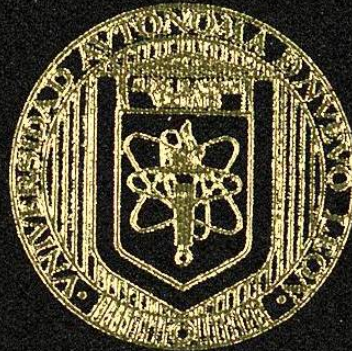


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



"ANALISIS Y OPTIMIZACION DEL CONTROL Y OPERACION
DE LA MAQUINA DE CONTROL NUMERICO
COMPUTARIZADO EMCO FC MILL 125"

POR
ING. ANGEL ROLANDO RIVAS VELAZQUEZ
TESIS

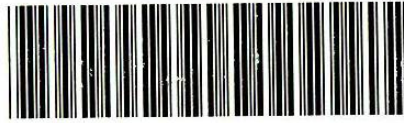
EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA
INGENIERIA EN MANUFACTURA CON ESPECIALIDAD
EN AUTOMATIZACION

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L. DICIEMBRE DE 2004

"ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DEL CONTROL OPERACIONAL Y CONTROL DE LA MANO DE OBRA EN UN CENTRO DE MANUFACTURA DE FIBRA DE CARBÓN".
A.R.R.V.

COMPUTARIZADO ENCO PC
MIL 125"

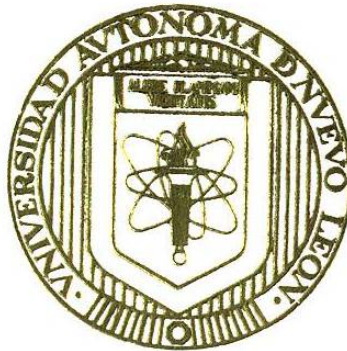
TM
Z5853
.M2
FIME
2004
R58



1020150228

1000
2

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



**"ANALISIS Y OPTIMIZACION DEL CONTROL Y OPERACION
DE LA MAQUINA DE CONTROL NUMERICO
COMPUTARIZADO EMCO PC MILL 125"**

POR
ING. ANGEL ROLANDO RIVAS VELAZQUEZ
TESIS

**EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA
INGENIERIA EN MANUFACTURA CON ESPECIALIDAD
EN AUTOMATIZACION**

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L. DICIEMBRE DE 2004

990636

TH
Z5853
•M2
FTHE
2004
•R58

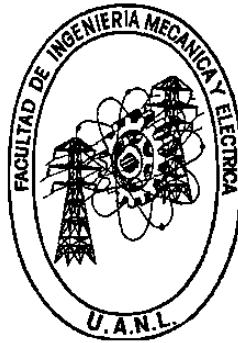


FONDO
TESIS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



“ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DEL CONTROL Y OPERACIÓN DE
LA MÁQUINA DE CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO
EMCO PC MILL 125”

POR

ING. ANGEL ROLANDO RIVAS VELÁZQUEZ

TESIS

EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA
INGENIERÍA EN MANUFACTURA CON ESPECIALIDAD EN
AUTOMATIZACIÓN

SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, N.L. DICIEMBRE DE 2004.

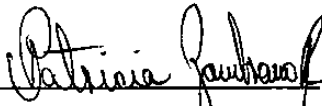
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Los miembros del comité de tesis recomendamos que la tesis “ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DEL CONTROL Y OPERACIÓN DE LA MÁQUINA DE CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO EMCO PC MILL 125”, realizada por el Ingeniero Angel Rolando Rivas Velázquez, matrícula 0726126 sea aceptada para su defensa como opción al grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería en Manufactura con especialidad en Automatización.

El Comité de Tesis



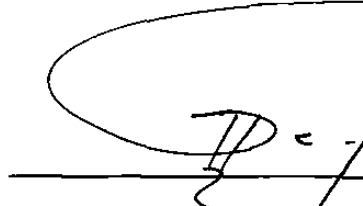
M.C. Roberto Mireles Palomares
Asesor



Dra. Patricia del Carmen
Zambrano Robledo
Coasesor



M.C. José Luis
Castillo Ocaña
Coasesor



Vo. Bo.

Dr. Guadalupe Alán
Castillo Rodríguez
División de Estudios de Posgrado

PROLOGO

Este trabajo refleja la necesidad actual por llevar a cabo la implementación y el seguimiento del plan de trabajo en un Programa de Mantenimiento definido y establecido para que la Máquina de Control Numérico Computarizado EMCO PC MILL 125 que se encuentra en el Departamento de Máquinas y Herramientas de la División de Ingeniería Mecánica ubicada en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de La Universidad Autónoma de Nuevo León.

La Implementación y el seguimiento del Plan de Mantenimiento a la Máquina de Control Numérico representa la oportunidad de aprovechar en un ciento por ciento la eficiencia y elevar el rendimiento de la misma de tal manera que pueda contribuir en el ahorro económico, ya que al contar con esta metodología se podrán prever y reducir las fallas que se puedan presentar en el equipo de trabajo, asimismo contribuye a que las piezas maquinadas tengan una calidad mucho mayor que la que hoy por hoy tienen.

Asimismo, esta tesis trata de contribuir a concientizar sobre, la importancia que representa contar con un plan de trabajo, sobre todo en el área de Mantenimiento o lo que se conoce en las industrias como Ingeniería de Planta, la importancia reside como anteriormente se citó, en dar una calidad mayor en la vida útil del equipo de trabajo, y

esto conlleva a reducir gastos económicos y a asegurar el bienestar del personal que trabaje con la maquinaria.

Cabe destacar que la implementación y el seguimiento del plan de Mantenimiento a la Máquina y Herramienta de Control Numérico Computarizado EMCO PC MILL 125 quedará bajo la aprobación y autorización del Departamento.

ÍNDICE

CAPÍTULO	PÁGINA
Síntesis	1
1 Introducción	3
1.1 Descripción del Problema	3
1.2 Objetivo	4
1.3 Hipótesis	4
1.4 Límites del Estudio	4
1.5 Justificación del Trabajo	4
1.6 Metodología	5
1.7 Revisión Bibliografica	6
2 Mantenimiento	7
2.1 Introducción	7
2.2 La Efectividad del Mantenimiento	11
2.3 Los Sistemas de Mantenimiento	15
2.4 El Mantenimiento Correctivo	17
2.5 Mantenimiento Preventivo	19
2.6 Mantenimiento Predictivo	23
2.7 Mantenimiento Productivo Total	25
2.8 La Gestión y Organización	26
2.9 La Gestión de los materiales y repuestos	28
2.10 El Personal de Mantenimiento	29
2.11 Control del Mantenimiento	31

3 Lubricantes	34
3.1	Introducción 34
3.2	Teoría de la Lubricación 35
3.3	Tipos de Lubricación 36
3.4	Principios de Selección de los Lubricantes 38
3.5	Estructura básica de los Lubricantes 39
3.6	Aceites Lubricantes 40
3.7	Aceites Lubricantes Industriales 41
3.8	Clasificaciones 42
3.9	Lubricación en correderas 46
3.10	Aceites de Corte 47
3.10.1	Aceites Solubles 48
3.10.2	Aceites Minerales 48
3.11	Nacional Cortacero 49
3.12	El Mito Sintético 50
3.13	Principios de Lubricación 51
3.14	La Evolución de la Lubricación 52
3.14.1	Aceites y Grasas con Lubricantes Sólidos 52
3.14.2	Lubricación Industrial 53
4 Máquinas de Control Numérico Computarizado	54
4.1	Introducción 54
4.2	Historia del Control Numérico 55
4.3	Componentes de las Máquinas – Herramientas de Control Numérico 57
4.4	Ejes Principales 58
4.5	Sistemas de Transmisión 60
4.6	Medida de los Desplazamientos 63
4.7	Sistemas de Sujeción 68
4.8	Cambiadores de Herramienta 71

4.9	Ejes Complementarios	73
4.10	Herramientas en Máquinas – Herramientas de Control Numérico	75
4.11	Acoplamientos	77
4.12	Dimensiones Básicas	79
4.13	Funciones Programables de un Control Numérico	83
4.14	Sistemas CN Básicos	83
4.15	Sistemas CNC (Controlados Numéricamente por una Computadora	84
4.16	Tipos de Control	85
4.17	Control de Funciones Máquina	89
4.18	Componentes de un Sistema CN	90
4.19	El Panel de Control	92
5 Análisis del Problema		95
5.1	Introducción	95
5.2	Problema en la Máquina de Control Numérico EMCO PC MILL 125	97
5.3	Falta de limpieza	98
5.4	Falta de lubricación	98
5.5	Desgastes y ajustes en sus piezas mecánicas	98
6 Diseño del plan de mantenimiento		99
6.1	Introducción	99
6.2	Plan de mantenimiento	100
7 Implementación del mantenimiento en la Máquina de Control Numérico EMCO PC MILL 125		101
7.1	Introducción	101
7.2	Implementación	102

8 Monitoreo del funcionamiento de la Máquina de Control Numérico EMCO PC MILL 125	103
8.1 Introducción	103
8.2 Monitoreo	104
9 Conclusiones y Recomendaciones	106
9.1 Conclusiones	106
9.2 Recomendaciones	107
Bibliografía	108
Listado de tablas	109
Listado de figuras	110
Glosario	113
Autobiografía	114

SÍNTESIS

La presente tesis describe el problema que existe en la Máquina y Herramienta de Control Numérico EMCO PC MILL 125, que se encuentra en el Departamento de Máquinas y Herramientas de la División de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Así como también se plantean las posibles soluciones y, entre una de ellas, quizá la más importante es el dar un Mantenimiento, ordenado y de manera periódica a la Máquina de Control Numérico.

Para poder diseñar un plan de Mantenimiento apropiado y eficiente es necesario tener un conocimiento de la historia de las Máquinas de Control Numérico Computarizado, igualmente de las partes que las componen para poder analizar los posibles métodos de mantenimiento. También es importante saber cuales son los diferentes tipos de lubricantes que existen, sus características para ser utilizados de un modo apropiado según las necesidades requeridas.

Cabe destacar que no sólo basta con tener nociones sobre lo que es el funcionamiento de una Máquina y Herramienta de Control Numérico Computarizado, como la EMCO PC MILL 125 la cual se está abordando en este trabajo, de sus componentes, los tipos de lubricantes; sino que es necesario analizar cuál son los

problemas que pueden estar presente en las máquinas y de esta forma; tratar de prever las futuras fallas ya sean a corto, mediano y largo plazo, ahorrando tiempo, dinero y esfuerzo; todo esto con el afán de pensar en Diseñar un plan de mantenimiento definido para la Máquina de Control Numérico EMCO PC MILL 125, ya una vez que se ha detectado el o los problemas y, se ha precisado cual puede ser una solución o soluciones, se prosigue a realizar la implementación del plan de Mantenimiento y, de este modo llevar a cabo un seguimiento periódico del Control del mismo.

Este trabajo muestra no solo los conceptos primordiales de la máquina, sino que también presenta tablas y figuras que contribuyen a obtener una mejor comprensión de los temas que son abordados. Al final del trabajo se presenta la propuesta de cómo dar un mantenimiento definido y preventivo a la Máquina de Control Numérico EMCO PC MILL 125, mostrado en una sencilla tabla que será llevado de manera periódica para contribuir a alargar la vida de la misma, e igualmente brindar una mayor calidad en el maquinado de las piezas; y dar un mejor servicio, ya sea al alumnado de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, como a las industrias que soliciten el uso de la misma.

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del problema

En el departamento de Maquinas y Herramientas de la División de Ingeniería Mecánica, ubicada en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, existe una Máquina de Control Numérico Computarizado EMCO PC MILL 125 la cual no cuenta con un programa de mantenimiento definido, estando sin recibir el mismo de una manera formal desde su llegada a este lugar.

En la actualidad, dicha máquina presenta un problema, en la torreta o tambor de herramientas, en el cual cada vez que se hace un cambio de herramienta se escucha un golpeteo, es decir, como si se estuviera atorando una parte de la máquina.

Así como también presenta problemas como lo es la falta de limpieza de sus partes, dispositivos y herramental con el que cuenta dicha máquina y el cambio de partes dañadas que se encuentran en la máquina, por donde existe fuga de aceite y refrigerante.

1.2 Objetivo:

Diseñar el plan de mantenimiento para aprovechar al máximo la máquina, en labores académicas y para realizar trabajos en la misma o dar servicio a las industrias que así lo solicitaran.

1.3 Hipótesis:

Por medio de este mantenimiento se puede dar una vida útil a la Máquina de Control Numérico Computarizado EMCO PC MILL 125, así como también se puede utilizar como un modelo para las demás Máquinas de Control Numérico Computarizado que se encuentran en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

1.4 Límites del estudio:

Este trabajo solo abarca el mantenimiento industrial, es decir, la limpieza de sus partes, la calibración de las mismas, los tipos de lubricantes que se emplean en el área y el mantenimiento de la Máquina de Control Numérico Computarizado EMCO PC MILL 125.

1.5 Justificación del Trabajo:

Mantener en buen estado la Máquina de Control Numérico Computarizado EMCO PC MILL 125 para poder fabricar diferentes piezas que se quieran realizar, diseñando un programa de mantenimiento lo cual se puede lograr con los conocimientos que se adquirieron en la maestría.

Con este programa de mantenimiento, se podrá mantener en funcionamiento la Máquina de Control Numérico Computarizado EMCO PC MILL 125 durante más tiempo, así como también, se mantendrá en buen estado para la fabricación de diferentes piezas para la industria o industrias que soliciten el apoyo a esta institución.

También serán útiles los conocimientos adquiridos en las materias cursadas como fueron: Metodología del Diseño, Metrología Dimensional, Seguridad Industrial e Ingeniería de Manufactura, impartidas en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, así como también los adquiridos en las industrias, como son Pionner, Gersa y DIMARH, en las cuales se ha brindado apoyo.

1.6 Metodología:

- Revisión de bibliografía.
- Escoger la documentación a utilizar.
- Explicación de los temas a tratar (Mantenimiento, Lubricantes y Máquina de Control Numérico Computarizado).
- Descripción de la Máquina de Control Numérico Computarizado PC MILL 125.
- Análisis del problema.
- Diseño del plan de mantenimiento.
- Implementación del Mantenimiento a la Máquina de Control Numérico Computarizado PC MILL 125.
- Monitoreo del funcionamiento de la Máquina de Control Numérico Computarizado EMCO PC MILL 125.
- Conclusiones.
- Recomendaciones.

1.7 Revisión Bibliografica:

En este estudio se obtuvo información de Internet y de manuales de operación de diferentes máquinas, igualmente de la experiencia personal de diferentes personas que trabajan en el ambiente de Mantenimiento Industrial y operación de algunas Máquinas de Control Numérica Computarizado.

Asimismo se tomaron algunas recomendaciones de los manuales de operación y mantenimiento de la Máquina de Control Numérico Computarizado marca EMCO modelo PC MILL 125.

CAPITULO 2

MANTENIMIENTO

2.1 Introducción

El sector mantenimiento generalmente se incluye en las organizaciones, dentro de la función denominada Ingeniería de Planta, siendo en muchos casos, una actividad excluyente. En algunas organizaciones, la función de Ingeniería de Planta se llama Intendencia.

En mantenimiento, se agrupan una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos, máquinas, construcciones civiles, instalaciones, etc.

Si bien se puede tener un concepto bastante claro de lo que quiere expresar confiabilidad, se puede decir que es la probabilidad de que un producto se desempeñe del modo propuesto, durante un tiempo establecido, bajo condiciones específicas de operación.

Si este criterio se aplica a los productos que sólo se utilizan una vez, se puede dar una idea relativamente falsa de su significado.

Se verá que la confiabilidad de un sistema complejo, compuesto por una serie de piezas, puede llegar a ser muy mala a pesar de una relativa confiabilidad individual. Esto es tanto más cierto cuanto mayor sea la variabilidad del desempeño de cada uno de los componentes del sistema y su grado de dependencia o independencia. Es particularmente cierto cuando la mano de obra es uno de los componentes. En efecto, si no se lleva a cabo una actividad de mejora y de control será muy difícil obtener confiabilidades elevadas. También es cierto que, es a través de esta actividad de mejora donde se puede lograr la diferencia entre un buen y un mal servicio como producto.

¿Sobre qué se aplican las tareas de mantenimiento?

Las tareas de mantenimiento se aplican sobre las instalaciones fijas y móviles, sobre equipos y maquinarias, sobre edificios industriales, comerciales o de servicios específicos, sobre las mejoras introducidas al terreno y sobre cualquier otro tipo de bien productivo.

Alcanza a máquinas, herramientas, aparatos e instrumentos, a equipos de producción, a los edificios y todas sus instalaciones auxiliares como agua potable, desagües, agua para el proceso, agua para incendios, pozos de agua y sistemas de bombeo, agua caliente y vapor con sus correspondientes generadores como calderas, intercambiadores de calor, instalaciones eléctricas monofásica y de fuerza motriz, pararrayos, balizamiento, instalación de aire comprimido, de combustibles, sistemas de aire acondicionado y de telefonía, equipos, aparatos y muebles de oficina, jardinería y rodados.

¿Qué se busca obtener con un buen mantenimiento?

Se busca:

- Evitar, reducir, y en su caso, reparar, las fallas sobre los bienes precitados.
- Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar
- Evitar detenciones inútiles o paros de máquinas.
- Evitar accidentes.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Balancear el costo del mantenimiento con el correspondiente al lucro cesante.
- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.

El mantenimiento adecuado, tiende a prolongar la vida útil de los bienes, a obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y a reducir el número de fallas.

Se dice que algo falla cuando deja de brindar el servicio que debía dar o cuando aparecen efectos indeseables, según las especificaciones de diseño con las que fue construido o instalado el bien en cuestión.

En general, todo lo que existe, especialmente si es móvil, se deteriora, rompe o falla con el correr del tiempo. Puede ser a corto plazo o a muy largo plazo.

El solo paso del tiempo provoca en algunos bienes, disminuciones evidentes de sus características, cualidades o prestaciones.

En otro tipo de bienes, el deterioro se acentúa principalmente por su uso, como es el caso de todas las piezas móviles de una maquinaria o instalación.

No todos los sistemas presentan la etapa de mortalidad infantil, pero sí la mayoría. Entre los que presentan esta etapa existen aquellos en donde la tasa de falla es alta y otros en los que la tasa es pequeña.

Las fallas se presentan en mayor medida al principio de la vida útil para luego estabilizarse durante un tiempo relativamente largo, en un valor que depende del tipo y características del bien, para luego comenzar a ascender, lo cual marca en general, el límite de la vida útil de ese bien.

Según el momento de la vida útil en el que aparecen las fallas, se pueden clasificar en:

1. Fallas tempranas: correspondientes al período de mortalidad infantil, ocurren al principio de la vida útil y constituyen un porcentaje pequeño del total de fallas. Pueden ser causadas por problemas de materiales, de diseño o de montaje. Se presentan normalmente en forma repentina y pueden causar graves daños (circuito electrónico con soldaduras frías, pieza de sección resistente menor a la necesaria para soportar un esfuerzo, rueda de un automóvil nuevo sin las tuercas correspondientes, etc.). Actualmente y gracias a los criterios de calidad total, este tipo de fallas se encuentra en franca regresión.
2. Fallas adultas: son las fallas que se presentan con mayor frecuencia durante la vida útil. Son derivadas de las condiciones de operación y se presentan más lentamente que las anteriores (suciedad en un filtro de aire, cambios de rodamientos de una máquina, etc.).

3. Fallas tardías: representan una pequeña fracción de las fallas totales, aparecen en forma lenta y ocurren en la etapa final de la vida del bien (envejecimiento de la aislación de un pequeño motor eléctrico, pérdida de flujo luminoso de una lámpara incandescente, etc.).

Algunas fallas no avisan, o avisan poco antes de su producción, por ejemplo, al encender una lámpara incandescente ésta sufre la rotura del filamento y no se logra su encendido; una correa dentada de transmisión de un motor de automóvil, que no se encuentra a la vista, funciona correctamente hasta que arriba a su rotura.

Otros tipos de fallas dan indicios con bastante anticipación a su producción, como es el caso del filo de una herramienta de corte el cual se mantiene en buenas condiciones durante un tiempo, luego el mismo se va perdiendo paulatina y continuamente, hasta llegar a límites inaceptables para el producto, o como el caso de una correa de transmisión de una máquina de carpintería, la cual comienza a deshilacharse y a producir un golpeteo previo a su rotura.

2.2 La efectividad del mantenimiento

Se pueden observar algunas características del servicio de mantenimiento, que llevan a que el mismo sea considerado efectivo.

Se ha dicho que la confiabilidad o fiabilidad es la probabilidad de que un bien funcione adecuadamente durante un período determinado, bajo condiciones operativas específicas (por ejemplo, condiciones de presión, temperatura, velocidad, tensión o forma de una onda eléctrica, nivel de vibraciones).

En la práctica, la fiabilidad está medida como el tiempo medio entre ciclos de mantenimiento o el tiempo medio entre dos fallas consecutivas (TMEF).

Un sistema, dispositivo, máquina o equipo, resulta entonces más confiable, a medida que el TMEF sea mayor.

La confiabilidad de un equipo, máquina o instalación, de concepción simple o que posee pocos componentes en serie, resulta mayor que la de una instalación compleja con muchos componentes en serie. Recordemos que en una sucesión de procesos en línea, cuando se detiene uno de ellos, se detiene toda la línea.

En caso de que una máquina posea dos componentes que actúan uno subsecuentemente de otro, es decir sólo dos elementos en serie, y que la confiabilidad de cada uno sea del 90%, se tendrá una confiabilidad conjunta de: $0,90 \times 0,90 = 0,81$ o expresado porcentualmente, del 81%.

Se observa que la confiabilidad del sistema, resulta menor que la confiabilidad de los componentes.

Una forma evidente de aumentar la confiabilidad del sistema, es aumentar la confiabilidad de cada uno de sus componentes.

Otras formas son: mejorar las condiciones de trabajo, proporcionar mantenimiento preventivo a los elementos críticos, poseer equipos de reserva o en stand-by, etc.

También interesa disminuir la gravedad de las fallas, lo cual lleva a que el bien aumente en alguna medida su confiabilidad, dado que en muchos casos, al ser menos grave la falla, es menor en magnitud o extensión.

Asimismo, la confiabilidad se verá tanto más facilitada o mejorada, a medida que su diseño permita un mejor servicio de mantenimiento y/o que su diseño haya sido previsto con criterio redundante, es decir, con vías de funcionamiento alternas, también mejora la confiabilidad el diseño libre de mantenimiento.

El criterio de redundancia se logra con elementos alternos colocados en paralelo y que actúan en los casos en que los elementos básicos previstos, entran en falla y no pueden sostener un adecuado funcionamiento.

La medida de la facilidad con que se puede realizar el mantenimiento de un bien, da origen al vocablo mantenibilidad, atributo que se expresa en términos de frecuencia, de duración o de costos de mantenimiento.

Con relación a los costos, se debe señalar que el caso del mantenimiento es semejante en muchos aspectos, al de la calidad y al de la seguridad. Normalmente se dispone de un presupuesto anual destinado a esta actividad, sobre el que frecuentemente se echa mano para destinarlo a otros gastos considerados como prioritarios. Como consecuencia, las partidas destinadas al mantenimiento no alcanzan para alimentar un sistema de producción de una organización en marcha y que aspire a convertirse en un productor de clase mundial.

En esos casos, si la situación se prolonga un tiempo suficiente, los bienes llegan a un deterioro tal, que las posteriores inversiones en mantenimiento deberán ser exorbitantes y por ello, imposibles de realizar, amén de que muchos de los bienes pueden llegar a ser económicamente irrecuperables. Se entra así en un círculo vicioso que no hace otra cosa que profundizar el estado de crisis inicial.

Cuando una empresa está operando normalmente, los desvíos de fondos destinados a mantenimiento suelen ser escasos. En cambio, en situaciones de crisis, las empresas dejan, entre otras cosas, de invertir en mantenimiento y/o de abonar seguros.

Para operar un correcto servicio de mantenimiento, se debe tener en cuenta todos los costos asociados al servicio, esto es, por un lado, los costos que se evidencian a partir de la contabilidad como los correspondientes a los materiales o la mano de obra y, por otro lado, aquellos costos que no se registran en la contabilidad, tales como: el lucro cesante por paradas de máquinas o por disminución del ritmo de producción, el correspondiente

a la pérdida de calidad de la producción, el que surge por la menor vida útil de los bienes, el del aumento del inventario en proceso y todos aquellos derivados de los accidentes.

Así, puede quedar ociosa la mano de obra directamente vinculada con el bien fuera de servicio; la producción de ese puesto se detiene y también puede ocurrir que se detenga la de los puestos sucesivos con posibilidad de falta de abastecimiento de productos; existe posibilidad de pérdida de la producción en proceso; el costo de la reparación propiamente dicha (mano de obra, materiales y servicios) incluido en la pieza fallada y a veces, el costo de otras piezas dañadas por arrastre; la sobreabsorción de costos fabriles por unidad de producto; los costos de un eventual accidente a los operarios, etc.

Por ello, un criterio sano para una empresa de clase mundial, es balancear adecuadamente los costos de mantenimiento y los correspondientes a las pérdidas reales de producción.

Otro de los parámetros que interesa conocer, es la disponibilidad que se tiene del equipo a mantener. Esta característica se puede obtener como cociente entre el tiempo real que el bien se encuentra en condiciones de operación y el tiempo total en que el mismo debería estar disponible (tiempo programado). Como resulta obvio deducir, la disponibilidad es función de la frecuencia de las fallas y de su duración, asimilado al tiempo de reparación.

Puede obtenerse con la siguiente relación:

$$Disponibilidad = \frac{TP - TI}{TP} \quad (1)$$

Donde TP: es el tiempo programado de funcionamiento y

TI: es el tiempo de inactividad por falla.

También es interesante conocer la eficiencia de un bien de producción, la cual habla sobre el régimen de funcionamiento y se medirá como el cociente entre el tiempo estándar para realizar una actividad y el tiempo real de la misma.

La calidad del servicio de mantenimiento es otra medida a tener en cuenta. La misma indica en qué medida el bien a mantener elabora los productos con la calidad especificada por el diseño.

Puede medirse por la siguiente relación:

$$Tasa\ de\ Calidad = \frac{CP - D}{CP} \quad (2)$$

Donde: CP es la cantidad elaborada por el bien, y

D es la cantidad que presenta defectos.

En definitiva, el mantenimiento debiera ser efectivo, denominando así al servicio que combina disponibilidad, eficiencia, calidad y costos.

Resulta común definir una medida del desempeño de los equipos, mediante el índice o tasa de efectividad o tasa de efectividad, obtenida como el producto de las tasas de disponibilidad, eficiencia y calidad:

$$Tasa\ de\ Efectividad = Disponibilidad \times Eficiencia \times Tasa\ de\ Calidad \quad (3)$$

2.3 Los sistemas de mantenimiento

Los sistemas de mantenimiento han ido evolucionando con el tiempo y hoy no pueden dejarse de lado en ninguna de sus variadas formas y versiones, si se pretende una manufactura de clase mundial.

Probablemente, en los primeros tiempos del desarrollo de las industrias, las tareas de mantenimiento se hayan limitado a efectuar reparaciones o cambios de piezas luego de que éstas fallaran o, en algunos casos, a realizarlas poco antes de arribar a las mismas.

Actualmente existen variados sistemas para encarar el servicio de mantenimiento de las instalaciones en operación, algunos de ellos no solamente centran su atención en la tarea de corregir las fallas, sino que también tratan de actuar antes de la aparición de las mismas haciéndolo tanto sobre los bienes, tal como fueron concebidos, como sobre los que se encuentran en etapa de diseño, introduciendo en estos últimos, las modalidades de simplicidad en el diseño, diseño robusto, análisis de su mantenibilidad, diseño sin mantenimiento, etc.

Los tipos de mantenimiento que se tratarán son los siguientes:

1 - Mantenimiento correctivo:

- a- de emergencia,
- b- programado.

2 - Mantenimiento preventivo.

3 - Mantenimiento predictivo.

4 - Mantenimiento productivo total (TPM).

Normalmente coexisten varios de ellos en una misma empresa, pues se trata de elegir el sistema que más convenga según el tipo de bien a mantener, la política empresarial en esta materia, la organización del mantenimiento y la capacidad del personal y de los talleres, la intensidad de empleo de los bienes, el costo del servicio o las posibilidades de aplicación.

Como resulta evidente, no todos los bienes a mantener son del mismo tipo. Así se puede discriminar entre:

1. Críticos.
2. Importantes.
3. Comunes o sin importancia.

Esta clasificación está basada principalmente en las consecuencias que pueden acarrear las fallas que se produzcan sobre cada uno de ellos.

2.4 El mantenimiento correctivo

a) Mantenimiento correctivo de emergencia.

Tanto este tipo de servicio, como el correctivo programado, actúan sobre hechos ciertos y el mantenimiento consistirá en reparar la falla.

El correctivo de emergencia deberá actuar lo más rápidamente posible con el objetivo de evitar costos y daños materiales y/o humanos mayores.

Este tipo resulta aplicable en sistemas complejos, normalmente componentes electrónicos o en los que es imposible predecir las fallas y en los procesos que admiten ser interrumpidos en cualquier momento y durante cualquier tiempo, sin afectar la seguridad. También para equipos que ya cuentan con cierta antigüedad.

Tiene como inconvenientes, que la falla puede sobrevenir en cualquier momento, muchas veces, el menos oportuno, debido justamente a que en esos momentos se somete al bien a una mayor exigencia.

Asimismo, fallas no detectadas a tiempo, ocurridas en partes cuyo cambio hubiera resultado de escaso monto, pueden causar daños importantes en otros elementos o piezas conexos que se encontraban en buen estado de uso y conservación.

Otro inconveniente de este sistema, es que debería disponerse de un inventario importante de piezas de repuesto visto que la adquisición de muchos elementos que pueden fallar, suele requerir una gestión de compra y entrega no compatible en tiempo con la necesidad de contar con el bien en operación (por ejemplo: caso de equipos discontinuados de fabricación, partes importadas, desaparición del fabricante).

Por último, con referencia al personal que ejecuta el servicio, no quedan dudas que debe ser altamente calificado y eficiente pues las fallas deben ser corregidas de inmediato. Generalmente se agrupa al personal en forma de cuadrillas.

b) Mantenimiento correctivo programado.

Al igual que el anterior, corrige la falla y actúa muchas veces ante un hecho cierto. La diferencia con el de emergencia, es que no existe el grado de apremio del anterior, sino que los trabajos pueden ser programados para ser realizados en un futuro normalmente próximo, sin interferir con las tareas de producción.

En general, se programa la detención del equipo, pero antes de hacerlo, se acumulan tareas a realizar sobre el mismo y se programa su ejecución en dicha oportunidad, aprovechando a ejecutar toda tarea que no se podría hacer con el equipo en funcionamiento. Lógicamente, se aprovechará para las paradas, horas en contraturno, períodos de baja demanda, fines de semana, períodos de vacaciones, etc.

Si bien muchas de las paradas son programadas, otras, son obligadas por la aparición de las fallas. Por ello, este sistema comparte casi las mismas desventajas o inconvenientes que el método anterior.

2.5 Mantenimiento preventivo

¿Qué trata de efectuar el mantenimiento preventivo?

Este tipo de mantenimiento trata de anticiparse a la aparición de las fallas.

Evidentemente, ningún sistema puede anticiparse a las fallas que no avisan por algún medio.

¿Cuál es entonces la base de información para un mantenimiento preventivo?

La base de información surge de fuentes internas a la organización y de fuentes externas a ella.

Las fuentes internas: están constituidas por los registros o historiales de reparaciones existentes en la empresa, los cuales informan sobre todas las tareas de mantenimiento que el bien ha sufrido durante su permanencia en la misma. Se debe tener en cuenta que los bienes existentes pudieron ser adquiridos como nuevos (sin uso) y como usados.

Forman parte de las mismas fuentes, los archivos de los equipos e instalaciones con sus listados de partes, especificaciones, planos generales, de detalle, de despiece, los archivos de inventarios de piezas y partes de repuesto y, por último, los archivos del personal disponible en mantenimiento con el detalle de su calificación, habilidades, horarios de trabajo, sueldos, etc.

Las fuentes externas: están constituidas por las recomendaciones sobre el mantenimiento, que efectúa el fabricante de cada bien.

Las salidas del sistema, están constituidas por los informes de:

- * Compras e inventario.
- * Listado de partes de los equipos e instalaciones.
- * Historiales.
- * De análisis de costos (costos reales contra los costos estándar).
- * Ordenes de trabajo de mantenimiento y de recorridas en sus diversos tipos.

En el caso de compra de bienes de cierta importancia, junto con el mismo, se recibe un manual de operación y mantenimiento. En dicho manual, se recomienda la realización de determinados trabajos de mantenimiento y determinados reemplazos de piezas y/o de materiales de consumo, especificándose la oportunidad de su ejecución sobre una base de tiempo de uso, tiempo desde la última intervención, número de golpes (caso de los telares, de una prensa, etc.), número de vueltas, kilómetros recorridos, cantidad de materia prima procesada, etc.

¿Por qué el fabricante puede formular esas recomendaciones?

Porque se basa en su experiencia, es decir, en el conocimiento que obtiene sobre los productos de su fabricación, por la práctica y por la observación a través de un tiempo prolongado.

En ambas fuentes de información se encuentra implícito el conocimiento de la vida útil del bien.

Es justamente la definición de una vida útil para los bienes y sus componentes, lo que facilita encarar el mantenimiento del tipo preventivo.

Por otro lado, para los casos en que no se dispone de información sobre la historia o sobre la vida útil de un bien, la recorrida periódica de todos ellos y la confección de un programa de reparaciones anticipadas, permite actuar antes que se produzcan muchas de las fallas.

En todos los casos, la prevención permite preparar el equipo de personal, los materiales a utilizar, las piezas a reponer y la metodología a seguir, lo cual constituye una enorme ventaja.

La mayor ventaja de este sistema es la de reducir la cantidad de fallas por horas de marcha.

Las desventajas que presenta este sistema son:

* Cambios innecesarios: al alcanzarse la vida útil de un elemento, se procede a su cambio, encontrándose muchas veces, que el elemento que se cambia, permitiría ser utilizado durante un tiempo más prolongado. En otros casos, ya con el equipo desarmado, se observa la necesidad de aprovechar para realizar el reemplazo de piezas menores en buen estado, cuyo costo es escaso frente al correspondiente de desarme y armado, en vista de prolongar la vida del conjunto. Se presenta el caso de una anticipación del reemplazo o cambio prematuro.

* Problemas iniciales de operación: cuando se desarma, se montan piezas nuevas, se rearma y se efectúan las primeras pruebas de funcionamiento, pueden aparecer diferencias en la estabilidad, seguridad o regularidad de la marcha.

Muchas veces, esto es debido a que las piezas no embonan como cuando se desgastaron en forma paulatina en una posición dada, otras veces, es debido a la aparición de fugas o pérdidas que antes de la reparación no existían, o a que no se advirtió que también se deberían haber cambiado piezas que se encontraban con pequeños desgastes, o a que durante el armado se modificaron posiciones de piezas que provocan vibraciones por desbalanceo de las partes rotantes.

* Costo en inventarios: el costo en inventarios sigue siendo alto aunque previsible, lo cual permite una mejor gestión.

* Mano de obra: se necesitará contar con mano de obra intensiva y especial para períodos cortos, a efectos de librar el equipo al servicio lo más rápidamente posible.

* Mantenimiento no efectuado: si por alguna razón, no se realiza un servicio de mantenimiento previsto, se alteran los períodos de intervención y se produce un degeneramiento del servicio.

El planeamiento para la aplicación de este sistema consiste en:

- Definir qué partes o elementos serán objeto de este mantenimiento.
- Establecer la vida útil de los mismos.
- Determinar los trabajos a realizar en cada caso.
- Agrupar los trabajos según época en que deberán efectuarse las intervenciones.

El agrupamiento aludido da origen a órdenes de trabajo, las que deben contener:

- Los trabajos a realizar.
- La secuencia de esos trabajos.
- La mano de obra estimada.
- Los materiales y repuestos a emplear.
- Los tiempos previstos para cada tarea.
- Las reglas de seguridad para cada operario en cada tarea.

- La autorización explícita para realizar los trabajos, especialmente aquellos denominados en caliente como la soldadura.
- La descripción de cada trabajo con referencia explícita a los planos que sea necesario emplear.

Si se opta por este tipo de mantenimiento, se debe tener en cuenta que:

- Un bajo porcentual de mantenimiento, ocasionará muchas fallas y reparaciones y por lo tanto, se sufrirá un elevado lucro cesante.
- Un alto porcentual de mantenimiento, ocasionará pocas fallas y reparaciones pero generará demasiados períodos de interferencia de labor entre Mantenimiento y Producción.

2.6 Mantenimiento predictivo

¿En qué se basa el mantenimiento predictivo?

La mayoría de las fallas se producen lentamente y previamente, en algunos casos, arrojan indicios evidentes de una futura falla, indicios que pueden advertirse simplemente. En otros casos, es posible advertir la tendencia a entrar en falla de un bien, mediante el monitoreo de condición, es decir, mediante la elección, medición y seguimiento, de algunos parámetros relevantes que representan el buen funcionamiento del bien en análisis.

En otras palabras, con este método, se trata de acompañar o seguir, la evolución de las futuras fallas.

¿Cómo?

A través de un diagnóstico que se realiza sobre la evolución o tendencia de una o varias características medibles y su comparación con los valores establecidos como aceptables para dichas características.

¿Cuáles pueden ser esas características?

Por ejemplo, pueden ser: la temperatura, la presión, la velocidad lineal, la velocidad angular, la resistencia eléctrica, la aislación eléctrica, los ruidos y vibraciones, la rigidez dieléctrica, la viscosidad, el contenido de humedad, de impurezas y de cenizas en aceites aislantes, el espesor de chapas, el nivel de un fluido, etc.

¿Cuáles son los aparatos e instrumentos a utilizar?

Son de naturaleza variada y pueden encontrarse incorporados en los equipos de control de procesos (automáticos), a través de equipos de captura de datos o mediante la operación manual de instrumental específico. Actualmente existen aparatos de medición sumamente precisos, que permiten analizar ruidos y vibraciones, aceites aislantes o espesores de chapa, mediante las aplicaciones de la electrónica en equipos de ultrasonidos, cromatografía líquida y gaseosa, y otros métodos.

El seguimiento de estas características debe ser continuo y requiere un registro adecuado. Una de sus ventajas es que las mediciones se realizan con los equipos en marcha, por lo cual, en principio, el tiempo de paro de máquinas resulta menor.

¿Cómo se percatan que se está próximo al desencadenamiento de una falla?

Si bien ésta es tarea para especialistas, se puede decir que, previo a la producción de una falla, la característica seguida se dispara de la evolución que venía llevando hasta ese momento.

Además de la ventaja recién citada, el seguimiento permite contar con un registro de la historia de la característica en análisis, sumamente útil ante fallas repetitivas; puede programarse la reparación en algunos casos, junto con la parada programada del equipo y existen menos intervenciones de la mano de obra en mantenimiento.

Como inconveniente, se debe citar que se necesita constancia, ingenio, capacitación y conocimientos, aparatos de medición y un adecuado registro de todos los antecedentes para formar un historial.

2.7 Mantenimiento productivo total

Este sistema caracterizado por las siglas TPM (total productive maintenance), coloca a todos los integrantes de la organización, en la tarea de ejecutar un programa de mantenimiento preventivo, con el objetivo de maximizar la efectividad de los bienes.

Centra entonces el programa en el factor humano de toda la compañía, para lo cual se asignan tareas de mantenimiento a ser realizadas en pequeños grupos, mediante una conducción motivadora.

El TPM se explica por:

Efectividad total a efectos de obtener la rentabilidad adecuada, teniendo en cuenta que ésta hace referencia a la producción, a la calidad, al costo, al tiempo de entrega, a la moral, a la seguridad, a la salubridad y al ambiente.

Sistema de mantenimiento total consistente en la prevención del mantenimiento (diseño libre de mantenimiento al cual ya se ha hecho referencia) y en la mejora de la mantenibilidad.

Intervención autónoma del personal en tareas de mantenimiento.

Mejora permanente de los procesos al optimizar el mantenimiento.

Una vez que los empleados se encuentran bien entrenados y capacitados, se espera que se ocupen de las reparaciones básicas, de la limpieza del equipo a su cargo, de la lubricación (cambios de aceites y engrases), ajustes de piezas mecánicas, de la inspección y detección diaria de hechos anormales en el funcionamiento del equipo. Para ello, es necesario que hayan comprendido la forma de funcionamiento del equipo y puedan detectar las señales que anuncian sobre la proximidad de llegada de las fallas.

El mantenimiento principal lo seguirán realizando los especialistas, quienes poseen formación e instrumental adecuado.

Se debe tener en cuenta que tradicionalmente los especialistas opinan, que los operarios de producción actúan incorrectamente sobre las máquinas y que por eso se dañan. Por su parte, la gente de producción expresa, que los de mantenimiento las reparan mal y que por ello las máquinas no aguantan. Para aumentar más esta diferencia, los operarios de mantenimiento ganan más que los de producción, razón por la cual estos últimos, al ocuparse de algunas tareas de los primeros, reivindican reclamos salariales.

Por estos motivos, la labor de motivación y adoctrinamiento de esta filosofía del trabajo resulta fundamental.

2.8 La gestión y organización

Las actividades de mantenimiento pueden organizarse y administrarse de formas variadas. Para todas ellas son aplicables las características que se señalarán a continuación, con excepción del TPM la cual constituye una filosofía especial de mantenimiento y que debe incluirse en los planes de producción.

En primer lugar, se debe decidir si el mantenimiento se realizará con personal propio o mediante tercerización, teniendo en cuenta que aún en este último caso, existirá por lo general, algún tipo de personal propio para atender urgencias.

La organización también depende de las modalidades de operación de la empresa, trabajo en uno, dos o tres turnos. Las tareas que pueden ser programadas se efectúan en las horas no dedicadas a producción a efectos de evitar las interferencias; los grupos nocturnos constituyen servicios de guardia cuando se labora en horas de la noche además de poder atender trabajos programados, etc.

Si se desea una buena efectividad de los equipos, será conveniente disponer de algún exceso en la dotación y capacitar operarios polivalentes de modo que los mismos puedan ser empleados tanto en producción como en mantenimiento.

Asimismo, es bastante común que se estructure una división de la dotación según especialidades, por ejemplo, mecánica, electricidad, electrónica, instalaciones, civil, etc.

Por otra parte, dependiendo de la configuración física de la empresa, puede existir un único taller de mantenimiento o bien, un taller central en el cual reside la parte más importante del servicio, y talleres zonales que se encargan de tareas más sencillas o rutinarias.

En todos los casos, el apoyo administrativo es un requisito valioso de modo que la gran cantidad de datos del sistema permita una búsqueda e información eficientes.

La documentación técnica correspondiente a los distintos bienes, debe facilitar las tareas de mantenimiento y encontrarse perfectamente archivada y actualizada con las eventuales reformas o modificaciones que se le pudieran haber introducido. Estos bienes los identificamos a través de su código y los archivos deberán brindarnos datos como su denominación, fechas de compra e instalación, si es nacional o importado, marca, modelo, fabricante, distribuidor o representante, ubicación física, estado de conservación, grado de criticidad, características técnicas y expectativa de vida.

También se debe contar con archivos de las actividades de mantenimiento, con indicación del tipo de mantenimiento que les corresponde, su frecuencia, tiempo estándar o predeterminado para su ejecución, método de la actividad, normas, criterios y roles de prevención de la seguridad, repuestos y materiales a emplear, herramientas e instrumentos, especialidades y dotación necesarias.

Entre los documentos empleados, se cuentan las órdenes de trabajo y las órdenes de recorrida; estas últimas se aplican para inspeccionar un sector definido de la planta o cierta clase de equipo, y realizar secuencialmente una serie de tareas de pequeña dimensión. Por ejemplo, una recorrida semanal podría consistir en la revisión de los niveles de aceite de los transformadores de alimentación; una mensual, regulación de los registros de ajuste de las protecciones eléctricas.

2.9 La gestión de los materiales y repuestos

Si se trata del rubro repuesto, es conveniente tener en cuenta que cuando se adquiere un equipo nuevo, se puede solicitar al proveedor un listado de repuestos recomendados para emplear durante el primer o los dos primeros años de uso del equipo.

En general, los costos de los repuestos, suelen ser mucho más bajos adquiridos de este modo que cuando se solicita cotización sólo por ellos. Por otra parte, en esas

condiciones, se tiene la seguridad de que los repuestos son piezas exactamente iguales a las que se encuentran montadas en el equipo.

Si en cambio su consumo muestra una alta aleatoriedad, es decir, momentos en que la demanda resulta muy baja o muy alta, se debe buscar ayuda en la estadística para gestionar adecuadamente los repuestos necesarios.

Más sencillamente se gestionan los materiales y repuestos que se pueden contabilizar como necesarios para los trabajos que se ejecutan durante las paradas programadas. Se puede comprar con la debida anticipación (justo a tiempo) de modo de minimizar el costo total, resultante del costo de mantener inventario, más el costo de ordenar el mismo.

Lo que no se debe perder de vista, es el grado de importancia de los equipos a los cuales estarían destinados estos materiales y las consecuencias que genere una falla no reparada en tiempo.

2.10 El personal de mantenimiento

Las tareas de mantenimiento pueden ocupar a personal de diversas áreas, según la organización empresarial y según el tipo de bienes a mantener.

El mismo puede ser propio o ser contratado total o parcialmente con empresas especializadas mediante tercerización.

La empresa debe decidir si todas las tareas las realizará el sector de mantenimiento o si, siguiendo la tendencia actual, se inclinará por el TPM en el que los operarios de producción realizan el mantenimiento liviano.

El personal interno puede tener su base de tareas en el único taller existente o bien en talleres zonales dependientes del primero, según tamaño, extensión, complejidad y

localización de las áreas o bienes a mantener. En este último caso, intervendrá en las emergencias excepto imposibilidad técnico-operativa para ello.

En los casos de operación durante las 24 horas, se debe mantener una guardia nocturna para actuar ante emergencias.

Un buen servicio de mantenimiento debe tener una parte de su tiempo ocioso o en tareas de planeación del mantenimiento, o en tareas de producción, con el objetivo de disminuir los costos de parada dado que el servicio debe prestarse de inmediato, especialmente sobre los equipos críticos e importantes.

El personal no siempre puede desmontar de la planta en forma sencilla lo que debe reparar, llevarlo al taller y arreglarlo. En esas condiciones de trabajo, poseería sólo las complicaciones naturales que deben vencerse con el conocimiento que sobre el objetivo a reparar disponga el equipo de trabajo.

En efecto, algunos arreglos deben ser hechos en el mismo lugar de producción, sobre la máquina o instalación a reparar – soportando las condiciones ambientales del lugar – y en otros casos, la tarea de desmontaje no resulta ni sencilla, ni cómoda, especialmente en los casos en que la disposición del lugar o la imposibilidad de aplicar ayudas mecánicas, no facilitan una solución menos complicada.

Tratándose de equipos críticos o importantes, o actuando frente a reparaciones de emergencia, la presión del tiempo se manifiesta claramente sobre el personal, debido a la necesidad de reponer en servicio las instalaciones en forma urgente.

Por último, el operario se debe posicionar muchas veces en forma incómoda, introducirse en espacios reducidos, realizar esfuerzos dinámicos importantes o estáticos de carga reducida o media pero que por su tipo, generan desfallecimiento muscular.

Debe trabajar a veces con piezas que se encuentran calientes, que contienen fluidos a presión o no, que pierden fluidos; emplea otras veces, equipos de protección que si bien protegen, dificultan su actividad manual, visual o auditiva; debe actuar normalmente sobre zonas que no se encuentran limpias; trabajar en altura; en lugares poco ventilados a la intemperie, etc.

Todo lo expuesto da una idea de la complejidad de las tareas de mantenimiento y de la atención que se les debe a las mismas.

2.11 Control del mantenimiento

Entre la información que debemos considerar a efectos de controlar la actuación de mantenimiento, se cuenta:

- Control del cumplimiento de los planes y de los programas, identificación y análisis de las causas que motivaron los desvíos.
- Control de la productividad y de la eficiencia de la mano de obra.
- Control de los gastos reales con relación a los planeados.
- Control sobre las horas de parada relacionadas con las horas de actividad de la planta.
- Control por comparación con indicadores mundiales de la misma actividad.

Varios gráficos pueden utilizarse para visualizar rápidamente la actuación del mantenimiento:

- Horas de cuadrilla por quincena (Ver Figura 1): Permite determinar tamaño de la dotación, estabilidad, crecimiento o disminución de los problemas de mantenimiento.

- Horas planeadas/horas totales por quincena (Ver Figura 2): Sirve de guía para determinar cuánto trabajo de mantenimiento se ha planeado con relación a la actividad total.
- Gastos planeados/gastos reales (Ver Figura 3): En el mismo se puede observar la precisión con la cual están planeando los encargados de estimar los trabajos de mantenimiento, o lo mal que están cumpliendo sus funciones los operarios.
- Cantidad de órdenes de emergencia/órdenes totales (Ver Figura 4): Informa si se tiene dominada la situación o si la misma es de constante estado de alerta.

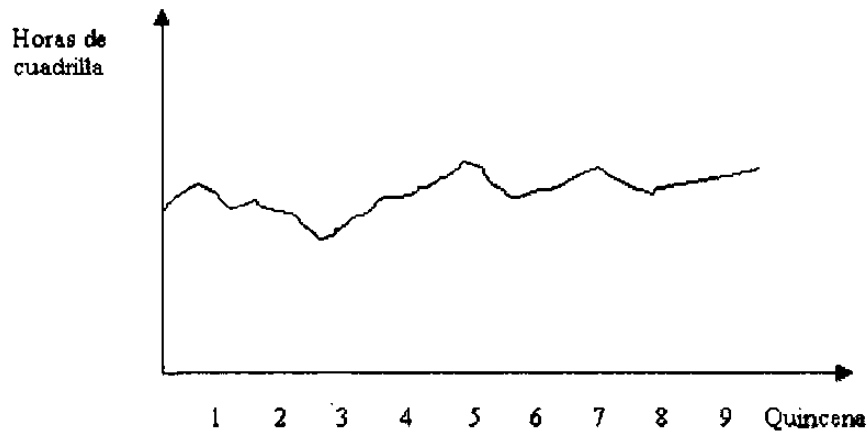


Figura 1. Horas de cuadrilla por quincena.

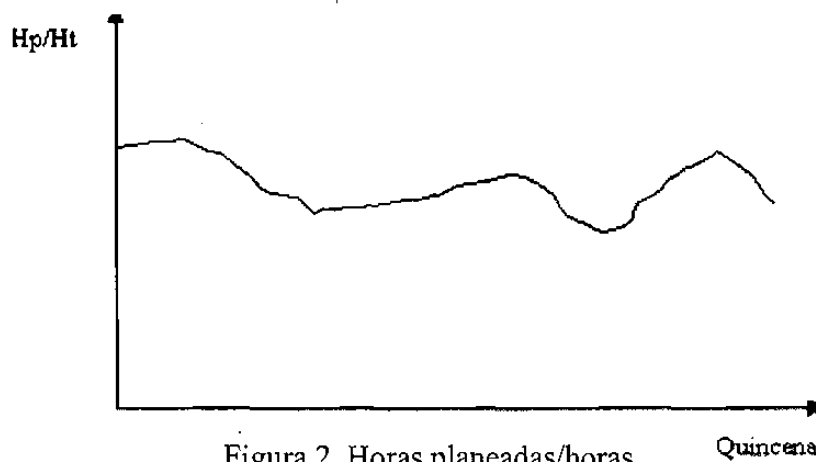


Figura 2. Horas planeadas/horas totales por quincena.

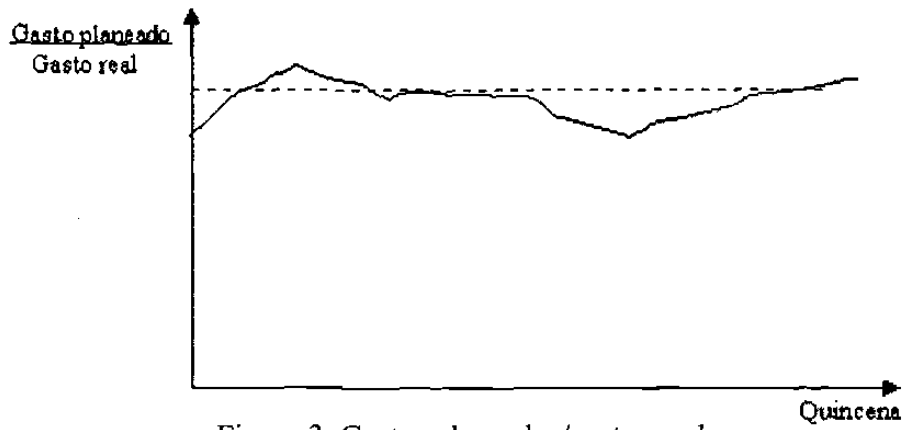


Figura 3. Gastos planeados/gastos reales.

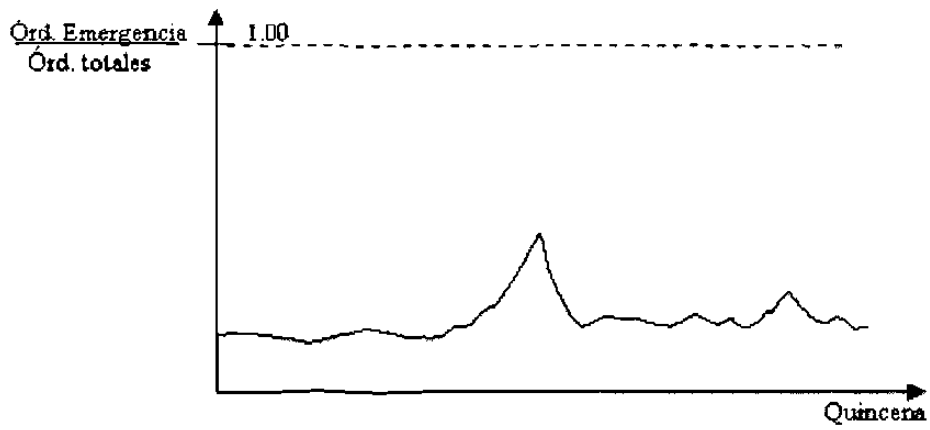


Figura 4. Cantidad de órdenes de emergencia/órdenes totales.

CAPITULO 3

LUBRICACION

3.1 Introducción

La lubricación es básica y necesaria para la operación de casi todas las maquinarias. Sin lubricación, la mayoría no funciona, o si funcionan lo hacen por poco tiempo antes de arruinarse. Por más ilógico que parezca, lubricación es en general una faceta ignorada por el dueño típico de una máquina.

A veces los fenómenos más mundanos son los menos entendido. Por ejemplo, la gravedad y la luz, dos cosas que son esenciales para nuestras vidas, pero son poco entendidas, lo mismo pasa con la lubricación. En realidad, la lubricación es muy compleja. Realmente hay que aplaudir a los fabricantes que proveen con tantos productos para elegir, con alta consistencia de calidad de botella a botella y de lata a lata, sin que se necesite saber sobre lubricación.

Varios estudios hechos en Estados Unidos concluyeron que si la tecnología actual de lubricación fuera accesible a toda la población, se mejoraría el producto bruto interno un 7%.

3.2 Teoría de la lubricación

Los lubricantes son materiales puestos en medio de partes en movimiento con el propósito de brindar enfriamiento (transferencia de calor), reducir la fricción, limpiar los componentes, sellar el espacio entre los componentes, aislar contaminantes y mejorar la eficiencia de operación.

Los lubricantes desempeñan también la función de selladores ya que todas las superficies metálicas son irregulares (vistas bajo microscopio se ven llenas de poros y ralladuras, Ver Figura 5) y el lubricante llena los espacios irregulares de la superficie del metal para hacerlo liso, además sella así la potencia transferida entre los componentes. Si el aceite es muy ligero (baja viscosidad), no va a tener suficiente resistencia y la potencia se va a escapar, si el aceite es muy pesado o grueso (alta viscosidad), la potencia se va a perder en fricción excesiva y calor.

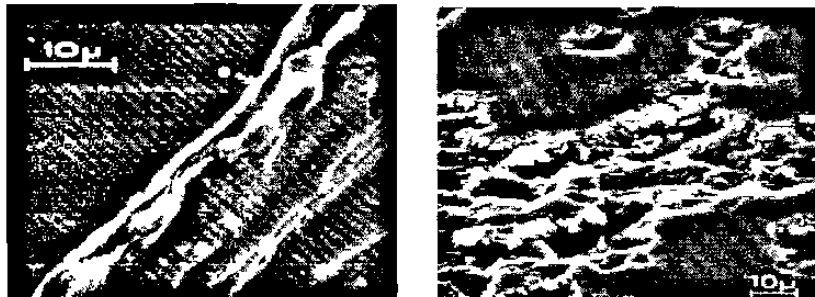


Figura 5. Vista microscópica de la función de los lubricantes.

Los lubricantes también trabajan como limpiadores ya que ayudan a quitar y limpiar los depósitos producidos por derivados de la combustión (una especie de carbón que es una mezcla de combustible quemado, agua y productos de la descomposición del lubricante mismo). Si el aceite es muy ligero, no va a poder limpiar lo suficiente y no proveerá aislamiento; si es muy pesado se va a mover muy despacio y no va a poder entrar en los lugares más ajustados. El aceite sucio, sea pesado o ligero, simplemente seguirá agregando impurezas, sin ayudar a la limpieza. El aceite justo va a ayudar a remover las impurezas y mandarlas al filtro. En general la función limpiadora del

lubricante es ayudada con un filtro, para que el aceite pueda retornar (limpia, una vez que pasó por el filtro) a limpiar una vez más las superficies bajo presión y fricción.

Otro uso de lubricantes es impartir o transferir potencia de una parte de la maquinaria a otra, por ejemplo en el caso de sistemas hidráulicos (bomba de dirección, etc). No todos los lubricantes sirven para esto y no todos deben cumplir esta función.

Los lubricantes también contribuyen al enfriamiento de la maquinaria ya que acarrear calor de las zonas de alta fricción hacia otros lados (radiadores, etc) enfriándola antes de la próxima pasada.

3.3 Tipos de lubricación

El tipo de lubricación que cada sistema necesita se basa en la relación de los componentes en movimiento. Hay tres tipos básicos de lubricación: límite, hidrodinámica, y mezclada. Para saber qué tipo de lubricación ocurre en cada caso, se necesita saber la presión entre los componentes a ser lubricados, la velocidad relativa entre los componentes, la viscosidad del lubricante y otros factores. Desde hace relativamente poco tiempo se ha empezado a hablar de un cuarto tipo de lubricación: elasto-hidrodinámica.

La Lubricación Límite ocurre a baja velocidad relativa entre los componentes y cuando no hay una capa completa de lubricante cubriendo las piezas. Durante lubricación límite, hay contacto físico entre las superficies y hay desgaste. La cantidad de desgaste y fricción entre las superficies depende de un número de variables: la calidad de las superficies en contacto, la distancia entre las superficies, la viscosidad del lubricante, la cantidad de lubricante presente, la presión, el esfuerzo impartido a las superficies, y la velocidad de movimiento. Todo esto afecta la lubricación límite.

La mayor cantidad del desgaste ocurre al prender el motor. Esto sucede por la baja lubricación limítrofe, ya que el aceite se ha caído de las piezas al fondo del cárter, produciendo contacto de metal a metal. Una vez que arrancó el motor, una nueva capa de lubricante es establecida con la ayuda de la bomba de aceite a medida que los componentes adquieren velocidad de operación.

En algún momento de velocidad crítica la lubricación limítrofe desaparece y da lugar a la Lubricación Hidrodinámica. Esto sucede cuando las superficies están completamente cubiertas con una película de lubricante.

Esta condición existe una vez que una película de lubricante se mantiene entre los componentes y la presión del lubricante crea una ola de lubricante delante de la película que impide el contacto entre superficies. Bajo condiciones hidrodinámicas, no hay contacto físico entre los componentes y no hay desgaste. Si los motores pudieran funcionar bajo condiciones hidrodinámicas todo el tiempo, no habría necesidad de utilizar ingredientes anti-desgaste y de alta presión en las fórmulas de lubricantes. Y el desgaste sería mínimo.

La propiedad que más afecta lubricación hidrodinámica es la viscosidad (Ver Figura 6). La viscosidad debe ser lo suficientemente alta para brindar lubricación (limítrofe) durante el arranque del motor con el mínimo de desgaste, pero la viscosidad también debe ser lo suficientemente baja para reducir al mínimo la fricción viscosa del aceite a medida que es bombeada entre los metales (cojinetes) y las bancadas, una vez que llega a convertirse en lubricación hidrodinámica. Una de las reglas básicas de lubricación es que la menor cantidad de fricción innecesaria va a ocurrir con el lubricante de menor viscosidad posible para cada función específica. Esto es que cuanto más baja la viscosidad, menos energía se desperdicia bombeando el lubricante.



Figura 6. Viscosidad en los engranajes

La Lubricación Mezclada es exactamente eso: una mezcla inestable de lubricación limítrofe e hidrodinámica. Por ejemplo, cuando se enciende el motor (o cuando arranca un componente, si es otro equipo), la velocidad de los componentes aumenta y por una pequeña fracción de segundo se produce lubricación mezclada. En otras situaciones, cuando el esfuerzo y la velocidad de los componentes varía ampliamente durante el uso (durante manejo en montaña o en tráfico, por ejemplo) la temperatura puede hacer que el lubricante se quemé más rápido y que así la lubricación hidrodinámica sea difícil de adquirir (ya que el lubricante ha perdido el beneficio de ciertos aditivos que se quemaron), dejando así el motor trabajando en una condición de lubricación mezclada, que producirá más desgaste.

3.4 Principios de selección de los lubricantes

La regla general es: utilizar la viscosidad mínima necesaria para proveer lubricación limítrofe durante el arranque (o en el caso de piezas que no son motores, al moverse por primera vez cada vez que se usa) y a la vez de una viscosidad máxima necesaria para no contribuir con fricción y pérdidas de potencia (en forma de calor y desgaste) innecesarias.

La elección de lubricantes nunca es fácil, y siempre requiere compromisos. Por ejemplo, un lubricante más grueso (viscoso) puede cubrir las superficies de un rodamiento y probablemente se va a quedar en el rodamiento más fácilmente, pero a la vez va a generar más fricción, más temperatura y más presión. Pero en un motor viejo, uno a veces se utiliza aceite un poco más pesado (viscoso) que lo normal para reducir las pérdidas (para que queme menos aceite), sabiendo que generará más fricción y va a levantar más temperatura. El problema es que si el lubricante es muy pesado, trae problemas de arranque.

3.5 Estructura básica de los lubricantes

La mayoría de los lubricantes son derivados de hidratos de carbono (hidrocarburos). Hay lubricantes basados en otras químicas, pero en general son para usos muy especializados, donde lubricantes comunes no se pueden usar.

La materia prima para lubricantes puede ser derivada de grasas y aceites animales, vegetales o aceites crudos (petróleo).

Sea el tipo de lubricante que sea, siempre se empieza con la base. La base se prepara con un proceso de refinado. El refinado es una especie de destilación de elementos componentes de la materia prima que son evaporados a distintas temperaturas y condensados en distintos receptáculos. A este lubricante básico se le agregan aditivos antioxidantes y anticorrosivos.

Estos aditivos son absolutamente necesarios en todos los lubricantes base o básicos para brindar resistencia a la corrosión a los metales con los que el lubricante va a estar en contacto y resistencia a la oxidación para el lubricante mismo. La oxidación es muy común entre los aceites, y es fácilmente reconocida, todos los lubricantes base eventualmente se oxidan y se degradan. Los aditivos son importantísimos y esenciales para brindar durabilidad y consistencia a los lubricantes.

Una vez que el lubricante base ha sido combinado con los dos aditivos mencionados anteriormente (anti-óxido y anti-corrosión), cosa que se hace inmediatamente después de refinarse, se le agrega un segundo paquete de aditivos. Este paquete provee a cada lubricante sus características. Lo que es interesante saber es que la materia prima afecta la calidad final tanto como cada uno de los aditivos que integran la mezcla. Una materia prima de baja calidad va a pasar los requerimientos legales para la venta, pero se va a degradar mucho más rápido que un lubricante hecho con los mismos aditivos pero con una mejor materia prima. A su vez, una buena materia prima combinada con aditivos de baja calidad va a producir un lubricante que no posee todo su potencial.

3.6 Aceites lubricantes

Los lubricantes convencionales son productos derivados del petróleo, los cuales se obtienen por dilatación y tratamiento posterior con propano, furfural, etilmetilcetona o hidrógeno, según el caso, para eliminar los productos no deseados.

Los productos resultantes son aceites minerales refinados que se designan como básicos, los cuales pueden ser parafínicos, nafténicos y mixtos.

Los básicos parafínicos son mezclas de hidrocarburos de cadena recta saturada que se caracterizan por tener un índice de viscosidad mayor de 80.

Los básicos nafténicos son hidrocarburos de cadena cerrada, saturados, con índice de viscosidad muy bajo.

Los básicos mixtos son mezclas de hidrocarburos parafínicos y nafténicos, en los que no predomina ninguno de los dos.

Con estos básicos se obtienen los diversos tipos de aceites lubricantes, tanto automovilísticos como industriales.

Para usos especiales, donde los aceites convencionales no pueden usarse, se emplean sintéticos a base de silicones, estéres, glicoles, etc.

3.7 Aceites lubricantes industriales

La lubricación no es algo nuevo. El hombre la empleó desde la época prehistórica en los artefactos rudimentarios que utilizaba para sobrevivir.

Con el advenimiento de la maquinaria industrial, la lubricación siguió siendo totalmente empírica. Los lubricantes eran simples, de procedencia vegetal, animal o mineral y sus características han resultado deficientes a medida que se adelanta en el diseño de las máquinas modernas, cada vez más perfectas, las cuales aumentan las exigencias de las características de los lubricantes, dando así origen a nuevas técnicas de obtención y formulación.

Esto ha producido lubricantes de mejor calidad. De hecho, la lubricación ha dejado de ser un arte, convirtiéndose en una técnica aplicada a la eficiencia y conservación de la maquinaria y, por ende, de la planta industrial.

En épocas recientes, las máquinas operan a elevadas cargas, a velocidades y temperaturas extremas. Estas máquinas tienen que proveerse del lubricante correcto en el lugar y tiempo adecuados. El lubricante tiende a reducir el rozamiento, evitando el desgaste y la corrosión y soportar las cargas necesarias para conservar las máquinas trabajando con máxima eficiencia. Por supuesto, hay muchas máquinas que efectúan trabajos muy importantes, que no son automáticas no tienen altas velocidades, ni soportan cargas pesadas, pero, sin embargo, también necesitan una lubricación correcta.

Los lubricantes industriales cubren un amplio rango de aplicaciones que va desde los aceites más económicos, para las maquinarias antiguas, hasta los que cumplen los requerimientos del equipo más preciso.

3.8 Clasificaciones

Debido a la gran variedad de fabricantes de aceites, las numerosas marcas y las diversas características de los aceites lubricantes organizaciones técnicas, oficinas de gobierno y asociados de fabricantes de maquinarias, han elaborado diferentes sistemas de clasificación para los aceites industriales.

Existen tres sistemas de clasificación más comunes:

ASTM. Sistema de clasificación por viscosidad para fluidos lubricantes. Aunque la ASTM ha establecido un sistema de clasificación de aceites industriales por viscosidad (ver tabla 1), no siempre los lubricantes que se encuentren en el mercado caen dentro de esos límites, ya que el fabricante de aceites en este caso. Petróleos Mexicanos, elabora lubricantes de acuerdo a las necesidades de su mercado.

Tabla 1. ACTM clasificación por Viscosidad.

Numero de viscosidad ASTM	RANGO DE VISCOSIDAD A 37.8°C (100°F)	
	SUS	cS aproximados*
32	29 – 35	0.6 – 2.7
40	36 – 44	3.0 – 5.5
60	54 – 66	8.6 – 12.0
75	68 – 82	12.5 – 16.2
105	95 – 115	19.4 – 24.0
150	135 – 165	28.6 – 35.5
215	194 – 236	42 – 51
315	284 – 346	61 – 75
465	419 – 511	90 – 110
700	630 – 770	136 – 166
1000	900 – 1100	194 – 237
1500	1350 – 1650	291 – 356
2150	1935 – 2365	417 – 510
3150	2835 – 3465	610 – 750
4650	4185 – 5115	905 – 1100
7000	6300 – 7700	1360 – 1660

* La columna se da exclusivamente como referencia, pero no forma parte de la especificación ASTM.

DIN 51-501. Clasificación por viscosidad, de origen alemán. Aunque no es usual en América, también se incluye, porque frecuentemente se menciona en los equipos europeos. Al igual que la clasificación ASTM, se refiere exclusivamente a la viscosidad (Ver Tabla 2).

Tabla 2. DIN 51-501 Clasificación por viscosidad.

No. DIN	Visc. a 20°C cS	Visc. a 50°C cS	Visc. Calculada a 37.8 °C (100°F) en SUS, suponiendo que el IV es de 90
N 4	9 – 7		43 – 55
N 9	21 – 29		62 – 72
N 16		12 – 20	90 – 150
N 25		21 – 29	158 – 213
N 36		32 – 40	254 – 323
N 49		44 – 54	355 – 462
N 68		62 – 74	517 – 637
N 92		85 – 99	744 – 873
N 114		106 – 122	924 – 1109
N 144		129 – 159	1154 – 1478
N 225		200 – 250	1850 – 2500
N 350		305 – 375	3000 – 3700

La columna en SUS no es parte de la clasificación; sólo se da como referencia para información.

AGMA. A menudo, los fabricantes de maquinaria hacen recomendaciones para la lubricación de sus engranes de acuerdo a esta clasificación, la cual se presenta en dos tablas por separado. La primera de ellas cubre los aceites para engranes que trabajan con cargas normales (ver tabla 3).

Tabla 3. AGMA Clasificación de lubricantes.

ESPECIFICACIONES ESTANDARES AGMA PARA ENGRANES
CERRADOS INDUSTRIALES

Numero de lubricante (mineral puro)	de AGMA	RANGO DE VISCOSIDAD SUS	
		a 37.8 °C (100°F)	a 98.9 °C (210°F)
1		180 – 240	
2		280 – 360	
3		490 – 700	
4		700 – 1000	
5			80 – 105
6			105 – 125
7 Comp1			125 – 150
8 Comp1			150 – 190
8A Comp1			190 – 250

¹ Los aceites marcados “Comp.” son aquellos compuestos con 3 a 10% de sebo o cualquier otra grasa animal.

La siguiente tabla se aplica a los aceites que deben trabajar en engranes donde se tienen cargas EP moderadas (ver tabla 4).

Tabla 4. Especificaciones Estándares AGMA para engranes cerrados industriales.

Numero de lubricante meida	AGMA EP	RANGO DE VISCOSIDAD SUS	
		a 37.8 °C (100°F)	a 98.9 °C (210°F)
2 EP		280 – 400	
3 EP		400 – 700	
4 EP		700 – 1000	
5 EP			80 – 105
6 EP			105 – 125
7 EP			125 – 150
8 EP			150- 190

3.9 Lubricación en correderas

ACEITE PENTAC 2 Y 4

Elaborado especialmente para correderas y guías; son de magnífica calidad, ya que en su producción se emplean aceites básicos parafínicos y aditivos antidesgaste, agentes de adhesividad y protectores contra oxidación y herrumbre.

Se recomienda para lubricar las bancadas en Máquinas-Herramientas como tornos, cepillos de codo, cepillos de mesa, etc. (Ver tabla 5).

En bancadas de gran tamaño, en donde el aceite delgado es desplazado y se producen vibraciones, es conveniente usar el aceite más grueso, número 4.

Tabla 5. Lubricantes PEMTAC 2 Y 4

CARACTERÍSTICAS TÍPICAS					
LUBRICANTE	VISCOSIDAD SUS		I.V.	TEMP.	COLOR
	37.8 °C	98.9 °C		INFL. °C	ASTM
ACEITE	327	55	107	235	6.0
PEMTAC 2 Y 4	1003	93	104	252	6.5

3.10 Aceites de corte

La selección de un aceite de corte está determinada por una serie de factores como son: Tipo de metal, velocidad de corte, herramienta de corte, terminado deseado, etc.

Un buen fluido de corte debe: a) enfriar la herramienta y el metal; b) controlar la formación de depósitos metálicos sobre la herramienta; c) reducir la fricción y el desgaste de la herramienta; d) proteger contra la formación de herrumbre; e) lavar y arrastrar la viruta.

En el mercado se encuentran varios tipos de fluidos de corte, siendo los principales:

- Soluciones acuosas libres.
- Aceites solubles.
- Aceites minerales.
- Bióxido de carbono.
- Aire.
- Aceites sintéticos.

Los aceites solubles y los aceite minerales son fluidos de corte de los cuales se hablarán a continuación.

3.10.1 Aceites solubles

Los aceites solubles de uno o más aceites minerales mezclados con agentes emulsificantes y otros aditivos que ayudan a estabilizar la emulsión formada, cuando dichos aceites se mezclan con agua.

Esta emulsión combina las ventajas de lubricidad del aceite con la propiedad enfriante del agua, además de ofrecer menos peligro de inflamación.

Las emulsiones de aceites solubles varían, en relación de mezcla de 5:1 a 100:1.

3.10.2 Aceites minerales

Los aceites de corte mineral puros, se utilizan generalmente en operaciones ligeras. En operaciones medianas y severas, se mezclan con aditivos principalmente de tipo polar de extrema presión.

Los aceites minerales para corte se clasifican en dos grupos:

Para metales ferrosos:

Son aceites que no admiten agua y se usan en el maquinado, en donde el factor lubricación es más importante que el de transferencia de calor; generalmente se usan con herramientas de acero de alta velocidad, bajo condiciones severas.

Para metales no ferrosos:

Son aceites cuya principal característica es la de evitar el manchado de las superficies de los metales no ferrosos; generalmente son aceites de baja viscosidad, que les da mejor penetración (Ver tabla 6).

Tabla 6. Grupo No Emulsionables (marchantes)

GUÍA PARA LA SELECCIÓN DE FLUIDOS DE CORTE, SEGÚN LA CLASE DE OPERACIÓN		
OPERACIÓN	Aceite soluble	Aceite no soluble
Torneado exterior, barrenado, fresado	X	
Barrenado profundo, taladrado		X
Roscado y escariado interno		X
Escariado externo	X	
Perfilado, fresado, conformado		X
Esmerilado exterior superficial	X	
Esmerilado de formas y cuerdas		X

3.11 Nacional cortacero

Se elabora en los grados A-5090 y MP.

Lubricantes para corte, muy modernos y de magnífica calidad, con agentes de presión extrema para el corte de metales y aleaciones de acero, bajo diversas condiciones de trabajo. Sus componentes químicos evitan el rápido desgastes o desafilado de herramientas, prolongando la vida útil de las mismas; dan adecuada refrigeración y buen acabado en las superficies maquinadas.

El MP sirve para operaciones de corte en condiciones de operación muy severas y con aleaciones de acero de alta dureza.

3.12 El mito sintético

Los lubricantes sintéticos son refinados de aceites vegetales y/o de petróleo, y son fundamentalmente similares a los lubricantes minerales comunes, básicos de petróleo. Por ejemplo, el aceite Mobil SHC 1 significa Synthetic Hydro Carbon. El propósito de producir un lubricante sintético es refinar un aceite sin cadenas de hidrocarburos raras, es decir por ejemplo, que todas las moléculas en cadena sean igualitas, del mismo tipo y tamaño. Al producir aceites sintéticos, es posible elegir el porcentaje de cada tipo de moléculas en el lubricante final. Por eso, hay cientos, si no miles, de combinaciones de aceites sintéticos; es decir que no todos los aceites sintéticos son iguales. Las características varían de acuerdo a los porcentajes y las combinaciones de ingredientes.

Lo importante es saber que los lubricantes sintéticos son hechos con cadenas de hidrocarburos, y por lo tanto sufrirán los mismos problemas que los aceites comunes: oxidación, efectos de temperatura, y reacciones químicas. Lo bueno del aceite sintético es que puede ser construido a medida, creando así aceites con resistencias óptimas a altas temperaturas, buena fluidez a bajas temperaturas, y cosas así. Los lubricantes sintéticos fueron originalmente creados para la aeronáutica, ya que estos son sometidos a temperaturas y presiones extremas. No han sido tan aceptados por la población en general para uso automotriz ya que son caros.

También hay muy buenos aceites que son una mezcla de sintético y común, que reduce el precio del producto, pero brinda mejor protección que el común.

Otro subtipo de aceite base es el aceite hidroprocesado, donde el crudo es sometido a hidrógeno a alta presión y temperatura. El hidrógeno rompe las cadenas de hidrocarburos cortas y a la vez extiende las largas, produciendo así una especie de aceite sintético, ya que la población de moléculas es controlada y alterada en el proceso de refinamiento hidroprocesado. Una cosa curiosa es el efecto del hidroprocesado: si se empieza con 50 litros, se termina con 52, por el hidrógeno agregado.

3.13 Principios de lubricación

Debido a las presiones extremas que se desarrollan en engranajes y rodamientos, y la incapacidad de los lubricantes convencionales de petróleo para lubricar adecuadamente estas partes, es necesario fortificar los aceites y las grasas con diversos componentes que aumenten la capacidad de carga de los lubricantes. La mayoría de las compañías usan químicos para lograr esto. A pesar de que estos químicos aumentan temporalmente la resistencia a la carga, pueden convertirse en abrasivos que contrarrestan la capacidad deslizante del lubricante en sí. Cuando estos químicos entran en contacto con el agua y el calor, forman ácidos que atacan las partes móviles y sus bases de petróleo. Estos ácidos llegan a ser tan fuertes que pueden producir corrosión y desgaste a menos que el lubricante sea cambiado con frecuencia. La fricción causa que los lubricantes se deterioren y pierdan su habilidad de proteger y lubricar.

Algunos lubricantes derivan su capacidad de manejo de carga y capacidad deslizante de sus bases sintéticas y sólidos metálicos autolubricantes, que son química y térmicamente estables. Estos fortificadores metálicos o sólidos metálicos autolubricantes, están divididos en partículas micrónicas y submicrónicas, para luego ser científicamente suspendidas o mezcladas en aceites y grasas. Debido a que los aceites sintéticos o los hidroprocesados tienen una vida útil mayor, y gracias a la estabilidad de los sólidos metálicos, estos tipos de lubricantes no necesitan ser cambiados tan frecuentemente como los convencionales.

Uno de los sólidos metálicos más importantes contenido en estos lubricantes es el Disulfuro de Molibdeno (o MOLY) cuya fórmula química es: MoS_2 . El Comité Nacional de Consejeros de Aeronáutica (USA) descubrió que el Disulfuro de Molibdeno, en su búsqueda de lubricantes para ser usados en aviación, plataformas de lanzamiento de cohetes y otras aplicaciones de alta temperatura y alta carga, tenía uno de los más altos niveles de lubricidad que cualquier otra sustancia descubierta hasta la fecha. Hace rodar la carga como si fuera un rodamiento.

Cuando una película completa de MoS_2 se forma en una superficie, puede soportar cargas de hasta 500,000 PSI (libras por pulgada cuadrada). Su punto de goteo es de 1185 °C (2165 °F) y solamente es soluble en ácido sulfúrico, agua regia, y ácido clorhídrico. Estos factores hacen del Disulfuro de Molibdeno uno de los más eficientes lubricantes que se conocen...pero debe ser transportado a las superficies a ser lubricadas, por algún medio líquido (aceite básico) o pastoso (grasa).

3.14 La evolución de la lubricación.

3.14.1 Aceites y grasas con lubricantes sólidos.

Durante un desarrollo posterior de la tecnología de la lubricación se agregó a los lubricantes elementos sólidos como grafito y disulfuro de molibdeno ya mencionado (MoS_2), que forman una capa protectora de bajo coeficiente de fricción. En este caso se intenta reducir el desgaste mediante deposición de partículas sólidas (Ver Figura 7).

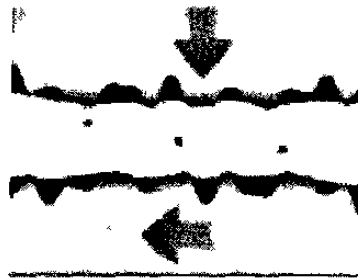


Figura 7. Aceites y Grasas con lubricantes sólidos

Este principio permite reducir el coeficiente de fricción mediante un aumento de la superficie de contacto y constituye una alternativa razonable tratándose de grasas y pastas. No obstante en el caso de lubricantes líquidos, si las partículas no tienen el tamaño adecuado puede ocurrir que se separen por filtración o centrifugado o bien se depositen con el tiempo debido a su alto peso específico. Así, este tipo de lubricantes, si no están bien diseñados pierde la mayor parte de su eficiencia. (Ver figuras 8 A y 8 B)

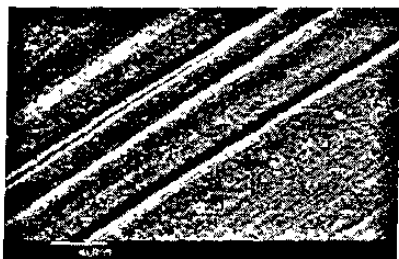


Figura 8 A. Ensayo SRV®: Desgaste vista con gran aumento

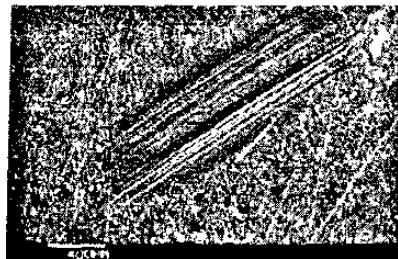


Figura 8 B. Vista con mayor aumento

3.14.2 Lubricación industrial

En las plantas de procesamiento los rodamientos (baleros o cojinetes) y los engranes vienen a representar el 90% de las demandas de lubricación. Los rodamientos pueden subdividirse en planos y antifricción.

Los engranajes, a su vez, pueden ser de diferentes tipos: rectos, helicoidales, bi-helicoidales, biselados, de tornillo sinfín o hipoides. Cada uno de estos diferentes tipos de rodamientos y engranajes funciona de forma diferente y, en consecuencia, requiere una lubricación individual.

Después de examinar cuidadosamente el funcionamiento de cada uno de los cojinetes y engranajes anteriormente mencionados, se puede realizar una lista mínima de los lubricantes o aceites más adecuados para cada uno de ellos. La característica de contacto superficie con superficie de cada clase de rodamientos y engranajes sirve de ayuda a la hora de elaborar una lista de este tipo.

CAPITULO 4

MAQUINAS DE CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO

4.1 Introducción

Hoy en día la mayoría de las empresas de fabricación utilizan el Control Numérico para manejar a las máquinas por medio de un ordenador.

El Control Numérico Computarizado (CNC), nace de la creciente automatización que tiene lugar en el mundo actual y su aplicación a las Máquinas–Herramientas.

Las Máquinas–Herramientas de Control Numérico, son aquellas que por su grado de automatización permiten el funcionamiento deseado sin intervención del hombre, salvo la programación previa de las variables que intervienen en el mecanizado, posiciones, velocidades, etc.; además de su amplia gama de movimientos, permiten producir una gran cantidad de piezas en condiciones rentables, con gran fiabilidad y exactitud.

Si al método tradicional de fabricación se le aplica CNC, se pueden obtener mejores resultados y con gran rapidez.

Esto influye en las empresas y en su producción, provocando un desarrollo tecnológico que actualmente existe en un gran número de ellas: industrias del sector de metal, el plástico, y la madera.

Estas características suponen que la aparición de las máquinas y tecnología CNC, mejoran de manera notable las industrias de mecanizado y fabricación que han visto incrementadas notablemente sus capacidades de innovar y llevar a cabo trabajos impensables hasta la aparición del Control Numérico. La fabricación en serie se encuentra superada, hoy es indispensable la flexibilidad y fiabilidad que proporcionan las Máquinas de Control Numérico.

4.2 Historia del Control Numérico

En principio, contrariamente a lo que se pueda pensar el Control Numérico de Máquinas–Herramientas no fue concebido para mejorar los procesos de fabricación, sino para dar solución a problemas técnicos surgidos a consecuencia del diseño de piezas cada vez más difíciles de maquinar.

En 1942, la Bendix Corporation tuvo problemas con la fabricación de una leva tridimensional para el regulador de una bomba de inyección para motores de avión. El perfil tan especial de dicha leva era prácticamente imposible de realizar con máquinas comandadas manualmente.

La dificultad provenía de combinar los movimientos del útil simultáneamente según varios ejes de coordenadas, hallando el perfil deseado. Se acordó entonces confiar los cálculos a una máquina automática que definiera gran número de puntos de la trayectoria, siendo el útil conducido sucesivamente de uno a otro.

En 1947, John Parson, constructor americano de hélices de helicópteros, concibe un mando automático con entrada de información numérica.

Antes, en su afán por controlar la forma de las hélices, así como su paso, Parson debía utilizar un gran número de plantillas y su realización estaba lejos de ser rápida y económica.

La idea de utilizar cartas perforadas (transportando las coordenadas de los ejes de los agujeros) en un lector que permitiera traducir las señales de mando a los dos ejes, permite a Parson desarrollar su sistema Digitón.

En esta época, la U.S. Air Force estaba preocupada con la fabricación de estructuras difíciles de trabajar por copiado y susceptibles de ser modificadas rápidamente. Gracias a sus sistemas, Parson obtiene un contrato y el apoyo del Instituto Tecnológico de Massachussets (M.I.T.) en el Laboratorio de Servomecanismos).

El gobierno americano apoya la iniciativa para el desarrollo de una fresadora de tres ejes en contorneado mando por control digital.

En 1953, después de cinco años de puesta apunto el M.I.T. utiliza por primera vez el nombre de Control Numérico.

En 1956, la U.S.A.F. hace un pedido de 170 máquinas de Control Numérico a tres grandes constructores americanos:

- Cincinnati Milling Machine Company,
- Giddin & Levis,
- Kearney & Trecker.

Paralelamente a esta evolución ciertos constructores se interesan por el desarrollo de máquinas más simples para trabajos tales como taladrado, mandrinado y punteado, que no requieren ningún movimiento continuo, pero si un posicionamiento preciso.

De aquí que, en contra de lo que pudiera parecer, el Control Numérico Punto a Punto. Después aparecería el Control Numérico Paraaxial.

De esta forma se ha visto que la necesidad industrial de la aeronáutica fue la que creó la demanda de sistemas continuos complejos. El paso de complejos a simples revolucionó los procesos de fabricación.

En 1960, también en el M.I.T., se realizaron las primeras demostraciones de control adaptable (un perfeccionamiento del Control Numérico que permite, además, la autorregulación de las condiciones de trabajo de las máquinas).

A fines de 1968 tuvieron lugar los primeros ensayos de Control Numérico Directo (CND).

En general, el incremento en la utilización de Máquinas-Herramientas con CN se debe a que un gran número de problemas, que se consideraban bien resueltos por los métodos de los trabajos clásicos, pueden tener una respuesta ventajosa desde el punto de vista técnico mediante la utilización de dichas máquinas.

4.3 Componentes de las Máquinas-Herramientas de Control Numérico

Un operador experto en MHCN debe conocer sus prestaciones y los límites dentro de los que opera. No es suficiente con amarrar la pieza y manipular el armario de control. Para obtener los resultados óptimos en programación CN se debe de planificar toda la secuencia de operaciones anticipadamente.

Los sistemas de una MHCN, son:

Ejes de desplazamiento

Transmisiones

Dispositivos para la medida de la posición o desplazamientos.

Husillo principal o cabezal.

Sistemas para el sujeción de la pieza.

Cambiadores de herramientas.

Ejes de rotación y desplazamiento complementarios.

La descripción de los dispositivos se aplica a la fresadora, al ser esta máquina la de mayor difusión en las empresas de mecanizado (ver figura 9).

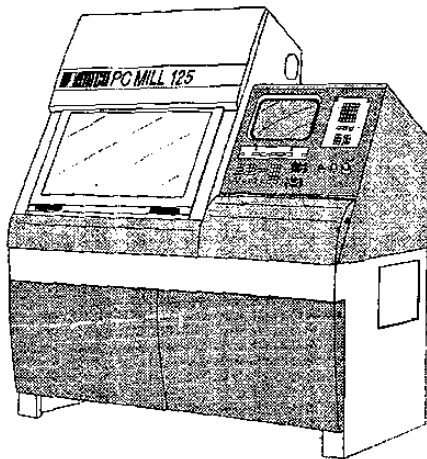


Figura 9. Fresadora CN

4.4 Ejes principales

En la descripción de las MHCN se utiliza siempre el concepto de "eje": direcciones de los desplazamientos principales de las partes móviles de la máquina como la mesa portapiezas, cabezal, torreta (ver figura 10).

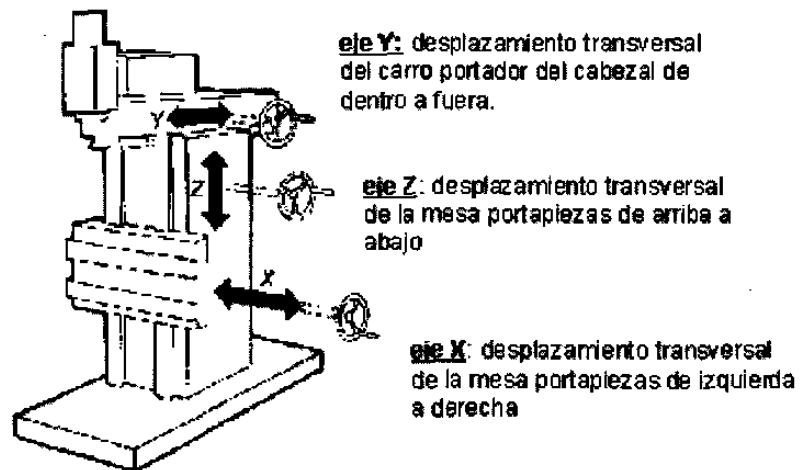


Figura 10. Desplazamientos-eje de una fresadora

Las MHCN están provistas de un número de ejes principales característico que hace factibles los trabajos de mecanizado sobre la pieza. Estos ejes se designan convencionalmente como X, Y y Z.

Las fresadoras disponen de tres ejes X, Y y Z. Dos de ellos se asocian al movimiento en un plano horizontal de la mesa de trabajo, mientras que el tercero es el desplazamiento vertical del cabezal de la máquina. Si la fresadora dispone de una mesa fija, es el cabezal el que ejecuta los tres desplazamientos (ver figura 11).

En trabajos de mecanizado de formas complejas se requieren MHCN dotadas de más ejes de desplazamiento.

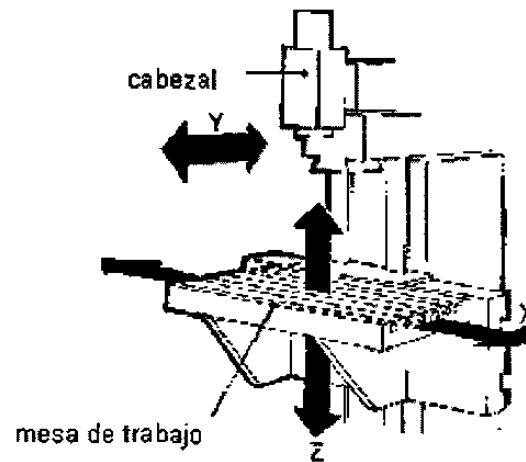


Figura 11. Ejes principales de una fresadora vertical torno

La designación y descripción de los ejes de cada tipo de MHCN se encuentra normalizada.

La disposición de los carros móviles en las MHCN puede ser muy sofisticada, dando origen a una gran variedad de diseños/modelos tanto en fresadoras como tornos.

Los fabricantes de MHCN determinan dichas disposiciones en función de los requerimientos en cuanto a capacidad de carga y precisión de posicionado. Esta disposición viene condicionada por:

- La forma de la trayectoria a recorrer.
- Las propiedades de las superficies de contacto.
- Las exigencias de apriete o sellado.

4.5 Sistemas de transmisión

Los recorridos de la herramienta en el seno de la pieza se originan por la acción combinada de los desplazamientos en cada uno de sus ejes principales (ver figura 12).

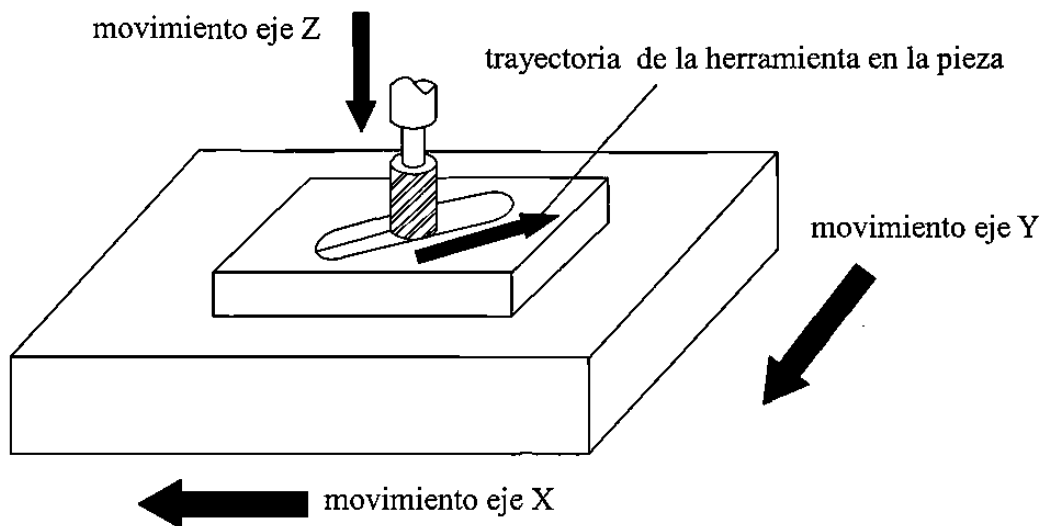


Figura 12. Generación de una trayectoria de herramienta

Los sistemas de transmisión producen traslaciones rectilíneas en los ejes principales a partir del giro básico generado por el grupo del motor-reductor.

El corazón del movimiento de las MHCN es la transmisión por recirculación de bolas. Consiste en un sinfín acanalado y un acoplamiento al que se fija el conjunto mecánico a desplazar. Cuando el grupo del motor gira, su rotación se transmite al sinfín y el cuerpo del acoplamiento se traslada longitudinalmente a través de este arrastrando consigo a la mesa de trabajo en el sentido oportuno (ver figura 13).

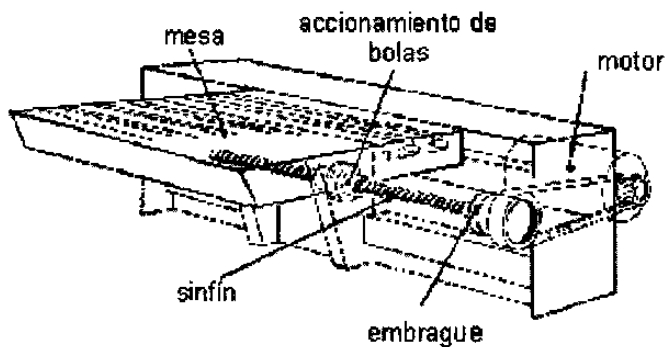


Figura 13. Sistema de transmisión de la mesa de trabajo

El accionamiento contiene un conjunto de bolas en recirculación que garantizan la transmisión de esfuerzos del sinfín a la mesa con unas pérdidas por fricción mínimas. Las dos partes de su cuerpo están ajustadas con una precarga para reducir al mínimo el juego transversal entre ellas con lo que se mejora la exactitud y repetibilidad de los desplazamientos (ver figura 14).

Para disminuir los daños del mecanismo de transmisión frente a colisiones transversales o sobrecargas, el grupo motriz incorpora un embrague en su conexión con el sinfín. Este dispositivo desacopla la transmisión cuando el conjunto de la mesa choca contra algún obstáculo.

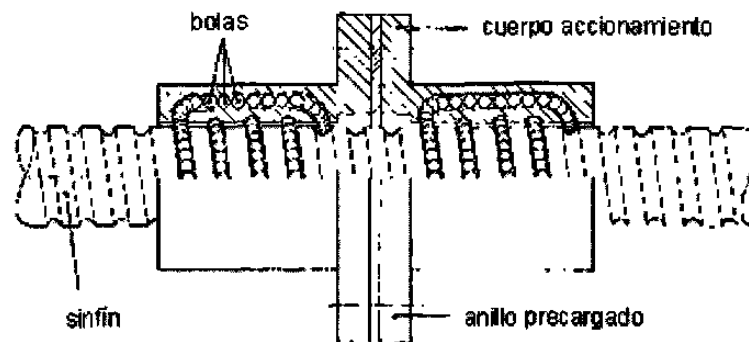


Figura 14. Acoplamiento por accionamiento de bolas recirculantes

Para generar los movimientos de cada eje se usan habitualmente motores eléctricos de corriente continua controlados mediante señales electrónicas de salida y entrada. Estos actuadores pueden girar y acelerarse en ambos sentidos.

Los desplazamientos longitudinales de los ejes no deben ser afectados, en la medida de lo posible, por los esfuerzos y acciones exteriores (por ejemplo las fuerzas de corte). Por esta razón es esencial que los sistemas de transmisión y guía garanticen la rigidez mecánica. Adicionalmente la transmisión debe producir movimientos suaves y estables y ser capaz de reaccionar rápidamente en las aceleraciones y desaceleraciones.

La sobrecarga de los motores puede presentarse por:

- Herramienta inadecuada
- Restricciones anómalas en el movimiento
- Fuerzas de inercia excesivas durante el frenado o aceleración.

En las MHCN más simples con prestaciones basadas en la precisión del mecanizado se utilizan los motores paso a paso como actuadores primarios. Con motores de este tipo, el giro se subdivide en incrementos fijos que son controlados mediante un número de pulsos dado. Sin embargo cuando se desean trabajos pesados de mecanizado con pares resistentes elevados durante el frenado o aceleración, su fiabilidad y prestaciones disminuye. El uso de motores de este tipo está restringido a pares resistentes bajos.

4.6 Medida de los desplazamientos

Las posiciones de los elementos móviles de las MHCN se pueden medir mediante dos sistemas: directo e indirecto.

El sistema directo utiliza una escala de medida ubicada en la guía de la mesa de la máquina. Las imprecisiones en el giro del sinfín o en su acoplamiento no afectan a este método de medida. Un resolver óptico determina la posición por conteo directo en la rejilla o regleta graduada y transforma esta información a señales eléctricas para su proceso por la UC (ver figura 15).

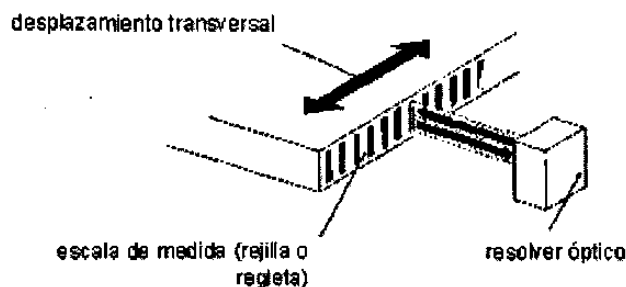


Figura 15. Sistema directo para la medición de una posición

En el sistema indirecto la posición de la mesa se calcula por la rotación en el sinfín. Un revolver registra el movimiento de un disco graduado solidario con el sinfín. La UC calcula la posición del mediante el número de pasos o pulsos generados durante el desplazamiento (ver figura 16).

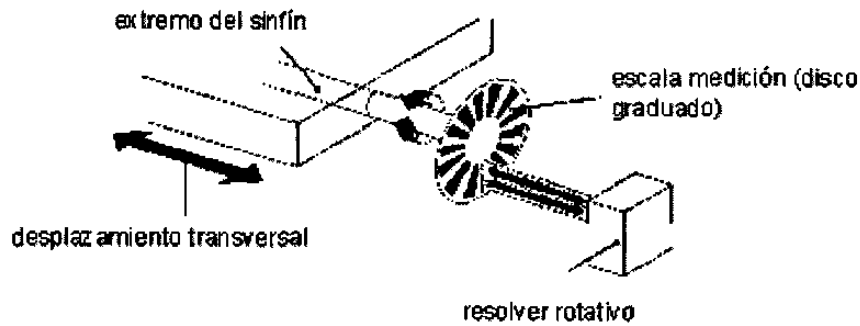


Figura 16. Sistema indirecto para la medición de una posición

Para conocer la posición exacta de cualquier elemento móvil de una MHCN a lo largo de un eje de desplazamiento se emplean un conjunto de dispositivos electrónicos y unos métodos de cálculo. Estos elementos constan, básicamente, de una escala graduada (similar a un escalímetro) y el resolver capaz de leer dicha escala. Atendiendo a al método de lectura y forma de la escala se distingue entre:

Medición de posiciones absolutas.

Medida de posiciones por incrementos

La utilización del adjetivo absoluto para la medición de los desplazamientos supone que las posiciones estimadas son independientes del estado puntual de la máquina o de su control al estar referidas a un punto invariante conocido como origen absoluto o cero de máquina.

El término incremental (incremento = desplazamiento pequeño de longitud fija) se emplea para designar los movimientos relativos a algún punto significativo distinto del origen absoluto y que, además, puede variar. Durante el movimiento la UC lleva a cabo un conteo del número de incrementos (divisiones) en las que la nueva posición difiere de la anterior.

La medición de posiciones absolutas emplea un sistema de escalas codificadas y ordenadas por múltiplos similares a un escalímetro. Para conocer la posición actual del desplazamiento se hace siempre referencia al cero máquina (origen absoluto) que es un punto físico, conocido e invariante de la MHCN (ver figura 17).

Es imprescindible que la lectura pueda llevarse a cabo en todo el rango de desplazamiento del eje en cuestión.

La escala se codifica generalmente en sistema binario.

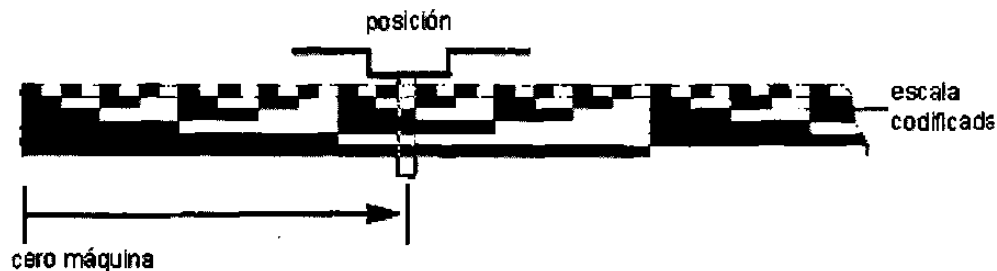


Figura 17. Medida de la posición absoluta

La medición de posiciones por incrementos emplea una escala con un sistema de división simple. La rejilla está dividida en sectores blanco/negro sobre los que pasa el resolver durante el movimiento. Este cuenta el número de sectores blanco/negro obteniendo el valor del desplazamiento por diferencia respecto a su posición previa. Para garantizar que la medida se realiza correctamente, inmediatamente después de inicializarse la UC se debe de medir la posición inicial respecto al cero máquina. A esta

posición de inicio se le conoce como "punto de referencia". Tan pronto como la máquina a asignado el punto de referencia el resolver comienza a suministrar posiciones relativas al último punto mediante lectura/conteo de la escala (ver figura 18).

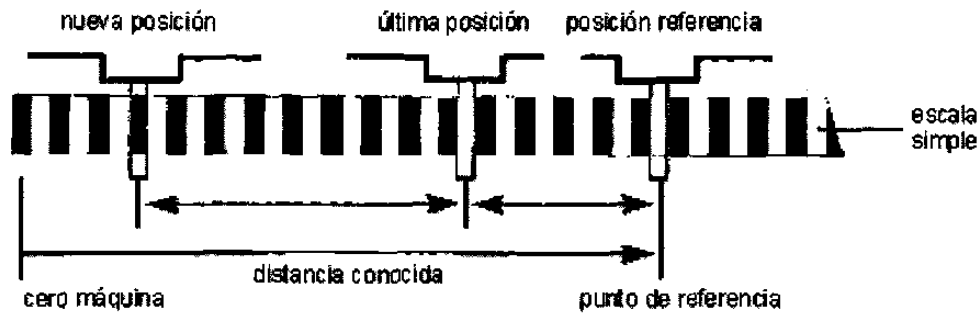


Figura 18. Medida de la posición por incrementos o incremental

El husillo principal ejecuta:

- La rotación de herramienta en las fresadoras y taladradoras.

El husillo puede accionarse por:

- Motores de corriente alterna de tres fases.
- Motores corriente continua.

En el primer caso la regulación de la velocidad de giro se lleva a cabo mediante un reductor de engranajes. Dependiendo del diseño y complejidad de este reductor se consigue un rango más o menos variado de velocidades de giro.

En la mayor parte de las MHCN el elemento que acciona el cabezal es un motor de corriente continua . Esto proporciona una variedad casi infinita de velocidades de giro, las cuales se procesan mediante un tacómetro. Todo ello permite al programador establecer la velocidad de giro de forma casi arbitraria, dentro del rango y capacidad del motor.

Los motores de corriente continua incorporan frecuentemente reductores en la transmisión de dos o cuatro salidas para la obtención de los pares más favorables en las diferentes operaciones de mecanizado.

En las fresadoras este adaptador contiene el sistema de colocación de las fresas o herramientas (ver figura 19).

Atendiendo a las diferentes posibilidades de amarre y a las innumerables configuraciones de herramientas existentes en el mercado, los adaptadores del husillo siguen unas pautas de diseño normalizadas que capaciten su conexión a múltiples dispositivos.

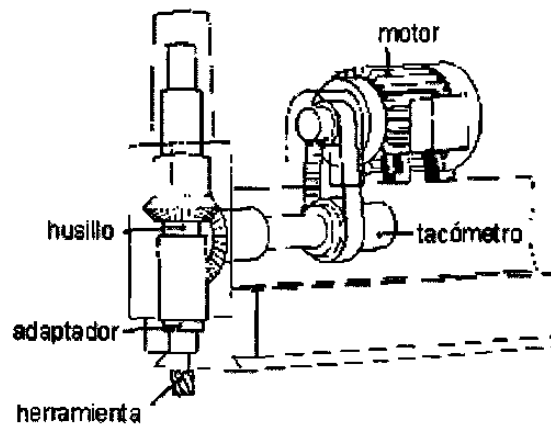


Figura 19. Cabezal de una fresadora

Las fresadoras universales así como las taladradoras y mandrinadoras disponen frecuentemente de dos husillos principales en disposición horizontal o vertical que pueden ser empleados de forma opcional y alternativa (ver figura 20 y figura 21).

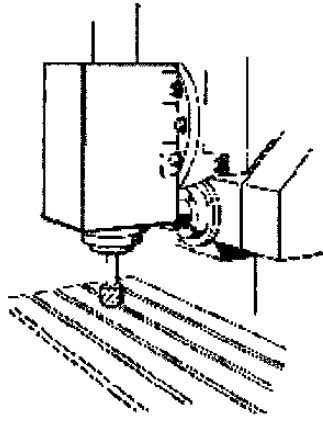


Figura 20. Disposición del husillo vertical

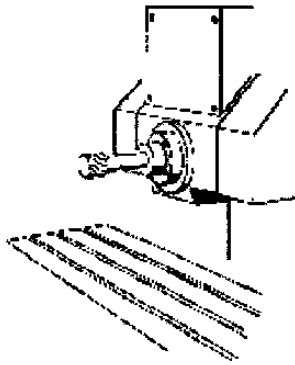


Figura 21. Disposición del husillo horizontal

4.7 Sistemas de sujeción

En fresado se emplean las siguientes formas de sujeción (ver figura 22):

Sargentos y apoyos con formas escalonadas, ajustables en altura o bloques con varias facetas de contacto, con pernos y resortes de apriete de montaje-desmontaje rápido.

Placas angulares de apoyo.

Palancas de apriete. Mordazas mecánicas autocentrables

Platos o mesas magnéticas.

Mesas y dispositivos modulares de uso universal.

Apoyos de diseño específico o especial.

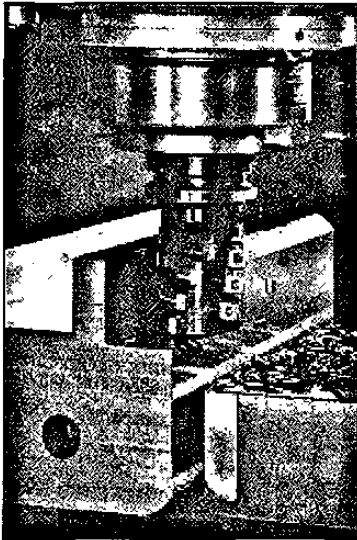


Figura 22. Sistema de sujeción.

Los dispositivos de sujeción permiten asegurar la pieza a la mesa de trabajo (fresado) (ver figura 23)

El número de funciones controlables que están relacionadas con estos sistemas depende de la forma de alimentación de piezas (manual o automática) y de la complejidad del sistema de amarre.

En fresado las presiones de apriete no resultan tan críticas. El aspecto más crítico en la sujeción en estas máquinas es la rapidez de montaje/desmontaje y la precisión en el posicionado de la pieza en la mesa de trabajo.

El sistema de amarre debe permitir una fácil carga/descarga de la pieza de trabajo y garantizar la repetibilidad en la colocación estable y precisa de la misma en el seno de la MHCN. Compatibilizar todo ello puede resultar costoso en tiempo y dinero.

Los sistemas de sujeción específicos mediante componentes normalizados y modulares se utilizan frecuentemente. Estos dispositivos deben permitir el mecanizado completo sin operaciones de montaje/desmontaje.

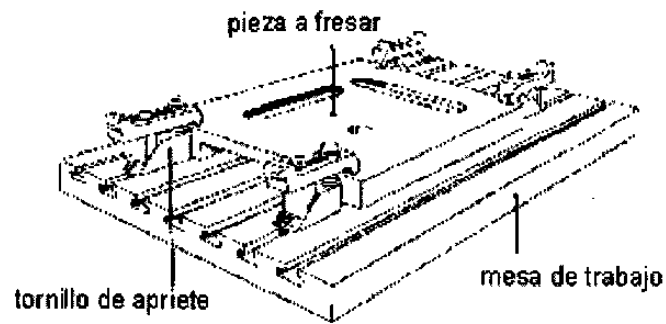


Figura 23. Mesa de fresadora con tornillos de apriete

En numerosas ocasiones es conveniente equipar las fresadoras con un sistema dual de mesas de trabajo que permite realizar operaciones de transporte y amarre de piezas fuera de máquina (ver figura 24).

La colocación de la mesa en la posición de trabajo puede realizarse con funciones CN específicas, así como las paradas y comienzo de los bloques de mecanizado propiamente dichos.

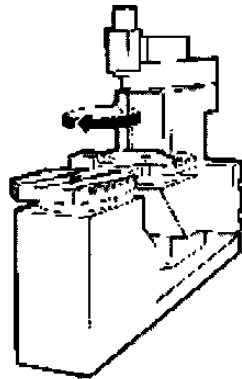


Figura 24. Mesas transportables de una fresadora

4.8 Cambiadores de herramienta

Mecanizar productos en MHCN requiere diferentes operaciones sucesivas sin soltar la pieza de su sistema de amarre (fase) lo que supone incorporar un dispositivo que permita cambiar de forma automática las herramientas durante el proceso. Es poco habitual llevar a cabo un trabajo de mecanizado sin cambiar de herramienta.

El cambio de herramientas puede ejecutarse manualmente por el operario, sin embargo, esto solo se realiza en la práctica con fresadoras y taladradoras dotadas de cabezales con adaptadores portaherramientas de acceso rápido y sencillo.

Los centros de mecanizado de gran producción utilizan cambiadores automáticos de herramientas que pueden albergar un número variable de útiles dependiendo de su diseño.

Los cambiadores de herramientas reciben los nombres de:

Torreta de herramientas (ver figura 25)

Carrusel de herramientas (ver figura 26)

El cambio de herramienta se controla por programación CN caracterizándose por un giro de la torreta hasta que coloca en la posición de trabajo aquella que se le solicita

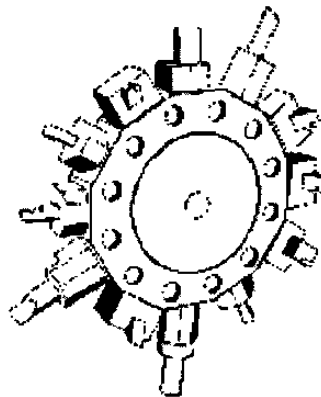


Figura 25. Torreta de herramientas

En el caso de los carruseles (almacenes) de herramientas, para cambiar la herramienta se emplea un manipulador o garra adicional. La UC de la máquina interrumpe el mecanizado para que el manipulador extraiga del carrusel, que ha girado hasta colocar al útil deseado en la posición de cambio, la nueva herramienta. Simultáneamente la garra opuesta del manipulador extrae la herramienta en uso del cabezal. Un volteo del manipulador coloca la nueva en el cabezal y a la usada en el hueco (estación) dejado por la primera en el almacén. La operación solo dura segundos.

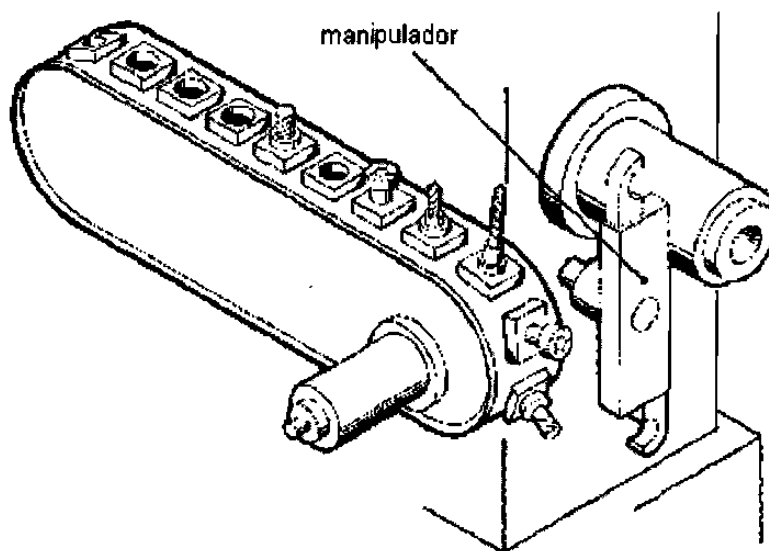


Figura 26. Carrusel de herramientas de una fresadora

Los cambiadores de herramientas incorporan frecuentemente el posicionado lógico, que se basa en realizar giro de la torreta o el carrusel en el sentido que permite ubicar el útil deseado de forma más rápida desde la posición actual (ver figura 27 y figura 28).

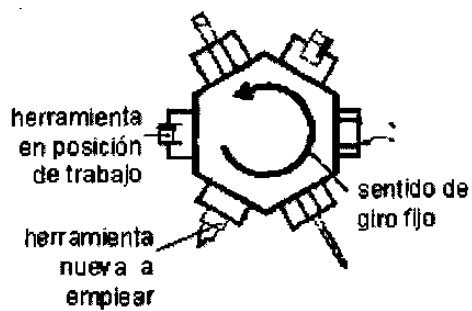


Figura 27. Torreta de sentido de giro fijo

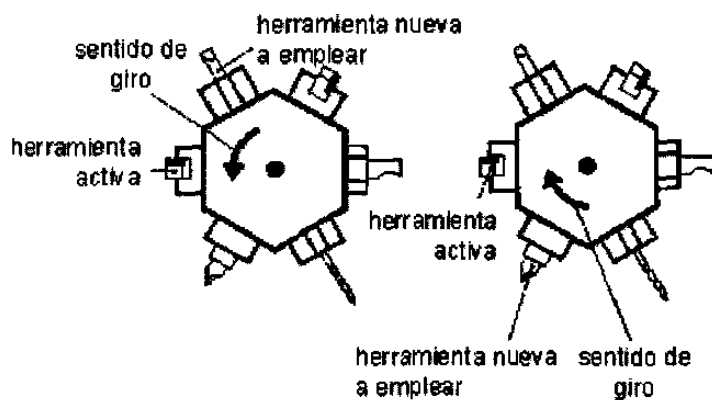


Figura 28. Torreta con giro lógico

4.9 Ejes complementarios

Algunas MHCN disponen de mesas giratorias y/o cabezales para cabezales orientables. En ellas la pieza puede ser mecanizada por diferentes planos y ángulos de aproximación. Los ejes sobre los que giran estas mesas y cabezales se controlan de forma independiente y se conocen con el nombre de ejes complementarios de rotación. Su velocidad se regula también de forma autónoma.

Los ejes complementarios de rotación se designan en la programación CN como A, B, C.

Debido a las exigencias impuestas por la complejidad de ciertas piezas otras MHCN están dotadas de más de tres ejes de desplazamiento principal.

Los centros de mecanizado presentan usualmente en adición a los tres principales, un cuarto eje para la orientación del cabezal, un quinto para el giro de la mesa y hasta un sexto (W) de aproximación de la herramienta (ver figura 29).

La trayectoria de la herramienta se define mediante la composición de los desplazamientos en X, Y y Z.

En muchos casos el eje W sólo opera cuando el resto de los ejes permanecen fijos y se usa para trabajos menores de taladrado en cualquier dirección (ver figura 30).

Los ejes complementarios de desplazamiento se designan en la programación CN como U, V, W.

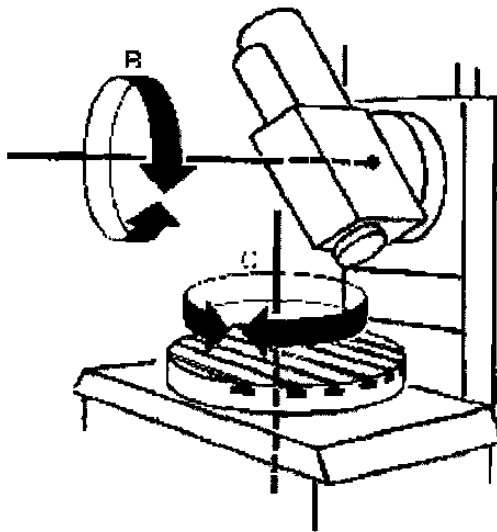


Figura 29. Mesa giratoria y cabezal basculante

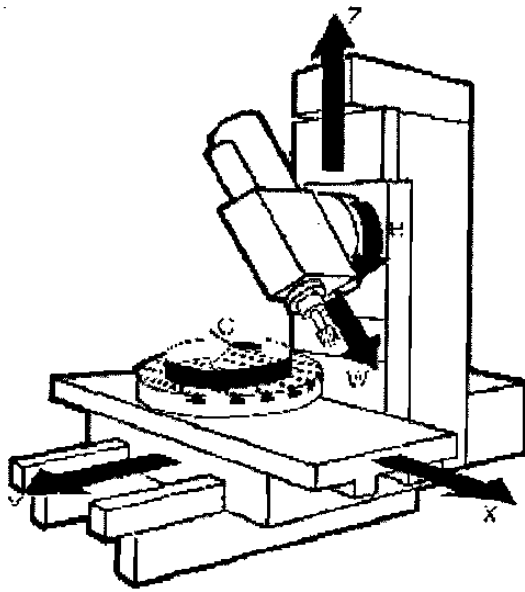


Figura 30. Centro de mecanizado de 6 ejes

4.10 Herramientas en Máquinas – Herramientas de Control Numérico

Una herramienta completa de MHCN presenta generalmente las siguientes partes (ver figura 31):

Acoplamiento

Portaherramientas (cuerpo, mango o portaplaquita)

Punta herramienta (plaquita)

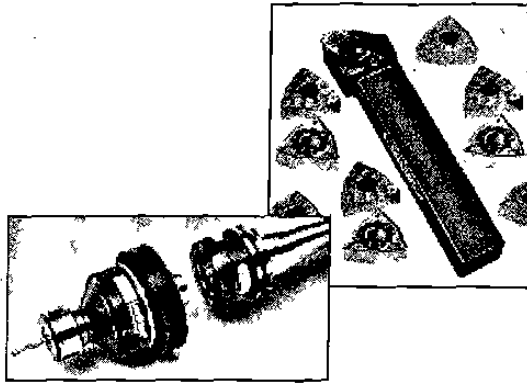


Figura 31. Herramientas de Máquinas-Herramientas de Control Numérico.

El acoplamiento es el elemento que inserta la herramienta en el seno del cabezal de la MHCN (fresadoras) (ver figura 32).

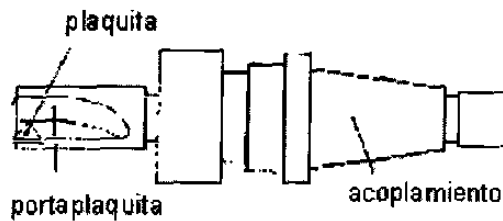


Figura 32. Herramienta completa de fresado

La morfología de los mangos y de las plaquitas es la responsable de las posibilidades de mecanizado y de los acabados a obtener en las piezas de trabajo (ver figura 33).

El sistema de montaje entre el portaplaquitas y plaquita puede variar:

Los portaplaquitas generalmente se fijan al acoplamiento mediante sujeciones de montaje rápido: roscas, bridas de apriete, pasadores, sistemas de inserción tipo "snap". En algunas ocasiones el portaplaquita y el acoplamiento pueden constituir una única pieza.

Las puntas de las herramientas pueden estar unidas al mango permanentemente (soldadas). Sin embargo es más habitual el uso de sistemas de plaquitas intercambiables que se fijan mediante tornillos, palancas, bridas, etc. Las plaquitas al disponer de varios filos pueden alternar, invertir o cambiar definitivamente cuando sufren cualquier deterioro.



Figura 33. Sistema de plaquitas intercambiables

4.11 Acoplamiento

Debido a la gran variedad que existe de herramientas de mecanizado para MHCN los acoplamiento para herramientas, ya sea para su conexión a cabezales o a torretas, siguen ciertos estándares de diseño.

Las dimensiones del acoplamiento deben coincidir de forma exacta con las del hueco (en el extremo del cabezal o en la torreta) garantizando rigidez, precisión de posicionado y fácil extracción.

En herramientas para fresadoras, y en general para todas las rotativas, se utilizan acoplamiento cónicos estándar (ISO). Este método garantiza la rapidez en el cambio y el autocentrado entre el eje del husillo principal y la herramienta (ver figura 34)

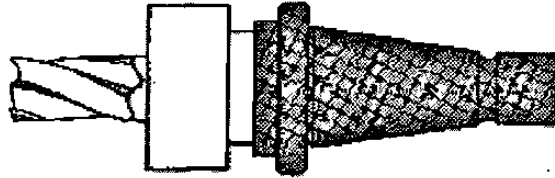


Figura 34. Acoplamiento para fresadoras

Las elevadas velocidades de corte que se recomiendan en el aprovechamiento óptimo de las MHCN hacen necesaria la intervención de refrigerantes que, además, mejoran la lubricación y remoción de la viruta.

Para la refrigeración precisa de pieza y herramienta en la zona de contacto se emplean convencionalmente tuberías flexibles o manguitos que orientan la aspersion hacia la zona deseada.

Muchas MHCN permiten la refrigeración directa del mecanizado a través de canales que incorpora el cuerpo de la herramienta. Este sistema permite una refrigeración óptima de las zonas de corte.

Debido a la proyección de las virutas y a las salpicaduras que conlleva el uso de refrigerantes es muy común que las MHCN dispongan de paneles de protección o carenados que aíslen la zona de trabajo.

4.12 Dimensiones básicas

Las distintas longitudes de montaje que presentan las herramientas al ser fijadas al cabezal supone que, si se desea mantener una trayectoria de trabajo dada con herramientas distintas, aquel elemento debe desplazarse verticalmente, en función de cada herramienta, para corregir dicha diferencia.

Para garantizar la precisión dimensional en el mecanizado de una pieza con una MHCN su UC debe tener noción exacta de las dimensiones de cada herramienta empleada.

Las dimensiones básicas de una fresa son la longitud (L) y el radio de corte (R) (ver figura 35).

Las dimensiones básicas de la herramienta quedan referidas respecto del punto de montaje del acoplamiento con el hueco correspondiente del cabezal (o torreta) de la MHCN.

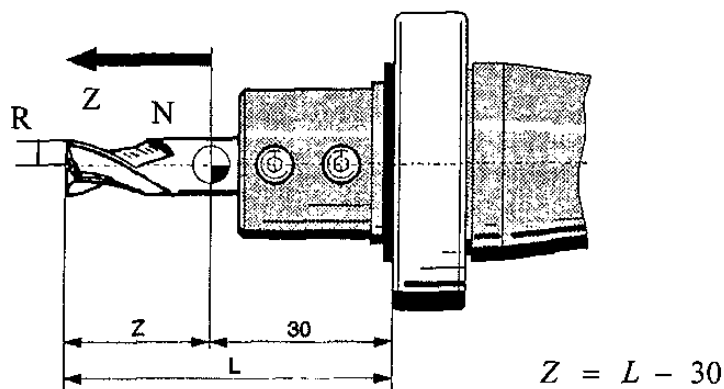


Figura 35. Dimensiones básicas de una fresa

El establecimiento de las dimensiones básicas (reglaje) de las herramientas en las MHCN se realiza de dos formas:

Mediante una prueba de mecanizado: En este caso se almacenan unas dimensiones aproximadas de la herramienta en la UC. Después se lleva a cabo una operación de mecanizado sencilla que es verificada dimensionalmente. Las desviaciones en las dimensiones de la operación real sobre las teóricas se pueden calcular e incorporar seguidamente, como datos para el reglaje correcto de útil.

Mediante un equipo de prereglaje (externo o incorporado a la MHCN): Estos dispositivos verifican dimensionalmente las herramientas calculando directamente sus dimensiones básicas respecto del punto de montaje.

Los sistemas externos de prereglaje de herramientas utilizan un sistema de montaje y fijación idéntico al existente en la MHCN. Las dimensiones se calculan por procedimientos ópticos o mecánicos. Los datos se incorporan dentro de un sistema informático al que puede conectarse la UC a través de una pastilla electrónica de datos o mediante comunicación por cable (ver figura 36).

Cuando el paralelaje óptico se verifica en la MHCN la herramienta se ubica en su estación de trabajo. Se debe posicionar el cabezal en un punto tal que permita la visión correcta del útil por el sistema de medida pasando la información dimensional directamente a la UC que gobierna toda la instalación.

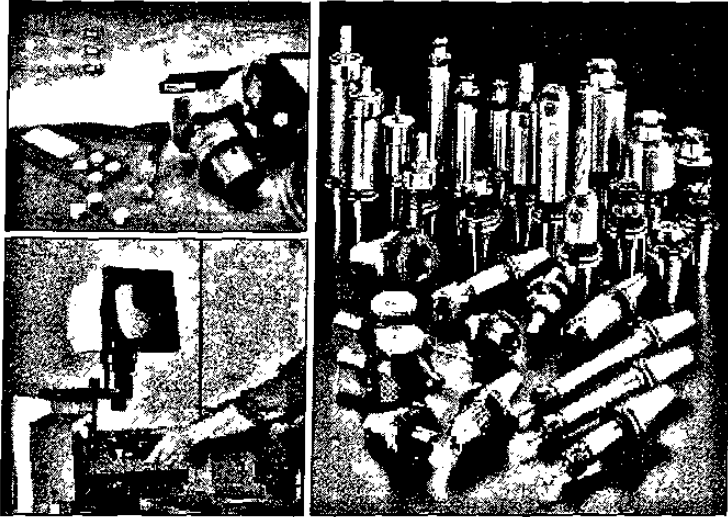


Figura 36. Sistemas externos de prereglaje.

Para determinar las dimensiones básicas de una herramienta, garantizar que las asuma la UC e inicializar convenientemente la MHCN, se requiere un conjunto de apoyos externos como puntos de contacto o patrones de referencia, paradas de los indicadores de recorrido, mandriles de centrado, sensores de medida, etc.

La asignación del cero de herramienta se lleva a cabo de la siguiente forma:

En primer lugar, se hace contacto en una superficie de la pieza a mecanizar con una herramienta de referencia o palpador almacenando la UC la medida obtenida como la altura cero o de referencia.

A continuación se deberán introducir en la UC las diferencias entre las alturas de las herramientas de trabajo y la de referencia (ver figura 37).

Durante el mecanizado la UC corrige de forma automática las trayectorias de cada herramienta con esas diferencias, describiendo un recorrido único sobre la pieza ajustado a la altura de referencia o "cero".

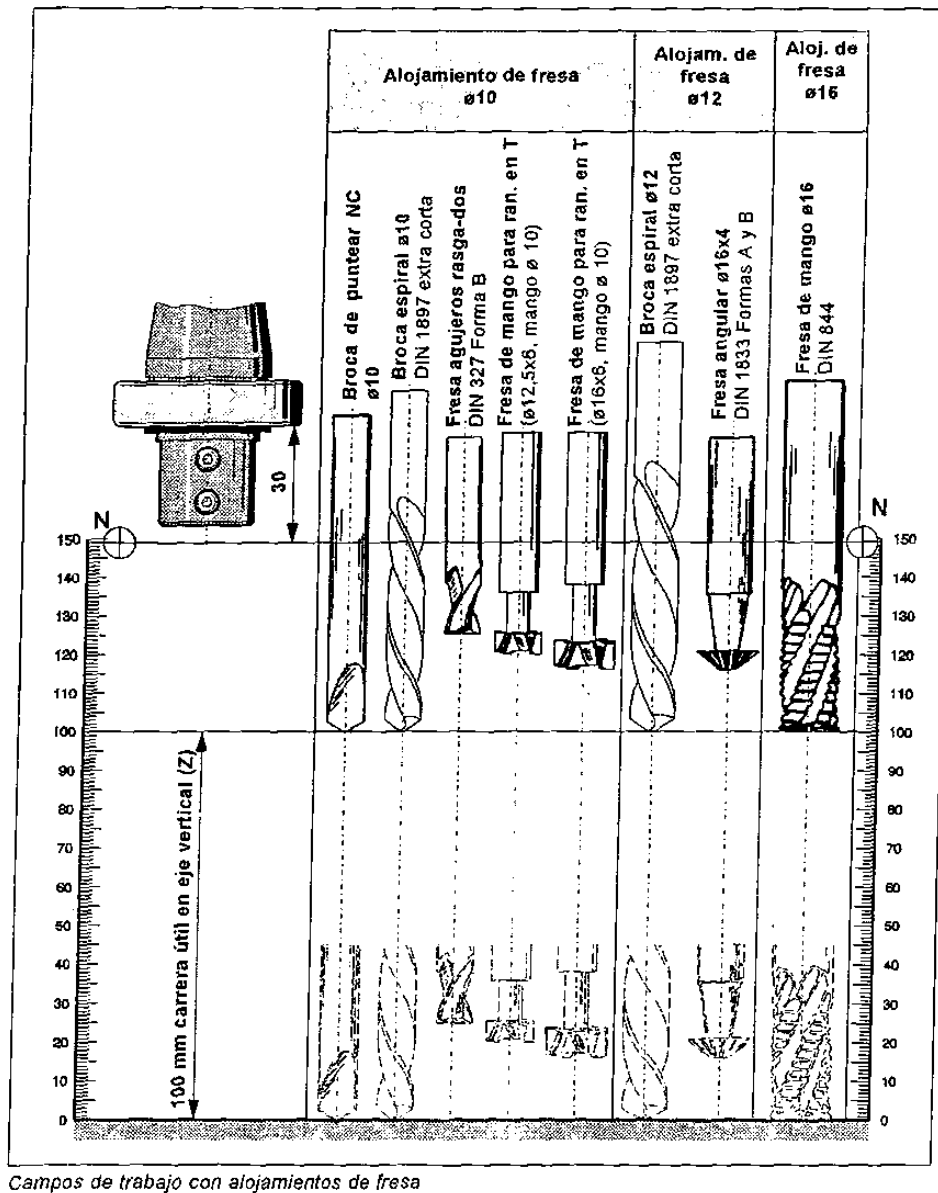


Figura 37. Diferencia de longitud de varias herramientas respecto a la referencia o "cero"

4.13 Funciones programables de un Control Numérico

Actualmente las MHCN emplean como método de trabajo la modalidad CNC exclusivamente. Sin embargo, existen en el entorno de la máquina herramienta referencias continuas a la "tecnología CN". Es importante conocer los escalones de dicha tecnología y distinguir entre los términos CN y CNC (ver figura 38)

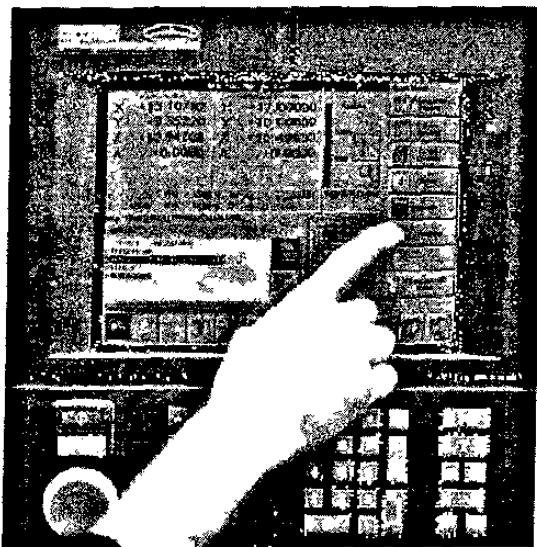


Figura 38. Modalidad CNC.

4.14 Sistemas CN básicos

En las primeras máquinas-herramienta dotadas de unidades de control numérico el programa se confeccionaba externamente y debía ser transferido a la MHCN mediante algún tipo de soporte físico (disquete, casete o cinta perforada). Estos programas CN podían ser puestos en marcha o detenidos a pie de máquina, pero no podían modificarse (editarse).

Las correcciones geométricas debidas a las dimensiones de las herramientas y de los dispositivos de sujeción tenían que preverse anticipadamente en la programación y ser gestionadas de manera exhaustiva. El operador montaba las herramientas y los amarres pieza en acuerdo estricto con aquellas consideraciones, utilizando generalmente hojas de proceso o de datos de utillaje.

4.15 Sistemas CNC: (Controlados Numéricamente por una Computadora)

Presentan una computadora como UC que permite al operador comenzar (o terminar) el programa y además realizar modificaciones (editar) sobre el mismo a pie de máquina manipulando los datos con periféricos de entrada y salida (ver figura 39).

Las dimensiones de herramientas y utillajes se definen durante el reglaje o inicialización de las mismas, de forma independiente al programa. Estos datos se incorporan automáticamente a la programación durante la ejecución para que sean llevadas a cabo las correcciones pertinentes. Por esta razón el operador puede editar los programas con menos información de partida, limitándose a seleccionar las herramientas o utillajes en esa fase (ver figura 40).

No existen diferencias entre CN y CNC con relación a:

Lenguaje de programación

Tecnología de la máquina-herramienta

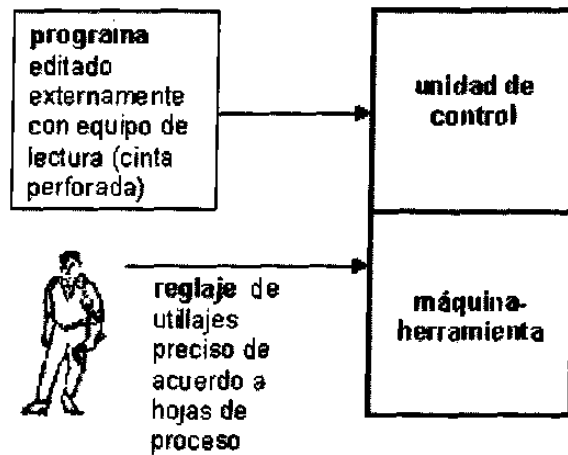


Figura 39. Esquema de un sistema CN

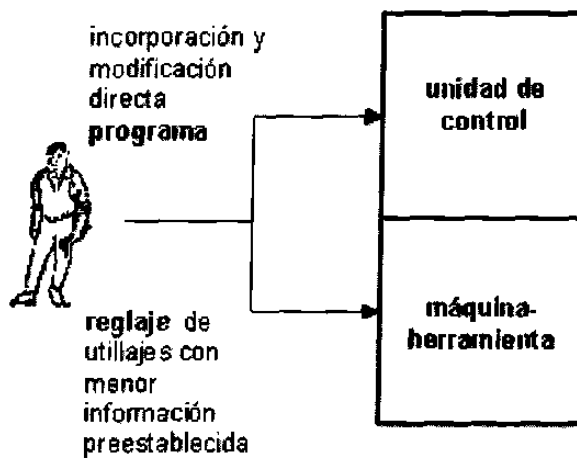


Figura 40. Esquema de un sistema CNC

4.16 Tipos de control

En esta sección se hablara de los tipos de control que existen para las MHCN, entre los cuales se pueden observar los siguientes: Sinumerik 810M, Sinumerik 820, EMCO, Fanuc, etc.

Los conceptos de interpolación lineal y circular están relacionados con los desplazamientos de los ejes básicos de las MHCN.

Interpolación lineal: En este tipo de trayectoria el sistema CNC calcula un conjunto de posiciones intermedias a lo largo de un segmento recto definido entre dos puntos dados. Durante el desplazamiento de una posición intermedia a otra, los movimientos en cada uno de los ejes afectados se corrigen continuamente de tal manera que la trayectoria no se desvía de la recta prefijada más allá de la tolerancia permitida.

Interpolación circular: El sistema CNC calcula un conjunto de posiciones intermedias a lo largo del segmento circular definido entre dos puntos dados. Durante el desplazamiento de una posición intermedia a otra, los movimientos en cada uno de los ejes afectados se corrigen continuamente de tal manera que la trayectoria no se desvía de la circunferencia prefijada más allá de la tolerancia permitida.

En general, el concepto interpolación tiene relación con el cálculo de puntos de acuerdo a un recorrido dado.

De acuerdo al tipo de control los sistemas CNC se subdividen en tres categorías en nivel creciente de prestaciones: Punto a punto, paraxial y continuo.

El control punto a punto permite el posicionado de la herramienta de acuerdo a puntos programados mediante movimientos simples en cada eje en vacío.

Esto supone el que no se pueda controlar la trayectoria de la herramienta en trabajo.

Dependiendo del tipo de control los motores de cada eje actúan separada o conjuntamente hasta que se alcanza la posición deseada.

El control punto a punto se usa habitualmente en taladradoras o en sistemas de soldadura por puntos (ver figura 41).

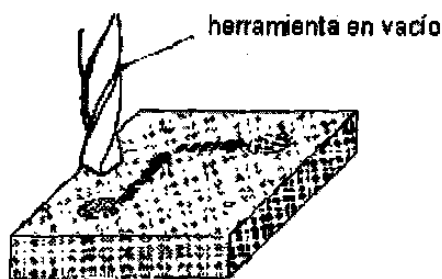


Figura 41. Control punto a punto

El control paraxial permite, adicionalmente a los desplazamientos rápidos en vacío, el avance de la herramienta en carga, según trayectorias paralelas a los ejes básicos de la MHCN (ver figura 42).

En dichas trayectorias sólo actúa un único motor (el que ejecuta el desplazamiento en ese eje) controlándose la distancia a recorrer y la velocidad del avance.

Este tipo de control se emplea en cepilladoras CN y fresas o tornos sencillos.

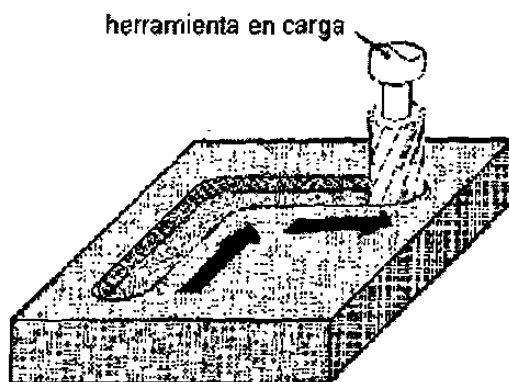


Figura 42. Control paraxial

El control continuo permite (ver figura 43):

- Los desplazamientos rápidos de la herramienta en vacío.
- Avances en carga paralelos a los ejes básicos.

- Avances en carga hasta cualquier punto arbitrario de la pieza utilizando interpolaciones rectas o circulares.

herramienta en carga

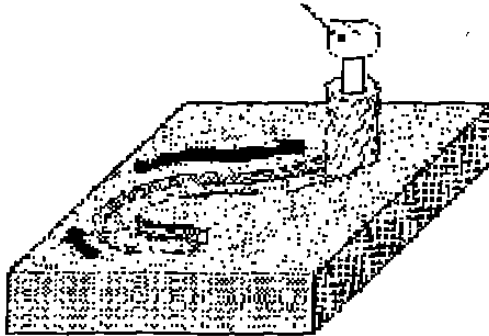


Figura 43. Control continuo

Existen diferentes niveles de complejidad en los controles continuos en relación a la capacidad de actuar con varios ejes para poder obtener trayectorias de herramientas por interpolación más o menos complejas.

Las prestaciones de una MHCN no se miden por el número de ejes sino por el número de ejes que puede mover (controlar) de forma simultánea para describir trayectorias.

Un control de tipo continuo puede actuar como paraxial o punto a punto, y un paraxial como punto a punto. Las situaciones inversas no son viables.

Un control de contornos 2D permite llevar a cabo interpolaciones lineales y circulares con la intervención de dos ejes básicos de desplazamiento. El contorno queda dentro del plano formado por ambos ejes. Si la MHCN tiene tres ejes básicos pero su capacidad es de contornos es 2D, el tercer eje sólo determina la posición relativa del plano mencionado. En fresado, el tercer eje determinaría la profundidad o altura y el contorno a fresar que se definiría con los otros dos.

Un control de contornos 2D y 1/2 permite la ejecución de contornos 2D en cualquier plano definido por dos desplazamientos básicos quedando el eje ortogonal solamente hábil para definir profundidades. En las máquinas-herramienta de tres ejes con CNC se da generalmente este tipo de situación, pudiéndose definir contornos en los tres planos XY, YZ y ZX. En fresadoras conlleva la posibilidad de realizar cajas en cualquiera de los tres planos.

Un control de contornos 3D permite interpolar linealmente y circularmente en el espacio tridimensional. Esto supone que la máquina debe desplazar simultáneamente sus tres ejes para poder definir trayectorias rectas o circulares en cualquier plano.

4.17 Control de funciones máquina

En adición a las funciones geométricas para el control de los desplazamientos los sistemas CNC disponen de otras para el gobierno de la máquina: funciones máquina (ver figura 44). El número de estas y la forma en que se ejecutan dependen, tanto de la propia MHCN, cómo de las posibilidades de la UC.

Las funciones máquina que se enumeran a continuación son un ejemplo de las actividades complementarias que pueden ser programadas y que en algunos casos afectan a tareas auxiliares de la MHCN:

- Comienzo del giro y control de la velocidad del cabezal.
- Posicionado angular del cabezal.
- Activación del refrigerante a una presión de salida dada.
- Mantenimiento del avance constante.
- Mantenimiento de la velocidad de corte constante.
- Cambio de herramienta activa.

Comienzo de acciones de los dispositivos auxiliares:

- Sistemas de alimentación o cambiadores de piezas.
- Contrapunto
- Luneta
- Manipuladores
- Transportadores (convoyes)

La mayoría de las capacidades de las MHCN se pueden configurar como funciones máquina con el objeto de automatizar al máximo los procesos de fabricación.

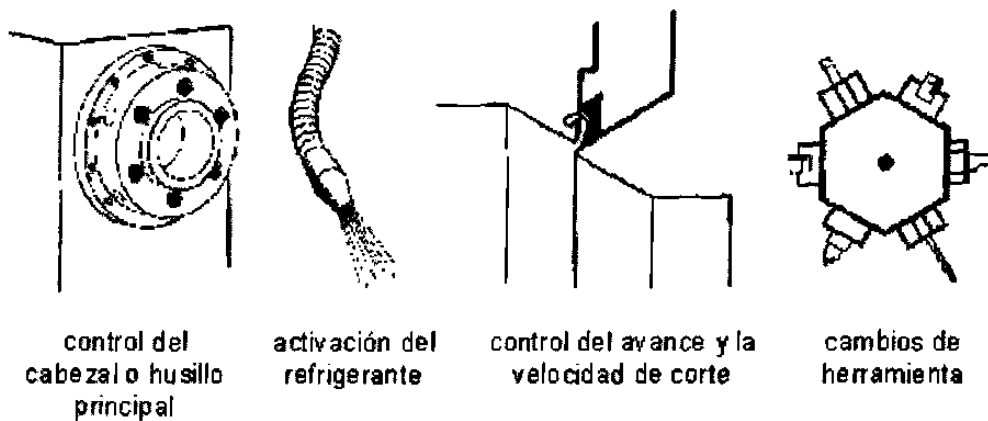


Figura 44. Funciones máquina

4.18 Componentes de un sistema CN

Un sistema CNC está constituido por numerosos componentes. En los siguientes apartados se revisan algunos de los conceptos relacionados con el diagrama adjunto (ver figura 45 y figura 46).

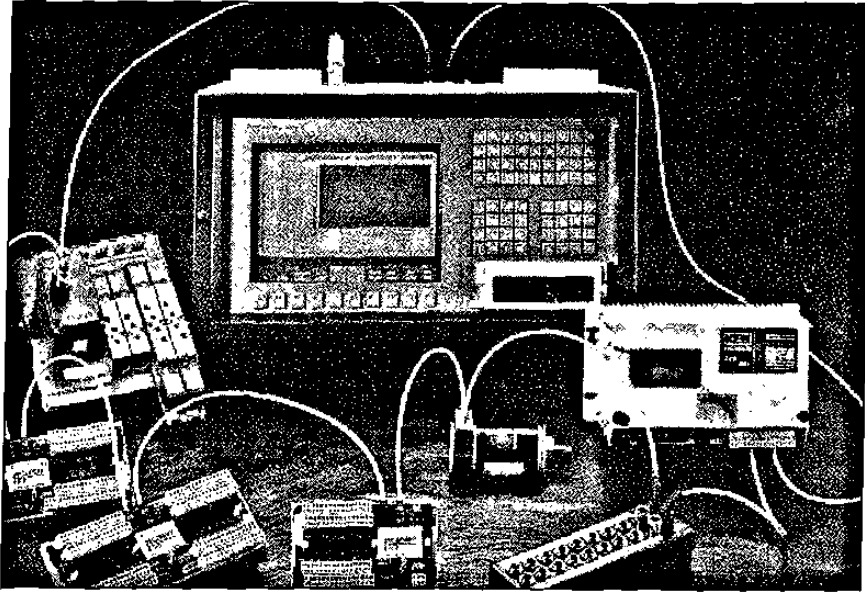


Figura 45. Componentes de un sistema CN.

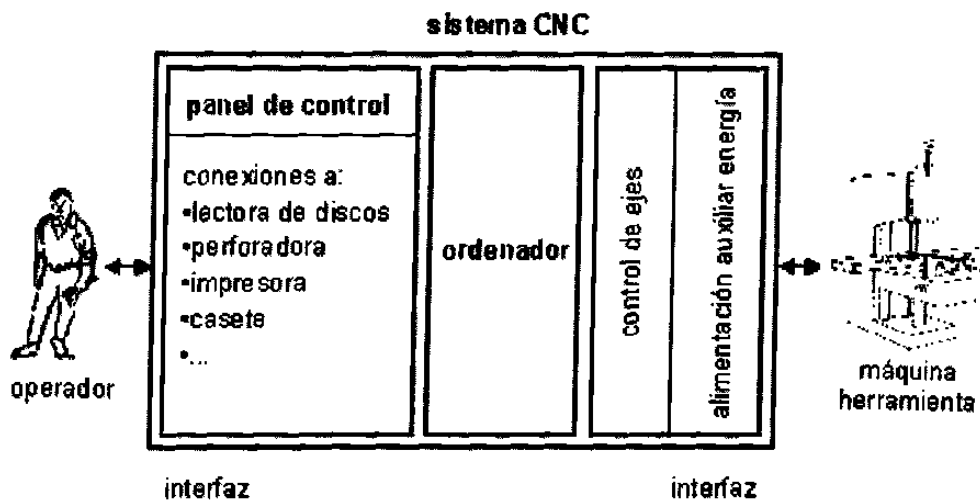


Figura 46. Componentes de un sistema CNC

El corazón de un sistema CNC es una computadora que se encarga de realizar todos los cálculos necesarios y de las conexiones lógicas.

Entendiendo que el sistema CNC es el puente de unión entre el operador y la máquina-herramienta se necesitan dos interfaces (traductores):

El interfaz del operador formado por el panel de control y varios a él conectados relacionados generalmente con dispositivos de periféricos almacenamiento (lectoras de cinta perforada, casete, disqueteras, etc) o impresión de la información.

El interfaz de control de la máquina-herramienta que esta subdividido en múltiples conexiones de control y que afectan los actuadores de ejes, del husillo principal, etc. hasta llegar al sistema auxiliar de alimentación de energía.

4.19 El panel de control

El aspecto externo del panel de control de las MHCN puede variar considerablemente en función del fabricante, no obstante, los componentes que en él aparecen se pueden agrupar de forma genérica en (ver figura 47):

Monitor: que incluye una pantalla CRT o un panel de texto (en desuso) así como un conjunto de diales analógicos o digitales, chivatos e indicadores.

Mandos para el control máquina: Estos permiten el gobierno manual o directo de la MHCN en actividades análogas a las ejecutadas con una convencional mediante manivelas, interruptores, etc. Estos controles pueden ser empleados de forma alternativa durante las operaciones programadas para modificar puntualmente el proceso.

Controles para la programación: Generalmente se presentan como teclados para la edición textual de programas y datos almacenados. Presentan caracteres alfabéticos, números e iconos o símbolos de las funciones que ejecutan.

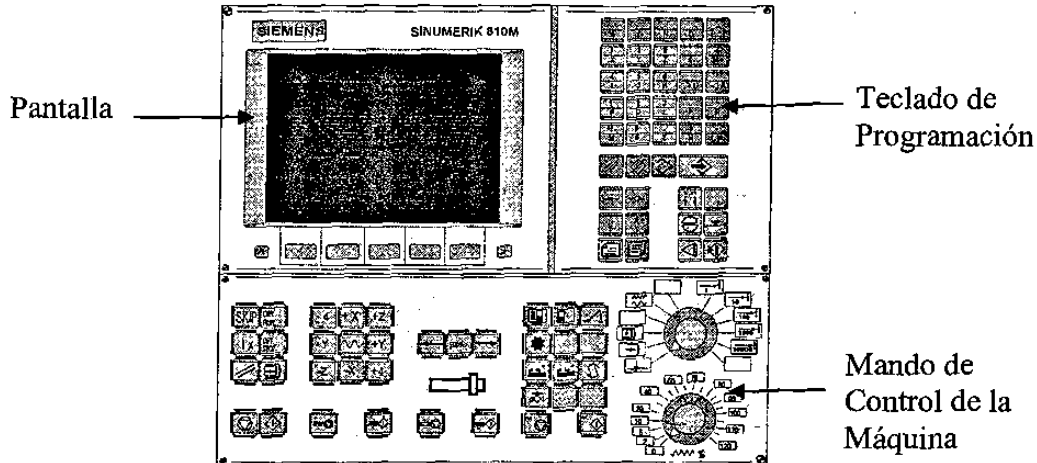


Figura 47. Panel básico de un sistema CNC

Para garantizar el funcionamiento correcto de la MHCN y la aceptación de las instrucciones por la computadora, el panel de control presenta un conmutador del modo de operación. Los modos de operación posibles son:

- Programación (edición y gestión)
- Modificación datos herramienta
- Gobierno manual
- Funcionamiento automático

La selección de los modos se lleva a cabo mediante un dial rotativo o con una botonera siendo sencillo el cambio de uno a otro. Cuando un modo está activado generalmente se constata por una señal luminosa en el panel o por un mensaje de aviso en la pantalla.

La pantalla de datos y los indicadores de un sistema CNC pueden desempeñar las siguientes funciones:

Programación: Muestran el texto de los programas CN (actuando como un editor sencillo) y el listado de nombres de aquellos que están almacenados en la memoria del ordenador.

Herramientas: Presentan la configuración (dimensiones y correctores) de un conjunto de herramientas almacenadas en memoria. En algunos casos puede aparecer también el tiempo de uso remanente (vida esperada).

Datos máquina: Muestran algunos parámetros esenciales como, la velocidad máxima del cabezal y de los avances.

Mecanizado: Es habitual presentar de forma continua las coordenadas de la posición actual de la herramienta activa y los datos cinemáticos en uso (velocidad de giro y avances) así como otras variables de status.

Funciones auxiliares: Como por ejemplo la representación gráfica de la pieza y de las operaciones de mecanizado y herramientas.

CAPITULO 5

ANALISIS DEL PROBLEMA

5.1 Introducción

Al tener una forma para percibir y concebir los problemas podemos concentrarnos también en la naturaleza y clase de los mismos. Entendiendo un problema como la desviación de una situación actual de una deseada en un punto de tiempo dado. Posee cinco componentes:

- Quienes enfrentan el problema y quien(es) toman decisiones.
- Aspectos del problema que se pueden controlar.
- Aspectos de la situación problema que se escapan del control de quien toma la decisión.
- Las restricciones que se imponen desde dentro o desde fuera sobre los aspectos mencionados.
- Los posibles resultados producidos al hacer una decisión.

Existen además tres formas de hacerle frente a los problemas: Resolución, solución y disolución del problema.

- Resolución: selección arbitraria de una acción lo suficientemente buena para eliminar el problema (enfoque clínico).
- Solución: selección de una acción de entre varias que ofrecen el resultado óptimo (enfoque de investigación).
- Disolución: eliminación del problema mediante un cambio de intenciones de los involucrados o mediante un cambio de naturaleza y/o ambiente de problema (enfoque de diseño).

Aun así, cualquiera de los tres enfoques que se emplee no significa la completa desaparición de problemas, dado que el tratamiento de un problema genera nuevos problemas.

El analista de situaciones problema debe tener en cuenta dos conceptos del Enfoque de Sistemas que le ayudan a formular el problema:

- Toda situación problemática involucra a un sistema que contiene el problema y a otro que lo soluciona; debiéndose delimitar los límites de cada uno.
- Existen problemas bien estructurados, con objetivos definidos, fronteras y restricciones definidas y variables cuantificables (duros), y problemas mal estructurados, en los que todos sus elementos son en sí mismos problemáticos, no hay fronteras ni objetivos bien definidos y algunas de sus variables no son cuantificables (blandos).

La tarea del analista es construir una descripción pictórica de quien percibe que clase de cambio es necesario en una situación y por que razones. Realiza cuestionamientos para identificar el problema, sus posibles fuentes, su prioridad, posibles soluciones, implicaciones de la solución, recursos empleados, el proceso en cuestión (elementos que por su naturaleza cambian frecuentemente), ambiente, estructura (elementos que no

cambian en corto plazo dentro de la organización) en que se opera, etc. Algo fundamental para el analista es decir al final de todo esto si el problema es duro o blando, y posteriormente preparar el equipo de estudio.

Además se hace énfasis en el ambiente del problema, queriendo decir que el ambiente esta dentro del sistema del problema y del sistema que lo soluciona, pero del ambiente provienen las oportunidades y los hechos para tomar decisiones sobre el problema.

5.2 Problema en la Maquina de Control Numérico EMCO PC MILL 125

Actualmente en la Maquina de Control Numérico EMCO PC MILL 125 se presentan algunos problemas que se describirán en esta sección.

Los problemas que se presentan son:

- Falta de limpieza.
- Falta de lubricación.
- Desgastes y ajustes en sus partes mecánicas.

5.3 Falta de Limpieza

La falta de limpieza causa problemas de exactitud o precisión, así como también en su parte hidráulica y neumática (ver figura 48).

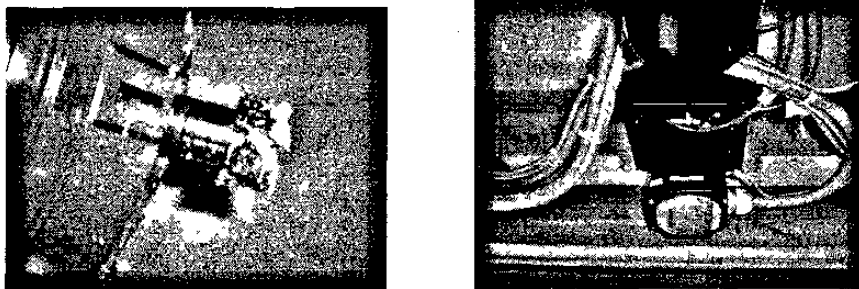


Figura 48. Falta de limpieza en sus elementos.

5.4 Falta de lubricación

La falta de lubricación daña la maquina en todos sus elementos mecánicos y por tal motivo se empiezan a escuchar ruidos extraños, trayendo como consecuencia el deterioro o mal funcionamiento del equipo.

5.5 Desgastes y ajustes en sus piezas mecánicas

En el problema del desgaste en sus partes les da menos tiempo de vida a todas sus partes mecánicas, así también en los ajustes que se puede presentar, por tal motivo se pierde la precisión con la que debe contar esta Máquina de Control Numérico (ver figura 49).

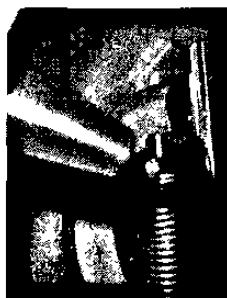


Figura 49. Desgaste en sus elementos.

CAPITULO 6

DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

6.1 Introducción

Existen varias definiciones de planeación, pero en síntesis desarrollan el mismo criterio; sin embargo la que parece más clara es la de Agustín Reyes Ponce: La planeación consiste en fijar el curso concreto de acción que ha de seguirse, estableciendo los principios que habrán de orientarlo, la secuencia de operaciones para realizarlo, y la determinación del tiempo y números necesarios para su realización; por lo tanto para planear se debe definir, antes que todo, el objetivo, o sea lo que se quiere obtener con las acciones. A continuación, se derivarán de este las políticas, aquellos enunciados que marcan guías para facilitar las labores gerenciales; el siguiente paso es determinar el procedimiento que se ha de seguir, con lo que se puede definir la interrelación de recursos por emplear incluyendo el tiempo, lo que proporciona los programas.

6.2 Plan de Mantenimiento

En esta sección se desarrollará el plan de mantenimiento que se empleará por medio de un formato que se muestra a continuación.

MANTENIMIENTO A LA MAQUINA DE CONTROL NUMÉRICO PC MILL 125			
DESCRIPCION	SI / NO	SI / NO	SI / NO
Lubricación Central			
Purgado de la tubería de lubricación			
Cojinete de husillo vertical			
Carro cargador de herramienta			
Unidad neumática (equipo base)			
Unidad neumática (opcional)			
Separador de agua			
Limpiar la puerta de la maquina			
Tornillo de banco neumático (opcional)			
Ajuste de carros			
Posicionamiento del tambor de herramienta			
Reajuste de la carrera de la pinza			
Fecha de realización	Enero	Junio	Diciembre
Hora de realización			
Realizado por			

La fecha de realización se programará tres veces al año para dejar el equipo en su mejor forma para iniciar el semestre.

En la realización del mantenimiento se recomienda que se pongan las iniciales de la persona que lo realice, para tener un mayor control.

CAPITULO 7

IMPLEMENTACION DEL MANTENIMIENTO EN LA MAQUINA DE CONTROL NUMERICO EMCO PC MILL 125

7.1 Introducción

Implementación significa el inicio de los programas para cambiar los problemas identificados por la gente durante el proceso de la planificación participativa.

Una vez que el programa ha sido aprobado, el primer paso en su implementación es la discusión del contenido de la propuesta con las comunidades, para ayudar a los habitantes a organizarse en grupos de trabajo.

7.2 Implementación

En esta sección se implementa el plan de mantenimiento que se diseñó en el capítulo anterior que se anexa a continuación.

MANTENIMIENTO A LA MAQUINA DE CONTROL NUMÉRICO PC MILL 125			
DESCRIPCION	SI / NO	SI / NO	SI / NO
Lubricación Central	SI	SI	SI
Purgado de la tubería de lubricación	SI	SI	SI
Cojinete de husillo vertical	SI	SI	SI
Carro cargador de herramienta	SI	SI	SI
Unidad neumática (equipo base)	SI	SI	SI
Unidad neumática (opcional)	SI	SI	SI
Separador de agua	SI	SI	SI
Limpiar la puerta de la maquina	SI	SI	SI
Tornillo de banco neumático (opcional)	SI	SI	SI
Ajuste de carros	SI	SI	SI
Posicionamiento del tambor de herramienta	SI	SI	SI
Reajuste de la carrera de la pinza	SI	SI	SI
Fecha de realización	Enero/2003	Junio/2003	Diciembre/2003
Hora de realización	10:00 a.m.	12:00 p.m.	10:00 a.m.
Realizado por	A.R.R.V.	A.R.R.V.	A.R.R.V.

CAPITULO 8

MONITOREO DEL FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINA DE CONTROL NUMERICO COPUTARIZADO EMCO PC MILL 125

8.1 Introducción

El monitoreo es vigilar, que el programa o proyecto no se deteriore integral o parcialmente y se cumpla. Implica determinar puntos en el tiempo para hacer evaluaciones, aunque formalmente, es recomendable una evaluación continua de monitoreo.

8.2 Monitoreo

En esta sección se monitoreará el desarrollo del mantenimiento que se llevará a cabo en la Máquina de Control Numérico EMCO PC MILL 125, así como también se anexarán los formatos que se llenaron para indicar su buen funcionamiento.

FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINA DE CONTROL NUMÉRICO PC MILL 125			
DESCRIPCION	SI / NO	SI / NO	SI / NO
Lubricación Central	SI	SI	SI
Purgado de la tubería de lubricación	SI	SI	SI
Cojinete de husillo vertical	SI	SI	SI
Carro cargador de herramienta	SI	SI	SI
Unidad neumática (equipo base)	SI	SI	SI
Unidad neumática (opcional)	SI	SI	SI
Separador de agua	SI	SI	SI
Limpiar la puerta de la máquina	SI	SI	SI
Tornillo de banco neumático (opcional)	SI	SI	SI
Ajuste de carros	SI	SI	SI
Posicionamiento del tambor de herramienta	SI	SI	SI
Reajuste de la carrera de la pinza	SI	SI	SI
Fecha de realización	Enero/2003	Junio/2003	Diciembre/2003
Hora de realización	10:00 a.m.	12:00 p.m.	10:00 a.m.
Realizado por	A.R.R.V.	A.R.R.V.	A.R.R.V.

FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINA DE CONTROL NUMÉRICO PC MILL 125			
DESCRIPCION	SI / NO	SI / NO	SI / NO
Lubricación Central	SI	SI	
Purgado de la tubería de lubricación	SI	SI	
Cojinete de husillo vertical	SI	SI	
Carro cargador de herramienta	SI	SI	
Unidad neumática (equipo base)	SI	SI	
Unidad neumática (opcional)	SI	SI	
Separador de agua	SI	SI	
Limpiar la puerta de la máquina	SI	SI	
Tornillo de banco neumático (opcional)	SI	SI	
Ajuste de carros	SI	SI	
Posicionamiento del tambor de herramienta	SI	SI	
Reajuste de la carrera de la pinza	SI	SI	
Fecha de realización	Enero/2004	Junio/2004	Diciembre
Hora de realización	10:00 a.m.	12:00 p.m.	
Realizado por	A.R.R.V.	A.R.R.V.	

CAPITULO 9

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 Conclusiones

En este proyecto se concluyó que si se realiza un mantenimiento preventivo en forma regular al equipo, este puede durar más tiempo en funcionamiento, así como también se observó que algunas de sus partes se encontraban en forma desgastada, se retiraron las rebabas de los materiales que se utilizaron hace tiempo atrás que se encontraban en algunas partes que no eran visibles y podían crear problemas con el tiempo, a su vez se limpiaron las herramientas que han sido utilizadas para los diferentes materiales o procedimientos de fabricación de piezas.

9.2 Recomendaciones

Se recomienda que se realice el mantenimiento cada principio de semestre y otro mantenimiento más exhaustivo al final de año, también se recomienda el cambio de algunas partes que se encuentran con desgaste ya que esto puede tener consecuencias en el buen funcionamiento de la Máquina de Control Numérico EMCO PC MIL 125 causando problemas mecánicos e hidráulicos.

Así como también se recomienda que después de utilizar la máquina esta misma sea limpiada en el área de trabajo y la herramienta, para que esta se pueda utilizar mas tiempo y forma adecuada sin tener problemas en su funcionamiento.

BIBLIOGRAFIA

Douce Villanueva, Enrique. "La Productividad en el Mantenimiento Industrial".
CECSA, 2001.

EMCO MAIER & CO. "Manual de Mantenimiento de la Maquina EMCO PC MILL
125". 1998.

<http://www.patagonia4x4.com.ar/Profe/Entendiendo.htm>

<http://www.lubricar.net/aditivos.htm>

<http://www.datastream.net/latinamerica/club/textos/Art-5calculo.htm>

<http://www.unlu.edu.ar/~ope20156/material/mntenimiento.htm>

<http://www.geocities.com/Eureka/Office/4595/problema.html>

http://www.urbandevelopmentforum.org/Estrategia/PlanningParticipation_es.html

<http://www.gestiopolis.com/canales/economia/articulos/no11/evalpr5.htm>

LISTADO DE TABLAS

TABLAS	PÁGINA
Tabla 1. ACTM clasificación por Viscosidad	43
Tabla 2. DIN 51-501 Clasificación por viscosidad	44
Tabla 3. AGMA Clasificación de lubricantes	45
Tabla 4. Especificaciones Estándares AGMA para engranes cerrados industriales	46
Tabla 5. Lubricantes PEMTAC 2 Y 4	47
Tabla 6. Grupo No Emulsionables (marchantes)	49

LISTADO DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
Figura 1.	Horas de cuadrilla por quincena	32
Figura 2.	Horas planeadas/horas totales por quincena	32
Figura 3.	Gastos planeados/gastos reales	33
Figura 4.	Cantidad de órdenes de emergencia/órdenes totales	33
Figura 5.	Vista microscópica de la función de los lubricantes	35
Figura 6.	Viscosidad en los engranajes	38
Figura 7.	Aceites y Grasas con lubricantes sólidos	52
Figura 8 A.	Ensayo SRV®: Desgaste vista con gran aumento	53
Figura 8 B.	Vista con mayor aumento	53
Figura 9.	Fresadora CN	58
Figura 10.	Desplazamientos-eje de una fresadora	59
Figura 11.	Ejes principales de una fresadora vertical torno	60

Figura 12.	Generación de una trayectoria de herramienta	61
Figura 13.	Sistema de transmisión de la mesa de trabajo	61
Figura 14.	Acoplamiento por accionamiento de bolas recirculantes	62
Figura 15.	Sistema directo para la medición de una posición	63
Figura 16.	Sistema indirecto para la medición de una posición	64
Figura 17.	Medida de la posición absoluta	65
Figura 18.	Medida de la posición por incrementos o incremental	66
Figura 19.	Cabezal de una fresadora	67
Figura 20.	Disposición del husillo vertical	68
Figura 21.	Disposición del husillo horizontal	68
Figura 22.	Sistema de sujeción	69
Figura 23.	Mesa de fresadora con tornillos de apriete	70
Figura 24.	Mesas transportables de una fresadora	70
Figura 25.	Torreta de herramientas	71
Figura 26.	Carrusel de herramientas de una fresadora	72
Figura 27.	Torreta de sentido de giro fijo	73
Figura 28.	Torreta con giro lógico	73
Figura 29.	Mesa giratoria y cabezal basculante	74
Figura 30.	Centro de mecanizado de 6 ejes	75
Figura 31.	Herramientas de Máquinas-Herramientas de Control Numérico	76
Figura 32.	Herramienta completa de fresado	76
Figura 33.	Sistema de plaquitas intercambiables	77
Figura 34.	Acoplamiento para fresadoras	78
Figura 35.	Dimensiones básicas de una fresa	79

Figura 36.	Sistemas externos de prereglaje	81
Figura 37.	Diferencia de longitud de varias herramientas respecto a la referencia o "cero"	82
Figura 38.	Modalidad CNC	83
Figura 39.	Esquema de un sistema CN	85
Figura 40.	Esquema de un sistema CNC	85
Figura 41.	Control punto a punto	87
Figura 42.	Control paraxial	87
Figura 43.	Control continuo	88
Figura 44.	Funciones máquina	90
Figura 45.	Componentes de un sistema CN	91
Figura 46.	Componentes de un sistema CNC	91
Figura 47.	Panel básico de un sistema CNC	93
Figura 48.	Falta de limpieza en sus elementos	98
Figura 49.	Desgaste en sus elementos	98

GLOSARIO

AGMA	Asociación Americana de Fabricantes de Engranaje.
ASTM	Sociedad Americana para los Materiales de Prueba.
CN	Control Numérico.
CNC	Control Numérico Computarizado.
DIN	Normas Alemanas de la Industria.
DIN 51501	Norma de calidad Alemana en los Lubricantes.
EP	Lubricantes de Extrema Presión.
M.I.T.	Instituto Tecnológico de Massachussets.
MP	Lubricantes de Media Presión.
Resolver	Convertidor de señal analógica a señal digital.
SUS	Segundos Saybolt Universal.
UC	Unidad Cambiadora
USA	United State Army
U.S.A.F.	United State Air Force

AUTOBIOGRAFIA

Angel Rolando Rivas Velázquez nació en Monterrey, Nuevo León el 16 de diciembre de 1976, sus padres son el Sr. Miguel Angel Rivas Herrera y la Sra. Ernestina Velázquez Fernández.

Realizó sus estudios superiores en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, obteniendo el título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones en agosto de 1999.

Su tesis para la obtención de la Maestría en Ciencias de la Manufactura con especialidad en Automatización, lleva por nombre: “Análisis y Optimización del Control y Operación de la Máquina de Control Numérico Computarizado EMCO PC MILL 125”.

Se ha desarrollado como catedrático de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica en el área de Maquinas – Herramientas de CNC, desde 1999 a la fecha.

