interruptor de límite (27). A la segunda presión se le llama también pospresión de inyección o presión de sostenimiento, debido a que su propósito es mantener, durante la fase inicial del enfriamiento de la pieza en el molde, la presión sobre el material inyectado cuando el molde se ha llenado completamente, con objeto de evitar rechupes en la pieza y reducir en lo posible la contracción. Su valor es generalmente más bajo que el de la primera presión.

Sistema Hidráulico.

Durante una época, las máquinas de moldeo por inyección fueron accionadas por un sistema hidráulico en el cual se empleaba como fluido una emulsión de aceite (mezcla de agua y aceite). La unidad de compresión incluía una bomba, normalmente de tres pistones, que alimentaba un acumulador hidroneumático o por gravedad.

El movimiento de los componentes de la máquina se obtenía alimentando los cilindros actuadores por medio del acumulador, a través de unos distribuidores. Como consecuencia el movimiento de los pistones se efectuaba a alta presión durante toda la carrera, con un elevado consumo de energía.

En las máquinas hidráulicas modernas, autónomas, el movimiento de los pistones se efectúa a baja presión, durante la fase de acercamiento, obteniendo un notable ahorro de energía. Es oportuno mencionar que en los sistemas antiguos una unidad de compresión alimentaba a varias máquinas, lo que provocaba serios inconvenientes cuando se tenían fallas en el sistema hidráulico.

Los sistemas de este tipo han sido gradualmente sustituidos por máquinas hidráulicas autónomas que utilizan aceite mineral. La adopción de los sistemas hidráulicos integrados ha permitido fabricar máquinas más rápidas, con funcionamiento silencioso, más fáciles de instalar y manejo más práctico.

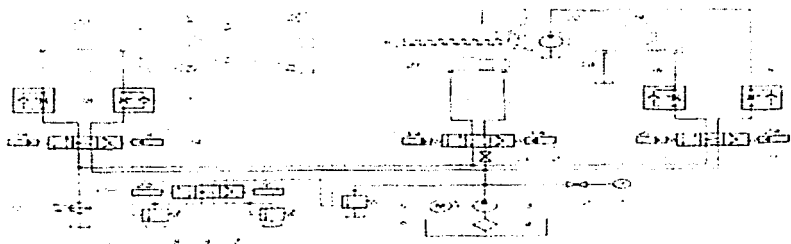


Figura 3.13 Diagrama de un sistema hidráulico convencional en una máquina de moldeo por inyección con doble rodillera.

En la figura 3.13 se muestra el sistema hidráulico de una máquina de moldeo por inyección, con husillo reciprocante equipada con doble rodillera. El funcionamiento de este sistema se puede sintetizar como sigue:

La bomba (3) succiona el aceite del tanque a través del filtro(4) y lo envía a los distribuidores (11), (12) y (14), los cuales actúan mediante señales eléctricas los respectivos cilindros.

La máxima presión del sistema esta controlada por la válvula (6), mientras que la válvula (7) y (9) controlan respectivamente, la baja presión de cierre del molde y la segunda presión de inyección o pospresión de inyección.

Los reguladores de flujo (17) y (18) tienen la función de controlar la velocidad de cierre y apertura del molde, mientras que el control de la velocidad de rotación del husillo y la velocidad de inyección se realiza mediante los reguladores (15) y (16).

La velocidad de traslación de la unidad de inyección se regula mediante la válvula (13).

El enfriamiento de aceite en circulación se hace por medio del intercambiador de calor (10), normalmente del tipo de tubos con circulación de agua fría. El aceite de retorno, antes de llegar al tanque, pasa por el intercambiador de calor.

Como se ve en la figura 3.13, también se tiene: (1) manómetro para el control de la presión del sistema; (2) válvula de exclusión del manómetro; (5) motor eléctrico que acciona la bomba; (19) cilindro de inyección; (20) motor hidráulico del husillo; (21) cilindro para mover la unidad de inyección; (22) cilindro que controla el movimiento de la rodillera para el cierre y apertura del molde.

Sistema hidráulico con control proporcional.

Las máquinas para inyección más modernas están equipadas con sistema hidráulico con válvulas proporcionales para el control tanto de las presiones como de la velocidad. Se trata de válvulas reguladas eléctricamente, instaladas en la línea de presión de la bomba donde controlan el flujo y la presión del aceite.

Estas válvulas permiten simplificar notoriamente el sistema hidráulico ya que eliminan los reguladores de flujo y de presión; además, la selección de los valores de velocidad y de presión del ciclo de la máquina resulta simplificadas, ya que se efectúan directamente en el display de control.

A continuación señalamos las ventajas importantes que se obtiene al usar válvulas proporcionales:

- Simplificación del sistema hidráulico; se elimina aproximadamente el 50% de tubería, lo que representa una mayor confiabilidad y un equipo más compacto.
- Funcionamiento más suave y silenciosos de la máquina.
- Disminución hasta de un 40% del consumo de agua para el enfriamiento del aceite.
- Selección de los valores de velocidad y presión más rápida y sencilla, ya que se efectúa en forma digital directamente sobre el tablero de mando de la máquina.

Sistema Eléctrico.

Las máquinas de moldeo por inyección están equipadas con un sistema eléctrico que sirve para controlar el funcionamiento automático del proceso, la temperatura del cilindro de plastificación y el motor eléctrico, así como los dispositivos especiales que eventualmente requiera la máquina.

El sistema puede estar instalado en la base de las máquinas o en un gabinete separado de la máquina. La máquina tiene un tablero de control con selectores y botones de operación que sirven para el ajuste inicial ya sea para el montaje del molde o para el funcionamiento manual de la misma. Sobre este control se encuentra normalmente el selector para el funcionamiento manual, semiautomático y automático, los controles para el arranque y paro del motor eléctrico, que acciona la bomba hidráulica, así como el selector para el funcionamiento en ciclo manual del extractor hidráulico y de los pistones radiales montados sobre el molde.

Sistema eléctrico para el control automático.

El sistema eléctrico para el control automático está compuesto de dispositivos eléctricos que sirven para hacer funcionar automáticamente la máquina. Éstos se encuentran en parte en el gabinete de control eléctrico (relevadores, temporizadores, retardadores, controles de tiempo) y otros más sobre la máquina (interruptores de límite, botones de control, sensores de proximidad).

La secuencia de las fases que componen el ciclo de funcionamiento está controlada por el movimiento de la máquina mediante el accionamiento de interruptores eléctricos de límite y sensores de proximidad, que a su vez accionan a los relevadores y los controles de tiempo (temporizadores) instalados dentro del gabinete de control, mientras que el control de tiempo de inyección y del tiempo de cierre de molde, se ejecutan con temporizadores montados en el frente del mismo gabinete.

Cuando la máquina trabaja en ciclo automático, el inicio del ciclo siguiente está ordenado por un interruptor de límite instalado en la unidad de moldes, o por medio de un temporizador cuando es necesario detener por pocos segundos la platina móvil en posición abierta para permitir que la pieza moldeada caiga libremente del molde, evitando que sea atrapada al cerrar éste.

En las máquinas de moldeo por inyección más modernas se tiene una mayor difusión del uso de los controles automáticos por microprocesadores, los cuales representan la ventaja de una vida útil mayor con respecto a los controles electromecánicos tradicionales, gracias al hecho de que sus componentes no están sujetos a movimientos ni desgastes.

Además, los controles de estado sólido tienen las respuestas o tiempos de reacción más rápidos y la precisión de los temporizadores electrónicos son superiores a los de tipo mecánico. Obviamente, el resultado es un incremento en la productividad de la máquina, en especial cuando se trabaja con ciclos rápidos.

Sistema eléctrico para el control de calentamiento del cilindro de plastificación.

El cilindro se calienta por medio de resistencias eléctricas tipo banda colocadas sobre su superficie externa. Con relación a la longitud del cilindro de plastificación, los grupos de resistencias pueden variar de dos para las máquinas pequeñas, a ocho grupos para las máquinas grandes. Cada grupo está controlado por un termostato o pirómetro conectado a un termostato insertado en el cilindro.

El sistema de regulación asegura una temperatura constante del cilindro al nivel fijado en el termostato. La conexión del sistema de calentamiento se efectúa por medio de un interruptor, el cual a su vez activa los contactores que alimentan a las resistencias eléctricas.

Alcanzada la temperatura prefijada, el circuito se desconecta y se vuelve a conectar cuando apenas ha descendido 1°C abajo del límite prefijado. Para este tipo de circuito también pueden emplearse controles de estado sólido, más costosos pero que ofrecen algunas ventajas como son:

- La conexión y desconexión de las resistencias de calentamiento se realiza en el instante en que la tensión de la red es igual a cero y por lo tanto se elimina cualquier tipo de disturbio
- Mayor vida de las resistencias porque reciben menos choques térmicos, gracias a que los intervalos de conexión y desconexión son más cortos.
- Duración ilimitada de los componentes de potencia debido a que no tienen desgaste mecánico.

En las máquinas de control de microprocesadores el control de calefacción normalmente esta integrado al sistema y se selecciona la temperatura deseada en el monitor del panel de control.

3.3. Introducción al Mantenimiento Preventivo y Correctivo.

El mantenimiento de maquinaria, equipo e instalaciones, en la mayoría de las industrias no se le daba la importancia que requiere. Se le consideraba una actividad que nada más se encargaba de solucionar problemas después de que estos se presentaban, como vulgarmente se dice era un departamento "apaga fuegos".

Se le consideraba un departamento que no era clave en la operación de las empresas, pero con el tiempo se dieron cuenta que el mantenimiento influía en gran medida en la operación, y lo hacía aumentando o disminuyendo la producción.

Esto es fácil de ver, ya que si tenemos todos nuestros equipos, maquinarias e instalaciones en perfectas condiciones, la interrupción de la producción es casi nula, y por lo tanto el cumplimiento y la capacidad de la empresa va a estar muy cerca del 100%.

Más sin embargo si tenemos nuestros equipos, maquinarias e instalaciones en malas condiciones, las interrupciones van a ser frecuentes y por lo tanto nuestra capacidad y cumplimiento se ven disminuidos, y esto se ve reflejado en la pérdida de ventas o lo que es lo mismo de ganancias.

Pero para tener un mantenimiento que no solo solucione problemas cuando estos ocurren sino que también los prevenga se debe diseñar, implantar y mantener un programa de Mantenimiento Preventivo, el cual se describe a través de este capítulo.

3.3.1 Mantenimiento Preventivo.

Para poder hablar del mantenimiento preventivo, primero tenemos que definir al mantenimiento:

"Son acciones tomadas para mantener un equipo en condiciones óptimas de funcionamiento a un bajo costo".

Ahora que ya sabemos que es el mantenimiento, veremos una división muy común del mismo, del cual se desprende el mantenimiento preventivo.

1. **Mantenimiento Correctivo.** Son acciones tomadas para reparar o solucionar una falla de un equipo, para mantenerlo en óptimas condiciones.
2. **Mantenimiento Preventivo.** Actividades planeadas con anticipación para proteger de alguna falla al equipo, así como para alargar su vida útil.
3. **Mantenimiento Predictivo.** Actividades tomadas para predecir el tiempo ideal de hacer un mantenimiento preventivo, y así evitar un mantenimiento correctivo.

Como habia mencionado con anterioridad nuestro programa se enfocara principalmente al Mantenimiento Preventivo, pero que quede muy claro que nunca nos podemos olvidar del Mantenimiento Correctivo, ya que por muy eficaz que sea el MP, el MC siempre va a estar presente aunque en menor medida.

3.3.2 Programa de Mantenimiento Preventivo.

Ahora abordaremos de lleno la descripción del programa de MP y hablaremos de las ventajas, actividades y necesidades que trae consigo este programa.

Un programa de MP tiene como actividades básicas las siguientes:

- 1) Inspección periódica de los activos y del equipo de planta, para descubrir las condiciones que conducen a paros imprevistos de producción o depreciación perjudicial.
- 2) Conservar la planta para anular dichos aspectos o adaptarlos o repararlos, cuando se encuentren aún en una etapa incipiente.

A simple vista se ve fácil abarcar los dos puntos anteriores, pero no lo es; a continuación se describirá en forma básica los pasos del programa de MP, que tiene como función cubrir los puntos antes mencionados.

- a) **Identificar las máquinas, equipos e instalaciones críticas de la planta.**
Para saber si es crítica o no, solo se debe preguntar: ¿Sin este equipo, maquinaria o instalación puedo producir sin problemas?
- b) **Desarrollar un plan de mantenimiento.**
Elaborar en conjunto con su personal el plan de mantenimiento para cada maquinaria y/o equipo de la planta y recabar los siguientes datos:
 - ⊙ Nombre del equipo o maquinaria
 - ⊙ Parte del equipo o maquinaria
 - ⊙ Actividad del mantenimiento
 - ⊙ Periodicidad del mantenimientoLos planes de mantenimiento se diseñan basándose en conocimientos adquiridos a través de la experiencia, de manuales, planos e información proporcionadas por el fabricante del equipo.
- c) **Registro.**
Tanto la maquinaria, equipo e instalaciones identificados, como sus planes de mantenimiento deben de documentarse y registrarse en alguna herramienta de administración, ya sea en un software o programa de computadora diseñado especialmente para esta función, o llevando un control impreso del programa.
- d) **Aviso de inicio.**
Se da una copia controlada de los planes de Mantenimiento a las áreas involucradas y se les menciona por escrito la fecha de arranque del programa.
- e) **Emisión de ordenes de Trabajo.**
Se emiten las ordenes de trabajo para cada plan de mantenimiento, en el cual se indica la periodicidad en que se debe de realizar su ejecución y solicita las refacciones necesarias para la misma y enviar programa de actividades a asesores de producción.

Así pues observamos que es más complicado llevar a cabo un Programa de Mantenimiento Preventivo, de lo que parece a primera impresión.

3.3.3 Ventajas del Programa de MP

Todavía habrá algunos incrédulos que no creen que es necesario tanto control en el mantenimiento por lo que enseguida se mencionan las principales ventajas que produce el MP a quienes lo usan:

1. Disminuye el tiempo ocioso, en relación con todo lo que se refiere a economías y beneficios para los clientes, debido a menos paros imprevistos.
2. Aminoran los pagos por tiempo extra de los trabajadores de mantenimiento en ajustes ordinarios y en reparaciones de paros imprevistos.
3. Menor número de reparaciones en gran escala y menor número de reparaciones repetitivas, por lo tanto, menor acumulación de la fuerza de trabajo de mantenimiento y del equipo.
4. Los costos de reparación de los desperfectos sencillos realizadas antes de los paros imprevistos son menores, debido a la menor fuerza de trabajo, a las pocas técnicas empleadas y a la menor cantidad de partes que se necesitan para los paros planeados, en relación con los no previstos.
5. Menor número de productos rechazados, menos desperdicios, mejor control de calidad, debido a la correcta adaptación del equipo
6. Aplazamiento o reducción de los desembolsos por reemplazo prematuro de planta o equipo, debido a la mejor conservación de los activos e incremento de la vida probable.
7. Menor necesidad de equipo en operación, reduciendo con ello la inversión de capital.
8. Reducción de los costos de mantenimiento, de mano de obra y de materiales, para las partidas de activos que se encuentran en el programa.
9. Identificación de las partidas con los altos costos de mantenimiento, lo cual lleva a investigar y corregir causas como:
 - a) Aplicación inadecuada.
 - b) Abuso del operador.
 - c) Obsolescencia.
10. Cambio del mantenimiento deficiente de "paros" a mantenimiento programado menos costoso, con lo que se logra mejor control del trabajo.
11. Mejor control de refacciones, lo cual nos lleva a tener un inventario mínimo.
12. Mejores relaciones industriales, por que los trabajadores de producción no sufren detenciones involuntarias o pérdidas de las bonificaciones por incentivos provenientes de los paros imprevistos.
13. Mayor seguridad para los trabajadores y mejor protección para la planta, lo cual conduce a una compensación más alta y menores costos de seguro.
14. Menor costo unitario de producción.

El MP se puede implantar en cualquier industria, ya sea pequeña o grande, siempre obtendremos beneficios. El MP funciona en las industrias por procesos, ya sea que trabajen por ordenes o que tengan operaciones continuas las 24 horas del día. Funciona en talleres o en líneas de producción, o en operaciones de flujo continuo. Nadie queda excluido de sus beneficios.

Como se puede ver a lo largo del capítulo son varias las actividades a realizar y varias las áreas relacionadas con el programa. Como por ejemplo producción, compras, almacén de refacciones, etc.

Por lo que el MP no es una medicina que cure el tiempo muerto o los altos costos de mantenimiento solo. Hay otras funciones de mantenimiento y de otras áreas con las que el MP debe integrarse para lograr un programa eficiente de mantenimiento de la planta.

A continuación se mencionan algunas funciones relacionadas con el MP:

1. Un buen sistema administrativo.
2. Trabajo de planeación y programación (de la producción y del mantenimiento)
3. Capacitación
4. Medición del trabajo (estandarización)
5. Informes de control.
6. Talleres y herramientas adecuadas.
7. Adquisición de refacciones.

Por lo anterior es necesario adaptar el programa de MP a un sistema de calidad que nos garantice que el programa y todas las áreas relacionadas al mismo, funcionen de manera efectiva y acorde a normas de calidad internacionales como son las normas ISO. Con esto no solo se gana un sistema que nos administre el MP, sino que se gana el reconocimiento internacional de un organismo tan importante como lo es ISO.

Capítulo 4 Gestión de la Calidad en el Mantenimiento Preventivo y Correctivo en una máquina inyectora.

4.1 Aplicación de las herramientas de la calidad en el mantenimiento preventivo.

A continuación se elabora un programa de mantenimiento preventivo con la ayuda de las herramientas de la calidad. Un programa de MP tiene como actividades básicas la inspección periódica de los activos y del equipo de planta, para revelar problemas en estos mismos; y al momento de detectar estos síntomas programar un MP para anular una posible falla mayor que repercutiría en paros mayores o depreciación perjudicial de los equipos.

A continuación desarrollaremos los pasos del programa de MP, que tiene como función cubrir los puntos mencionados en el párrafo anterior.

- A) Identificar las máquinas, equipos e instalaciones críticas de la planta para que funcione una máquina inyectora de PVC. Para que funcione una máquina inyectora es indispensable que tenga alimentación de energía eléctrica, en la mayoría de las inyectoras trabajan con dos voltajes de entrada: a 440 V y 220 V, por lo tanto es indispensable que la subestación eléctrica este trabajando en buenas condiciones. En algunas inyectoras es necesario que este conectada una toma de aire y esto depende de la pieza que se este produciendo por lo tanto se necesitara un compresor en buenas condiciones. Otro factor que es indispensable para obtener un tiempo óptimo de producción es el agua de enfriamiento de la pieza ya que a menor temperatura del agua menor será el tiempo que se utilizará para este paso por lo que es recomendable utilizar un sistema de enfriamiento del agua eficiente.
- B) Desarrollar un plan de mantenimiento. En la mayoría de las máquinas inyectoras vienen acompañadas por un manual de mantenimiento en el cual se definen los tiempos en los cuales se deben de hacer ciertas actividades y los cuales son proporcionados por el fabricante. En estos se aconsejan pruebas a los equipos de seguridad de la máquina cada ocho horas, lubricación semanal de las guías o revisión de los niveles del aceite de lubricación, revisión semestral del aceite hidráulico para evitar contaminación con agua o polvo, revisión anual del motor y bombas hidráulicas, cada dos años se deben cambiar los rodamientos del motor principal. Todas estas actividades se reúnen cada año en un mantenimiento preventivo mayor en donde se atacan los principales problemas que se tuvo con la inyectora en cuanto al mantenimiento correctivo y a una inspección previa de la inyectora con el fin de detectar anomalías en su funcionamiento. Para la inspección previa es recomendable hacerla en conjunto con el departamento de producción ya que son ellos los que día a día trabajan con la máquina. Con lo que respecta al mantenimiento correctivo es importante tener un archivo de todos los trabajos realizados en la inyectora con el fin de tener una perspectiva más amplia respecto a las reparaciones y estas deben de estar establecidas en las ordenes de reparación realizadas.
- Es importante planear con anticipación un mantenimiento preventivo con el fin de que se tengan todas las refacciones a la mano y no se dejen trabajos a la mitad o reparaciones defectuosas que a largo plazo repercutirán en paros imprevistos de la inyectora.

Se debe tener una comunicación con el almacén de refacciones para la lista de refacciones existentes y lo que no se tenga en el almacén se debe de pedir al departamento de compras con tiempo suficiente de anticipación para que se puedan proveer todas las refacciones requeridas para el mantenimiento preventivo mayor.

A continuación se verán los pasos para llevar a cabo un mantenimiento preventivo según los manuales de mantenimiento de Máquinas de Inyección marca Engel.

Mantenimiento General Preventivo

Esta sección contiene la lubricación y las pautas para la inspección concernientes a la máquina. También incluye el servicio y la información de ajuste relacionada al control. El tiempo causado por mantenimiento correctivo puede ser evitado o minimizado al ser regularmente lubricada la máquina y al ser llevadas inspecciones periódicas del funcionamiento de la inyectora mencionadas en esta sección.

Mantenimiento Preventivo e inspecciones. Los siguientes párrafos incluyen el mantenimiento preventivo y los procedimientos de inspección, la frecuencia en que deberán ser llevadas a cabo y las acciones correctivas que pudieran ser necesarias.

Mantenimiento Diario e inspecciones. Los siguientes puntos deberán ser inspeccionados diario.

- a. Inspección visual de los switches limitadores para asegurar que los tornillos que los fijan no estén flojos y que estén funcionando correctamente.
- b. Checar el molde y apretar los tornillos del mismo si es necesario, también checar todas las mangueras y todos los accesorios del molde.
- c. Checar el nivel de aceite, y agregar en caso de ser necesario.
- d. Checar el funcionamiento de los seguros de la puerta del operador y de la puerta contraria al operador.
- e. Asegurarse que ningún cable, manguera u otro artefacto interfiera con la operación mecánica de la máquina.
- f. Cuando la máquina este operando, monitorear la temperatura del aceite hidráulico del tanque de aceite, si la temperatura siempre se eleva de más de 60 °C, se deberá parar la máquina e investigar la causa. También inspeccionar la máquina para detectar fugas de aceite.

Mantenimiento semanal e inspecciones. Las siguientes inspecciones deberán ser llevadas a cabo cada semana.

- a. Checar el acoplamiento de todos los accesorios y equipos auxiliares
- b. Checar el estado de los filtros de aire en el gabinete eléctrico.
- c. Checar los soportes de la máquina para detectar si la máquina se esta moviendo de su posición y evitar este arrastre de la máquina.

Mantenimiento mensual e inspecciones. Las siguientes inspecciones deberán ser llevadas a cabo cada mes.

- a. Checar la tensión de las barras para tener un record de esta medición.
- b. Checar el funcionamiento de la barra del molde,
- c. Checar el bloque de fusibles para asegurarse que los fusibles están ajustados y están haciendo buen contacto con el bloque.
- d. Examinar los switches de límites, así como su leva y su alineación.
- e. Checar el voltaje en el tap primario y secundario del transformador. Un bajo voltaje causará una mala operación de los relevadores y los solenoides.
- f. Checar las conexiones del motor. Un exceso de calor indica una conexión floja.
- g. Checar las terminales de las tarjetas para cables sueltos o flojos.
- h. Checar las resistencias térmicas para asegurar que están ajustadas al barril. La expansión y contracción de las resistencias debido al calor y al enfriamiento tiende a aflojar las resistencias. Una resistencia floja reduce su conducción de calor hacia el barril, resultando en una baja eficiencia.
- i. Checar el reten del tornillo alimentador, asegurando que este ajustado.

Mantenimiento trimestral e inspecciones. Las siguientes inspecciones deberán ser llevadas a cabo cada tres meses.

- a. Checar cuidadosamente todas las conexiones y el alambrado, poniendo atención en los componentes que están expuestos a movimientos bruscos, vibración u otros tipos de movimiento.
- b. Checar el aceite hidráulico para determinar su nivel de contaminación.
- c. Cambiar el filtro de aceite.
- d. Checar los respiraderos de aire del tanque de aceite hidráulico.

Mantenimiento semestral e inspecciones. Las siguientes inspecciones deberán ser ejecutadas cada seis meses.

- a. Checar todas las líneas de presión hidráulica.
- b. Cambiar los respiraderos de aire en el tanque de aceite hidráulico.
- c. Limpiar el intercambiador de calor.

Mantenimiento anual e inspecciones. La siguiente inspección deberá ser realizada cada doce meses. Después de completar cualquier ajuste mecánico, se recomienda checar las otras mediciones de la máquina para evitar que exista algún cambio en las medidas y esto ocasiona problemas con la máquina.

- a. Checar el nivel de la máquina
- b. Soportes de los rodamientos de la platina móvil
- c. Paralelismo de las platinas
- d. Elongación de las barras.

Mantenimiento BIANUAL e inspecciones. El siguiente procedimiento de mantenimiento deberá ser ejecutado cada dos años.

- a. Cambiar la batería de la memoria de respaldo en el rack del PCA. La vida de servicio de la batería es de dos años.
- b. Cambiar los rodamientos de los motores y verificar su embobinado.

MÁQUINA

MODELO

MANTENIMIENTO PREVENTIVO:**DIARIO**

Switches limitadores

Molde

Nivel de aceite

Seguros de las puertas

Interferencia de cualquier objeto

Temperatura del aceite hidráulico

OK	Mal	Tornillos
Tornillos	Mangueras	Accesorios
OK	Mal	Agregar
OK	Mal	
Cable	Mangueras	Artefacto
60 °C	-60° C	°C

SEMANAL

Acoplamientos

Filtros de aire

Soportes de máquina

Accesorios	Equipos auxiliares
OK	Sucios
OK	Fuera posición

MENSUAL

Tensión de barras

Barra del molde

Fusibles

Switches de Limite

Transformador

Conexiones del motor

Tarjetas Electrónicas

Resistencias

OK	Mal	
OK	Mal	
OK	Mal	
Levas	Alineación	
Primario	Secundario	
OK	Mal	
OK	Mal	Cables
Conexiones	Ajustadas	

TRIMESTRAL

Conexiones y alambrado

Aceite Hidráulico

Filtro de aceite

Respiraderos de aire del tanque

OK	Mal
Limpio	Contaminado
Cambio	
OK	Mal

SEMESTRAL

Lineas de presión hidráulica

Respiraderos de aire del tanque

Intercambiador de calor

OK	Mal
Cambio	
Limpieza	

ANUAL

Nivelación de la máquina

Soportes de rodamientos de platinas

Paralelismo de las platinas

Elongación de las barras

OK	Mal
OK	Mal
OK	Mal
OK	Mal

BIANUAL

Batería de la Memoria de respaldo

Rodamientos de motores

Cambio	
Cambio	

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

En la página anterior se tiene el plan del mantenimiento bianual para una máquina inyectora, las inspecciones son importantes para poder planear un mantenimiento preventivo en base a las inspecciones y a las ordenes de reparación y saber que parte de la inyectora esta dando más problemas para enfocar la mayor parte del tiempo en solucionar las fallas más problemáticas.

- C) Registro Las ordenes de reparación, así como el plan de mantenimiento bianual se llenan y se archivan en cada file de cada máquina, para tener un record de lo que se le realiza a cada inyectora. Se puede llevar este registro por medio de programas de computadoras para mantenimiento
- D) Aviso de Inicio. Se programa el mantenimiento preventivo en una fecha en que ya se tengan todas las refacciones de acuerdo al departamento de compras, se tengan listo al personal que va a ejecutar las ordenes y se avisa a programación para que la máquina no tenga ordenes de producción críticas; También se le avisa a producción para que se tenga disponible la máquina y que se encuentre limpia para empezar a trabajar en ella el personal de mantenimiento y no pierda tiempo limpiándola o esperando a que desmonten el molde o todavía tenga material en la tolva.
- E) Emisión de ordenes de trabajo o reparación. Se emiten las ordenes para cada persona especializada de mantenimiento en donde se le indica la falla que se tiene que reparar, las refacciones que se pidieron y que ya están disponibles y el tiempo que se calcula para que se lleve a cabo esta orden. Se envían copias de todas estas ordenes a producción para que al terminar el mantenimiento preventivo le de el visto bueno a los trabajos realizados. Así mismo el supervisor de mantenimiento se encarga de comprobar que el área de trabajo quedo limpia y en perfectas condiciones para empezar a producir una vez que se ha terminado con el mantenimiento.

Diagrama de flujo

Un diagrama de flujo es tan solo una figura de un proceso que muestra la secuencia de etapas del mismo. Se elaboran mejor estos diagramas si se tiene al personal que interviene en el proceso: empleados supervisores, administradores y clientes.

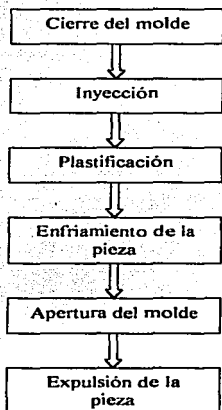


Figura 4.1 Diagrama de flujo del ciclo de trabajo de una máquina inyectora.

Este es un diagrama de flujo del ciclo de trabajo de una máquina inyectora en forma general donde se incluyen todos los pasos importantes, a cada paso del proceso a su vez se le puede hacer su diagrama de flujo particular, esto nos sirve para fines de capacitación o en casos especiales en que una falla no puede ser localizada con facilidad se recomienda acudir a los diagramas de flujo de los manuales para intentar localizar la falla.

Otro aspecto en el que se pueden usar los diagramas de flujo y que se mencionó en el capítulo 2 es para tomar en cuenta que los pasos del diagrama 4.1 indican las actividades más importantes y críticas que debe realizar la inyectora por lo que se le debe dar mucha importancia a estos para ser tomados en cuenta al momento de planear el MP.

Otra de las utilidades es para planear la forma de hacer un mantenimiento preventivo y su interrelación con los demás departamentos, para pedir refacciones con el de compras, las ordenes de reparación con el departamento de producción, los memorandums para solicitar cursos de capacitación al departamento de Recursos Humanos y también los memorandums para Programación para pedir máquinas que van a entrar a mantenimiento.

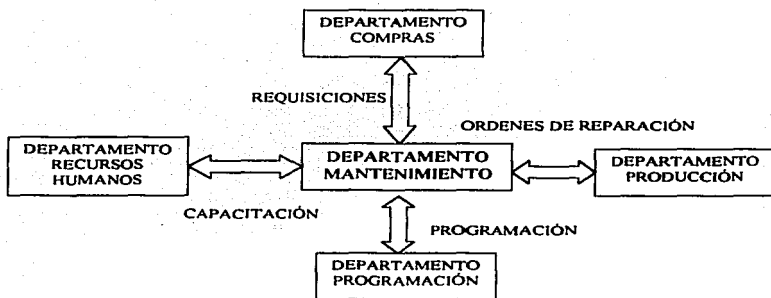


Figura 4.2 Diagrama de Flujo de la relación de mantenimiento con los demás departamentos de la compañía.

Todo esto debe llevar una secuencia para ir paso por paso haciendo la programación de las compras, las capacitaciones deben ser de acuerdo a los modelos de las máquinas que se tengan y sobre todo son muy importantes las actualizaciones de todo el personal de mantenimiento, producción y programación deben de estar de acuerdo con las fechas propuestas para el mantenimiento preventivo y en caso de tener una objeción debe de estar por escrito para poder hacer una reprogramación del mantenimiento.

Los diagramas de flujo también se pueden utilizar para hacer el flujo de trabajo de mantenimiento, se expresa en el diagrama la forma de trabajar, que reparaciones llevan prioridad y que otras son reparaciones secundarias.

Hoja de verificación.

Esta hoja de verificación es usada mucho en mantenimiento, con la diferencia que es llamada de otras formas, orden de trabajo, orden de servicio correctivo, orden de reparación. En este caso la llamaremos orden de reparación y la utilizaremos para reportar fallas que se presentan durante la corrida de producción. Esta orden de reparación nos indica muchos datos que no serán útiles para la planeación del MP, ya que nos indica la falla, el tipo de falla, si causa paro en la producción o si la falla se corrigió con la máquina operando.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A continuación tenemos una orden de reparación en la figura 4.3, la cual nos proporciona información referente al mantenimiento correctivo, pero que nos es muy útil en la planeación del mantenimiento preventivo.

ORDEN DE REPARACIÓN		FECHA	_____					
MÁQUINA	_____	No. ORDEN	_____					
HORA FALLA	_____	OPERADOR	_____					
TIPO FALLA	<table border="1"> <tr><td>ELÉCTRICA</td></tr> <tr><td>MECÁNICA</td></tr> <tr><td> HIDRÁULICA</td></tr> <tr><td> ELECTRÓNICA</td></tr> <tr><td> OTRAS</td></tr> </table>	ELÉCTRICA	MECÁNICA	HIDRÁULICA	ELECTRÓNICA	OTRAS	PARO:	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
ELÉCTRICA								
MECÁNICA								
HIDRÁULICA								
ELECTRÓNICA								
OTRAS								
FALLA	_____							
REFACCIONES	_____							
TRABAJO REALIZADO POR:	_____							
HORA DE INICIO:	_____	HORA DE TERMINO:	_____					
TIEMPO PARO TOTAL:	_____	Vo.Bo.:	_____					
		FECHA DE TERMINO	_____					

Figura 4.3 Orden de reparación.

Para llenar esta orden se le deben dar instrucciones precisas a los operadores y supervisores de producción, ya que su ayuda es muy importante para corregir las fallas, más rápido y de manera mas eficiente, ya que ellos están a diario batallando con estas y son capaces de detectar cualquier anomalía que estas presenten.

Para llenar esta orden de reparación se tiene que apuntar en primer lugar el nombre de la máquina, para poder archivar esta orden con la máquina correspondiente, luego la fecha de la falla, después sigue el número de la orden, este llevara un número consecutivo para llevar un control de las ordenes de reparación, la hora de la falla y el operador que detecto la falla, luego sigue el tipo de falla y en este punto es muy importante que el personal de mantenimiento corrobore que el tipo de falla sea el que se esta anotando, existen casos en los que el tipo de falla no corresponde con el trabajo que se realiza y esta información es importante para el MP, a continuación se da una lista de las distintas fallas y en que categoria se clasifican:

- Eléctrica: Fallas en motores, contactores, interruptores generales, fusibles de protección, relevadores de zonas de calentamiento, resistencias, amperímetros, electro válvulas, microswitches, transformadores de control.
- Mecánica: Desalineamiento del cañón, mala nivelación, vibración excesiva, fractura de alguna parte mecánica, fractura del husillo.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

- **Hidráulica:** Bombas hidráulicas, falta de aceite hidráulico, aceite sucio, mangueras rotas, filtro de aceite sucio, fallas de manómetros, fugas de aceite de válvulas hidráulicas, fugas de aceite de los pistones, falla de válvula principal.
- **Electrónica:** Tarjetas electrónicas, sensores de proximidad, falla del monitor, falla de la batería de la memoria de respaldo, falta de programa, error del ebias.
- **Otras:** Falta de agua, electricidad, mala operación, falta de molde, falla de instalación del molde, mala reparación anterior

Después se anota la falla, anomalía o situación en que se encuentra la máquina, luego se anotan las refacciones que se hayan usado para reparar la falla, esto nos sirve a llevar un registro para tener stock de refacciones en el almacén. Luego sigue el nombre del personal de mantenimiento que realiza la reparación, enseguida se anota la hora en que se empezó a reparar y la hora en que se terminó, se saca y se anota el tiempo paro total, se anota por ultimo quien acepta el trabajo terminado y la fecha.

Un punto importante es el relacionado a que si la reparación produce paro de la producción o la máquina sigue trabajando. En muchas ocasiones se trata de minimizar el tiempo paro haciendo reparaciones con la máquina trabajando y el personal de mantenimiento se expone a sufrir accidentes, por lo que es importante que los supervisores de producción y de mantenimiento le den prioridad a la gente.

La hoja de verificación u orden de reparación pertenece al mantenimiento correctivo, pero proporciona información para realizar el plan de trabajo del mantenimiento preventivo de la máquina, ya que indica las fallas más frecuentes y los puntos con los que no se han tenido problemas pero que no se pueden descuidar.

Histogramas.

Los histogramas se ocupan para representar la variación que presenta un proceso y podemos observar que comportamiento tiene esta variación. Se van a utilizar los datos de la siguiente tabla que representan el tiempo paro de una máquina inyectora en minutos para una falla de tipo eléctrica. Estos datos se obtuvieron por medio de las ordenes de reparación, en lo que se refiere al dato de tiempo paro total.

30	60	25	15	45	50	15
45	60	25	30	55	30	25
15	50	25	25	35	35	35
20	45	10	20	15	25	30
40	30	5	50	40	30	20

Figura 4.4 Datos para un histograma.

Con estos datos se obtienen la siguiente gráfica y se puede observar que existe una tendencia en los trabajos de mantenimiento.

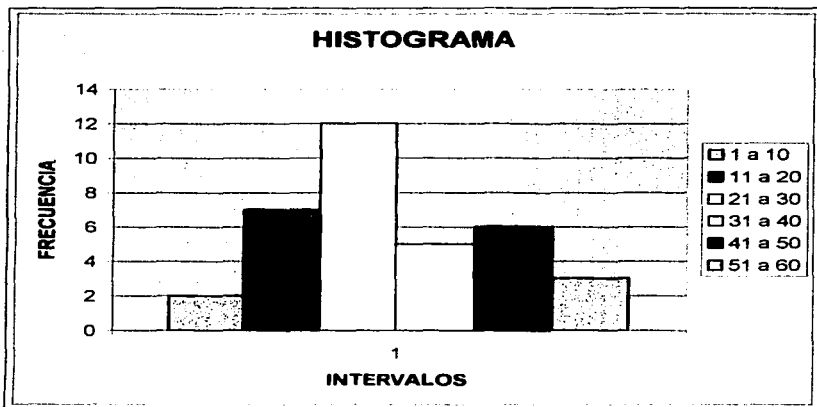


Figura 4.5 Histograma minutos paro de una falla eléctrica

Se puede observar una tendencia en el histograma en el cual el tiempo paro en minutos más significativo esta en un rango de 21 a 30 minutos, se puede tomar este dato para hacer un estándar del tiempo que se lleva en cada reparación y analizar el porque se toma más tiempo en algunas reparaciones y tomar medidas preventivas para evitar que el tiempo paro por mantenimiento correctivo, se eleve; ahora bien se deben analizar las reparaciones que se llevan más de 60 minutos para que en el mantenimiento preventivo se enfoque hacia estos problemas.

Diagrama de Pareto

Esta herramienta es útil en el análisis de costos, ya que nos determina los "vitales pocos" de los "triviales muchos", sirve para dar orientación en la selección de proyectos de mejora y nos permite observar los problemas más costosos o más importantes. Con la información que nos proporcionan los diagramas de Pareto es posible bajar los costos de las reparaciones y además nos permite bajar el tiempo paro de las máquinas inyectoras, lo que representa una mayor productividad.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tiempo paro causada por fallas

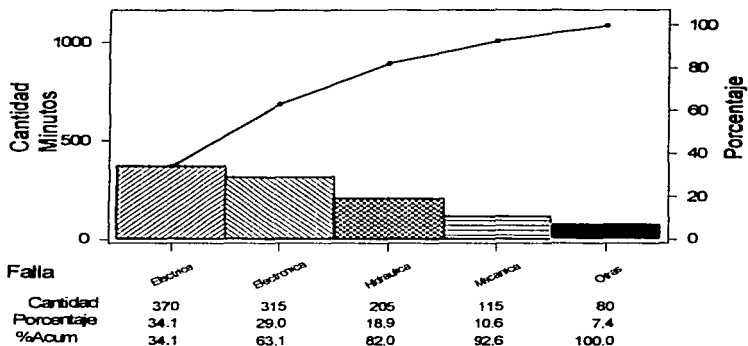


Figura 4.6 Diagrama de Pareto para tiempo paro causado por fallas.

Se puede observar que las fallas que causan más tiempo paro en esta máquina inyectora son las fallas eléctricas y las electrónicas para lo cual se pueden adoptar medidas de mejora como dar una mayor capacitación en estas dos áreas para el personal de mantenimiento, también se pueden tener mas refacciones en el almacén para agilizar las reparaciones o se puede programar un mantenimiento preventivo enfocado principalmente hacia estas dos áreas ya contando con el personal capacitado.

En el diagrama de Pareto se observa que entre las fallas eléctricas y electrónicas se tiene el 63% del tiempo paro de esta máquina inyectora por lo que se debe enfocar en la mejora de estas reparaciones u observar si fue una causa especial que provocó todo este tiempo. Suele suceder que ante la falla de un componente eléctrico o electrónico sea difícil el conseguirlo por medio del departamento de compras o bien el tiempo de entrega del proveedor es demasiado grande, por lo tanto la reparación tarda tanto. Así que se debe de tener previsto tener en stock las refacciones críticas mínimas para poder hacer reparaciones de este tipo o al menos tener el conocimiento de refacciones compatibles aunque no sean las originales.

Se puede observar en la grafica que las fallas eléctricas, electrónicas e hidráulicas suman el 82% del tiempo paro total.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Diagramas de Causa y Efecto

En mantenimiento es muy importante encontrar la causa de una falla para poder repararla, pero muchas veces no se da uno cuenta que al hacer una reparación, no se hace con calidad, sino que solamente se le ponen parches a la máquina para que pueda trabajar. Es importante llegar al fondo del problema para evitar estas reparaciones defectuosas que afectan el tiempo paro de la máquina. Los diagramas de causa y efecto pueden ayudar a resolver este tipo de problemas, vea los siguientes ejemplos.

En el diagrama de la figura 4.7 se pueden observar las causas de una reparación defectuosa, estas causas comprenden métodos de trabajo, refacciones, personal, ambiente de trabajo.

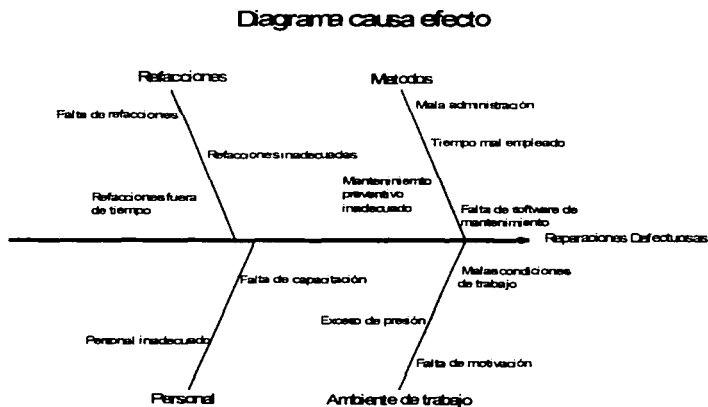


Figura 4.7 Diagrama Causa Efecto para reparaciones defectuosas.

En el diagrama de la figura 4.8 se tiene el efecto de un tiempo paro muy alto y las causas principales de este problema se deben al personal, refacciones, máquinas y administración.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Diagrama Causa Efecto

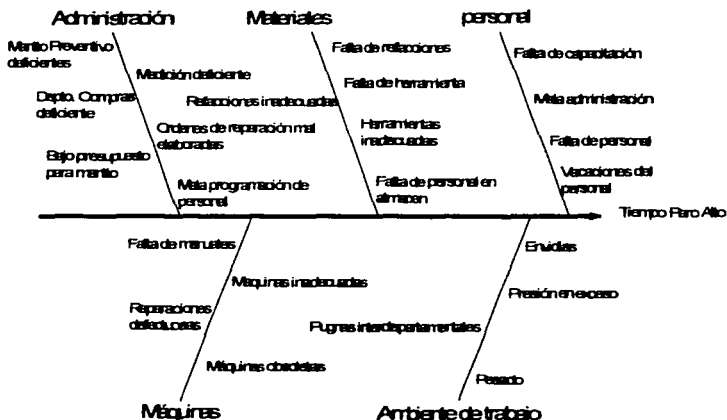


Figura 4.8 Diagrama Causa Efecto para tiempo paro alto.

Por medio de los diagramas de causa y efecto se obtienen las causas de los problemas, pero muchas veces estas no pueden arreglarse en el momento, por lo que deben ser programadas las reparaciones en el mantenimiento preventivo.

Otras causas deben ser resueltas por la alta gerencia, como tener un departamento de compras eficiente, tener una programación adecuada a cada máquina, tener un presupuesto adecuado para mantenimiento, una buena capacitación del personal de mantenimiento, otras causas están en manos del departamento de mantenimiento, como evitar el desperdicio de refacciones, de tiempo y evitar la depreciación de los equipos con malas reparaciones.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Diagramas de dispersión

Los diagramas de dispersión son el componente gráfico del análisis de regresión, a menudo indican relaciones importantes entre variables, como el porcentaje de un ingrediente en una aleación y su dureza, se tiene que una correlación es la relación existente entre dos elementos o más. Se tiene el siguiente ejemplo.

En el ejemplo se va a ver si existe correlación entre el presupuesto mensual asignado y el número de horas obtenidas por el tiempo paro total de todas las máquinas de cierta fábrica que tiene 10 máquinas inyectoras y cada máquina tiene 134.5 horas productivas por semana. El presupuesto fue el de todo un año.

	miles de pesos	horas paro			
	x	y	xy	x ²	y ²
Enero	65	120	7800	4225	14400
Febrero	55	135	7425	3025	18225
Marzo	77	100	7700	5929	10000
Abril	50	110	5500	2500	12100
Mayo	45	120	5400	2025	14400
Junio	55	115	6325	3025	13225
Julio	55	130	7150	3025	16900
Agosto	50	140	7000	2500	19600
Septiembre	50	160	8000	2500	25600
Octubre	80	110	8800	6400	12100
Noviembre	50	125	6250	2500	15625
Diciembre	80	95	7600	6400	9025
	712	1460	84950	44054	181200
	$\sum x$	$\sum y$	$\sum (xy)$	$\sum x^2$	$\sum y^2$

Figura 4.9 Tabla de datos para Diagrama de Dispersión.

Para conocer el tipo de correlación se utilizará el coeficiente de correlación de Pearson:

$$r = [N \sum(xy) - \sum x \sum y] / \{[N \sum x^2 - (\sum x)^2][N \sum y^2 - (\sum y)^2]\}^{1/2}$$

Donde N = No. de pares de datos

Si $r = 1$; la correlación es positiva y es máxima, es una recta

$r \rightarrow 1$; la correlación es positiva y es fuerte

$r \rightarrow 0$; la correlación es positiva y débil

$r = 0$; No hay correlación

$r = -1$; la correlación es negativa y es máxima

$r \rightarrow -1$; la correlación es negativa y es fuerte

$r \rightarrow 0$; la correlación es negativa y débil

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

y en este caso $N = 12$ y se puede obtener r .

$$r = .60$$

Se utiliza la ecuación de regresión $y = b x + a$ en donde:

$$b = [N \sum(xy) - \sum x \sum y] / [N \sum x^2 - (\sum x)^2]$$

$$a = [\sum x^2 \sum y - \sum x \sum(xy)] / [N \sum x^2 - (\sum x)^2]$$

Se obtienen los valores de a y b .

$$b = -0.927$$

$$a = 176.670$$

Se obtienen la ecuación y la grafica por medio del programa minitab:

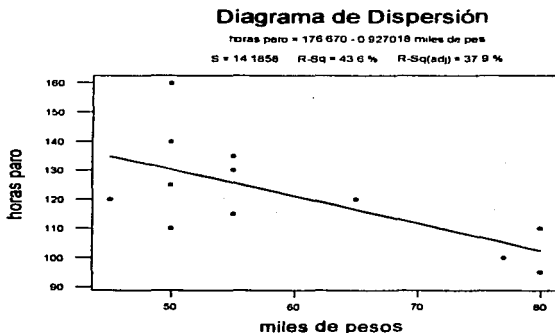


Figura 4.10 Diagrama de Dispersión.

Se obtuvo una correlación negativa, lo que indica que un incremento en x se relaciona con una disminución en y ; esto indica que si se aumenta el presupuesto del dinero para mantenimiento se podrá esperar que el nivel de horas paro disminuya.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Graficas de Control

Una grafica de control es una gráfica de tiempo a la que se le han agregado dos líneas horizontales conocidas como límites de control; Límite de control superior (LCS) y límite de control inferior (LCI). Los límites de control facilitan la interpretación de los patrones de una grafica de tiempo y la obtención de conclusiones sobre el estado de control.

Existen dos tipos de graficas de control: La primera grafica de control toma en cuenta las variables medibles, que pueden ser características del producto o variables cuantitativas; el segundo tipo de graficas de control se basan en los atributos, los cuales son características inherentes al producto y que no son medibles como textura, color, etc.,son características cuantitativas.

En el siguiente ejemplo se toma el tiempo paro de una máquina inyectora 3 semanas antes de que se aplique un mantenimiento preventivo y también se toma el tiempo paro tres semanas después del mismo. Se tiene una meta de tiempo paro del 3% lo que indica que por día solo se tiene 0.72 hora o 43 minutos de tiempo paro permitido para estar dentro de este margen.

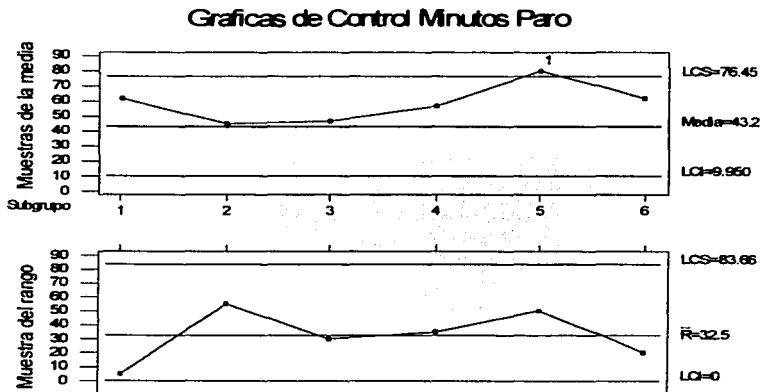


Figura 4.11 Grafica de Control Minutos Paro antes de un mantenimiento preventivo.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

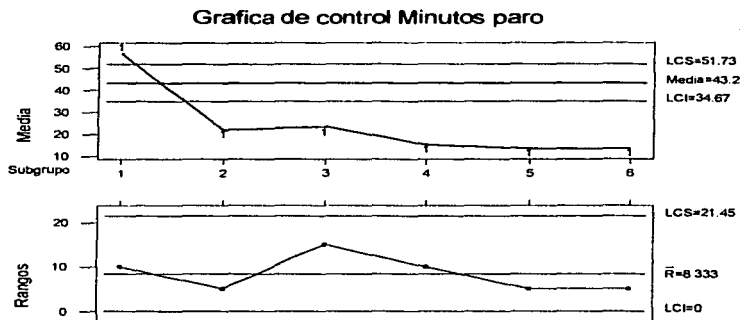


Figura 4.12 Grafica de Control después de un mantenimiento preventivo.

En este ejemplo se ve una disminución notable en los minutos paro de esta máquina inyectora después de que se le aplico un mantenimiento preventivo, la razón del mantenimiento preventivo, es esta, la de acortar el tiempo paro correctivo y que la máquina trabaje sin interrupciones que afecten la producción.

En el siguiente ejemplo se tienen los resultados de una planta en general respecto al tiempo paro total en un lapso de 10 semanas, con un total de 10 máquinas inyectoras y se trata de obtener un tiempo paro del 3 %. Por semana es posible tener hasta 40.35 horas de tiempo paro por todas las máquinas.

Figura 4.13 Tabla de datos horas paro por semana

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
56	43	35	67	36	32
32	50	36	56	45	34
39	39	38	23	42	43
37	36	46	36	46	30
50	35	76	20	40	35
65	31	15	25	35	38
32	29	23	16	39	36
34	45	36	18	18	37
29	40	39	36	56	35
40	29	68	35	23	40

Grafica de control Hora paro

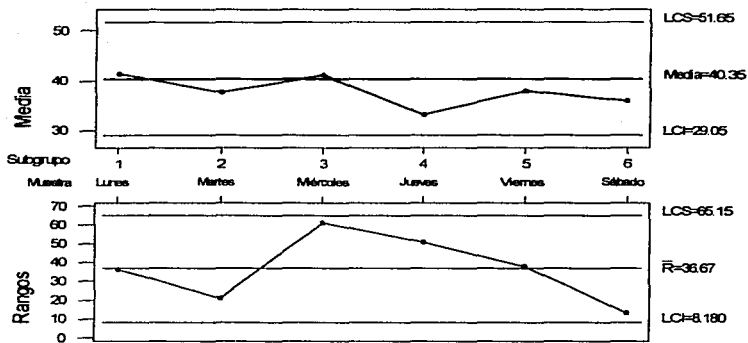


Figura 4.14 Grafica de control para el tiempo paro.

En esta ultima grafica se ve que el tiempo paro en esta planta esta controlado, encontrándose que los días más problemáticos son los lunes, cuando se tiene el arranque de producción y después en los demás días va disminuyendo el nivel de tiempo paro.

Para poder hacer un programa de mantenimiento preventivo, muchas veces se les pone peros al mismo, con las herramientas de la calidad se tienen argumentos suficientes para establecer las fallas y poder hacer reparaciones bien hechas, además de tener información documentada para poder cumplir las normas de ISO en las cuales se pueden establecer procedimientos para realizar mantenimientos preventivos.

Joseph M Juran en su libro "Manual de Control de Calidad" da una referencia del mantenimiento preventivo: "En general, se reconoce que es fundamental mantener el equipo en condiciones, pero las presiones de la producción pueden provocar demoras en los programas de mantenimiento preventivo. A veces la demora es indefinida, los equipos se averían y el mantenimiento se convierte de preventivo en correctivo. La planificación debe determinar con que frecuencia es necesario ese mantenimiento, que forma debe tomar, como debe auditarse el proceso para garantizar que se sigue el programa de mantenimiento preventivo. En el caso de objeciones al plan propuesto en razón del elevado costo, los datos del costo de la baja calidad del proceso pueden ayudar a justificarlo."

Conclusiones

Para tener una certificación ISO es necesario tener documentados los procesos, tener información verídica y también tener métodos de mejora en todos los aspectos de la producción, en este trabajo se intenta dar un enfoque a la administración de los mantenimientos preventivos y correctivos utilizando las siete herramientas de la calidad y programas de análisis estadístico como minitab y hojas de calculo como Excel para obtener mejoras económicas, obtener los resultados propuestos en los procesos, como tiempo paro, nivel de servicio; así como también para evitar la depreciación de los equipos y de los activos.

Un punto importante de la calidad es que los productos tengan muy poca variabilidad entre ellos, para obtener esta pequeña diferencia entre ellos, es necesario tener las maquinas en optimas condiciones, ya que si una maquina no presenta un funcionamiento estable, no se puede esperar de ella que entregue una producción sin variaciones.

Otro punto importante es el de las reparaciones hechas con calidad, no se puede esperar calidad en un producto si las reparaciones a las máquinas inyectora no tienen calidad, entendiéndose por calidad el satisfacer las necesidades del cliente, que en este caso, es el departamento de producción, un cliente interno, y del cual debemos saber sus necesidades para poder entregarle trabajos con calidad.

Una de las metas de ISO es la mejora continua, por lo tanto usando las herramientas podemos detectar fallas en los métodos de trabajo, en el personal, o en la administración del mantenimiento y esto provoca altos costos, por lo que siempre el departamento de mantenimiento debe de estar buscando la eficiencia, que es la relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados.

Así mismo se debe de buscar la eficacia, que es la extensión en la que se realizan las actividades planificadas y se alcanzan los resultados planificados, por medio de las herramientas de calidad se pueden alcanzar estas metas.

Para lograr hacer un buen trabajo de mantenimiento, no solo es necesario tener un buen plan, también se necesita tener una organización en la cual se forme un equipo de trabajo competitivo y se tenga la comunicación necesaria entre todos los departamentos para alcanzar las metas no solo de cada departamento sino de la empresa en general, ya que esto traerá beneficios a todos los que conforman la empresa.

Bibliografía

"Manual de Control de Calidad" Juran J.M., Gryna Frank M.. Ed. McGraw Hill

"La inyección en forma breve y sucinta" Mannesmann Demag Kunststofftechnik, 1ª. Edición, 10/97

"Moldes y Máquinas de inyección para la transformación de plásticos" Bodini Gianni, Cacchi Pessani Franco, Negri Bossi, Ed. McGraw Hill, Tomo I,II, segunda edición.

"Administración y control de la calidad" Evans James R., Lindsay William M.,International Thomson Editores, cuarta edición.

"Sistemas de gestión de la calidad, fundamentos y vocabulario" Norma Mexicana IMNC, ISO 9000:2000 COPANT/ISO 9000-2000, NMC-CC-9000-IMNC-2000.

"Descripción del proceso, mantenimiento y las partes generales de una máquina para la inyección de plásticos" Sandoval Partida Armando, 1999, Tesis de Licenciatura (Ingeniería Mecánica Eléctrica), Universidad Nacional Autónoma de México, FES-Cuautitlan.

"Programa de mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo en la industria farmacéutica" Puente Rojas, Bernardo, 2000, Tesis de Licenciatura (Ingeniería Mecánica Eléctrica), Universidad Nacional Autónoma de México, FES-Cuautitlan.