

45



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN.**

**“CONTROL DE PROCESO DE FRESADO DE
FALDA DE PISTONES DIESEL”**

295997

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

HUGO HERNÁNDEZ ALEJO

ASESOR: M. I. FELIPE DÍAZ DEL CASTILLO RODRÍGUEZ

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO.

2001



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.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

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

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Control del proceso de fresado de falda de
pistones Diesel".

que presenta el pasante: Hugo Hernández Alejo
con número de cuenta: 9220217-9 para obtener el título de :
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 25 de Mayo de 2001

PRESIDENTE Ing. José Antonio López González

VOCAL Ing. Enrique Cortés González

SECRETARIO M.I. Felipe Díaz del Castillo Rodríguez

PRIMER SUPLENTE Ing. Marco Antonio Hernández Rodríguez

SEGUNDO SUPLENTE M.I. Juan Alejandro Flores Campos

AGRADECIMIENTOS.

La realización de esta tesis hubiera sido imposible sin el apoyo de un nutrido grupo de personas que me brindaron la oportunidad de llegar a ser ingeniero. En primer instancia quiero agradecer a mi madre María Alejo Cruz y a mi padre Javier Hernández Pulido por haberme dado la vida. También quiero dar las gracias a un par de mujeres que siempre estuvieron conmigo cada vez que las necesité: Guadalupe Hernández Pulido y Carmen Pulido. Hay otra persona que siempre me ayudo y me dio consejos de la vida y que desafortunadamente ya no se encuentra entre nosotros: mi abuelo Jesús Hernández Camacho. También le doy el reconocimiento a mis primos Miguel “el mongolito” Hernández y Omar “el mechudo” Gómez Hernández.

Así mismo, un hay otro grupo de personas en el campo profesional que me ayudaron a ser la persona que soy actualmente; en primer lugar esta el ingeniero Horacio Leal Samano en MORESA quien me dio la oportunidad de diseñar dispositivos herramientales lo cual significo para mi el poder diseñar parte de la maquina presentada en esta tesis. Dentro de MORESA también hay otro grupo de ingenieros que me ayudaron a recabar información técnica de la maquina, estas personas son los ingenieros: Magdalena Bolaños, Miguel Ángel Leyva, Armando Nava y Gabriela Gómez.

Dentro de General Motors de México, existe otro grupo de ingenieros que me apoyaron compartieron sus conocimientos conmigo, estas personas son los ingenieros: Alejandro Rodríguez Iturbe, Mario Arzate, Martín Valadez y Alejandro Sánchez Berra quien me abrió las puertas para poder ser becario en la compañía mas grande del sector automotriz en el mundo.

Siguiendo la misma línea, dentro la compañía DANA Heavy Axles and Brakes División, hay mas personas que me asistieron en la elaboración de esta tesis. Estas personas son: la licenciada Martha Portillo Cabral que me dio el tiempo para trabajar en este importante proyecto de mi vida y que me tuvo paciencia, además de haberme admitido dentro de DANA. Dentro de esta importante compañía productora de ejes, el ingeniero Abel Navarro de manufactura me dio el ultimo “empujón” para terminar la tesis, dándome información técnica, además de brindarme consejos de cómo reacomodar la tesis.

Quisiera también dar las gracias a todos otro gran grupo de personas que me dieron su amistad, estas personas son: José Luis Morales Jiménez, Eduardo Rodríguez (mis dos

colegas), Edgar Morales Ángeles “el camote”, David Rodríguez Jiménez, Miguel Ángel Ochoa Mota, Mitzin, Eric Mijangos, Alina Mijangos, Azucena Ávila Díaz, Orbelin Rojas, Jorge Domínguez, Mario Valdez, Sócrates Orozco y Tomas de Jesús Marín.

Quiero incluir en esta lista, también, a Arisbeth Camacho, Antonio Aguirre, Juan Carlos Uribe, Arturo Acevedo, Ydania, Beatriz, Tania Barajas (mi novia de chocolate), Oswaldo Muñoz Díaz, Augusto Arciniega, Cesar Ramírez, Victoria Escamilla, Chrystya Navarro, Gabriel González Guadarrama, Alejandro Garcia, Jesús Velásquez Castro, Daniel Cruz Corona, Raúl Medina Labrador, Arturo “el profe”, Antonio “el apestoso” Gómez, Eduardo “el cochino” Domínguez, Ricardo Plata, Eduardo Velásquez, Eduardo Borja, Romeo “el potro”, Sergio “el ecoloco”, Rogelio “el piedra”, Israel “el chaquetin”, Dante Guerrero Delie y su hermano Yuri, Israel “el lagarto”, Israel “el burra”, Henry “el henrucho”. Quisiera incluir dentro de esta lista a mas personas, pero de momento son las que me vienen a la mente.

Por el lado de mis clases de inglés, Shaelyn Thurman, Gerardo Ortiz, Jorge Luis, Mónica Ortiz Cedillo y Benjí.

Por el lado de la escuela, agradezco a todos los maestros que tuve desde el kindergarten hasta la fecha, pero en especial doy las gracias a mi asesor Felipe Díaz del Castillo. Sin embargo, hay maestros que nunca olvidare por su exigencia y calidad, como Maria de los Ángeles Ochoa, Isabel Llaguno Ledesma, Alonso Castillo, Oswaldo Muñoz Díaz, Ramón “el capi” Morales, Hector Games Leithold, Fracisco Rojas, Eduardo Salas, Blanca de la Peña y Marco Antonio “el turbo” Sánchez.

Quiero finalizar esta dedicatoria con la siguiente frase:

“Los sueños son las únicas mentiras que pueden hacerse realidad.”

INDICE GENERAL.

INTRODUCCIÓN.....	8
--------------------------	----------

CAPITULO I.

DEFINICIÓN DE PISTÓN.

1.1 Introducción.....	10
1.2 Terminología del pistón.....	11
1.3 Aleaciones para construir pistones.....	13
1.4 Materiales del pistón.....	14
1.5 Uso del aluminio dentro de la industria automotriz.....	14
1.6 Características del pistón a maquinar.....	15

CAPITULO II.

FRESADO. OPERACIÓN DE REMOCIÓN DE MATERIAL PARA EL MAQUINADO DE LA FALDA DEL PISTÓN.

2.1 Introducción.....	17
2.2 Panorama general de la tecnología del maquinado.....	18
2.3 Tipos de operaciones de maquinado.....	18
2.4 Análisis de la operación de fresado.....	19
2.5 Tipos de cortadores para fresar.....	21
2.6 Materiales para fabricar cortadores de operaciones de fresado.....	24
2.6.1 Aleaciones para construir herramientas de corte para fresado.....	27
2.7 Formación de viruta.....	29
2.8 Relaciones entre potencia y energía en el maquinado.....	31
2.9 Temperatura de corte.....	32

CAPITULO III.

CARACTERÍSTICAS QUE DEBE TENER LA MÁQUINA PARA EL FRESADO DE LA FALDA DEL PISTÓN.

3.1	Introducción.....	33
3.2	Cabezales de la máquina.....	34
3.3	Equipo hidráulico de la máquina.....	35
3.4	Equipo de lubricación.....	38
3.5	Equipo de corte.....	41
3.6	Equipo de seguridad para los operarios.....	43
3.7	Ciclo del maquinado del pistón.....	47

CAPITULO IV.

PLANES DE CONTROL.

4.1	Introducción.....	49
4.2	Instrucciones para el llenado de un plan de control.....	51
4.3	Plan de control requerido para el fresado del pistón.....	59

CAPITULO V.

ANÁLISIS DE MODO DE EFECTO DE FALLA (AMEF) EN LA MANUFACTURA.

5.1	Introducción.....	61
5.2	Desarrollo de un AMEF de proceso.....	63
5.3	AMEF requerido para la operación de fresado de la falda del pistón.....	71

CAPITULO VI.

INTRODUCCIÓN AL MEJORAMIENTO CONTINUO Y MEJORAMIENTO DE CONTROL ESTADÍSTICO.

6.1	Introducción.....	73
6.2	Prevención contra detección.....	74
6.3	Variación del proceso.....	74
6.4	Sistema de control de procesos.....	76
6.5	Variación. Causas comunes y especiales.....	77
6.5.1	Acciones locales.....	79
6.5.2	Acciones sobre el sistema.....	79
6.6	Acciones locales y acciones sobre el sistema.....	79
6.7	Control y habilidad del proceso.....	80
6.8	Ciclo de mejoramiento del proceso y proceso de control.....	82
6.9	Herramientas para el control del proceso.....	84
6.10	Beneficios del uso de cartas de control.....	85
6.11	Capacidad del proceso y variación del producto.....	85
6.12	Análisis del resultado del análisis de la operación de balanceo del pistón.....	86
6.13	Memoria de cálculo de la capacidad del proceso.....	88
	CONCLUSIONES.....	89
	Bibliografía.....	90

INTRODUCCIÓN.

Hoy en día los requerimientos de calidad demandados por los clientes son cada vez mayores, por lo cual es necesario cuidar las características especiales de cada producto que es mandado al mercado. Cada vez es más necesario mantener los procesos de producción lo mas controlados que se pueda.

En la actualidad es relativamente común encontrar empresas del mundo entero que buscan la certificación ISO como un medio para alcanzar estándares de calidad en sus productos ya que muchas compañías grandes piden a sus proveedores de primera línea un certificado que demuestre el nivel de confiabilidad que cada proveedor puede tener.

Para el caso de la industria automotriz fue necesario establecer una serie de normas o estándares de calidad que indiquen la forma en la cual queda plenamente garantizada la fabricación de productos dentro de márgenes de calidad cada vez más exigentes. Estas normas de calidad son conocidas como QS-9000 (Quality System 9000 por sus siglas en inglés) y las cuales están basadas en las normas de calidad ISO 9000.

El origen de las normas de calidad de la industria automotriz queda fuera del alcance de esta tesis. Sin embargo, es posible decir que representan una serie de normas que ayudan en gran medida a procesar productos mediante técnicas que se enfocan en la prevención en lugar de la corrección gracias a métodos estadísticos y metodologías de trabajo debidamente documentadas y preparadas por un equipo de trabajo especializado. Es importante resaltar que estas técnicas de producción son cada vez más comunes en un mundo que comienza a globalizarse y que además demanda productos de mayor calidad, con lo cual se busca la completa satisfacción del cliente que cada vez piensa más en comprar o adquirir productos de mejor calidad.

Esta tesis analiza y documenta la operación de fresado de la falda de pistones Diesel como un perfecto ejemplo que muestra una metodología de trabajo empleada desde finales del siglo XX con el surgimiento de las normas de calidad ISO 9000.

Serán abordados temas relacionados con las características del fresado de la falda de un pistón Diesel sin tomar en cuenta la función de las partes de un pistón y analizarlas desde un punto de vista de ingeniería, es decir, se dará un enfoque de manufactura ya que en esta tesis es documentado un proceso de manufactura.

Una vez que sea conocido el problema a enfrentar, será establecido un método de trabajo para mantener bajo control estadístico cada una de las características críticas del producto a procesar.

A pesar de que esta tesis, esta enfocada únicamente en una operación de maquinado, la metodología de trabajo es casi la misma para el resto de las operaciones de manufactura del procesamiento del pistón. Cabe mencionar que las técnicas documentadas en esta tesis pueden aplicarse sin problemas a operaciones de manufactura tales como fundición o ensamble o incluso forja.

La metodología de trabajo comienza con la documentación del proceso elaborando primero un plan de control, posteriormente hacer un Análisis de Modo de Efecto de Falla y posteriormente seleccionar el equipo técnico que para el proceso descrito en esta tesis es una fresadora Duplex modificada para el una operación de fresado en serie de pistones. Una vez que los anteriores pasos han sido dados, la siguiente etapa consiste en elaborar estudios estadísticos que demuestren que el proceso de manufactura se encuentra bajo control estadístico y satisface las especificaciones de ingeniería establecidas por el cliente.

Por último, es necesario mencionar que la maquina presentada en esta tesis, forma parte de la línea de procesamiento de pistones Diesel de la empresa mexicana MORESA, la cual tiene sus instalaciones en la ciudad de Celaya, Guanajuato y que el cliente al cual esta destinado el pistón se trata del fabricante de motores de camión CUMMINS.

CAPITULO 1.

DEFINICIÓN DE PISTÓN.

1.1 Introducción.

Un pistón es un tapón metálico que se mueve hacia arriba y hacia abajo que, además, recibe la energía de la explosión de la mezcla de aire-combustible que entra en la cámara de combustible (figura 1.1).



Figura 1.1 Pistón.

Los anillos del pistón son importantes accesorios, ya que muchos de los pistones modernos tienen ranuras en la parte superior (cabeza) por lo cual el diseño del pistón varía de acuerdo al número y tamaño de los anillos. Estos tienen forma redonda y delgada (figura 1.2). Los anillos hacen contacto con las superficies entre el pistón y las paredes del cilindro del monoblock. Normalmente hay tres anillos por pistón.

Los anillos tienen tres funciones importantes:

- Sellar la parte inferior de la cámara de combustión para manejar la compresión.
- Transferir el calor del cilindro a las paredes del cilindro.
- Raspar el exceso de aceite en las paredes del cilindro.



Figura 1.2 Anillos del pistón.

Si estas tres funciones no son ejecutadas adecuadamente, se generaría una mala compresión y un desgaste más rápido del pistón. Las bielas (figura 1.3) también son elementos importantes que van conectados al pistón y son usados para transmitir la potencia de la explosión al cigüeñal cuando la energía es convertida en energía rotacional con la ayuda del pistón.

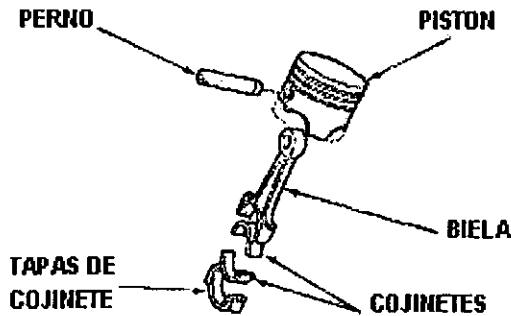


Figura 1.3 Pistón, biela, perno y tapas de cojinete.

1.2 Terminología del pistón.

A continuación definiremos la terminología usada hoy en día para la identificación de las partes de un pistón. Para la identificación nos referiremos a la figura 1.4.

El objetivo de esta tesis es documentar el proceso del fresado de la falda del pistón, por lo cual el definir como se usa cada una de las partes del pistón queda fuera del alcance del trabajo presentado aquí.

A pesar de que la figura 1.4 muestra un pistón V8 gasolina, ejemplifica perfectamente las partes de un pistón diesel ya que las partes son casi las mismas. El equipo utilizado para mantener bajo control estadístico el proceso del fresado de la landa será presentado en el capítulo 3, sin embargo es posible decir en este momento que la operación a realizar consiste en realizar planos paralelos en la parte inferior de la cabeza, parte por la cual, además, pasa el perno de la biela del pistón.

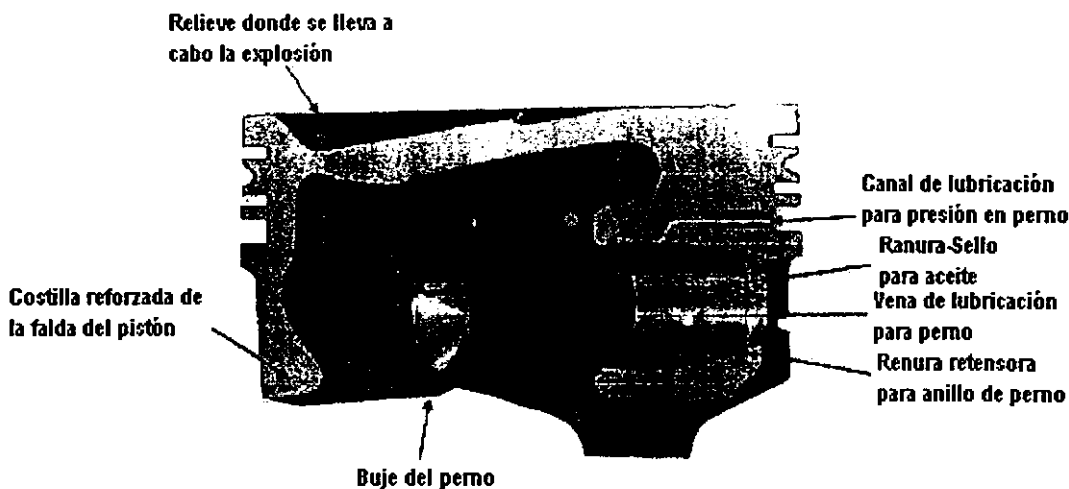
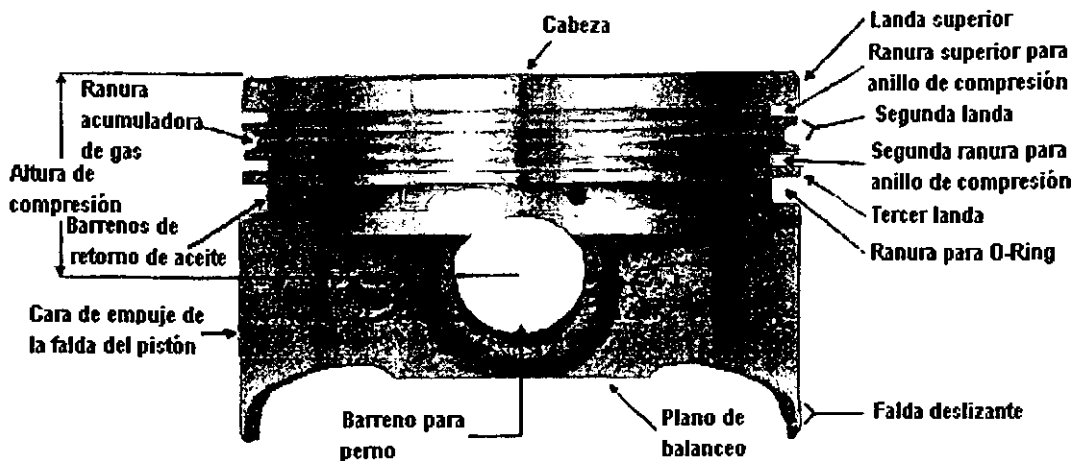


Figura 1.4 Terminología del pistón.

1.3 Aleaciones para construir pistones.

El aluminio aleado con el magnesio, níquel y silicio son elementos necesarios en la manufactura de los pistones modernos. El silicio es el mayor elemento de aleación en los pistones ya que mejora las características del pistón en:

- Maquinabilidad.
- Resistencia a la corrosión.
- Reducción de peso.
- Mejoramiento en las características de dureza y resistencia del pistón.
- Mejoramiento de las características de expansión.
- Mejoramiento en la resistencia al desgaste.

Las aleaciones de aluminio - silicio usadas en la manufactura moderna de pistones caen en tres categorías que debemos conocer: eutécticas, hipoeutécticas e hipereutécticas. Probablemente la mejor manera de describir estas categorías usar la analogía del azúcar agregada a una taza de té helado. Cuando el azúcar es agregada y revuelta en la taza, se disuelve y se combina en un compuesto. Si el azúcar es constantemente agregada la bebida se convierte en té saturado con azúcar y no importa cuanto más se revuelva el azúcar en el té, el exceso de azúcar no se mezcla sino que se cae al fondo de la taza en forma de cristal.

Las adiciones de silicio al aluminio son muy similares a la analogía que se acaba de presentar. El silicio puede ser agregado y disuelto en el aluminio para formar una aleación. Si estas adiciones continúan, el aluminio eventualmente se convertirá en un compuesto saturado con silicio. Este elemento agregado a este nivel derivará en el cambio de las propiedades del compuesto.

Este punto de saturación es conocido como eutéctico y ocurre cuando el silicio alcanza niveles del 12%. El aluminio aleado con silicio por debajo del 12% es conocido como hipoeutéctico, mientras que el aluminio con más del 12% se conoce como hipereutéctico. Generalmente el aluminio aleado hipereutéctico tiene una composición del 16% de silicio, del cual el 12% se encuentra disuelto en la aleación, mientras que el restante se encuentra dentro de la aleación en forma de cristales.

En la manufactura moderna de pistones, las aleaciones hipoeutécticas tienen normalmente 9% de silicio. Este porcentaje de aluminio se ha usado como un estándar en la manufactura de pistones dentro de la industria automotriz por muchos años, sin embargo, recientemente la tendencia de usar pistones hipereutécticos ha crecido debido a las mejores propiedades de este tipo de aleación ya que tienen mejor resistencia a la fractura, mejores características al momento de trabajar dentro de la cámara de combustión ya que tienen muy buenas propiedades térmicas.

El Silicio en un porcentaje adecuado mejora las propiedades del pistón para resistir el calor dentro de la cámara de combustión ya que disminuye la transferencia de calor actuando como un aislante, además de que evita que el pistón se expanda excesivamente. Finalmente es importante mencionar que el puro hecho de adicionar Silicio a la aleación, hace que las propiedades del pistón mejoren hasta en un 15%.

1.4 Material del pistón.

Material: Aleación de aluminio SAE 334 (equivalente AISI 339).

Silicio: 11 a 13%.

Hierro: 1.0%

Cobre: 1.8 a 2.8%

Manganeso: 0.5%

Magnesio: 0.7 a 1.3%

Níquel: 1.0%

Zinc: 1.0%

Titanio: 0.25%

Otros elementos: 0.50%

Remanente: Aluminio 65.25 a 78.65%

1.5 Uso del Aluminio dentro de la industria automotriz.

Todas las aleaciones de Aluminio han encontrado una amplia gama de usos dentro de la industria automotriz. Actualmente se dice que de todo el peso del automóvil, aproximadamente 70kg provienen de aleaciones de Aluminio, y se espera que para los próximos años esta tendencia aumente.

Hoy en día no solo elementos como el motor, como los pistones, están hechos de Aluminio, ya que muchas compañías apuestan a diseñar y producir elementos de aleaciones de aluminio. Entre estos elementos podemos mencionar: el monoblock, las cabezas de los cilindros, múltiples de entrada y de salida de gases, carburadores, cajas de transmisiones, válvulas de puntería, válvulas para frenos, cofres, defensas, rodamientos para elementos giratorios y otros mas, ya que la lista aumenta con el paso del tiempo a pesar de que el costo del procesamiento de partes de Aluminio es mas cara.

La principal ventaja del Aluminio sobre otras aleaciones al momento de producir elementos para motores es, además del peso, que los elementos de Aluminio tienen tolerancias de manufactura mayores comparadas con las aleaciones de acero.

1.6 Características a procesar en el pistón diesel.

Una vez que ya conocemos el material del cual esta fundido el pistón, es momento de ver la hoja de proceso y analizar cual es la característica de maquinado que será vigilada y controlada durante el proceso. En la figura 1.5 se muestra la hoja de proceso del pistón junto con la característica a maquinar.

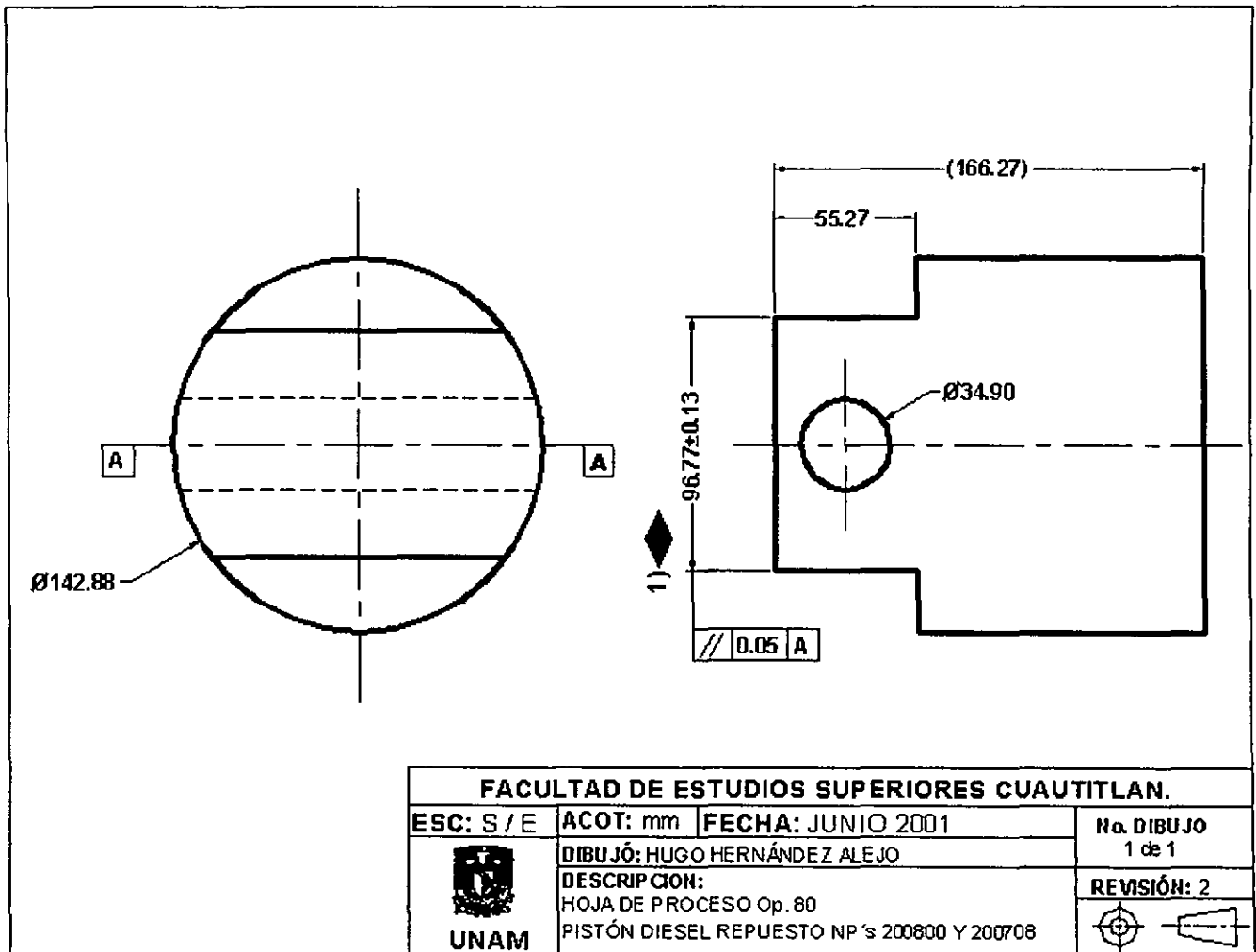


Figura 1.5 Hoja de proceso para el maquinado de la falda del pistón.

CAPITULO 2.

FRESADO. OPERACIÓN DE MAQUINADO PARA LA REMOCIÓN DE MATERIAL EN LA FALDA DEL PISTÓN.

2.1 Introducción.

El maquinado es un proceso de manufactura en el cual se usa una herramienta de corte para remover material de la parte de trabajo, de tal manera que el material remanente tenga la forma deseada. La acción predominante del corte involucra la deformación constante del material para formar la viruta y al remover la viruta, queda una nueva superficie.

El maquinado es uno de los procesos más importantes de la manufactura. La revolución industrial y el crecimiento de las economías basadas en la manufactura de todo el mundo se puede describir en gran parte por el desarrollo de varias operaciones de maquinado. Las siguientes son razones importantes de maquinado desde el punto de vista comercial y tecnológico:

- El maquinado puede aplicarse a una amplia gama de materiales de trabajo.
- Prácticamente todos los materiales sólidos se pueden maquinar. Los plásticos y los compuestos plásticos se pueden cortar también por maquinado. Sin embargo, los cerámicos presentan dificultad debido a su alta dureza y fragilidad, pero la mayoría de los cerámicos se pueden cortar exitosamente mediante procesos de maquinado abrasivo.
- El maquinado se puede usar para generar casi cualquier forma geométrica regular, como superficies planas.
- Cambiando varias operaciones de maquinado en secuencia se pueden obtener formas geométricas de gran complejidad.
- El maquinado puede producir dimensiones con tolerancias muy estrechas de menos de 0.001 pulg. , (0.025 mm). Por lo que es mucho más preciso que muchos otros métodos de manufactura.

- El maquinado es capaz de crear acabados superficiales muy tersos que pueden llegar a ser de menos de 16 μ pulg. (0.04 μ m). Es importante mencionar que existen algunos otros procesos abrasivos que pueden dejar mejores acabados.
- Debido a sus características, el maquinado, se realiza después de que otros procesos de manufactura tales como la fundición y forja.

Otros procesos crean la forma general de la parte y el maquinado produce la geometría final, las dimensiones y el acabado.

2.2 Panorama general de la tecnología del maquinado.

El maquinado no es solamente un proceso, sino una familia de procesos. La característica más común es el uso de una herramienta de corte, que forma una viruta, la cual es removida de la parte de trabajo.

Para realizar un proceso, se requiere de movimiento relativo entre la herramienta y el material de trabajo. Este movimiento rotativo se logra en la mayoría de las operaciones de maquinado por medio de un movimiento secundario, denominado avance.

La forma de la herramienta y su penetración en la superficie, combinada con otros elementos produce la forma deseada de la superficie resultante de trabajo.

2.3 Tipos de operaciones de maquinado.

Hay muchas operaciones de maquinado, cada una de las cuales es capaz de generar una superficie geométrica con textura superficial. A continuación analizaremos de forma general las principales operaciones de remoción de material:

Torneado: En el torneado se usa una herramienta de corte con un solo filo destinado a remover el material de una pieza de trabajo giratoria para dar forma a un cilindro. El movimiento de velocidad del torneado lo proporciona la parte giratoria y el movimiento de avance lo realiza la herramienta de corte, moviéndose lentamente en una dirección paralela al eje de rotación de la pieza de trabajo.

Taladrado: El taladrado se usa para crear un agujero circular. Esto se realiza normalmente con una herramienta giratoria que tiene dos filos cortantes.

La herramienta avanza en una dirección paralela al su eje de rotación dentro de la parte de trabajo para realizar la penetración formando un agujero redondo.

Fresado: En el fresado, que es la operación mediante la cual se procesa la falda de los pistones diesel, se caracteriza por que una herramienta giratoria con múltiples filos cortantes se mueven lentamente sobre el material para generar un plano o superficie recta. La dirección del movimiento de los avances perpendicular al eje de rotación. El movimiento de velocidad lo proporciona la fresa giratoria o cortador. Hay dos formas de fresado: el fresado periférico y el fresado de frente.

2.4 Análisis de la operación de fresado.

El fresado es una operación en la cual se hace pasar una parte de trabajo enfrente de una herramienta cilíndrica rotatoria con múltiples filos cortantes, aunque en algunos casos muy raros se utilizan cortadores de un solo filo llamados volantes. El eje de rotación de la herramienta cortante es perpendicular a la dirección de avance. La orientación entre el eje de la herramienta y la dirección del avance es la característica que distingue al fresado del taladrado. En el taladrado una herramienta de corte avanza en dirección paralela a su eje de rotación. La herramienta de corte en el fresado se llama fresa o cortador para fresadora y los bordes cortantes se llaman dientes. La figura 2.1 muestra operaciones básicas de fresado.

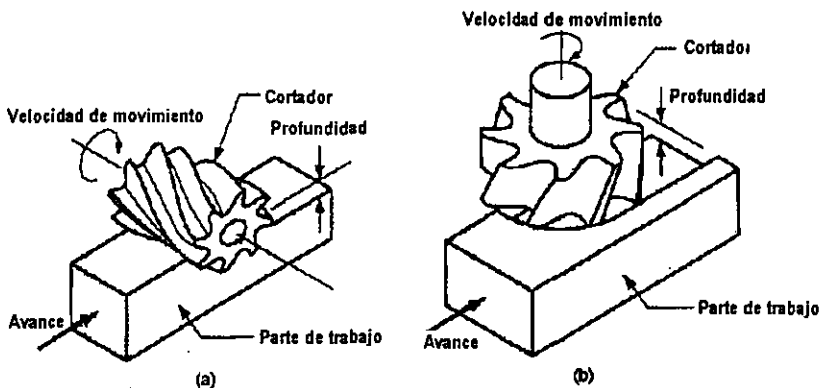


Figura 2.1 Dos tipos básicos de la operación de fresado: (a) fresado periférico o plano y (b) fresado frontal.

La forma geométrica creada por el fresado es una superficie plana. Se pueden crear otras formas geométricas mediante la trayectoria de la herramienta de corte o la forma de dicha herramienta.

Debido a la variedad de formas posibles y a sus altas velocidades de producción, el fresado es una de las operaciones de maquinado más versátiles y ampliamente utilizadas.

El fresado es una operación de corte interrumpido ya que los dientes de la fresa entran y salen del trabajo durante cada revolución, lo cual interrumpe la acción de corte y sujeta a los dientes a un ciclo de fuerzas de impacto y choque térmico en cada revolución. El material de la herramienta y la geometría del cortador deben diseñarse para poder soportar estas condiciones.

Existen dos tipos de operaciones de fresado a saber: el fresado periférico y el fresado de frente.

Fresado periférico: El fresado periférico es también llamado fresado plano, ya que el eje de la herramienta es paralelo a la superficie que se maquina y la operación se realiza gracias a los bordes de corte de la periferia exterior del cortador. En la figura 2.2 se muestran varios tipos de cortadores de fresado periférico.

A su vez el fresado periférico se divide en cuatro operaciones a saber: (a) fresado de placa, en donde el fresado de la placa se extiende más allá de la pieza de trabajo, (b) ranurado en donde el ancho del cortador es menor al ancho de la pieza de trabajo, (c) el fresado lateral, en el cual se maquina solamente un extremo o lado de la pieza de trabajo. (d) fresado paralelo, aquí la acción de fresado se realiza entre dos superficies de trabajo paralelas entre sí.

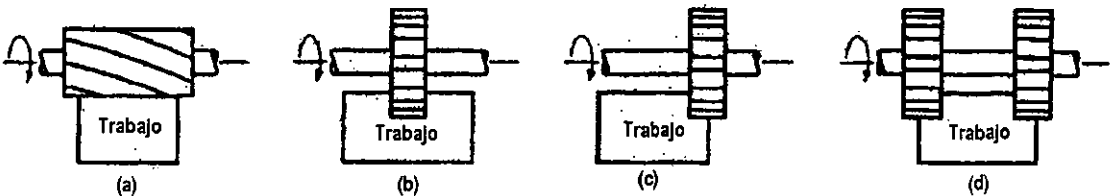


Figura 2.2 Fresado periférico: (a) Fresado de placa, (b) Ranurado, (c) Fresado lateral y (d) Fresado simultáneo.

De las cuatro operaciones de trabajo en las que se divide el fresado periférico, el que se utiliza por la máquina de fresado de falda de pistones diesel es el fresado periférico paralelo.

Existe un segundo tipo de fresado, el cual únicamente explicaremos de una forma muy general.

Fresado frontal: En el fresado frontal, el eje de la fresa es perpendicular a la superficie de trabajo y el maquinado es ejecutado por los filos cortantes del extremo y la periferia del cortador. Cuando el diámetro del cortador es más grande que el ancho de la pieza de trabajo, de tal manera que la fresa sobrepasa el trabajo en ambos lados, se denomina fresado frontal convencional. Esta operación se puede observar en la figura 2.1.

De igual manera que en el fresado periférico, también el fresado frontal tiene varias formas como son: el fresado parcial de caras en donde la fresa sobrepasa el ancho de la pieza de trabajo solamente en un lado.

También tenemos el fresado terminal, en el cual el diámetro del cortador es menor que el ancho de la pieza de trabajo. Existe, también, el fresado de perfiles, que es parecido al fresado terminal, en donde únicamente se corta una parte de la periferia de la pieza de trabajo.

Otra variedad del fresado frontal es el fresado de cavidades, el cual es un fresado terminal en donde se maquinan cavidades poco profundas de superficies planas.

El fresado de contorno superficial, en donde una fresa con punta de bola (en lugar de una fresa cuadrada) se hace avanzar hacia delante o hacia atrás y hacia un lado y otro de la superficie de trabajo, generando una superficie tridimensional a lo largo de trayectorias curvilíneas. Se requiere el mismo control básico para maquinar los contornos de los moldes y dados en cuyo caso esta operación se llama tallado o contorneado de dados.

2.5 Tipos de cortadores para fresar.

La clasificación de los cortadores para fresar esta asociada con las operaciones de fresado que fueron presentadas líneas mas arriba. Los tipos de cortadores incluyen los siguientes:

Cortadores cilíndricos o planos: Estos se usan en el fresado periférico de planchas. Este tipo de cortadores es cilíndrico y con varias hileras de dientes cortantes. Los bordes cortantes se orientan por lo general en un ángulo de hélice para reducir el impacto de la entrada en la pieza de trabajo. Estos cortadores son conocidos también como helicoidales.

Cortadores formadores: En estos cortadores, los bordes cortantes tienen un perfil especial que parten el trabajo. Una aplicación importante está en la fabricación de engranes, en la cual el cortador es formado de tal manera que corta entre los dientes adyacentes de los engranajes, formando de esta manera la geometría del diente del engrane.

Cortadores frontales: Estos se diseñan con dientes que cortan lateralmente y en la periferia del cortador. Las fresas frontales pueden usar insertos de acero de alta velocidad o de carburo cementado. La figura 2.3 muestra un cortador frontal con cuatro insertos.

Cortadores para acabado: Este tipo de cortadores son muy similares a las brocas, sin embargo un cortador de acabado está diseñado para hacer un corte primario con los dientes periféricos más que con su extremo, es decir, una broca solamente corta con su extremo al penetrar en la pieza de trabajo. Las fresas terminales se diseñan con extremos cuadrados y extremos en forma de bola. Los extremos pueden usarse para fresado frontal, de perfiles, de cavidades, cortar, ranuras, grabar, fresar contornos especiales y tallar dados.

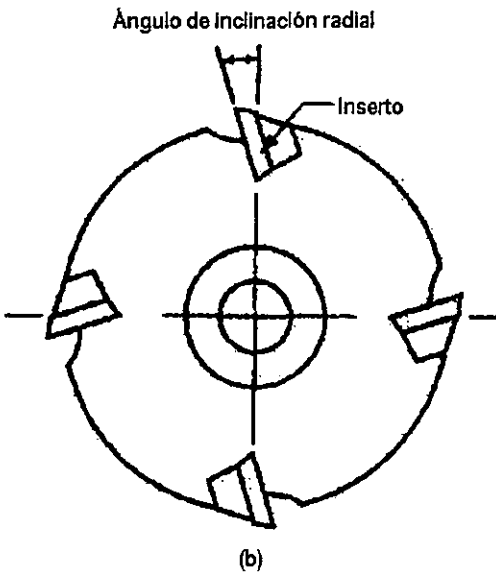
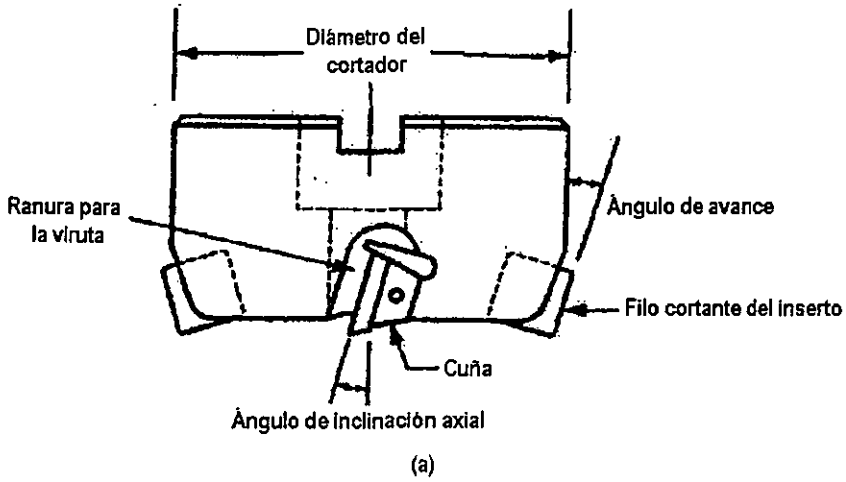


Figura 2.3 Elementos de la geometría de una fresa de cuatro dientes: (a) vista lateral y (b) vista inferior.

2.6 Materiales para elaborar cortadores de fresado.

Una vez que ya se tiene un conocimiento general de las características geométricas de la operación de fresado, es necesario tener conocimiento de los materiales con los cuales están hechos los insertos o cortadores para fresar.

A continuación son mencionadas las propiedades básicas que deben poseer los materiales para la fabricación de herramientas:

1. **Tenacidad:** Para evitar fallas por fracturas, el material de la herramienta debe tener alta tenacidad. La tenacidad es la capacidad de absorber energía sin que falle el material. Se caracteriza generalmente por una buena resistencia y ductilidad del material.
2. **Dureza en caliente:** La dureza en caliente es la capacidad del material para retener su dureza a altas temperaturas. Esta es necesaria debido al ambiente de altas temperaturas en la que puede llegar a operar la herramienta.
3. **Resistencia al desgaste:** La dureza es la propiedad más importante que se necesita para resistir el desgaste abrasivo. Todos los materiales para herramientas de corte deben ser duros. Sin embargo, la resistencia al desgaste en el corte de metales no solamente depende de la dureza de la herramienta, sino también de otros factores de desgaste. El acabado superficial de la herramienta, la composición química de la herramienta y de los materiales de la pieza de trabajo, y el uso de un fluido de corte son otras características importantes que afectan del desgaste de la herramienta.

Los materiales para herramienta de corte logran esta combinación de propiedades en varios grados. La tabla 2.1 presenta datos de las propiedades de varios metales para herramientas.

Tabla 2.1 Valores típicos de dureza a temperatura ambiente y resistencia a la ruptura transversal para varios tipos de materiales.

		Resistencia a la ruptura transversal	
Material	Dureza	lb. / pulg ²	Mpa
Acero al carbono	60 HRC	750,000	5,200
Acero de alta velocidad	65 HRC	600,000	4,100
Aleación de fundición de cobalto	65 HRC	325,000	2,250
Carburo cementado (WC) :			
Bajo contenido de Co	93 HRA	200,000	1,400
Alto contenido de Co	90 HRA	350,000	2,400
Cermet (TiC)	2,400 HK	250,000	1,700
Alúmina (Al ₂ O ₃)	2,100 HK	60,000	400
Nitruro de boro cúbico	5,000 HK	100,000	700
Diamante policristalino	6,000 HK	150,000	1,000
Diamante natural	8,000 HK	215,000	1,500

Nota: HK =dureza Knoop.

La figura 2.4, muestra la dureza como una función de la temperatura para varios materiales de herramientas, mismos que ya fueron explicados anteriormente.

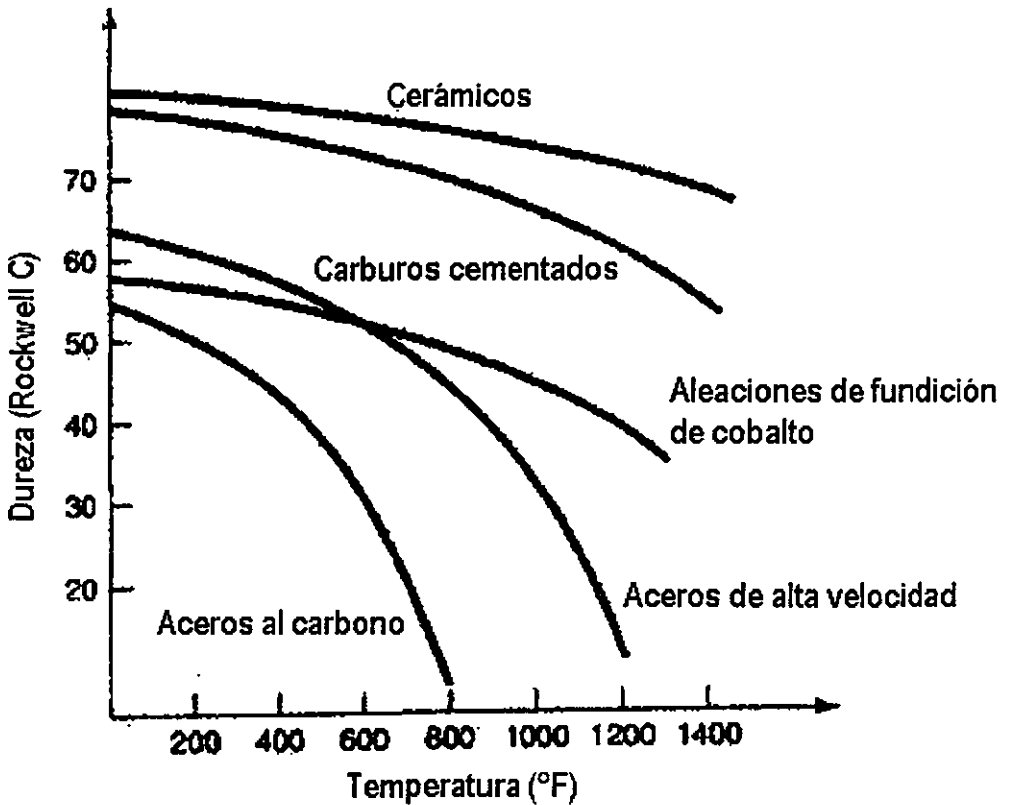


Figura 2.4 Relaciones típicas de dureza en caliente para materiales de herramienta seleccionados. Los aceros al carbono muestran una rápida pérdida de dureza conforme aumenta la temperatura. Los aceros de alta velocidad son sustancialmente mas duros a temperaturas elevadas.

La evolución tecnológica de las herramientas se caracteriza por un fenómeno interesante. Algunos de los materiales para herramientas desarrollados hace algunos años se siguen usando extensamente hoy en día, que no se han reemplazado del todo. Es decir, aceros de alta velocidad que se utilizaron a principios del siglo XX, todavía se siguen

utilizando, salvo que las aleaciones de aceros de alta velocidad tienen ciertas mejoras en las características de los materiales de aleación de la cual están hechos.

A continuación presentamos un pequeño resumen de los materiales usados en el diseño de herramientas:

2.6.1 Aleaciones para construir herramientas de corte de fresado.

Aceros al alto carbono y de baja aleación: Antes del desarrollo de aceros de alta velocidad, los únicos materiales para corte de metales eran los desarrollados a partir de aceros al carbono. En la actualidad este tipo de aceros se usan esporádicamente ya que tienen bajos niveles de dureza cuando se trabaja en altas temperaturas. La ventaja de este tipo de aceros es que al cortar con altos porcentajes de carbono, se facilita el tratamiento térmico, lo cual mejora el desempeño de la herramienta.

Aceros de alta velocidad: Los aceros de alta velocidad son aceros altamente aleados, capaces de mantener su dureza a altas temperaturas, mejor que los aceros con alto contenido de carbón. Su buena dureza en caliente permite el uso de estas herramientas a velocidades de corte altas. Generalmente estos aceros son designados con las siglas HSS, que vienen del inglés “high speed steel”. Estos aceros se dividen en dos tipos a saber: aceros tipo tungsteno, designados como aceros grado T por el American Iron and Steel Institute (AISI). Por otro lado tenemos a los aceros tipo molibdeno, que son designados como aceros tipo M por AISI.

Aceros de fundición de cobalto: Los recubrimientos de cobalto contienen de 40 a 50% de Cobalto, 25 a 35% de cromo y tungsteno del 15 al 20% por lo general, con trazas de otros elementos. Estas herramientas se hacen en la forma deseada a través de fundición en moldes de grafito y después son esmerilados para darles la forma y tamaño final. La resistencia al desgaste es mejor que la de los aceros HSS, pero no tanto como la de los carburos cementados. La tenacidad de las herramientas de fundición de cobalto es mejor que la de los carburos, pero no tan buena como la de los HSS. La dureza en caliente se sitúa entre los dos materiales.

Carburos cementados: Estos son una clase de material duro para herramienta formulados con carburo de tungsteno y manufacturados con técnicas de metalurgia de

polvos, en las que se utiliza el cobalto como aglutinante. Además del tungsteno hay otros elementos como los carburos de titanio.

Cermets: Aunque los carburos cementados se clasifican técnicamente como compuestos cermets, en la tecnología de las herramientas de corte, el término "cermet" se refiere a las combinaciones de carburo de titanio y molibdeno como aglutinante. En otras palabras los cermets excluyen los compuestos metálicos que se basan principalmente en el cobalto y el tungsteno. Las aplicaciones de los cermets incluyen acabados en altas velocidades y semiterminado de aceros, aceros inoxidable y fundiciones de hierro.

Estas herramientas permiten velocidades más altas, comparadas con las que se permiten generalmente con los carburos de grado de corte de acero. Generalmente se usan menos avances y así se obtienen mejores superficies de acabado, eliminando muchas veces la necesidad de esmerilar.

Carburos recubiertos: Los carburos son insertos de carburo recubiertos con una o más capas desfasada de material resistente al desgaste como los carburos de titanio o óxido de aluminio. Los carburos de titanio se utilizan para operaciones de torneado y fresado. Se aplican mejor a altas velocidades de corte en situaciones donde las fuerzas dinámicas y el choque térmico son mínimos.

Cerámicos: En la actualidad las herramientas hechas basándose en material compuesto se componen principalmente de óxido de aluminio de grado fino, prensado y sinterizado a altas presiones y temperaturas, sin aglutinante, en forma de inserto. El óxido de aluminio generalmente es muy puro (99% típicamente), aunque algunos fabricantes añaden generalmente otros óxidos como el óxido de zirconio en pequeñas cantidades. Es importante usar polvos de alúmina muy finos en la producción de herramientas cerámicas y maximizar la densidad de la mezcla a través de la compactación a alta presión a fin de bajar la alta densidad del material. Las herramientas de corte de óxido de aluminio tienen más éxito en el torneado a velocidades altas en fundiciones y aluminio.

Diamantes sintéticos o nitruro cúbico de boro: El diamante es el componente más duro que se conoce ya que según algunas medidas de dureza, el diamante es cerca de tres veces más duro que el carburo de tungsteno o el óxido de aluminio. Como la dureza es una de las propiedades más deseadas de las herramientas, es natural pensar en los diamantes como herramientas maquinado en operaciones como esmerilado o corte, sin

embargo debido a su precio su utilización queda restringida a aplicaciones muy específicas.

A pesar de esto en la actualidad es posible fabricar diamantes sintéticos denominados diamantes policristalinos sintéticos que se fabrican mediante la sinterización de polvos finos de cristales de diamante granulado a altas temperaturas y presiones en la forma deseada sin usar aglutinante.

Después del diamante, el material mas duro conocido es el nitruro de boro químico, y su fabricación es muy semejante a la del diamante policristalino.

2.7 Formación de la Viruta.

El proceso de formación de viruta no ocurre sobre un plano, ya que de ser así implicaría que la acción de corte debería ocurrir instantáneamente al pasar a través del plano en lugar de hacerlo durante un periodo de tiempo breve. Para el material, en la realidad, la formación debe ocurrir dentro de una zona muy pequeña de corte. Este proceso de formación de viruta lo podemos ver en la figura 2.5. Los experimentos de remoción de material han demostrado que el espesor de la zona de corte es de unas pocas milésimas de pulgada. Como la zona de remoción de material es tan delgada, en la mayoría de los casos no hay mucha pérdida de precisión si se supone como un plano.

Además de la deformación que ocurre en la zona de corte, ocurre otra acción después de que la viruta ha sido formada ya que hay dos tipos de operaciones para cortar: el primario y el secundario. En el corte primario ocurre lo que acabamos de explicar de la formación de la viruta en un plano muy delgado de corte. El corte secundario resulta de la fricción entre la viruta y la herramienta al deslizarse a lo largo de la cara inclinada de la herramienta.

Su efecto aumenta con el incremento de la fricción entre la herramienta y la viruta. Las zonas de corte primario y secundario se pueden ver en la figura 2.5.

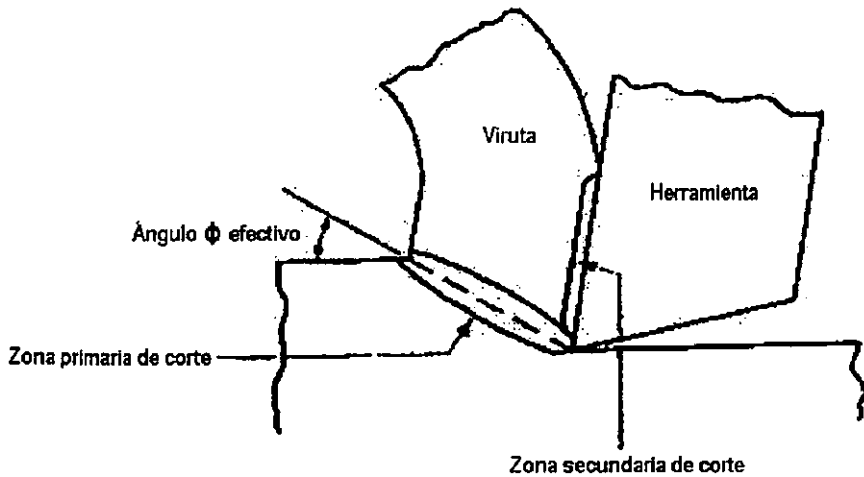


Figura 2.5 Vista más realista de la formación de viruta, mostrando la zona de corte más que el plano de corte. También es mostrada la zona secundaria de corte como resultado de la formación de la viruta.

En tercer lugar, la formación de la viruta depende del tipo de material que se maquina y de las condiciones de corte de la operación. Es posible distinguir tres tipos básicos, ilustrados en la figura 2.6.

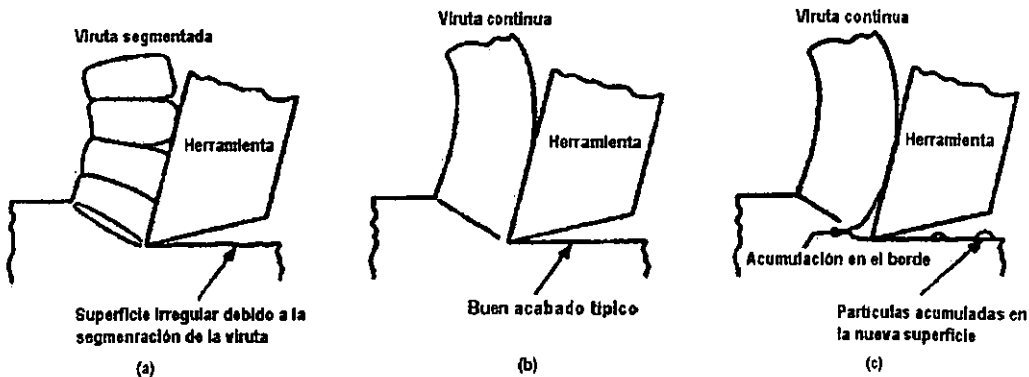


Figura 2.6 Tres tipos de formación de viruta en el corte de metales. (a) Forma discontinua, (b) Forma continua y (c) continua con acumulación en el borde.

La viruta depende del tipo de material que se corte y de las condiciones de corte de la operación. Podemos distinguir tres tipos básicos de virutas:

- a) **Viruta segmentada:** Cuando se maquinan materiales relativamente frágiles, como el hierro fundido, a bajas velocidades de corte, la viruta se forma en segmentos separados. Esto tiende a formar texturas irregulares en la superficie maquinada. Una alta fricción de la herramienta - viruta, junto con los avances y profundidades de corte promueven la formación de este tipo de viruta.
- b) **Viruta Continua:** Cuando se maquinan materiales dúctiles a velocidades altas con avances y profundidades pequeñas se forman virutas largas y continuas. Cuando se forma este tipo de viruta se obtiene un buen acabado superficial. Un borde cortante bien afilado en la herramienta y una baja fricción herramienta - viruta propicia la formación de virutas largas.
- c) **Viruta continua con acumulación en el borde:** Cuando se maquinan materiales dúctiles a velocidades bajas o medias, la fricción entre la herramienta y la viruta tiende a causar la adhesión de porciones de material de trabajo en la cara inclinada de la herramienta. Esta formación se llama acumulación en el borde. La formación de esta acumulación es de forma natural, se forma, crece y luego se vuelve inestable para finalmente romperse. Gran parte de la acumulación de desecho se la lleva la viruta. Sin embargo algunas porciones pueden incorporarse a la superficie de trabajo recién formada, ocasionando que la superficie se vuelva rugosa.

2.8 Relaciones entre potencia y energía en el maquinado.

Una operación de producción de maquinado requiere potencia. Las fuerzas de corte que se encuentran en la práctica de esta operación pueden ser de varios cientos de libras fuerza o kilogramos fuerza.

Las velocidades típicas de corte son de varios cientos de pies / mín. o mm/ seg ó más. El producto de la fuerza cortante y la velocidad dan la potencia requerida para ejecutar la operación de maquinado.

$$P = F_c * v \quad (2.1)$$

donde:

P = Potencia de corte (pie - lb/min o N-m/s)

F_c = Fuerza de corte (lb o N)

v = Velocidad de corte (pie / min o m/s)

2.9 Temperatura de corte.

Casi toda la energía que se consume en el maquinado (entre 90 y 98%) es convertida en calor, lo cual puede hacer que las temperaturas sean muy altas en la interfase herramienta – viruta ya que incluso han sido encontradas temperaturas de hasta 900 °C, o más, en herramientas de carburo. La energía restante es retenida como energía elástica en la viruta.

CAPITULO 3.

CARACTERÍSTICAS GENERALES QUE DEBE TENER LA MÁQUINA PARA EL FRESADO DE LA FALDA DEL PISTÓN.

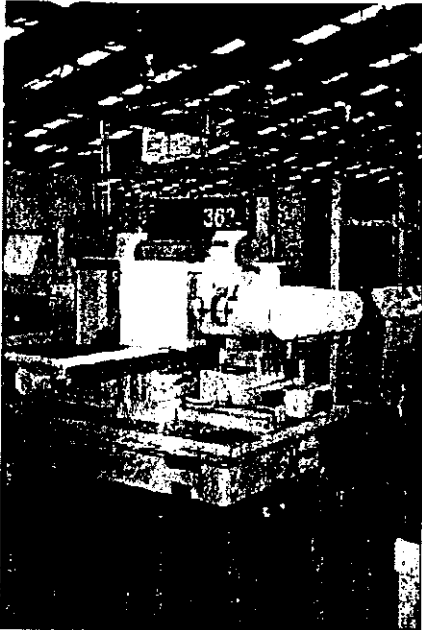
3.1 Introducción.

Ahora que conocemos el problema al cual nos enfrentamos, es decir, ya sabemos que es un pistón y el nombre de las partes que lo componen, así como la teoría del corte de metales, es momento de presentar el equipo necesario para poder maquinar el pistón de acuerdo a las especificaciones que el cliente requiere. A pesar de que la operación que realiza la máquina es relativamente sencilla, es necesario que un equipo que garantice la obtención de un producto de calidad. Este capítulo es importante dentro de esta tesis ya más adelante se dará la descripción del equipo necesario para realizar la operación del fresado de la falda del pistón en cuestión.

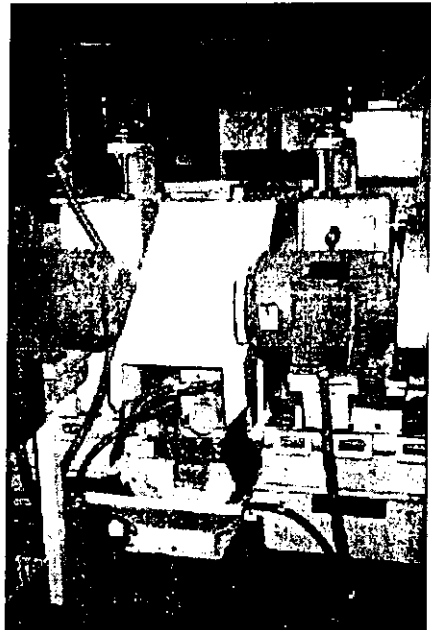
La máquina en cuestión se encarga de una operación de “balanceo” de pistones diesel.

El maquinado que la máquina realiza aparece en las especificación del cliente, y la razón primordial de este maquinado es el dejar la falda del pistón los más limpias posible para evitar hasta donde sea posible del desgaste del pistón al hacer contacto con la biela y otras partes del motor con las cuales el pistón hace contacto.

La máquina aparece en la figura 3.1 (a) y (b).



(a)



(b)

Figura 3.1 Vista general de la maquina: (a) vista delantera y (b) vista trasera.

3.2 Cabezales de la máquina.

Como se puede apreciar en la figura 3.1, la maquina tiene dos cabezales, los cuales son alimentados por dos motores SIEMENS de las siguientes características:

Motores de inducción cerrada:

Tipo RG7

C.P: 7.5

RPM: 1745

Volt: 220-230/440-460

Amp: 20.2-19.8/10.1-9.9

Armazón: 213 T

Eficiencia: 86.5 %

Rod. Lado eje: 6208 C3 2RS

Rod. Lado vent: 6206 C3 2RS

N.P: 1LZ3213-4YK60

Motor servicio continuo.

Aislante clase: FS23.2-20.8

Temp. Amb: 40°C

Inc. Temp: 90°C

Dis. NEMA: B

L.C. N: 17

Serie No. COT0016M155

3.3 Equipo hidráulico de la máquina.

Hoy en día la hidráulica es una especialidad importante de la ingeniería. Dentro de la hidráulica el líquido más comúnmente utilizado es el agua, pero en el caso de la neumática se trata del aire.

Las transmisiones y controles neumáticos más comúnmente utilizados son el aceite o el agua, que cada vez se usa menos, ya que en muchos casos pueden ser arrojados a la atmósfera sin problemas. Las transmisiones y controles neumáticos utilizan tres clases de fluidos: aceites derivados del petróleo, fluidos sintéticos y agua, que como hemos dicho anteriormente cada vez se usa menos a fin de evitar la corrosión, la falta de lubricación, etc.

En los derivados del petróleo se buscan buenas características de viscosidad, resistencia a la emulsión, propiedad en la cual se mantiene separado de la humedad, resistencia a la oxidación, poder lubricante, etc. Los aceites derivados del petróleo son inflamables y a grandes presiones se vuelven explosivos, por lo cual es necesario sustituir esta clase de fluidos por fluidos sintéticos no inflamables. A veces se utiliza como fluido no inflamable agua con aditivos de glicol y algunos otros anticongelantes inhibidores de corrosión, que, además, mejoran las propiedades lubricantes.

Cuando se trata de hacer comparaciones entre transmisiones mecánicas e hidráulicas encontraremos que cualquier transmisión a corta distancia es posible utilizando palancas, levas, correas, engranajes, etc., sin embargo, con mucha frecuencia es mucho mejor que la solución hidráulica ya que es más flexible y elimina los problemas de ajustes, lubricación y averías en los sistemas mecánicos. Sin embargo, cuando se trata de

aplicaciones en donde es necesaria la aplicación de grandes cantidades de fuerza, evidentemente son mejores los sistemas mecánicos, por ejemplo: Las prensas mecánicas. Sin embargo, debido a que el agua (o cualquier otro líquido) es un líquido de trabajo que por sus propiedades físicas es incompresible también es adecuada para aplicaciones rudas de trabajo. Cuando se trata de aplicaciones en donde la fuerza no es el factor predominante, entonces se pueden usar transmisiones neumáticas dando como ejemplo los taladros de los dentistas.

La transmisión de movimiento rotacional a movimiento de traslación o viceversa, no es ningún reto para la hidráulica, y la transmisión de potencia de un punto a otro de difícil acceso se logra siempre con una tubería puede recorrer con relativa facilidad los caminos por medio de un sistema de tuberías, en cuyo caso la principal desventaja sería la pérdida de potencia debido a las conexiones.

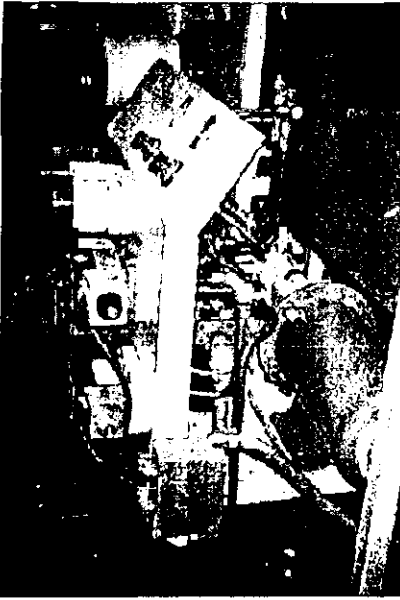
Por otro lado, el aceite de transmisiones es, además, lubricante y no únicamente transmisor de potencia entre conexiones. El aceite de transmisiones, además, absorbe choque y vibraciones con lo que, además, mejora el funcionamiento de la máquina y aumenta la vida útil de las herramientas empleadas.

Con la solución hidráulica es posible la coordinación, la temporalización y la secuencia de movimientos, así como la incorporación de los dispositivos de seguridad, es decir, la automatización de procesos industriales.

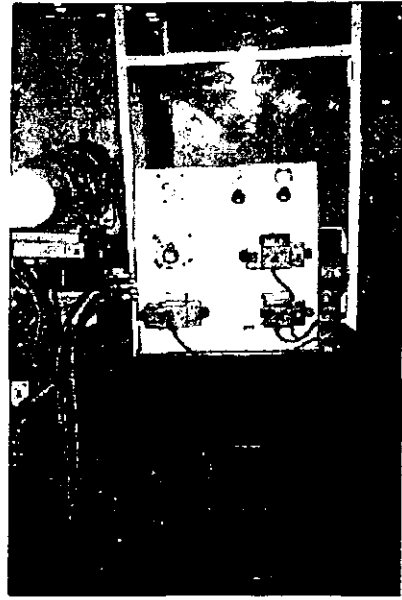
En cuanto a las aplicaciones se refiere, la hidráulica tiene un amplio rango de aplicaciones, que para los fines que a esta tesis concierne, la principal aplicación está en transmisión de potencia de equipos de clampeo o sujeción dentro de máquinas herramientas.

Dentro de las máquinas herramientas, tanto la neumática como la hidráulica pueden usarse para el movimiento de las tablas de trabajo de fresadoras, descenso de los taladros a la pieza, amordazamiento y sujeción de la pieza de trabajo, movimientos diversos de traslación y rotación de las piezas de trabajo en fresas, tornos, brochadoras, etc. Las máquinas herramientas incorporan frecuentemente diversos equipos hidráulicos.

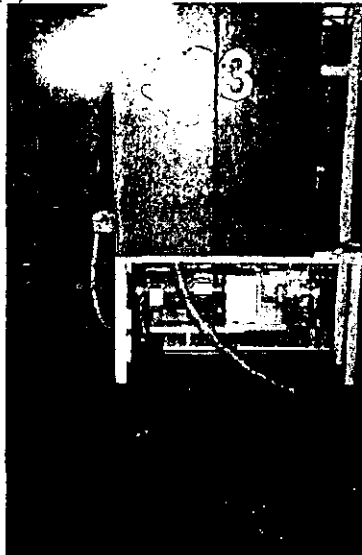
En la figura 3.3 podemos ver el equipo hidráulico utilizado por la máquina de fresado de falda del pistón, la cual hace las funciones de transmisión de potencia en el equipo de clampeo y movimiento de la mesa de trabajo de la máquina.



(a)



(b)



(c)

Figura 3.2 Equipo hidráulico de la máquina: (a) vista en perspectiva de la unidad, (b) vista frontal y (c) vista trasera.

La unidad de poder hidráulica tiene las siguientes características generales:

RPM: 1725/1425

Hz = 60/50

H.P: 15

V = 208/230

P.F = 0.74

Tem. Op: 40°C

3.4 Equipo de lubricación.

Los equipos de engrase automático se emplean en la lubricación de máquinas de fabricación en las cuales es preciso asegurar una o más cadenas de engrase y dosificación de lubricante en cada punto de la máquina que lo necesite, con el fin de no perjudicar la producción. Como característica principal estos equipos constan de:

Bomba impulsora: Puede ser de accionamiento manual, neumático, eléctrico y mecánico.

Dosificadores: Deben asegurar la entrega de la cantidad precisa de lubricante a cada punto con independencia de los demás.

Red de tuberías: Conducen y canalizan el lubricante desde la bomba y los dosificadores hasta los puntos de engrase, asegurando la ausencia de fugas, durabilidad y resistencia de los medios de entorno: presión, temperatura, vibraciones, agentes químicos, etc.

Las tuberías pueden ser rígidas y flexibles según el movimiento de los órganos de la máquina a lubricar.

Empaques: Son comunes a los empleados en las conexiones de componentes neumáticos e hidráulicos. Deben resistir presiones y las condiciones de trabajo en el sistema.

En la figura 3.3, es ilustrado el sistema de engrase automático por aceite sobre una prensa excéntrica en la cual pueden distinguirse los siguientes elementos.

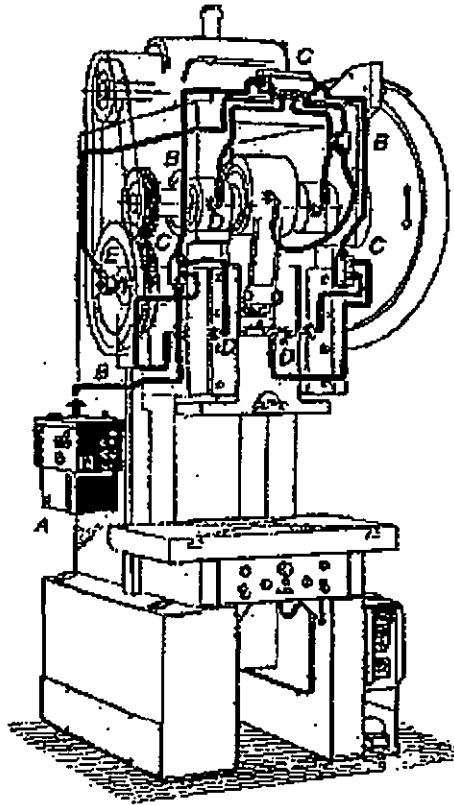


Figura 3.3 Sistema de lubricación centralizada con aceite perdido sobre una prensa de excéntrica. La impulsión del aceite es efectuada en este caso por medio de una bomba de acondicionamiento eléctrico con secuenciador de ciclos de engrase.

- A. Bomba automática con temporalización.
- B Línea principal.
- C. Dosificadores volumétricos.
- D. Conexiones a los puntos de engrase.
- E. Dispositivo giratorio de la alimentación de un punto de engrase giratorio.

En la figura 3.4 se puede observar el equipo de lubricación empleado en la máquina de fresado de falda, mientras que en la figura 3.5 se observa una vista donde son mostradas las venas de lubricación de uno de los cabezales de la máquina.

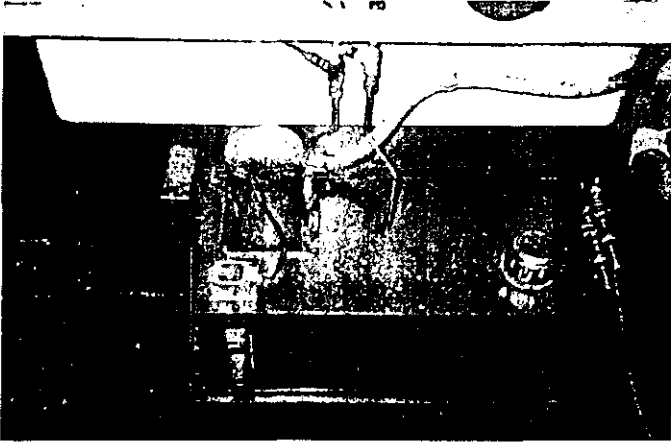


Figura 3.4 Bomba de lubricación de la máquina.

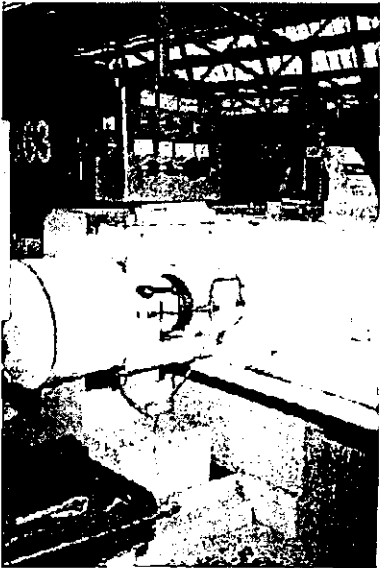


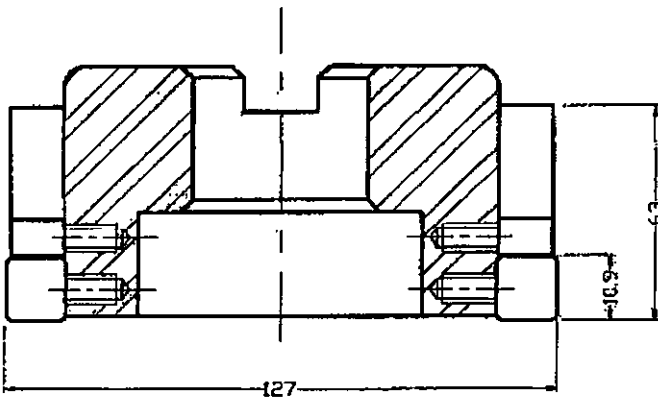
Figura 3.5 Detalle de las venas de lubricación uno de los cabezales para la máquina de fresado de pistones.

3.5 Equipo de corte.

Una vez que ya se explico la teoría de corte, ahora es posible determinar el equipo de corte que será necesario utilizar para el maquinado de los pistones.

Para el caso de la máquina para el fresado del pistón, se decidió colocar un cortador de la serie VMM9140510 RA y VMM9140510 (derecho e izquierdo respectivamente). Este tipo de cortador tiene una buena capacidad para cargar insertos, es decir, diez insertos. Esto quiere decir, que este numero de insertos puede considerarse como un estándar, ya que por él numero de insertos puede usarse para operaciones de acabado y desbastado sin ninguna dificultad.

Como se puede apreciar en la figura 3.6, los cortadores son paralelos entre si, con un diámetro de 5 pulgadas (127 mm) cada uno.



Acot: mm

Figura 3.6 Esquema del cortador utilizado para el fresado de la falda del pistón.

En lo que se refiere a los insertos seleccionados, se decidió usar insertos Valenite con el siguiente grado: SM225-V1N. Este tipo de grado de inserto es adecuado para maquinar aleaciones de aluminio en operaciones de desbastado y acabado. En la figura 3.7 se puede apreciar un esquema del inserto utilizado.

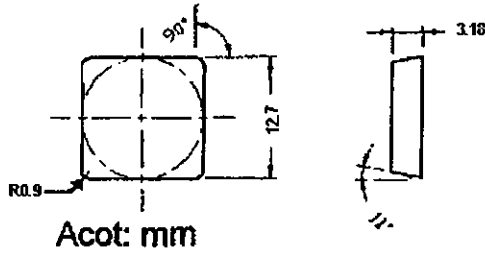


Figura 3.7 Esquema representativo del inserto para maquinarse la falda del pistón.

En la figura 3.8 se pueden apreciar los insertos utilizados en la máquina así como una sección del dispositivo de sujeción del pistón.

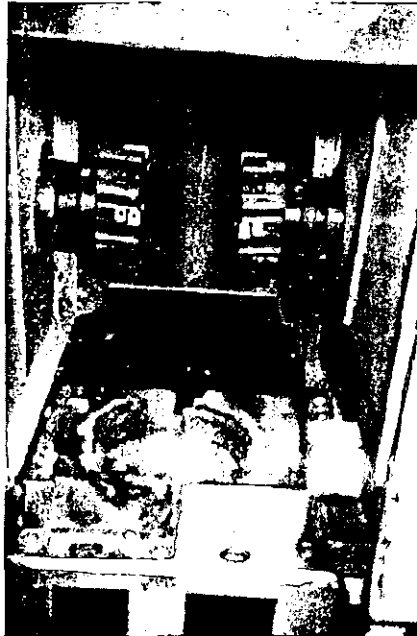


Figura 3.8 Vista frontal de los cortadores, utilizados para el maquinado de la falda del pistón.

Finalmente en la figura 3.9, es mostrada la fotografía del dispositivo de ajuste del ancho de corte de los cortadores. Este dispositivo es importante ya que debido a las vibraciones de operación ocasionadas por la máquina en el momento de su operación, es necesaria la presencia de un dispositivo que ayude a mantener el ancho de corte y no variar las medidas del producto final especificado por el cliente.

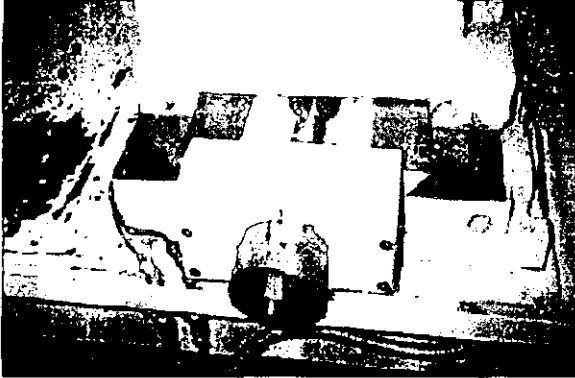


Figura 3.9 Dial de ajuste para el ancho de los cortadores de la falda del pistón.

3.6 Equipo de seguridad para los operarios.

Es común habituarnos a la presencia de riesgos en el trabajo, ya que la mayor parte de los accidentes ocurren por realizar actos o incurrir en condiciones inseguras.

La seguridad es un factor importante en nuestra vida diaria, sobre todo en nuestro trabajo y es responsabilidad de cada uno de nosotros, así como de las empresa, por lo cual es importante la colaboración de todos para evitar accidentes.

La protección es necesaria en el punto de la operación, alrededor de los aparatos transmisores de energía, así como de las piezas móviles. Los movimientos peligrosos incluyen elementos giratorios y transversales, así como longitudinales, mientras que las acciones longitudinales abarcan operaciones de maquinado tales como la perforación, el corte, el doblado, el cizallado y otras operaciones de manufactura que impliquen el contacto con metales.

Los mecanismos protectores deben como mínimo: (1) impedir que haya contacto entre el operador y las piezas móviles peligrosas, (2) proteger de la inserción inadvertida o de la caída de objetos extraños, (3) no crear peligros nuevos, (4) crear el mínimo de interferencia con la ejecución del trabajo, (5) permitir un almacenamiento seguro.

La protección de las máquinas por medio de guardas o tolvas se puede agrupar en cinco clasificaciones generales: (1) guardas o tolvas, (2) dispositivos, (3) ubicación y distancia, (4) mecanismos de alimentación y eyección y (5) auxiliares diversos.

Guardas o tolvas: Este tipo de protecciones pueden ser fijas, enclavadas o ajustables. Una guarda fija es una parte permanente de la máquina y por lo general engloba el punto de operación en su totalidad. Con frecuencia se recurre a una guarda fija por su simplicidad. Sin embargo, es necesario tener cuidado de permitir un acceso seguro para la inspección y mantenimiento. Cuando una guarda enclavada se abre o se elimina, la máquina se apaga automáticamente y no se ejecuta el ciclo de maquinado hasta que la guarda es reemplazada. Las guardas auto ajustables se ajustan de manera automática al movimiento de la pieza a la cual son insertadas.

Dispositivos: Los dispositivos pueden ser sensores de presencia, palancas, trabas, controles de seguridad o compuertas. Los sensores de presencia detectan la presencia de algún objeto extraño, una mano por ejemplo, en el área de operación e interrumpen el ciclo de la máquina.

Estos dispositivos son por lo general fotoeléctricos, de radiofrecuencia o electromecánicos. Los dispositivos de palanca incluyen uniones a las manos, a las muñecas o a los brazos del operario, que mantienen alejada la parte del cuerpo del punto de operación cuando la máquina entra en ciclo de operación. Los dispositivos de trabas también incluyen uniones, por lo general a la muñeca, los cuales mantienen las manos del operador lejos del punto de trabajo de la máquina. Los controles de seguridad pueden ser de varios tipos. Los controles de seguridad de punta (barras y trinquetes por ejemplo) proporcionan medios de seguridad rápidos para detener la máquina en una situación de emergencia. Los controles de mano necesitan el uso simultáneo de las manos para alejar la máquina (este tipo de dispositivos son denominados "pokayoke" dentro de la

industria). Otro ejemplo de dispositivo de seguridad es una compuerta deslizable que debe colocarse en el punto de operación antes de que la máquina inicie el ciclo de maquinado.

Ubicación y distancia: Las piezas peligrosas de la máquina deben colocarse de tal manera que estén fuera del alcance o que no representen un riesgo para el operario durante una operación normal. Los trabajadores pueden protegerse mediante una pared o bien las piezas peligrosas pueden quedar fuera del alcance de cualquier alcance posible. Los controles del operario pueden ser ubicados a una distancia de la máquina que sea segura, si no es necesario que el operario vigile el proceso.

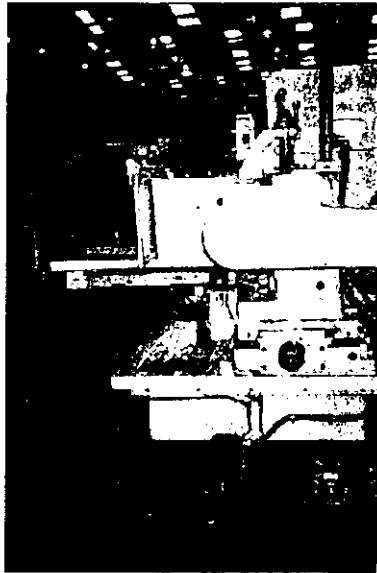
Mecanismos de eyección y alimentación: Estos mecanismos protegen al operario eliminando la necesidad de que este coloque sus manos en el punto de operación. Aun así puede ser necesaria la presencia de guardas y dispositivos extras de seguridad.

Auxiliares diversos: Estas incluyen barreras sobre las que se esta consiente y que hacen que los trabajadores recuerden los riesgos, áreas peligrosas, escudos protectores y herramientas que se pueden usar para insertar y eliminar el material del punto de operación. En las siguientes figuras podemos observar las guardas de protección de los componentes de corte y elementos transmisores de potencia.

En la figura 3.10 podemos apreciar los elementos de protección para los operarios. En el caso de los incisos (a) y (b), es mostrada la tolva de protección de los cortadores la cual protege a los operarios contra el salto de las rebabas al momento del desprendimiento de material. En el caso del inciso (c) es mostrada la tolva de protección de los elementos transmisores de potencia (poleas). Finalmente podemos observar la foto que muestra el equipo de seguridad empleado para el transporte de las rebabas, inciso (d).

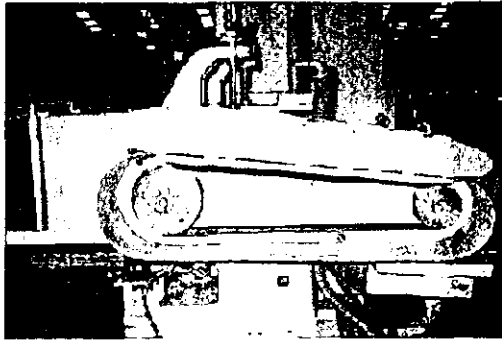


(a)



(b)

Continúa en la siguiente pagina.



(c)



(d)

Figura 3.10 (a) Vista frontal de la tolva de protección de los cortadores, (b) vista lateral de la tolva de protección de los cortadores, (c) tolva de protección de las poleas (elementos giratorios) y (d) Tolva de protección de las rebabas.

3.7 Ciclo de maquinado del pistón.

Después de haber determinado el equipo necesario para poder controlar el proceso, es ahora necesario seleccionar el personal con el perfil adecuado para poder trabajar con la maquina.

En primer instancia será necesaria la presencia de un supervisor de piso, que tendrá la función de inspeccionar que los operarios y demás personal productivo que se encargue de trabajar con las máquinas con el fin de producir lo mas adecuadamente posible. El perfil de esta persona debe cubrir los siguientes requerimientos:

Coordinar el personal de producción.

Coordinar la producción por medio de graficas y reportes.

Si es necesario que el supervisor controle las consolas de control numero, es necesario que este cuente con conocimientos de control numérico.

Básicamente las tres funciones mencionadas anteriormente son las mínimas necesarias en un supervisor.

En lo referente al personal que trabajara directamente con la máquina de fresado del pistón, el operario debe cumplir con la siguiente descripción genérica:

- Conocimientos de máquinas herramientas.
- Tener experiencia con equipos de maquinado de metales.
- Contar con buena salud física y mental.

Finalmente en lo referente al ciclo de maquinado, que debe ser desarrollado y supervisado directamente por el operario, este es como sigue:

- Abrir la guarda o tolva de la máquina.
- Colocar la pieza en el dispositivo de clampeo.
- Presionar el botón de cierre de dispositivo de clampeo.
- Cerrar la guarda de la máquina.
- Presionar botón de inicio de ciclo de maquinado.
- Esperar a que el ciclo de maquinado termine.
- Presionar botón de paro en la máquina (fin de ciclo) con el fin de evitar accidentes.
- Abrir guardas de protección de la máquina y sacar el pistón procesado.
- Iniciar ciclo nuevamente.

CAPITULO 4.

ELABORACIÓN DE LOS PLANES DE CONTROL.

4.1 Introducción.

La discusión de este capítulo es especialmente importante ya que cuando se busca el control total o en la medida de lo posible de un proceso de manufactura satisfaciendo lo demandado por las normas QS 9000, es necesario elaborar un plan de control apropiado para el proceso. A continuación será descrita la forma en la cual se debe de llenar un plan de control así como la elaboración del mismo. En este capítulo, además, es presentado el plan de control requerido por el proceso de fresado de la landa del pistón para motor Diesel.

El propósito de los planes de control es asistir en la manufactura de productos de calidad de acuerdo a los requerimientos del cliente. Esto se logra haciendo un acercamiento planeado hacia el diseño, selección e implementación de métodos de control de valor planeado asistidos para la totalidad de un sistema. Los planes de control proporcionan un resumen escrito de la descripción de los sistemas usados para minimizar la variación de procesos y productos. Lo que se intenta presentar en esta tesis con este capítulo es mostrar un ejemplo de cómo la información de manufactura puede ser documentada. Sin embargo, es importante mencionar que un plan de control no reemplaza la información contenida en las instrucciones de trabajo que le son entregadas a un operario. Esta información es completamente aplicable en una amplia variedad de procesos de manufactura y tecnología. Los planes de control son una parte vital de los procesos generales de calidad, los cuales deben verse como documentos vivientes y que deberán ser actualizados continuamente, con el fin de buscar el mejoramiento de procesos, haciéndolos más rentables.

Una importante fase del proceso de implantación de la calidad es el desarrollo de los planes de control. Un plan de control, como fue mencionado líneas mas arriba, es un resumen escrito de los sistemas usados para controlar procesos y partes. Un único plan de control puede ser aplicado a un grupo o familia de productos que son fabricados en un

mismo proceso al mismo tiempo y que tienen la misma fuente. En un plan de control pueden ser agregados pequeños dibujos que ilustren las intenciones de un plan de control. En efecto, un plan de control describe las acciones que son requeridas en cada fase de un proceso, incluyendo el recibo, el mismo proceso, la salida en camino y los procesos periódicos para asegurar que la salida de todos los procesos sea mantenida dentro de los límites establecidos por los planes de control. Durante las corridas normales de producción, los planes de control proporcionan el monitoreo de procesos de control y métodos que serán de mucha utilidad en el control de procesos de control. Es de esperarse que un proceso siempre sea actualizado y mejorado, pero el plan de control refleja una estrategia que es la responsable del cambio en las condiciones del proceso.

En plan de control es mantenido y usado a través del ciclo de la vida del proceso. La etapa primaria es documentar y comunicar el plan inicial para el control del proceso.

Evidentemente para que un proceso sea mejorado, primero es necesario conocer perfectamente el proceso. Para lograr el mejoramiento del mismo, es necesario el desarrollo de un equipo multidisciplinario de trabajo, el cual generara y usara toda la información disponible al momento para obtener un mejor y mas amplio entendimiento del proceso de manufactura que sea necesario desarrollar. Es necesaria información como:

- Diagramas de flujo del proceso.
- Sistema / Diseño / AMEF.
- Características especiales.
- Lecciones aprendidas de procesos similares anteriores.
- Revisión de diseños.
- Optimización de métodos.

Por otra parte los beneficios que se pueden alcanzar mediante el uso de planes de control, son:

Calidad.

La metodología del plan de control reduce el desperdicio de material y mejora la calidad de los productos durante el diseño, manufactura y ensamble. Esta disciplina estructurada proporciona una amplia evaluación de productos y procesos ya que los planes de control identifican las características de los procesos y fuentes de variación, las cuales pueden causar características indeseables en los productos que son directamente mandados al cliente.

Satisfacción del cliente.

Los planes de control enfocan su atención sobre los procesos y productos relacionados a características que son importantes para el cliente, que como mencionamos anteriormente, puede tratarse de la siguiente operación de manufactura o ensamble y no necesariamente el cliente final. La eliminación, en la medida de lo posible, de las fuentes de variación ayuda a reducir los costos sin sacrificar la calidad.

Comunicación.

Como un documento “viviente”, el plan de control identifica y comunica cambios en el producto o características de un proceso, métodos de control y la medición de las características que se consideran críticas dentro de un proceso.

4.2 Instrucciones para el llenado de un plan de control.

Nota: Los números en las viñetas de las instrucciones de llenado del plan de control aparecen como referencia en la figura 4.1 (pagina 57) para mejor entendimiento del mismo.

1) Prototipo, prelanzamiento, producción.

Indica la característica apropiada.

Prototipo: Es una descripción de las medidas dimensionales, material y ejecución de pruebas que se presentan durante la construcción de prototipos.

Prelanzamiento: Es una descripción dimensional de las medidas, material, ejecución de eventos que se pueden presentar después de la manufactura del prototipo y antes de la producción normal.

Producción regular: Es la correcta documentación del producto y características de proceso.

2) Numero de plan de control.

Aquí, como el nombre lo indica, se escribe el numero del plan de control utilizado para la identificación del documento si es aplicable (es decir, se usa cuando el proceso requiere de dos o mas planes de control, ya que muchos procesos constan de muchas operaciones). Siempre se debe de poner el numero y la fecha de la ultima revisión de ingeniería.

3) Numero de parte del ultimo nivel de cambio.

Se pone el numero del sistema, o componente, que sea requerido controlar. Al igual que en el caso anterior, se debe indicar el ultimo nivel de cambio.

4) Descripción del numero de parte.

Se pone una muy breve descripción del numero de parte que sea requerido controlar.

5) Proveedor.

Si el proceso es dado aun proveedor, indicar el nombre del proveedor encargado del proceso de la parte en cuestión.

6) Código del proveedor.

Debido a que la norma QS 9000, y por tanto también el ISO 9000, exige la documentación de los procesos, es necesario otorgar un número o código al proveedor que sea encargado del procesamiento del numero de parte en cuestión.

7) Contacto.

En esta casilla es escrito el nombre y numero del contacto del desarrollo del plan de control, sea ingeniero interno o bien un proveedor.

8) Equipo de trabajo.

Debido a la complejidad de los procesos modernos de manufactura, es necesario el trabajo en equipo de los departamentos involucrados del procesamiento del número de parte en cuestión. En esta casilla del plan de control es escrito el nombre y número telefónico de las personas encargadas del desarrollo del plan de control de los diferentes departamentos involucrados dentro del desarrollo del mismo.

9) Fecha de aprobación para producción.

Dentro de esta casilla del plan de control es escrito el nombre del responsable de la autorización de la producción del número de parte en cuestión.

10) Fecha.

En esta casilla es vaciada la información relacionada con la fecha de captura o redacción del plan de control.

11) Fecha de revisión.

Para el caso de esta casilla, se debe de poner la fecha de modificación o última actualización del plan de control.

12) Fecha de aprobación de ingeniería del producto.

Aquí, en esta casilla, es puesta la información del nombre y contacto telefónico de la persona encargada de la autorización del numero de parte de ingeniería del producto.

13) Aprobación de producción del proveedor.

Se ponen los datos del contacto del proveedor, encargado de la autorización de la producción de la parte en cuestión.

14) Aprobación de producción. (Si es necesaria).

Se pone alguna otra fecha de producción acordada entre el cliente y el proveedor.

15) Numero de parte.

Como es sabido, para la identificación de los múltiples elementos que conforman un ensamble, cada parte que sea procesada, es necesario primero identificarla con un número de parte. La identificación de la parte en cuestión depende de las especificaciones del cliente o del mismo proveedor.

16) Descripción de la operación.

Como su nombre lo indica, en esta casilla se pone una breve descripción de la operación a realizar.

17) Máquina o herramental.

Aquí se debe poner o código o número de identificación de la máquina (o herramental) encargado del procesamiento de la pieza de trabajo.

18) Número:

En esta casilla es puesto un numero que sirve como referencia de los documentos relacionados con el plan de control. Dichos documentos que tienen relación con el plan de control son: AMEF's, Hojas de proceso, dibujos, etc.

19) Producto.

En este lugar se deben poner las características especiales del producto o parte que generalmente son marcadas en los dibujos de diseño de ingeniería. Estas características importantes deben estar identificadas por los miembros del equipo de trabajo encargados del desarrollo del Plan de Control. Estos cambios deben ser capturados en el plan de control correspondiente.

20) Proceso.

Este apartado esta destinado para poner las características importantes de variación que se pueden presentar en el proceso y que únicamente pueden ser medidas en el momento en el que ocurren, como la temperatura, la cual en muchos procesos puede ser critica, dando como los procesos de pintura.

21) Clasificación de las características especiales.

Generalmente los clientes usan símbolos especiales para la identificación de características especiales en un diseño. Dichas características especiales pueden estar directamente relacionadas con la seguridad del producto con respecto a la siguiente operación o cliente final. En muchas ocasiones hay procesos que por su complejidad se convierten en procesos peligrosos para las personas que los ejecutan, razón por la cual se vuelve doblemente importante el identificar estas medidas inseguras, marcarlas y de ser posible eliminarlas hasta donde sea posible. El símbolo varía de acuerdo a las especificaciones del cliente (Ford, GM, Daimler – Chrysler, etc).

22) Especificaciones de tolerancia, producto o proceso.

Como su nombre lo indica, este apartado está destinado a nombrar las características especiales e importantes de una parte, proceso o producto. Generalmente estas características importantes son obtenidas de documentos de ingeniería como revisiones a diseños, estándares de materiales, datos de diseño de manufactura, requerimientos de ensamble, etc.

23) Técnicas de medición y evaluación.

En este lugar se deben especificar las herramientas o técnicas para la medición de aquellas características especiales que establece un diseño. Por citar una herramienta, podemos mencionar los llamados "pasa no pasa" o "galgas".

Antes de aplicar una técnica de medición, es importante hacer un estudio de linealidad, repetibilidad y estabilidad del proceso para poder confiar en una técnica en específico o herramienta de medición.

24) Frecuencia y tamaño de la muestra.

Cuando hay muestras requeridas en un proceso, se debe indicar en el plan de control.

25) Método de control.

Aquí, es indicada una breve descripción de los métodos de control a utilizar. Es importante mencionar que si el símbolo de control esta formado por varios pasos, todos los pasos sean indicados y divididos por números o letras, según sea conveniente. Por supuesto, cuando el método de control esta dividido en varias operaciones, estas se deben indicar. Muchos de los proceso de control basan su justificación en estudios anteriores como los llamados estudios de habilidad del proceso, de prueba y error, etc.

El Plan de Control, siempre debe de reflejar un alto nivel de organización y plantación así como estrategias a utilizar en la implementación de un proceso de manufactura cualquiera.

26) Plan de reacción.

El plan de reacción especifica las acciones a tomar para producir artículos o partes fuera de las especificaciones del cliente. Siempre, las acciones correctivas deben ser tomadas por la gente más cercana al proceso, como pueden ser los operarios, la gente encargada de desarrollar el proceso (ingenieros de proceso) e incluso los supervisores. Todo lo anterior debe ser perfectamente especificado y resumido dentro de un plan de control para evitar inconformidades.

Al igual que en el método de control, si el plan de control consta de varios pasos, estos deben ser especificados.

Con respecto a las piezas que lleguen a ser producidas fuera de especificación, estas deben ser separadas del proceso y ser entregadas a personas del departamento de calidad y demás departamentos involucrados para analizar el problema y encontrar una solución adecuada y rápida.

Plan de control.

1		2												
Prototipo.		Prelanzamiento.	Contacto/Telefono:				Fecha:		Fecha de reví:					
No. de plan de control:		Producción.	7				10		11					
No. de parte: 3			Equipo de trabajo: 8			Datos de aprobación de Ingeniería (si son requeridos): 12								
Descripción del número de parte: 4			Proveedor/datos de producción: 9			Datos de aprobación del proveedor (si son requeridos): 13								
Planta proveedora: 5		Código del proveedor: 6	Fecha de producción (si es requerida): 14			Otra fecha de aprobación (si es requerida): 14								
Número de proceso: 15	Descripción de la operación: 16	Maquina o herramienta: 17	Características:			Características especiales: 21	Método:				Plan de reacción: 26			
			No. 18	Producto: 19	Proceso: 20		Especificaciones de tolerancias: 22	Técnicas de medición: 23	Muestras: 24			Método de control: 25		
								Tamaño:	Frecuencia:					

Figura 4.1. Cuadro representativo numerado para del formato de un plan de control.

Plan de control.

Prototipo:		Prefinanzamiento:	Contacto/Telefono:		Fecha:		Fecha de rev.:					
No. de plan de control:		X Producción.			30JUL00		30MAR01					
No. de parte:			Equipo de trabajo:		Datos de aprobación de ingeniería (si son requeridos):							
200800 Y 200708			HLS, MAC, HHA, AC, MAL.									
Descripción del número de parte:			Proveedor/datos de producción:		Datos de aprobación del proveedor (si son requeridos):							
PISTON REPUESTO DIESEL			LINEA DIESEL 3									
Planta proveedora:		Código del proveedor:	Fecha de producción		Otra fecha de aprobación (si es requerida):							
PLANTA DE PROD. MAQUINADO		EQUIPO DE REPUESTO	(si es requerida)									
Número de proceso:	Descripción de la operación:	Máquina o herramienta:	Características			Características especiales:	Método:			Método de control:	Plan de reacción:	
			No.	Producto:	Proceso:		Especificaciones de tolerancias:	Técnicas de medición:	Muestras: Tamaño: Frecuencia:			
80	FRES. FALDA	FRESADORA SUNDS.	1	PISTON	FRESADO	D. FRES.	96.77±0.13 mm	VER. DIST.	5	1 X Turno	INS. VISUAL	EN CASO DE
											USANDO	ENCONTRAR
											DISPOSITIVO	ANOMALIAS
											PAGA NO PAGA	AVISAR A SUPERVISOR

58

Figura 4.2. Plan de control empleado para el control del proceso de fresado del pistón.

4.3 Plan de control requerido para el proceso del fresado de la falda.

En la figura 4.2, aparece el plan de control requerido para mantener bajo control el proceso de fresado de la falda del pistón Diesel. En este plan de control podemos encontrar que no son requeridas herramientas especiales para mantener el proceso bajo control estadístico, ya que se recurre a la inspección visual.

Finalmente, en la figura 4.3 de la siguiente página, aparece el dibujo del dispositivo de control de medida de ancho de falda del pistón, este dispositivo es normalmente conocido como “pasa no pasa” o calibre.

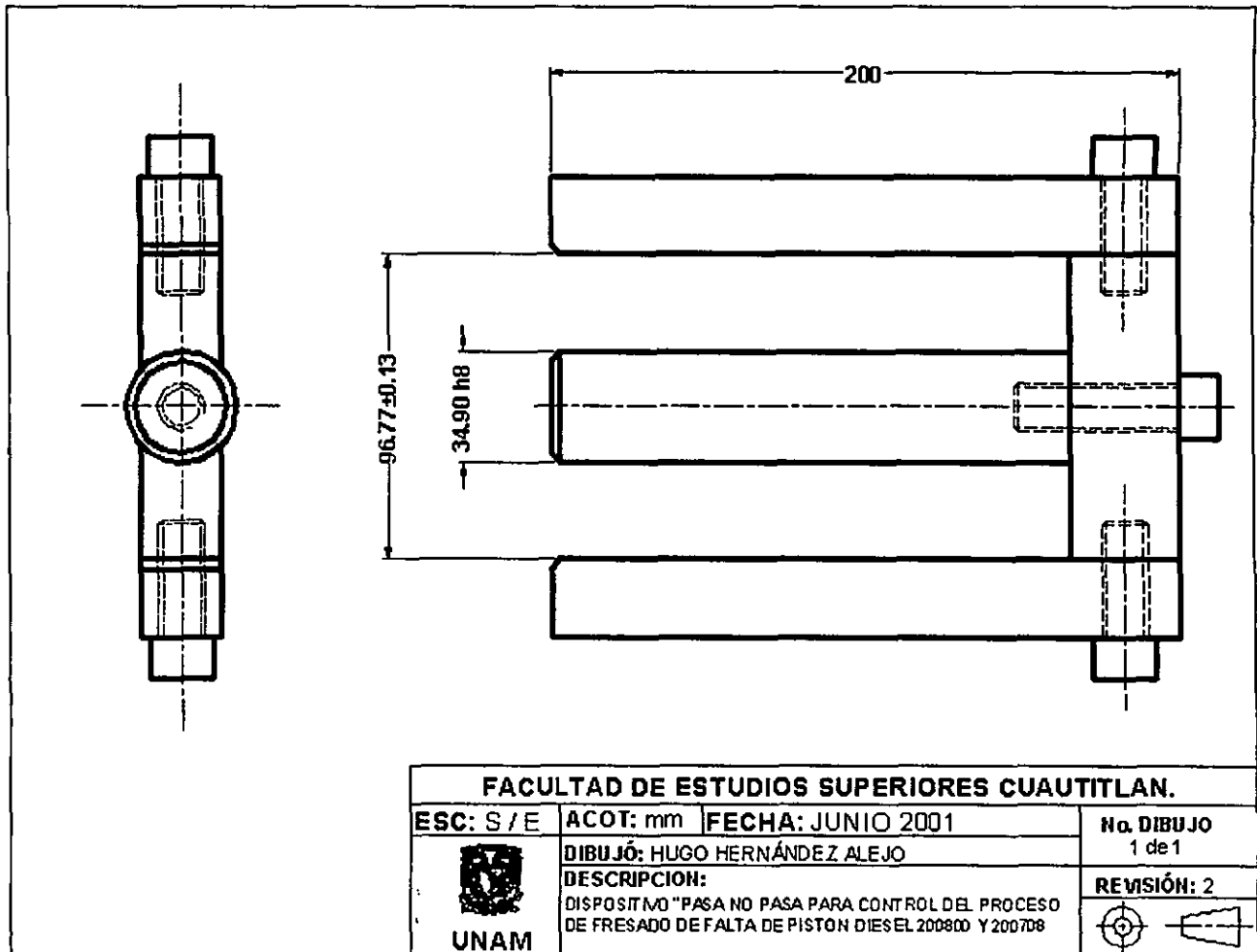


Figura 4.3. Dibujo representativo del dispositivo "pasa no pasa" para el control del proceso de fresado del pistón.

CAPITULO 5.

ANÁLISIS DE MODO DE EFECTO DE FALLA (AMEF) EN LA MANUFACTURA.

5.1 Introducción.

Un AMEF es una herramienta muy útil usada por muchos ingenieros de diseño y manufactura en diversas ramas de ingeniería.

El AMEF es una herramienta mediante la cual es asegurado en la medida de lo posible que los modos de efecto de falla sean considerados y agregados.

En su forma más rigurosa, un AMEF es un resumen de muchas de las actividades de los ingenieros o personal especializado en áreas de manufactura. Todo este equipo de trabajo es el encargado de buscar posibles fallas y modos de falla que se pueden presentar durante un proceso.

A continuación se presenta una lista de las actividades que pueden hacerse con un AMEF.

- Identifica los efectos potenciales de falla en un proceso.
- Evalúa los efectos potenciales de falla durante los procesos.
- Identifica las causas de falla en los procesos y se enfoca en las técnicas a usar para detener las fallas.
- Desarrolla y enlista modos potenciales de falla.
- Documenta el desarrollo de diferentes procesos de manufactura.

De hoy en adelante nos referiremos al desarrollo de un Análisis de Modo de Efecto de Falla como "proceso AMEF".

Para el desarrollo de un proceso AMEF, la definición de cliente podría aparecer como el usuario final, sin embargo es posible decir que un cliente se trata de una siguiente operación de manufactura o alguna otra operación de servicio.

Cuando esta completamente implementado un AMEF, se requiere de la revisión constante de este, además de la documentación de los procesos (sobre todo cuando se trata de un nuevo número de parte) y algún cambio en el proceso de manufactura. Todo lo anteriormente expuesto comienza con un "ingeniero del departamento de ingeniería del

producto. Durante la generación de los AMEF's, un ingeniero de enlace es el encargado de contactar a la gente necesaria para la implementación del proceso AMEF. Las áreas involucradas en el proceso, generalmente son las siguientes: diseño (herramental y en algunos casos de ingeniería del producto), ensamble, compras, materiales, calidad, servicios, compras y proveedores, el responsable de la línea de producción y la gente del departamento de operaciones con los supervisores de piso.

Por otro lado, los AMEF's pueden considerarse como un detonante para estimular el intercambio de ideas entre los departamentos involucrados, por lo que es posible decir que con los AMEF's también se fomenta el trabajo en equipo.

Es posible decir que el AMEF es un documento viviente que debe ser desarrollado después de la elaboración de los planes de control. Estos AMEF's, al igual que los planes de control, deben ser elaborados por gente especializada en manufactura que este lo más relacionado posible con el proceso.

Para la elaboración de los procesos AMEF, es necesario considerar todas las operaciones de manufactura desde componentes individuales hasta líneas de ensamble, cuando el proceso así lo requiera.

Los AMEF's comprenden a los departamentos involucrados por las operaciones a revisar, a la continua revisión y actualización de los procesos con el propósito de anticipar, resolver, y monitorear las causas potenciales de falla durante la plantación de las etapas de un proceso de manufactura.

Así mismo, los AMEF's, ayudan en el diseño de nuevas máquinas y procesos cada vez más eficientes.

Cuando dos modos potenciales de falla son idénticos, las acciones correctivas deben ser iniciadas para eliminar la frecuencia de ocurrencia de estas fallas.

Todo el desarrollo del proceso AMEF presentado a continuación, es parte de una serie de normas de calidad aplicables principalmente a la industria automotriz, sin embargo no son exclusivas para la elaboración de auto partes ya que se pueden aplicar casi a cualquier proceso de manufactura.

5.2 Desarrollo de un AMEF de proceso.

El AMEF comienza con la evaluación de las principales fallas que se pueden presentar en un proceso de manufactura y posteriormente vaciar la información recolectada en documento de proceso de flujo.

A continuación se describe la forma en la cual debe ser llenado un AMEF, tomando como referencia la figura 5.1.

Por otro lado, en la tabla 5.1 es mostrado el criterio de evaluación para calificar la severidad de un proceso determinado. Además son mostrados otros índices importantes que indican las partes por millón (PPM) e índices Cpk que van cambiando de acuerdo a la severidad otorgada en un cierto proceso. Cabe mencionar que el significado de cada uno de estos “índices” serán vistos un poco más a detalle en el capítulo 6.

1) Numero de AMEF.

Este es el numero del documento de AMEF, el cual se usa para localizar el AMEF y diferenciarlo de otros.

2) Ítem.

Dentro de esta casilla es puesto el nombre y numero del sistema, subsistema o componente por el cual pasa el proceso.

3) Responsable del proceso.

Poner en esta casilla el nombre del encargado del proceso (ingeniero o proveedor responsable).

4) Preparado por:

Datos de la persona encargada de la captura del AMEF.

5) Año modelo del numero de parte:

En esta casilla se debe poner el año(s) modelo que será utilizado en el AMEF.

6) Fecha original:

Fecha de inicio del proceso, el cual no debe de exceder de la fecha de inicio del proceso.

7) Fecha de revisión:

Fecha en la cual se hizo la última revisión.

8) Miembros del equipo:

Lista de los ingenieros responsables de los departamentos involucrados, los cuales tienen la autoridad para llevar a cabo las mejoras o los cambios en el proceso.

9) Operación / requerimientos:

En esta casilla se debe poner una descripción simple de la operación. Cuando el proceso involucra numerosas operaciones (como pasa con las operaciones de ensamble) con diferentes modos de efecto de falla, es preferible listar las operaciones como procesos separados.

10) Modo potencial de falla:

El modo potencial de falla se define como la manera en la cual el proceso puede fallar de acuerdo a los requerimientos del cliente. Debe ser listado cada modo potencial de falla por cada operación particular en términos de sus componentes, sistema, subsistemas o características del proceso. Una comparación de procesos similares y una revisión de los requerimientos del cliente es un buen punto de partida. Los modos típicos de efecto de falla pueden ser los siguientes:

- Doblado.
- Manejo manual de partes.
- Deformación.
- Colocación inapropiada.
- Algún circuito abierto en los sistemas eléctricos o electrónicos.
- Calentamiento excesivo de la herramienta,

- Etc.

11) Modos de efecto de falla.

Los modos de efecto de falla son definidos como los defectos de la falla sobre los requerimientos del cliente. Los clientes en este contexto son o podrían ser: el proceso o las siguientes estaciones de trabajo y el dueño del producto ya ensamblado o procesado. Cada uno de estos debe ser considerado cuando es evaluada el defecto potencial de falla. Para el usuario final, los defectos de la falla pueden ser presentados en los siguientes modos:

- Ruido.
- Inestabilidad.
- Pobre apariencia.
- Olores indeseables.
- Operación intermitente.
- Mal control del producto ensamblado.
- Si el cliente es la siguiente operación de manufactura, las fallas pueden ser presentadas en función de la correcta ejecución del proceso con fallas como las siguientes:
 - Fallas en el ensamble.
 - Daños en el equipo.
 - Esfuerzos no necesarios en el equipo.
 - Etc.

12) Severidad.

Esta parte, como su nombre lo indica, evalúa la severidad del efecto de falla potencial hacia el cliente. La severidad aplica sobre el efecto únicamente. Si el cliente afectado por el modo de efecto de falla es la planta de ensamble, por ejemplo, entonces la evaluación de la severidad puede caer fuera del radio de operación de la experiencia del equipo de trabajo de manufactura de operaciones de maquinado. Es recomendable que en este tipo de problemas se recurra a ingenieros del producto o ingenieros de la siguiente operación se aplica. La severidad es evaluada con números del 1 al 10. A continuación es presentada una escala de evaluación de la severidad.

Num.	Efecto de la falla	Severidad	Ocurrencia			Control del proceso.
			% de falla	PPM	Cpk	
10	Afecta la operaci3n segura del vehiculo. Puede causar da1o al operador y peligra la seguridad del cliente.		50.00 %	>=500,000	< 0.33	Absolutamente no detectado. No se puede detectar o no se checa.
9	No cumplir reglamentos y normas de gobierno como: seguridad, emisiones, etc.		33.00 %	<=333,333	>=0.33	Deteccion muybaja. Probablemente los controles no lo detecten. Solo se checa indirectamente.
8	Alto grado de insatisfacci3n del cliente, retomando de campo de descompostura.		12.50 %	<=125,000	<=0.51	Deteccion baja. Controles con poca oportunidad de detectar inspeccion visual.
7	Insatisfacci3n de cliente que puede resultar de las operaciones de linea de ensamble, como: ruido, vibraci3n, fugas, etc. Retomando de la linea de ensamble de vehiculos.		5.00 %	<= 50,000	>= 0.67	Deteccion baja. Controles con poca oportunidad de detectar. Doble inspeccion visual.
6	Interrupci3n mayor en la linea de producci3n, cae en la linea de ensamble y el retrabajo es pesado.		1.25 %	<= 12,500	>= 0.83	Deteccion moderada. Controles pueden detectarlo. 100 % inspeccion visual. Chequeo manual.
5	Interrupci3n menor en la linea de producci3n, cae en la linea de ensamble y el retrabajo es ligero.		0.25 %	<=2,500	>= 1.00	Deteccion moderada. 100 % inspeccion "go no go", chequeo manual, calibraci3n periodica con cartas de control
4	Inconveniente en operaciones posteriores. Pasar al proximo proceso, reparaci3n menor.		0.05 %	<= 500	>= 1.17	Controles con buena oportunidad de detectar prueba de error, calibraci3n periodica con cartas de control
3	Ligeros inconvenientes en operaciones subsecuentes. Se detecta en operaci3n subsecuente, reparaci3n menor.		0.0067 %	<= 67	>= 1.33	Deteccion alta, controles con buena oportunidad de detectar prueba error, no pasa la parte, chequeo con paro automatico.
2	Ligero inconveniente en esa operaci3n. Se detecta y se corrige en esa operaci3n. Reparaci3n menor.		0.00067 %	<= 7	>= 1.50	Deteccion muy alta. Los controles casi siempre detectan multiples pruebas de error, instalaci3n o verificaci3n
1	Probablemente el cliente no lo detecte. Sin errores.		0.00007 %	<= 1	>= 1.67	Deteccion muy alta, los controles siempre detectan prueba error. No se puede hacer la parte.

Figura 5.1. Criterios para evaluar el NPR de un AMEF de proceso.

AMEF DE PROCESO.

Item: Puerta frontal LHHB HX-000-A ^② ^⑤
 Año modelo del NP: 199x / Lion 4dr/Abigon
 Miembros del equipo: MAC, HLS, HHA, MAL, AC ^⑧
 Fecha origen de AMEF: 17 de Mayo de 199x ^③

Responsable del proceso: Operaciones de ensamble y body engineering ^③
 Fecha original: 1 de Marzo de 199x ^⑥

Numero de AMEF: 1400 ^①
 Pagina: 1 de 1
 Preparado por: J. Ford - X8521 - Operaciones de ensamble ^②
 Fecha rev. 6 de Nov de 199x ^③

Operación / Requerimientos ^⑨	Modo potencial de falla ^⑩	Modo de efecto de falla ^⑪	Severidad ^⑫	Causas / mecanismos potenciales de falla ^⑬	Ocurridos: ^⑭	Controles actuales de proceso ^⑮	Ocurridos: RPN ^⑯	Acciones recomendadas ^⑰	Responsabilidad de las acciones recomendadas ^⑱	Acciones resultantes ^⑲				
										Acciones tomadas ^⑲	Severidad	Ocurr.	Desc.	RPN
Aplicación manual de cera en interior de puerta	Cera insuficiente para cubrir las superficies especificadas	Corta vida útil de la puerta debido a: * Apariencia insatisfactoria de la puerta debido a oxidación. * Funcion impar de las partes interiores de la puerta debido a la oxidación.	7	Boquilla de spray mal puesta	8	Chequeo manual. 1hr por turno de la capa puesta.	5 280	Agregar profundidad para detener spray	Equipo de ingeniería en manufactura 9x10x15	7	2	5	70	
			7	Boquillas de spray tapadas: * Viscosidad mu alta * Temperatura muy baja Presión muy alta	5	Chequeo manual. 1hr por turno de la capa puesta.	3 280	Hacer pruebas de viscosidad contra presión	Equipo de ingeniería en manufactura 9X10X01	7	1	3	21	
			7	Boquilla de spray deformada debido a algun golpe	2		2 28	Ninguna	Ninguna	Ninguna				
			7	Tiempo de aplicación de spray insuficiente	8		7 392	Instalar indicador de tiempo en boquillas de spray	Áreas de mantenimiento planeado	Se colocó indicador de tiempo en las boquillas de spray. El operador inicia operación y espera a que el sensor de tiempo tape la boquilla. Proceso bajo control estadístico Cpk = 2.05	7	1	7	49

Figura 5.1. AMEF de muestra usado por Ford Motor Company en un proceso de aplicación de cera en puertas.

13) Clasificación.

Esta columna puede ser usada para clasificar algunas de las características especiales o críticas del producto para componentes, sistemas o subsistemas en donde son requeridos procesos adicionales de control. Si una clasificación es encontrada en el proceso AMEF, se debe notificar de inmediato al ingeniero responsable del diseño inmediatamente.

14) Causas potenciales de falla.

La causa potencial de falla es descrita en términos de algo que puede ser corregido o controlado o incluso evitado.

15) Ocurrencia.

La ocurrencia debe ser entendida como la frecuencia de la causa de una falla específica que es proyectada a ocurrir. La ocurrencia es calificada con una escala de numeración del 1 al 10, tal como sucede en el caso de la severidad. Una buena guía para ordenar y acomodar los números de ocurrencia son los Cpk, (referirse al capítulo 7) obtenidos a partir de los estudios de habilidad del proceso.

16) Controles actuales del proceso.

Los controles actuales del proceso son descripciones de los controles que ayudan a prevenir, hasta donde es posible, el modo de falla de la ocurrencia.

Esto es logrado mediante procesos de control como el control estadístico de producción o post procesos de evaluación.

La evaluación puede ocurrir en las subsecuentes operaciones, Hay tres tipos de operaciones a considerar.

- Prevenir la causa o mecanismo de efecto de falla o reducir su rango de frecuencia.
- Detectar las causas / mecanismo para la búsqueda de acciones correctivas.
- Detectar el modo de falla.

17) Detectabilidad.

La detectabilidad es una evaluación de la probabilidad de que en el proceso sea detectado un mecanismo o causa potencial de encontrar fallas potenciales antes de que las partes o componentes sean mandados a la siguiente operación. Al igual que en los casos anteriores, ocurrencia y severidad, se usa una escala de 1 al 10 para evaluar la detectabilidad.

18) Número de riesgo de prioridad.

Las siglas comúnmente utilizadas para representar el número de riesgo de prioridad son RPN, que vienen del inglés Risk Priority Number. Este número es el producto de la severidad, la ocurrencia y la detectabilidad. Es importante evitar RPN con valores altos en cualquier proceso.

El número RPN refleja la preocupación de la gravedad de problemas que se pueden llegar a presentar durante el un proceso de manufactura determinado. El valor RPN debe estar comprendido dentro del rango de 1 a 1000. Para valores altos de RPN, los miembros del equipo deben realizar esfuerzos importantes para reducir los altos valores de RPN a través de las acciones correctivas pertinentes.

19) Acciones recomendadas.

Cuando los modos de falla han sido listados de acuerdo a los modos de RPN, las acciones correctivas deben ser dirigidas hacia los indicadores más altos de RPN. En todos los casos cuando un modo potencial de falla significa un daño potencial a la seguridad de una persona, todo debe ser reportado en el AMEF con un ítem especial que indique que se trata de una operación crítica. Es importante mencionar que este tipo de ítems sean eliminados o por lo menos minimizados lo antes posible.

Es obligación de todos los departamentos involucrados el tomar acciones encaminadas a la obtención de RPN's bajos mediante la abundante generación de ideas para la elaboración de acciones recomendadas en los AMEF's.

Acciones como las siguientes pueden ser tomadas en cuenta:

- Reducir la probabilidad de ocurrencia, el proceso y / o revisión son requeridos para lograr este fin. Una acción orientada al estudio de procesos

usando métodos estadísticos pueden ser implantados con la continua alimentación en las operaciones aprobadas para el mejoramiento continuo y la prevención de defectos.

- La revisión de diseños, como de procesos para traer una disminución en los números de calificación de ocurrencia, severidad y detectabilidad.

Incrementar la probabilidad de detección de procesos y diseños es requerida. Generalmente mejorando los procesos de detección, se logran éxitos temporales en el mejoramiento de la calidad de los procesos de manufactura. Sin embargo, el tener una política encaminada al mejoramiento de procesos de detectabilidad de problemas de calidad es mejor, aún cuando en la mayoría de los casos es necesaria una inversión inicial muy fuerte.

En algunos casos, una revisión al los diseños para hacer cambios, es recomendable. Así mismo, cambios en los procesos de control puede hacerse para aumentar la detectabilidad de fallas en los productos.

Siempre se debe tener una filosofía de detección de errores en lugar de la corrección de los mismos.

20) Repetibilidad de las acciones recomendadas.

En este lugar deben ser puestas las acciones recomendadas y una fecha objetivo para la implementación de la acción recomendada.

21) Acciones tomadas.

Después de que una acción ha sido tomada, en este apartado debe ser puesta una breve descripción de la acción a tomar.

22) Acciones resultantes.

Después de que las acciones resultantes han sido tomadas, se debe estimar y almacenar el resultado del producto de la severidad, la ocurrencia y la detectabilidad. Si no hay acciones recomendadas, se deja el RPN resultante y las columnas en donde aparecen los listados en blanco.

Todos los RPN resultantes deben ser revisados y si hay acciones más severas recomendadas que sean necesarias, se deben repetir los pasos del 19 al 22.

Seguimiento.

El ingeniero de seguimiento es el encargado de asumir que todas las acciones hallan sido implementadas y adecuadamente agregadas al AMEF. Como fue mencionado anteriormente, el AMEF es un documento vivo que siempre debe de reflejar el último nivel de diseño, así como las últimas acciones relevantes, incluyendo todas aquellas después del comienzo de la producción.

5.3 AMEF requerido para la operación de fresado de la landa del pistón.

A continuación es presentado el AMEF de proceso usado para el fresado de la falda del pistón. Cabe mencionar que este AMEF es que se publico poco después de instalar la máquina en la línea de producción, por lo cual es posible que actualmente se encuentre más actualizado el proceso y por lo tanto también el AMEF.

En la figura 5.2 se expone el AMEF que la operación de fresado de la falda del pistón requiere.

AMEF DE PROCESO.

Item: Piston repuesto Diesel NP 200800 y200708
 Año modelo del NP: '00, '01, '02 y'03
 Miembros del equipo: MAC, HLS, HHA, MAL, AC, JMB
 Fecha origen de AMEF: 30 /07 /00

Responsable del proceso: Planta de maquinado línea Diesel #8
 Fecha original: 30 /07 /00

Numero de AMEF: XXX
 Pagina: 1 de 1
 Preparado por: HHA, OLS, JMB, MAC, AC
 Fecha rev: 30 /03 /01

Operación / Requerimientos	Modo potencial de falla	Modo de efecto de falla	Severidad	Clasificación:	Causas / mecanismos potenciales de falla	Cantidad:	Controles actuales de proceso	Densidad RPN	Acciones recomendadas	Responsabilidad de las acciones recomendadas	Acciones resultantes				
											Acciones tomadas	Severidad	Cant.	RPN	
80 Fresado de landa	Distancia de fresado fuera de especificación	Golpeteo de balancines con el piston	7		Herramienta con desgaste excesivo	1	Inspeccion de característica 1 X Turno	2 14	No se requiere						

Figura 5.2. AMEF de proceso usado para el control del proceso de fresado de falda del pistón Diesel.

CAPITULO 6.

INTRODUCCIÓN AL MEJORAMIENTO CONTINUO Y PROCESO DE CONTROL ESTADÍSTICO.

6.1 Introducción.

Para prosperar en los actuales climas económicos, las empresas de todos los sectores deben dedicar esfuerzos al mejoramiento continuo. Se debe buscar la constante mejora en los procesos para hacerlos más eficientes.

Para ser más eficiente, el personal de las empresas debe estar comprometido con el mejoramiento y el uso de métodos efectivos.

El este capítulo, será abordado de manera general el proceso de control estadístico de producción y el análisis de la capacidad del proceso.

El concepto básico de variación y el uso de signos estadísticos para mejorar el desempeño de procesos puede ser perfectamente aplicado a cualquier área.

Algunos ejemplos de aplicaciones pueden ser los siguientes: máquinas (presentación de características), almacenaje de libros, análisis de tiempos perdidos (rango de scrap), sistemas computacionales y manejo de materiales (tiempos de transito). El análisis que es hecho en este capítulo se enfoca directamente en el piso técnico, es decir el control de una medida crítica en la falda de un pistón Diesel.

En un principio el control estadístico del proceso (SPC por sus siglas en ingles) era aplicado en partes. Sin embargo, con el paso del tiempo al conocerse mas acerca del potencial de esta herramienta estadística, su rango de aplicación creció de manera considerable, por lo cual hoy en día puede ser perfectamente aplicable a procesos, lo cual ayuda en gran medida a la reducción de costos de manufactura al mantener bajo control todo lo que es producido.

6.2 Prevención contra detección.

En el pasado, la manufactura continuamente dependía de producción para la inspección del producto mientras que control de calidad revisaba únicamente el producto final. En ambos casos se aplicaba la estrategia de la detección, misma que hoy en día no es muy recomendable porque permite que tiempo, materiales y servicios sean utilizados en forma no apropiada, donde en la mayor parte de los casos, estos no son reutilizables.

Es mucho más efectivo utilizar el tiempo perdido mediante el uso de herramientas no reutilizables, lo cual en pocas palabras significa estrategia de detección y corrección en lugar de detección y corrección.

Una detección de prevención puede resultar muy obvia para muchas personas. Sin embargo, lo que se requiere es un entendimiento de los sistemas de control estadístico de procesos para poder saber cuando un proceso esta comenzando a salir de control.

Por lo tanto, en la manufactura moderna se utiliza la filosofía de la prevención en lugar de la corrección.

Hoy y siempre es y será mejor prevenir que reparar y gastar.

6.3 Variación de proceso.

Para utilizar efectivamente los datos que se obtendrán al controlar un proceso, es importante conocer el concepto de variación.

Nunca hay dos productos que sean exactamente iguales debido a que cualquier proceso tiene innumerables fuentes de variación. Las diferencias entre los productos pueden ser muy grandes o pueden ser tan pequeñas que no pueden medirse. Sin embargo, siempre están presentes.

Algunas fuentes de variación en el proceso pueden causar diferencias en periodos de tiempo muy cortos, por ejemplo los claros y la precisión del operario. Otras fuentes de variación pueden causar cambios en el producto solamente después de un cierto periodo de tiempo, también puede presentarse un cambio gradual, como el desgaste de una maquina o herramienta paso a paso. Otro ejemplo es el cambio en un procedimiento en donde pueden haber cambios irregulares que pueden estar ligados al medio ambiente y las condiciones bajo las cuales sean realizadas las mediciones. Todo lo anteriormente

mencionado afectara en mayor o menor grado la cantidad de variación total que puede presentarse durante un proceso.

Desde el punto de vista de requerimientos mínimos, el resultado de la variación es frecuentemente simplificado, es decir, las partes dentro de las tolerancias de especificación son aceptadas, los reportes que sean entregados a tiempo son aceptados y los que llegan tarde no se aceptan. Sin embargo para dirigir un proceso y reducir la variación, esta ultima debe analizarse en función de las fuentes que la ocasionan. El primer paso para lograr este tipo de análisis es aprender a diferenciar entre las causas comunes y las causas especiales de variación, además, del tipo de acciones que deben ser tomadas para cada caso con el propósito de reducir las causas de variación dentro de cualquier proceso.

Las causas especiales de variación pueden ser detectadas a través de las técnicas de estadística.

Este tipo de causas de variación no son comunes a todas las operaciones involucradas, por ejemplo, en una estación de trabajo del proceso puede haber un operario que todavía se encuentra dentro de la etapa de adiestramiento y que ocasiona cierta variación diferente a la que un operario experimentado puede ocasionar. Este tipo de variación es la forma en la cual es afilada una herramienta, ya que si la herramienta se encuentra fuera de especificación del diseño para operar adecuadamente, evidentemente tendremos otra causa de variación que en muchas ocasiones es de gran importancia.

El descubrimiento de una causa especial de variación y su arreglo es usualmente responsabilidad de alguna persona que se encuentre conectado directamente con la operación. En este tipo de casos, la solución de una causa especial de variación requiere generalmente una acción local.

La magnitud de las causas especiales de variación también puede ser detectada a través de las técnicas estadísticas, pero estas causas por si mismas requieren, de un análisis mas detallado, ya que pueden implicar el cambio de todo un proceso de manufactura. En algunos otros casos, la gravedad del problema tiene que ver directamente con el proveedor que surte la materia prima y que no satisface los requerimientos especificados. Para corregir causas comunes de variación se requiere generalmente de decisiones que deben ser tomadas por la gente responsable de dar los servicios al área productiva y de

administrar el sistema. Sin embargo, las personas directamente conectadas con la operación son siempre las más indicadas. Aquí es donde podemos decir que la solución de las causas comunes de variación requieren de acciones sobre el sistema.

6.4 Sistema de control de procesos.

Un sistema de control de procesos puede ser considerado como un proceso de retroalimentación en el cual el control estadístico del proceso es el sistema de retroalimentación. Dentro del control estadístico del proceso (SPC por sus siglas en ingles que significan Statistical Process Control) existen cuatro puntos importantes por discutir y que son:

1. **El proceso:** Por proceso se puede entender la completa combinación de proveedores, productos, gente, entrada y salida de materiales, métodos y todo un ambiente que trabaja junto para producir una salida común y los consumidores que son quienes van a utilizar esa salida común. La ejecución total del proceso depende de la buena comunicación entre proveedores y consumidores, mientras que la manera en la cual los procesos son diseñados e implementados, manejados y operados. El resto del sistema de control de procesos es utilizable sólo si contribuye al mantenimiento de un nivel de excelencia o a mejorar la total ejecución de los procesos de manufactura.
2. **Información acerca de la ejecución.** Mucha de la información acerca de la adecuada ejecución del proceso puede ser apreciada estudiando los procesos de salida. La más valiosa herramienta acerca de la ejecución de un proceso viene del entendimiento del proceso mismo. Procesos característicos como temperaturas, tiempos de ciclo, tiempos de alimentación, ausentismo y tiempos extra o el número de interrupciones deben ser los últimos elementos a estudiar dentro de nuestro análisis. Los esfuerzos deben ser invertidos en determinar los objetivos de aquellas características que resultaran en una operación más productiva del proceso y luego monitorear para saber si es que sé esta cerca o lejos de los valores meta deseados en el proceso de control o que la calidad del proceso demanda. Si

toda esta información es ordenada y entendida correctamente, se podrá observar si el proceso es desempeñado en la forma correcta.

3. **Acciones sobre el sistema:** La acción sobre el proceso es la forma más importante cuando es tomada para prevenir las características importantes (proceso o salida) o cuando se presentan desviaciones importantes de los valores que se tienen como objetivos para ser alcanzados. Esto ayuda a mantener la estabilidad y la variación del proceso de salida dentro de límites aceptables. Acciones como estas pueden constar de varias acciones (como el adiestramiento del operador, cambio de materiales entrantes, etc.) o los elementos básicos del mismo proceso como la forma en la cual los operarios se comunican o se relacionan, los ajustes de la maquina, etc. El efecto de todas estas acciones debe ser monitoreado y acciones más amplias deben ser aplicadas si es necesario.

4. **Acción sobre el punto de salida.** La acción sobre la salida regularmente es la menos económica cuando se aplica directamente sobre los procesos de detección y corrección de productos fuera de especificación. Desafortunadamente cuando no son aplicadas acciones directas sobre el producto y no se conocen los requerimientos del cliente, muchas veces son mandadas a scrap un gran numero de piezas o en el mejor de los casos las piezas se tienen que retrabajar.

Por lo anterior, es posible decir que una acción seguida de una inspección es una pobre forma de mantener manejos efectivos de procesos.

6.5 Variación: Causas comunes y especiales.

Para medir de manera efectiva los procesos de control es importante primero conocer el significado de variación.

Nunca dos productos o características son iguales exactamente, todos los procesos siempre tienen fuentes de variación. La diferencia entre productos puede ser grande o demasiado pequeña para poder ser medida. El diámetro de una flecha maquinada puede variar por alguna de las siguientes razones: variaciones en la máquina (desgaste de

rodamientos), el desgaste de las herramientas, las condiciones físicas del material (dureza y diámetro), la habilidad del operador, él manteniendo que se otorga a la máquina o las condiciones del medio ambiente en donde se trabaja. Incluso es necesario tomar en cuenta los procedimientos burocráticos para elaborar una factura y las condiciones que ello trae consigo.

Algunas fuentes de variación en el proceso causas pequeñas diferencias entre una pieza y otra. Otras fuentes de variación tardan en manifestarse al paso del tiempo como por ejemplo el desgaste de los elementos mecánicos de la máquina que procesa cualquier producto que nos interese analizar. Por lo tanto, es importante considerar el tiempo en el cual se están realizando los análisis de habilidad del proceso de cualquier producto.

Mientras los valores medidos tienden a ser diferentes valores, todos en común tienden a formar un patrón de comportamiento que puede ser llamado o descrito como una distribución la cual se caracteriza por:

Localización (valores típicos).

Distribución (distancia entre los valores mas grandes y los mas pequeños).

Forma (el patrón de la variación para ver si es simétrica o asimétrica).

Causas comunes se refieren a las muchas fuentes de variación dentro de un proceso que tiene una repetible y estable distribución en el tiempo. A esto se le llama estado estadístico bajo control. En el control estadístico o algunas veces solo bajo control. Si las salidas de información del proceso se mantienen estables a lo largo del tiempo, entonces el proceso es predecible.

Las causas especiales (frecuentemente llamadas causas asignables) se refieren a los muchos factores que pueden ocasionar variación y que no siempre actúan en el proceso y cuando se presentan cambian el proceso de manera general. A menos que todas las causas de variación sean identificadas, estas afectaran el proceso de manera impredecible. Si las causas especiales de variación están presentes, el proceso de salida no es aceptable a lo largo del tiempo.

Los cambios que se presentan en el proceso pueden ser beneficiosos o perjudiciales en muchos casos. Evidentemente cuando los cambios son decrementales pueden ser removidas o eliminadas las causas de variación. Mientras que de otra forma cuando las variaciones son beneficiosas, estas deben ser permanentes. En algunos procesos de

manufactura que se encuentran en etapa de madurez (procesos en los cuales se han experimentado varios procesos de continuo mejoramiento) el cliente puede permitir ciertas variaciones que no afecten la calidad del producto. En este tipo de situaciones se debe garantizar que no se presenten cambios importantes en el proceso mediante la elaboración de planes de control adecuados.

6.5.1 Acciones locales.

- Acciones locales y acciones sobre el sistema.
- Son siempre requeridas para eliminar causas especiales de variación.
- Siempre deben ser tomadas por gente que se encuentre cerca del proceso.
- Pueden corregir hasta el 15% de los problemas de procesos.

6.5.2 Acciones sobre el sistema.

- Siempre son requeridos para eliminar causas especiales de variación debido a causas comunes.
- Casi siempre requieren acciones de manejo para la corrección.
- Casi siempre son necesarias para corregir el 85% de los problemas de los procesos.

6.6 Acciones locales y acciones sobre el sistema.

Hay una importante conexión entre los tipos de variación que acaban de ser discutidos y los tipos de acción necesarios para reducirlos.

El control estadístico de procesos puede identificar causas simples de variación. Descubrir una causa común de variación y tomar la acción adecuada para reducirla es tarea de alguien que este directamente conectado con la operación. Aunque algunas veces el manejo de estas variaciones se debe limitar a la corrección de la condición, la resolución de una causa común de variación requiere una acción local. Lo anterior es específicamente importante durante la etapa naciente de los esfuerzos de corrección del proceso. Sin embargo algunas veces pasa que no todas las variaciones pueden ser corregidas y es en esta etapa cuando se deben emplear acciones de corrección sobre el proceso en lugar de tomar acciones locales de corrección.

Estas mismas técnicas estadísticas pueden ser aplicadas para poder mostrar las causas comunes de variación que, además, necesitan ser estudiadas y aisladas. La corrección de estas causas comunes de variación son responsabilidad de la persona que maneja el proceso. Algunas veces la gente conectada directamente con la operación, tendrá una mejor posición para la corrección del proceso para poder tomar acciones adecuadas de corrección. En este tipo de circunstancias es necesario tomar acciones correctivas sobre el sistema.

Solamente una porción relativamente pequeña del problema de variación puede ser corregido por personas que se encuentren directamente conectadas con el sistema (acciones locales). Mientras que, por la experiencia industrial que se tiene, el restante 85% de problemas de variación puede ser corregido mediante acciones locales sobre el proceso. Un ejemplo práctico que puede presentarse es la producción fuera de control de cigüeñales en donde sea necesario más que un ajuste de la máquina (acción local), las causas de variación pueden ser ocasionadas por el proveedor que surte el material con el que se producen los cigüeñales, en este tipo de problemas es recomendable una acción sobre el proceso mediante la corrección directamente sobre los productos y materiales empleados en el proceso del proveedor.

6.7 Control y habilidad del proceso.

El propósito del control del proceso es la toma de decisiones económicas que corrijan de manera inmediata variaciones nocivas sobre el proceso. Esto implica el balance de las consecuencias de tomar decisiones cuando es necesario (sobre el control) contra la falta de toma de acciones cuando estas acciones son realmente necesarias (subcontrol).

Se dice que un proceso está bajo control estadístico cuando la única fuente de variación proviene de causas comunes. Una función del sistema de control de procesos es el proporcionar un signo estadístico que indique cuando las causas comunes de variaciones están presentes y evitar la toma de decisiones equivocadas cuando no existen causas de variación presentes.

Cuando se discute acerca de la capacidad del proceso, dos importantes conceptos deben ser tomados en cuenta:

La capacidad del proceso es determinada por la variación que viene de causas comunes. Esto generalmente representa la mejor forma de ejecución que puede tener el mismo proceso, como es demostrado cuando el proceso esta siendo ejecutado en un estado de control estadístico mientras los datos son recolectados independientemente de cuales puedan ser las especificaciones del proceso.

A los clientes lo que más les interesa es la salida del proceso, independientemente de lo grave de la variación.

En general, mientras un proceso estadístico permanezca en control y no experimente un cambio estadístico de dispersión o otra forma, permanecerá produciendo partes dentro de especificación. Sin embargo el primer paso en el control estadístico debe ser la obtención de un objetivo que alcanzar. Es decir, si el proceso presenta dispersión entonces el proceso es inaceptable, permitiéndose un número mínimo de partes fuera de especificación.

Todos los procesos están sujetos a una clasificación basada en la capacidad del proceso y control. Cada proceso puede ser estudiado dentro de uno de los siguientes cuatro procesos mostrados en la tabla 6.1:

Tabla 6.1. Tabla lógica para clasificar los cuatro casos en los que puede caer un proceso.

Resultados	En control	Sin control
Aceptable	Caso 1	Caso 3
No aceptable	Caso 2	Caso 4

Para ser aceptado, un proceso debe de estar dentro de tolerancias estadísticas. La situación ideal es tener el caso 1, en donde el proceso esta bajo control y los resultados son aceptables. En un caso 2, en donde el proceso tiene causas excesivas de variación, no es aceptable y las causas de variación deben de ser reducidas. En un caso 3 en donde los procesos de resultados son aceptables, pero presenta variaciones, debe de ser corregido inmediatamente.

En el cuarto caso, el proceso no esta bajo control ni tampoco es aceptable, razón por la cual es urgente la resolución de las causas de variación.

Bajo ciertas circunstancias, el cliente acepta una corrida de producción que pasa por el caso tres por que la parte producida no presenta muchas partes críticas o bien presenta partes imperceptibles para el producto final.

Dentro de la industria automotriz, el calcular la capacidad de un proceso determinado se hace solamente cuando el proceso ha demostrado estar bajo control estadístico.

Los índices de capacidad del proceso pueden ser divididos en dos categorías: la primera es la larga duración de corta duración. Los estudios de corta duración están basados en las medidas tomadas únicamente de una operación, mientras que la segunda esta ligada con los estudios de larga duración que están basados en estudios de todo un proceso. Aunque si el proceso es estadísticamente aceptable, se procede a calcular la capacidad del proceso.

6.8 Ciclo de mejoramiento del proceso y proceso de control.

En la aplicación del proceso de mejoramiento continuo, hay tres etapas que son necesarias estudiar:

- a) **Analizar el proceso:** El entendimiento básico del proceso debe considerar el mejoramiento del proceso. Se deben hacer en cuenta las siguientes preguntas para tener un mejor entendimiento del proceso.
 - ¿Que debe estar haciendo el proceso?
 - ¿Que puede estar mal?
 - ¿Que puede variar en el proceso?
 - ¿Que debemos saber de la variabilidad del proceso?
 - ¿Cuales son los parámetros más sensible de la variación?

- b) **¿Que esta haciendo el proceso?**
 - ¿El proceso esta produciendo scrap o salidas de productos que requieran retrabajos?
 - ¿El proceso produce partes que se encuentren dentro de los parámetros de control estadístico aceptable?
 - ¿El proceso es capaz?

- ¿El proceso es confiable?

Muchas técnicas pueden ser aplicadas para tener un mejor entendimiento de proceso como la realización de juntas de trabajo entre la gente que se encarga de desarrollar los procesos y la construcción adecuada de AMEF's. Una herramienta poderosa para poder presentar resultados de control estadístico son las cartas de control, que serán mostradas mas adelante. Esta herramienta ayuda al mejor entendimiento entre las causas comunes y las causas especiales de variación. Un estudio estadístico mediante cartas de control ayuda al mejor entendimiento y valuación de las causas de bajos niveles de capacidad del proceso.

Una carta de control ayuda a monitorear el buen funcionamiento de un proceso y aplicar las soluciones adecuadas cuando sean necesarias.

Sin embargo, muchas veces debido a las limitaciones de las empresas, existen numerosas compañías que se mantienen en la segunda etapa del ciclo de mantenimiento del proceso, que es mostrada en la figura 6.3 junto con la primer y tercer etapa. Sin embargo, siempre se debe de luchar por alcanzar la etapa tres del proceso en donde se busca la mejora del proceso.

Es cierto que al principio el comienzo es difícil, pero a mediano plazo, se encuentran los frutos de la aplicación de la tercera etapa del proceso de mejoramiento continuo.

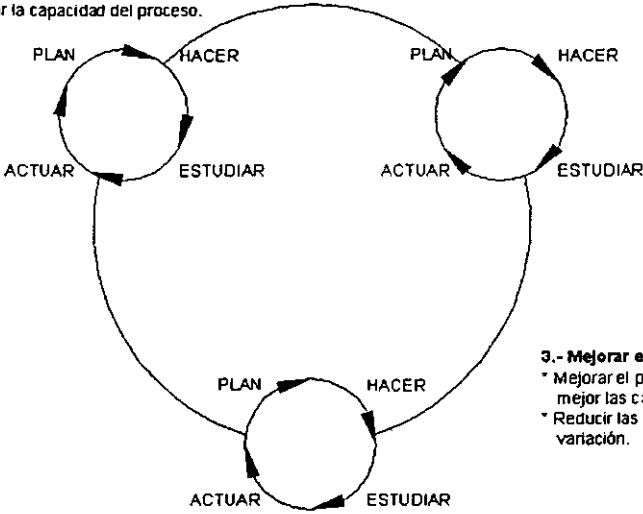
En la etapa tres del proceso se deben hacer inversiones en tiempo, y por lo tanto en dinero, en técnicas como el mejoramiento de herramientas, instrumentales y posiblemente el mejoramiento integral del proceso de producción.

1.- Analizar el proceso.

- * Que puede estar haciendo el proceso.
- * Que puede estar mal.
- * Que esta haciendo el proceso.
- * Alcanzar un estado de control estadístico.
- * Determinar la capacidad del proceso.

2.- Mantener el proceso.

- * Monitorear ejecución del proceso.
- * Detectar causa de variación y actuar sobre ella.



3.- Mejorar el proceso.

- * Mejorar el proceso para entender mejor las causas de variación.
- * Reducir las causas comunes de variación.

Figura 6.1. Etapas del ciclo de mejoramiento continuo.

6.9 Herramientas para el control del proceso.

El doctor Walter Shewhart, de los laboratorios Bell, mientras estudiaba los datos de un proceso en 1920, hizo la primera distinción entre variación controlada y variación no controlada debida a la cual hoy en día podemos distinguir entre causas especiales y no especiales de variación. El desarrollo una simple pero poderosa herramienta para distinguir las causas especiales y las causas comunes de variación usando lo que hoy es conocido como carta de control.

Desde los principios del año pasado, las cartas de control han constituido una herramienta muy poderosa para el control de procesos. La experiencia ha demostrado efectivamente que las cartas de control dirigen su atención hacia las causas especiales de variación cuando estas aparecen y reflejan la magnitud de la variación debido a las causas comunes.

6.10 La elaboración de cartas de control se resume en los siguientes beneficios:

- a) Ayudar a la producción constante, predecible para calidad y costo.
 - Permitir que el proceso alcance:
 - Mejor calidad.
 - Menor costo de producción por unidad.
 - Mejor capacidad efectiva.

- b) Proporcionan un mejor lenguaje para discutir la ejecución del proceso.

- c) Discuten las causas variables comunes y especiales de variación, para la aplicación de acciones locales o sobre el proceso.

Nota:

En el presente trabajo de tesis se aplicaran solamente las cartas de control por variables para entender la ejecución del proceso.

No se explicaran a detalle las herramientas aplicadas para la obtención de valores de capacidad del proceso.

6.11 Capacidad del proceso y variación del producto.

En un ambiente típico de manufactura, la capacidad del proceso de producir artículos que se conforman a los límites especificados es determinado de antemano durante las etapas de experimentación y cuando es factible se obtiene información preliminar en cuanto al grado de variación de un proceso que se puede presentar con respecto a los valores nominales o especificaciones del cliente. Los estudios de la habilidad del proceso proporcionan un medio comprobado para lograr estos objetivos. Estos estudios también son empleados para vigilar los procesos contra cambios o desviaciones repentinas.

El estudio de la capacidad del proceso es la comparación entre el rendimiento del proceso real y las especificaciones de ingeniería de la pieza que se produce o que se ensambla.

Una medida de la variación provocada por las imperfecciones de la manufactura puede considerarse como la capacidad la capacidad del proceso. El índice C_p , de acuerdo con definiciones anteriores emplea como medida cuantitativa la variación del proceso en torno al valor especificado (medida nominal). Otros índices que también son importantes en un estudio de habilidad del proceso son el CPU que indica el índice de capacidad superior y que se define como la tolerancia superior esparcida y dividida por la verdadera por la verdadera distribución del proceso. El tercer termino es, el índice CPL que indica el índice de la capacidad inferior del proceso y que es definido como la tolerancia inferior dividida por la verdadera distribución del proceso. Finalmente, tenemos el índice C_{pk} , el cual toma en cuenta el centrado del proceso al tomar la distancia del limite de especificación más cercano del proceso y luego dividiendo a la mitad el rango de tolerancia natural del mismo.

6.12 Análisis de los resultados del análisis de la operación de balanceo del pistón.

A continuación se presentan los resultados a los cuales llego la empresa MORESA al hacer el primer estudios de la habilidad del proceso, unas semanas después de que el proceso y como se puede apreciar en las graficas mostradas en la figura 6.4, el proceso esta perfectamente dentro de los limites estadísticos para poder considerar el proceso como estable o bajo control con un $C_p = 0.53$ y $C_{pk} = 0.54$, lo cual nos dice que, mediante interpolación y usando la tabla 5.1, las PPM son menores o iguales a 110,900 aproximadamente, con un porcentaje de falla del 11.1%. Por lo tanto el proceso esta bajo control estadístico, aunque puede y debe mejorarse para reducir el porcentaje de falla y el índice de partes por millón.

Grafica control $\bar{X} - \bar{R}$

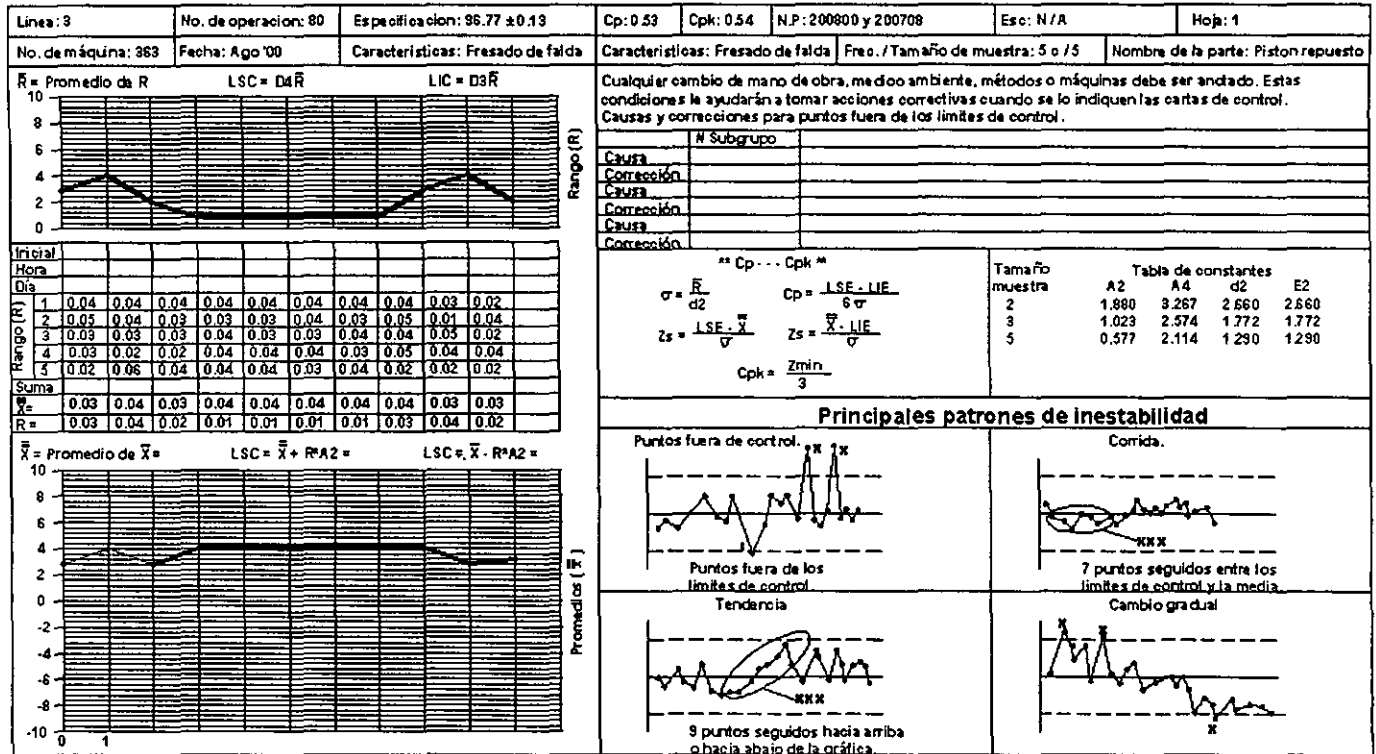


Figura 6.2. Grafica de control estadístico del proceso.

6.13 Memoria de calculo de la capacidad del proceso.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.02
0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.05	0.01	0.04
0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.02
0.03	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04	0.03	0.05	0.04	0.04
0.02	0.06	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.02	0.02	0.02

\bar{X}	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03
R	0.03	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.04

Nota: A la medida obtenida por la maquina, se le resto la medida nominal para obtener los datos que aparecen en la tabla arriba indicada

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{\text{No. } \bar{X}} = \frac{0.35}{10} = 0.03$$

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{\text{No. } R} = \frac{0.22}{10} = 0.02$$

Tabla de constantes

Tamaño muestra	A2	D4	d2
3	1.02	2.57	1.69
5	0.58	2.12	2.33

$$LSR_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + (A2 \times \bar{R}) = 0.03 + (0.577)(0.02) = 0.05$$

$$LIC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - (A2 \times \bar{R}) = 0.03 - (0.577)(0.02) = 0.02$$

$$LSC_R = D4 \times \bar{R} = (2.115)(0.22) = 0.47$$

$$LIC_R = 0$$

$$LSE = 0.05$$

$$LIE = 0.01$$

$$\text{Tolerancia} = LSE - LIC = 0.05 - 0.01 = 0.04$$

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d2} = \frac{0.02}{2.326} = 0.01$$

Nominal 97.66 mm

Tamaño muestra 5

$$Cp = \frac{LSE - LIE}{6 \hat{\sigma}} = \frac{0.03}{6(0.01)} = 0.53$$

$$Z_s = \frac{LSE - \bar{\bar{X}}}{\hat{\sigma}} = \frac{0.05 - 0.03}{0.01} = \frac{0.02}{0.01} = 1.61$$

$$Z = \frac{\bar{\bar{X}} - LIE}{\hat{\sigma}} = \frac{0.03 - 0.01}{0.01} = \frac{0.02}{0.01} = 2.62$$

$$Cpk = \frac{Z_{\min}}{3} = \frac{1.61}{3} = 0.54$$

CONCLUSIONES.

Esta tesis comprende cuatro partes importantes para poder controlar el procesamiento del pistón que se pueden resumir como sigue:

- 1.- Se aplican de manera efectiva los conocimientos teóricos relacionados con el corte de material.
- 2.- Se confirma de nueva cuenta la efectividad de la utilización de los planes de control.
- 3.- Se verifica la importancia que tienen los AMEF's como herramientas para corregir posibles fallas que se llegan a presentar durante el proceso y se sabe actuar en caso de que se presente un desperfecto.
- 4.- Se demuestra que gracias a los estudios estadísticos el pistón es producido con los volúmenes y especificaciones que el cliente y con las especificaciones que este último especifica.

Espero que esta tesis ayude a los estudiantes de ingeniería y personas involucradas a conocer uno de los métodos de trabajo que actualmente se utilizan dentro de la industria de manufactura competente. El uso de planes de control, AMEF's y estudios estadísticos no exclusivo de la industria automotriz, ya que estas herramientas bien pueden ser aplicadas en técnicas de manufactura de diversos artículos como focos, lápices, computadoras, calculadoras, etc., por formas de trabajo encaminados a evitar fallas en el proceso mediante el ataque a las causas de los problemas que pueden llegar a presentarse en una operación determinada que pueden llegar a afectar un proceso completo ocasionando en muchas ocasiones el retrabajo de piezas o incluso la producción de grandes cantidades de scrap. Lo cual significa automáticamente el desperdicio de recursos de diverso índole. Mediante la aplicación de estas técnicas de manufactura podemos estar convencidos que los productos procesados cumplirán con las especificaciones demandadas por los clientes.

BIBLIOGRAFÍA.

1) Manual del Ingeniero Industrial.

William K. Hodson.

Editorial MC Graw Hill.

2) Fundamentos de Manufactura Moderna.

Mikell P. Groover.

Editorial Prentice Hall.

3) Milling Systems.

Valenite Catalog.

4) Statistical Process Control.

Reference Manual.

Daimler-Chrysler, Ford Motor Company and General Motors.

5) Advanced Product Quality Planning and Control Plan.

Reference Manual.

Daimler-Chrysler, Ford Motor Company and General Motors.

6) Manual del Ingeniero de Planta.

Robert C. Rosaler.

Editorial Mc Graw Hill.

7) Handbook of Materials.

Society of Automotive Engineers.

8) Marks. Manual del Ingeniero Mecánico.

Eugene A. Avalone.

Editorial Mc Graw Hill.

9) Fundamentos de Dibujo en Ingeniería.

Warren J. Luzadder.

Editorial Mc Graw. Hill.

10) Manual del Ingeniero de Taller.

Betriebshutte de la Academia Hutte de Berlín, Alemania.

Editorial Gustavo Hilli, S.A.