



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

EVALUACION DE PARAMETROS DE CORTE OPTIMOS
PARA MAQUINAS DE CONTROL NUMERICO

FALLA DE ORIGEN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

(A R E A M E C A N I C A)

P R E S E N T A N :

JOSE ELIAS ALVARADO PEREZ

MARCO ANTONIO GONZALEZ VARGAS

VICTOR MANUEL VAZQUEZ HUAROTA



DIRECTOR: ING. JAVIER CERVANTES CABELLO

MEXICO, D. F.

1995

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

Damos las gracias a todos los asesores y colaboradores del Departamento de Ingeniería Mecánica, por su apoyo y ayuda que hizo posible la realización de esta tesis.

Ing. Oscar Espinoza Rangel

Tec. Marcos Francisco Zarate Figueroa

Ing. Ubaldo Eduardo Márquez Amador

Ing. Sara M. Cerrud Sánchez

Y en especial al director de tesis por su gran apoyo,

Ing. Javier Cervantes Cabello.

A MI MAMA: *Gracias mamá*

Porque nunca dejas de creer en mí, y siempre me brindas tu apoyo.

GRACIAS

ELIAS

A mis padres **José G. González González**
Ma. Elena Vargas Cruz
a quienes dedico este pequeño logro.

A mi abuelo **Merced Vargas Roa**
por creer en mi y dejar una gran huella en mi formación.
En memoria de un gran hombre

A mis hermanos **José G. González Vargas**
Filiberto González Vargas
que siempre me distinguieron con su amistad.

A mi abuelita y a todos mis tíos.

A todos mis amigos.

GRACIAS

Marco Antonio

A mis padres

Nicolas Vazquez Briones
Maria Salud Huarota Jacobo

Por su gran apoyo y comprensión hasta hoy en día.

A mi hermana

Norma Vazquez Huarota

Por su compañía.

A mis abuelitas

Por infundir el espíritu de lucha a mis padres.

A Sergio Gallardo Campos

Por ser un gran amigo en todo momento.

Gracias

VICTOR MANUEL

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN GENERAL	1
CAPITULO 1	
EQUIPOS DE CONTROL NUMÉRICO	4
1.1 Reseña histórica	4
1.2 ¿ Qué es control numérico?	6
1.3 ¿ Por que la necesidad del control numérico?	7
1.4 Elementos que integran un equipo de control numérico	8
1.5 Ventajas de un equipo de control numérico	12
1.6 Clasificación de las máquinas herramientas de control numérico	13
1.7 Situación del Control Numérico en México	17
1.8 Tendencia del Control Numérico	18
CAPITULO 2	
HERRAMIENTAS DE CORTE	20
2.1 Definición de Máquina Herramienta	20
2.2 Clasificación de Máquinas Herramientas	21
2.3 Material para Herramientas	21
2.4 Fresadora	29
2.4.1 Clasificación de fresadoras	30
2.4.2 Herramientas convencionales	35
2.4.3 Sujeciones especiales para herramientas	41
2.4.4 Geometría de la herramienta	43
2.4.5 Ángulos de la herramienta	44
2.4.6 Características de diseño	45
2.4.7 Comparación del fresado con otros procesos de maquinado	46

2.4.8 Descripción del Centro de Maquinado	
Vertical (VMC-300)	47
2.4.8.A Datos técnicos del equipo (VMC-300)	47
2.4.8.B Principales elementos de VMC-300	49
2.5 Torno	50
2.5.1 Clasificación de tornos	51
2.5.2 Herramientas convencionales	55
2.5.3 Sujeciones especiales para herramientas	58
2.5.4 Geometría básica de insertos para herramientas	59
2.5.5 Ángulos de la herramienta	61
2.5.6 Descripción del torno (TURN-242)	64
2.5.6.A Datos Técnicos del equipo (TURN-242)	64
2.5.6.B Principales elementos (TURN-242)	66

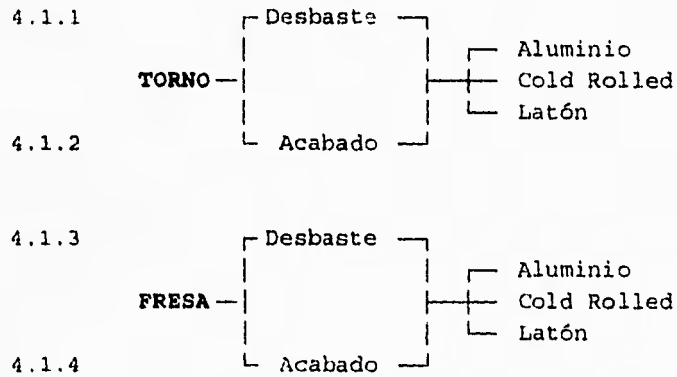
CAPITULO 3

PARÁMETROS DE CORTE EN EL PROCESADO DEL METAL	68
3.1 Parámetros de corte	68
3.2 Factores que afectan los parámetros de corte	73
3.2.1 Maquinabilidad	73
3.2.2 Acabado superficial	74
3.2.3 Fluidos de corte	74
3.3 Programas	81
3.3.1 Diagramas de flujo Torno y Fresadora	81
3.3.2 Programa para obtención de parámetros de corte para torno	86
3.3.3 Programa para obtención de parámetros de corte para fresadora	90

CAPITULO 4

DESARROLLO EXPERIMENTAL Y PRESENTACIÓN DE DATOS 95

4.1 Tablas de resultados de parámetros de corte 96



CAPITULO 5

ANÁLISIS DE RESULTADOS 116

5.1 Resultados para desbaste y acabado en torno 116

5.2 Resultados para desbaste y acabado en fresadora 123

CONCLUSIONES 131

BIBLIOGRAFÍA 134

INTRODUCCIÓN GENERAL

La evaluación adecuada de los parámetros de corte para los equipos de procesamiento de materiales por el método de desprendimiento de viruta siempre ha representado un gran problema, ya que dichos parámetros son dependientes de una gran cantidad de variables como son: material de las herramientas, el material de procesamiento y los ángulos adecuados de la herramienta en función del material que se procesa, velocidad de corte, avance etc.

Este trabajo al cual denominaremos " Estudio de Parámetros de Corte Óptimos Para Equipo de Control Numérico ", tiene como finalidad el estudio de tres temas principales: El Control Numérico, Herramientas de Corte y Parámetros de Corte Óptimos en especial para el Torno de Control Numérico (EMCO TURN-242) y El Centro de Maquinado Vertical (EMCO VMC-300)

El objetivo de este trabajo es realizar la evaluación de la capacidad de corte óptimo, mediante la regulación de los parámetros de corte en el torno de control numérico (EMCO TURN-242) y el centro de maquinado vertical (EMCO VMC-300).

Como segundo objetivo se pretende generar la información, relativa a los parámetros de corte óptimos para que esta pueda ser empleada por alumnos de las materias de procesos de corte y sistemas de manufactura flexible.

Este estudio consta de cuatro capítulos, conclusiones y bibliografía.

Introducción

En el primer capítulo se tratará de una reseña histórica y una breve descripción de Control Numérico.

En el segundo capítulo trataremos de las generalidades de las herramientas de corte para las máquinas herramientas en general y el caso especial de las máquinas de Control Numérico. Con una clasificación de herramientas una para torno y otra para fresa.

En los capítulos tercero y cuarto se determinarán los parámetros de corte óptimos, para equipos de control numérico instalados en los laboratorios de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería. Mediante la utilización de materiales de uso común como son: aleaciones de aluminio, latón y acero de bajo contenido de carbono, por ser estos los más empleados para las actividades de docencia.

En el quinto capítulo se presenta el análisis de resultados obtenidos durante la evaluación de los parámetros de corte así como las conclusiones de dicho análisis.

Capítulo 1

Equipos de Control Numérico



1 EQUIPOS DE CONTROL NUMÉRICO

1.1 RESEÑA HISTÓRICA DEL CONTROL NUMÉRICO

La máquina herramienta de control numérico ha jugado un papel fundamental en el desarrollo tecnológico del mundo hasta el punto que no es exageración decir que la tasa del desarrollo de máquinas herramientas de control numérico gobierna directamente la tasa del desarrollo industrial. A partir de la creación del control numérico se dio origen a la realización de una infinidad de piezas mecánicas complejas con las cuales se fueron creando una diversidad de máquinas con mayor precisión en la fabricación industrial. El ejemplo más característico aparece con la máquina de vapor. La máquina de vapor, aunque inventada por James Watt en 1766, no tuvo un desarrollo conveniente hasta 1776, en que John Wilkinson construyó la primera máquina mandrinadora, gracias a la cual fue posible fabricar máquinas de vapor de gran escala.

A partir de ese instante el desarrollo industrial fue incrementándose, hasta el punto de que se contaba con potencias elevadas en las máquinas de vapor que nos permitían una producción industrial de amplia gama de productos: manufacturados, lo que se tradujo en una gran demanda, a precios muy accesibles, de tales productos. Esta demanda se vio inmediatamente aumentada por el desarrollo de las comunicaciones, debido fundamentalmente a la aparición de locomotoras que propiciaron el traslado de tales productos a lugares lejanos de su punto de origen.

Paralelamente se fueron desarrollando herramientas de corte usadas por dichas máquinas. Así, se fueron utilizando distintos materiales hasta llegar a la obtención de un material nuevo, llamado acero de alta velocidad, que contenía ciertas proporciones de cromo y tungsteno. Este nuevo material tuvo una influencia decisiva en el rápido crecimiento de las máquinas herramientas.

Posteriormente, en 1930 se introdujo el carburo de tungsteno que una vez perfeccionado, es el más usado en la actualidad en las naciones industrializadas del mundo.

Hacia 1942 surgió lo que podríamos llamar control numérico que apareció como una necesidad impuesta por la industria Aeronáutica.

La aparición del control numérico permitió por primera vez dar solución a las necesidades, ya que la flexibilidad era precisamente la mejor virtud de esta nueva automatización.

De este modo se considera control numérico todo dispositivo capaz de dirigir posicionamientos de un órgano mecánico móvil, en que las órdenes relativas al desplazamiento del móvil son elaboradas en forma totalmente automática a partir de informaciones numéricas definidas, ya sea manualmente (funcionamiento semiautomático), o por intermedio de un programa (funcionamiento automático).

Hacia 1952 John Pearson y el instituto de tecnología de Massachusetts crearon una máquina de control numérico, para satisfacer las necesidades de la fuerza aérea norteamericana, estas consistían en construir piezas de forma compleja. La consecuencia fue los elevados costos en los maquinados de pequeños volúmenes, por lo que resultaba difícil pensar que esta actividad se desarrollara a nivel industrial.

Sin embargo la investigación ha sido objeto de continuo perfeccionamiento, y hasta hace 15 años las máquinas de control numérico costaban un precio extremadamente alto y por ello es que las empresas no arriesgaban en equipo tan costoso.

La producción de máquinas herramientas de control numérico ha registrado un aumento considerable a partir de 1975. Indudablemente, la evolución de la electrónica (microprocesadores) ha jugado un papel preponderante en la evolución de estas máquinas. Lo cual dio como origen a la disminución en costos de tales equipos. Permitiendo así que los industriales se interesaran en adquirir estos equipos por las grandes ventajas que presentan en comparación de las máquinas herramientas convencionales. Es por ello que en la actualidad los

equipos de control numérico son de primera necesidad en el desarrollo industrial de un país.

El decreciente gasto de adquisición, el elevado índice de rendimiento de corte, la precisión, la rapidez, la gran duración y la sencillez de programación son algunos de los motivos por los que sigue aumentando considerablemente el número de máquinas herramientas de control numérico.

1.2 ¿ QUE ES CONTROL NUMÉRICO ?

Control numérico es todo dispositivo electrónico capaz de dirigir posicionamientos de uno o varios órganos mecánicos móviles, de manera que las órdenes relativas a sus desplazamientos son elaboradas, en forma totalmente automática, a partir de informaciones numéricas y simbólicas definidas por medio de un programa.

La principal aplicación del control numérico es en la industria manufacturera. Las aplicaciones de mayor auge son: torneado, fresado, oxicorte, soldadura, estampación y perforación.

Control numérico es una manera de controlar las acciones de las máquinas por medio de instrucciones en forma de código alfanumérico. Las instrucciones codificadas se suministran a la máquina como bloques de información. Cada bloque se interpreta por la máquina NC como una instrucción para realizar una simple operación.

Por ejemplo, un bloque de instrucción típica podría comandar una máquina NC para mover un eje relativo a la pieza de trabajo en una dirección y distancia establecidas y a una velocidad y alimentación de ejes también establecidas.

Un programa NC es un conjunto de bloques de instrucciones que comanda la máquina NC para realizar una tarea específica. La tarea más común es el maquinado en el área Ingenieril, y a este tipo de información se le llama programa-pieza.

1.3 ¿ PORQUE SURGE LA NECESIDAD DEL CONTROL NUMÉRICO ?

La conveniencia de llevar acabo una serie de operaciones en una máquina herramienta de control numérico, unido a numerosos y nuevos requerimientos que día a día aparecían, forzó la utilización de nuevas técnicas que permitieran sustituir al operador humano. De esta forma se introdujo la Automatización en los procesos de fabricación, aparición que viene impuesta por diversas razones:

a) La necesidad de fabricar productos que no se podían conseguir en cantidad suficiente sin recurrir a la automatización del proceso de fabricación.

b) La necesidad de obtener productos hasta entonces imposibles o de muy difícil fabricación, por ser excesivamente complejos para ser controlados por un operador humano.

c) La necesidad de fabricar productos a precios suficientemente bajos.

Para solucionar todos estos problemas, el hombre ha ideado, de acuerdo con cada problema particular, numerosos dispositivos automáticos de tipo mecánico, electromecánico, neumático, hidráulico y electrónico.

Inicialmente, el factor predominante que condicionó la automatización fue el aumento de la productividad. Posteriormente, y debido sobre todo a las nuevas necesidades de la industria, han hecho su aparición otros factores que, tomados en conjunto o individualmente, han llegado a tener enorme importancia. Entre estos nuevos factores se tiene: la precisión, la rapidez y la flexibilidad. A partir de entonces, todos los dispositivos automatizados ideados por el hombre tienden a optimizar la función de cuatro variables: productividad, precisión, rapidez y flexibilidad. Gracias a estos dispositivos automáticos se han podido fabricar piezas con perfiles complejos que, de otra forma, no podrían jamás haber sido fabricadas.

1.4 ELEMENTOS QUE INTEGRAN UN EQUIPO DE CONTROL NUMÉRICO

ARQUITECTURA GENERAL DEL CONTROL NUMÉRICO

Todo control numérico debe poseer cuatro subconjuntos funcionales:

- a) Unidad de entrada-salida de datos y visualización.
- b) Unidad de memoria interna e interpretación de ordenes.
- c) Unidad de calculo.
- d) Unidad de enlace con los elementos mecánicos.

a) **La unidad de entrada de datos** así como **la unidad de memoria** sirve para introducir los programas en el equipo de control numérico, utilizando un lenguaje específico para el equipo (lenguaje máquina). Estos programas pueden ser introducidos por medio de una computadora en la memoria, que puede ser de cinta magnética, discos flexibles o la propia memoria del control numérico.

c) **UNIDAD DE CALCULO.** El control de la máquina contiene un microprocesador también llamado interpolador que efectúa el calculo de las coordenadas y las suministra a la cadena de control. Estos interpoladores pueden ser lineal, circular y parabólico. Cuando los movimientos de los ejes están sincronizados, se habla de una interpolación, en la mayoría de los casos se trata de una interpolación lineal en el plano o en el espacio y circular en un plano.

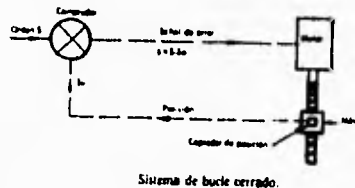
d) UNIDADES DE ENLACE (CONTROL Y REGULACION DE LOS DESPLAZAMIENTOS)

La regulación de los desplazamientos o de las posiciones de los elementos controlados es la base fundamental de los sistemas de control numérico, este control se realiza por medio de un **sistema de bucle cerrado** o por medio de un **sistema de bucle abierto**.

SISTEMA DE BUCLE CERRADO

Se define como un servomecanismo de posición que consiste en comparar en todo momento la posición del elemento con la orden dada. La señal emitida al motor siempre es una función directa entre posición y orden. Las máquinas que utilizan este sistema cuentan con dos bucles de retorno de información, donde uno se encarga del control de la posición y el otro controla la velocidad de desplazamiento del móvil. En los sistemas de bucle cerrado se utilizan motores de corriente directa, alterna o hidráulicos.

Un servomecanismo es un sistema de control en **bucle cerrado** en el que la magnitud regulada es una posición mecánica.



La medida de los desplazamientos o de las posiciones de elementos controlados es la base de los sistemas de control numérico que funcionan en sistema de bucle cerrado a través de un sensor de posición. El **papel del sensor de posición** es de transformar el desplazamiento de **magnitud mecánica en magnitud eléctrica**, para ser analizado por el equipo de **control numérico** y poder ejecutarse.

Un **sensor** es un transductor que se utiliza para medir una variable física de interés. Un transductor es un dispositivo que transforma una variable física (por ejemplo, fuerza, presión, temperatura, velocidad, caudal, etc.) en otro.



Fig. 1.1 Sensor de barrera y sensor de retroreflexión.

Algunos de los sensores toman su nombre según la función realizada o la forma de realizar la medición. En las máquinas herramientas de control numérico se usan sensores de posición absoluta, sensores de posición incremental, etc.

SENSORES DE POSICIÓN ABSOLUTA. Los sensores absolutos dan una señal de manera ligada al valor medido, independientemente de toda medida anterior. La existencia de la relación de uno a uno (unívoca) permite referir todos los puntos medidos a un punto fijo llamado origen. Los sensores de posición absoluta pueden ser de tipo analógico o digital.

Los sensores analógicos absolutos se caracterizan por controlar los desplazamientos que efectúan los elementos y a cada desplazamiento le corresponde una variación continua y de uno a uno, es decir, unívoca para cada valor físico, esto implica que a lo largo del recorrido del elemento móvil se ha tenido una resistencia, por lo cual nuestro sensor da una función de recorrido que efectúa en un sentido u otro. La medida en un sensor analógico se realiza en forma continua, es decir, a cada posición del elemento móvil le corresponde una señal eléctrica, inversamente a cada señal eléctrica le corresponde una posición.

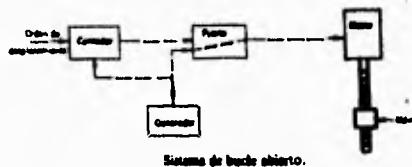
Los sensores digitales absolutos, se caracterizan por llevar a cabo sus mediciones en pasos de longitud y cada paso esta caracterizado de manera unívoca por un número codificado, este número codificado esta dado en código binario y se puede representar como 2^n .

El número correspondiente a un paso esta dado por medio de celdas fotoeléctricas, ya que de acuerdo al registro opaco o transparente se obtiene el estado lógico 0 o 1.

SENSORES DE POSICIÓN INCREMENTAL. En estos sensores el campo de medida esta dividido en un número entero de pasos o incrementos de longitud de medida en donde no pueden existir diferencias entre unos y otros, en esta clasificación solo se cuenta con sensores digitales. Estos sensores son utilizados en casos donde se da un impulso después de cada desplazamiento incremental, sin la posibilidad de interpolar en cada incremento y sin dar relación unívoca entre la posición y la señal producida, son señales binarias.

SISTEMA DE BUCLE ABIERTO

Este sistema no cuenta con sensores de posición, ya que la función de medida esta a cargo de los motores de accionamiento de paso a paso. Este principio del funcionamiento se aplica en máquinas que trabajan por contaje de impulsos. Entre el generador y el motor se a dispuesto de un circuito de apertura y cierre. El contador cierra la compuerta cuando ha recibido el número de impulsos correspondientes al desplazamiento por realizar.



MOTOR PASO A PASO. Motor eléctrico utilizado para desplazar los elementos en equipos de control numérico, empleado en un sistema de bucle abierto. En donde el rotor de un motor paso a paso gira un ángulo dado cada vez que recibe un impulso de corriente. Así, un ciclo de impulsos determinados se traduce en un número de desplazamientos.

1.5 VENTAJAS DE UN EQUIPO DE CONTROL NUMÉRICO

El control numérico representa la solución ideal dadas las notables ventajas que se obtienen de su utilización. Entre estas se cuenta con:

a) La posibilidad de fabricar piezas de gran complejidad, como las superficies tridimensionales necesarias en la fabricación de aviones.

b) Precisión. Esta ventaja parte de la eliminación de holguras, disminución de fricciones, disminución del desgaste y eliminación de esfuerzos. Las precisiones alcanzadas en las máquinas-herramienta con control numérico van de 1 a 10 μ .

c) Aumento de la productividad de las máquinas. Este aumento de productividad se debe a la disminución del tiempo total de maquinado en virtud, sobre todo, de la disminución de los tiempos de desplazamiento en vacío, y de la rapidez de los posicionamientos que suministran los sistemas electrónicos de control.

d) Reducción de controles. Se da fundamentalmente por la gran flexibilidad y repetibilidad de una máquina-herramienta con control numérico.

Esta reducción de controles permiten prácticamente eliminar toda operación humana posterior, con la consiguiente reducción en costos y tiempos de fabricación.

e) Ahorro en materia prima. En los talleres convencionales se admite un coeficiente de desecho del 3% al 4%. Para las máquinas con control numérico este coeficiente es inferior al 1%, por lo tanto, es evidente el ahorro sobre todo si las piezas son complejas.

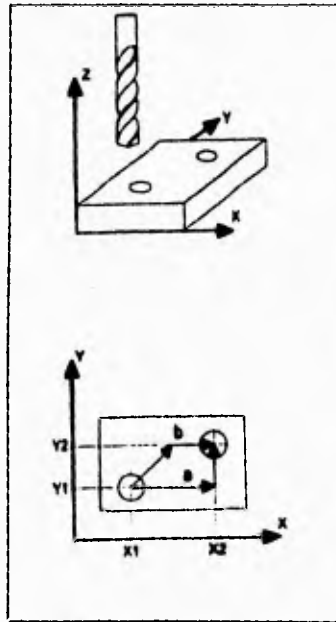
f) Flexibilidad. Esta es una gran ventaja, ya que los equipos de control numérico cuentan con memoria, dando lugar a un almacenamiento de programas, que en cualquier momento se pueden activar.

1.6 CLASIFICACIÓN DE LAS MAQUINAS HERRAMIENTAS DE CONTROL NUMÉRICO

Hoy en día existen tres clases de Control Numérico los cuales son:

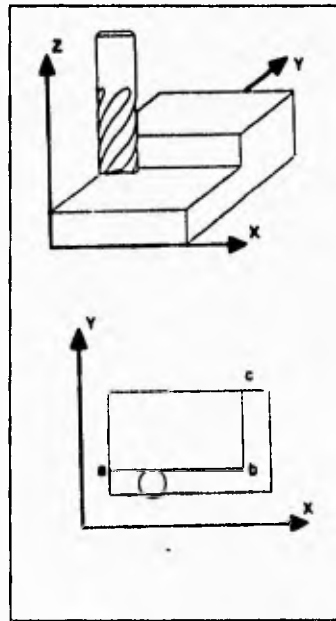
- 1.- Control Numérico "punto a punto"
- 2.- Control Numérico "paraaxial"
- 3.- Control Numérico "continuo"

CONTROL NUMÉRICO PUNTO A PUNTO. Este sistema controla el posicionamiento de la herramienta en diferentes puntos. En cada punto realiza una operación específica o varias operaciones a la vez, esto se realiza independiente en cada posicionamiento sin depender uno de otro. Las principales aplicaciones son: punteadora, taladrado, punzonado, mandrinado, etc.



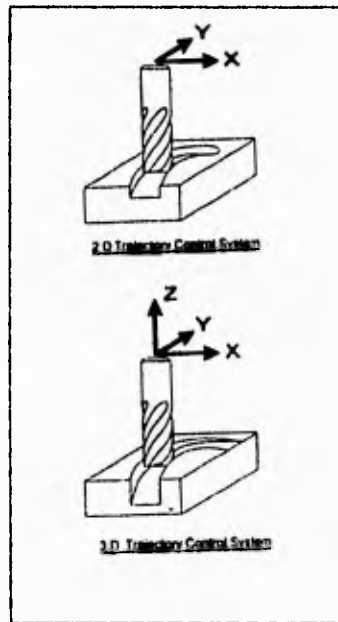
Ilus. 1-2 Punto a punto

CONTROL NUMÉRICO PARAAXIAL. Con este sistema es posible controlar, además de la posición del elemento móvil, la trayectoria seguida por el mismo según la dirección de los ejes coordenados. Este control puede desarrollar lo mismo que el control numérico punto a punto, además puede realizar trayectorias rectilíneas en dirección de los ejes de movimientos. Una aplicación es en las fresadoras y taladradoras.



Ilus. 1.3 Paraaxial

CONTROL NUMÉRICO CONTINUO. En los sistemas de posicionamiento continuo, los desplazamientos del elemento móvil son controlados en todo momento, de manera que las posiciones sucesivas del mismo deben corresponder siempre a la trayectoria anterior. Esto se consigue relacionando entre sí los movimientos elementales de los ejes coordenados, de tal manera que los movimientos elementales sigan un movimiento para tener una trayectoria común con el resto de los ejes. Principales aplicaciones de este control son: fresadoras, tornos, centros de maquinado, máquinas de electroerosión, oxicorte, mesas de dibujo automáticas, etc.



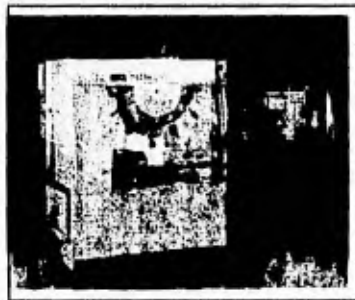
Ilu. 1.4 Continuo

CLASIFICACIÓN DE FRESADORAS DE ACUERDO A EL NUMERO DE EJES

Fresadora de dos ejes. Esté equipo es capaz de realizar maquinados en un solo plano, ya que aunque los equipos de control numérico de dos ejes no pueden controlar el tercer eje, el cual se puede incorporar dentro de la programación como la profundidad de corte. La principal aplicación de esta fresadora es : taladrado y fresadora de contornos planos.

Fresadora de tres ejes. Esté tipo de equipos puede gobernar simultáneamente los tres ejes X, Y y Z bajo el mando de un control numérico. Este tipo de fresadora exige un control numérico que lleve acabo interpolación en el espacio (tridimensional).

Fresadora de cuatro ejes. Esté equipo además de tener movimientos continuamente controlados de sus tres ejes de traslación X, Y y Z, posee un cuarto eje que permite programar rotaciones sobre alguno de los ejes principales (X, Y y Z). Esta fresadora permite realizar maquinados inclinados con un determinado ángulo programable.



Ilu. 1.5 Centro de maquinado de cuatro ejes.

Fresadora de cinco ejes. Esté equipo no sólo permite el gobierno simultáneo de los tres ejes de traslación principales sino que también permite rotaciones simultaneas alrededor de dos de esos ejes.

Estas máquinas han sido fundamentalmente utilizadas en la industria y en particular para el maquinado de los fuselajes. Estas fresadoras, son de cierta complejidad y exigen la adaptación de equipos sofisticados de control numérico apoyados por lenguajes de programación automático, y por consiguiente todo este equipo está enfocado a la realización de maquinados muy complejos. De lo contrario, es decir, si dichas fresadoras se utilizaran para cualquier tipo de maquinado resultaría incosteable por el costo del equipo.

1.7 SITUACIÓN DEL CONTROL NUMÉRICO EN MÉXICO

En México no se desarrolla esta tecnología, pero se puede adquirir la producida en todo el mundo, desde la más sofisticada hasta la más sencilla. Sin embargo los empresarios mexicanos no han hecho gran inversión en este ramo, por desorientación y falta de capital. El TLC (Tratado de Libre Comercio) es un factor que está obligando a esta modernización la cual dio un retroceso con la crisis que atraviesa el país. Aunque no se posee con gran cantidad de estos equipos en el país, se cuenta con planes de estudios en las universidades para preparar profesionistas y no necesitar del extranjero en cuanto a mano de obra.

1.8 TENDENCIA DEL CONTROL NUMÉRICO

Las tendencias de estas Máquinas Herramientas de Control Numérico es: la facilidad de programación (incluyen tutor en el software, representación gráfica del programa, etc), flexibilidad de comunicación con otros equipos para formar celdas de trabajo (computadoras, brazos mecánicos, etc.), mantenimiento más simple, versatilidad para adaptar accesorios.

Por otra parte es crear un software que nos diagnostique el propio equipo y si es posible que el mismo corrija el problema, sin necesidad de un técnico especializado, lo cual requiere tiempo y costo.

Crear nuevas técnicas de programación más sencillas que las que existen en la actualidad sin necesidad de recurrir a equipo sofisticado como son los paquetes de manufactura, el cual crean dicho programa.

El futuro del CONTROL NUMÉRICO puede depender más de los usuarios que de los propios constructores. De hecho actualmente se realiza investigación a gran escala a fin de desarrollar nuevos tipos de máquinas herramienta de concepción totalmente distinta a la actual.

Una de las configuraciones que se puede realizar con estas máquinas, es un sistema flexible de fabricación, lo cual trae como ventajas una mínima intervención manual, reducción de tiempo muerto, reducción de costos necesarios para la realización de preparativos, mejora de la calidad del producto.

Herramientas inteligentes. Estas herramientas se les denomina inteligentes, ya que cuentan con un chip, capaz de almacenar información como el tipo de herramienta, nombre de la herramienta, capacidad máxima de velocidad de corte, etc. A esta información se accesa por medio de una computadora, en comunicación serial. Hoy día se esta adaptando este sistema en el panel de control de máquinas herramientas de control numérico, donde simplemente al apretar un botón se carga esta información en la memoria de máquina. El lector esta ubicado en la torreta porta-herramientas o en el magazine, el cual lleva a cabo la lectura o escritura por medio de ondas electromagnéticas.

Otras funciones de gran importancia del chip dentro de las herramientas inteligentes es indicar la vida útil del inserto o pastilla y emitir una alarma si los parámetros de corte sobrepasan la capacidad del inserto.

Capítulo 2

Herramientas de Corte



2.- HERRAMIENTAS DE CORTE

2.1 DEFINICIÓN DE MÁQUINA-HERRAMIENTA

El maquinado es uno de los cuatro métodos principales para trabajar los metales. Los otros métodos son el conformado en caliente, el conformado en frío y la fundición.

El maquinado se efectúa cuando se necesita una superficie lisa o precisa. Al metal se le da forma mediante el corte de virutas, ya sea con herramientas de corte o con abrasivos. Durante el proceso de maquinado, el metal es torneado, cepillado, fresado o de algún otro método cambiando de forma o tamaño, arrancándole virutas por medio de una máquina-herramienta.

La expresión de máquina-herramienta abarca máquinas de todos tipos y tamaños impulsadas por motores. Estas son capaces de cortar o dar forma al metal para transformarlo en las piezas requeridas. Los motores eléctricos hacen el trabajo de impulsar las máquinas y mover sus diferentes partes automáticamente. De este modo las máquinas-herramientas son un sustituto poderoso del esfuerzo y la destreza humana.

2.2 CLASIFICACIÓN DE MAQUINAS-HERRAMIENTAS

Las máquinas-herramientas se clasifican de acuerdo al tipo de maquinado que desarrollan, y una característica decisiva es la geometría de la piezas de trabajo, que puede ser cilíndrica o paralelepípeda:

- 1) Taladro
- 2) Torno
- 3) Cepillo
- 4) Fresadora
- 5) Rectificadora
- 6) Esmeriladora
- 7) Mandrinadora etc.

2.3 MATERIAL PARA HERRAMIENTAS (FRESADORA Y TORNO)

Para llevar acabo el corte en materiales, se tiene involucrado la deformación de la herramienta, temperatura, fricción y tipo de rebaba que se produce en el maquinado.

En cuanto a la deformación plástica y fricción ambas se transforman en calor, se a determinado que hasta un 75 - 80 % de la energía calorífica se concentran en la rebaba y el resto lo contiene la punta o filo de la herramienta produciendose temperaturas hasta de 1000 °C.

Los esfuerzos producidos en la punta de la herramienta son muy variables dependiendo del tipo de maquinado, como resultado la herramienta esta sometida a todo tipo de impactos originándose problemas como son:

- Fatiga térmica
- Desgaste
- Bordes acumulados
- Cráteres a consecuencia del desgaste
- Muescado

Por lo anterior se a tenido la necesidad de crear nuevos materiales con mayor dureza, tenacidad, y resistencia a la abrasión. Los materiales que cumplen con las condiciones deseadas en las herramientas de corte, y que actualmente son empleadas en la fabricación de las mismas se indican a continuación.

ACERO DE ALTA VELOCIDAD. Este tipo de acero es denominado de alta velocidad debido a que presenta gran facilidad para el corte en altas velocidades. Dentro de este grupo se presentan aleaciones de gran complejidad: como es carbono, cromo, vanadio, molibdeno, tungsteno y combinaciones entre ellos, presentando como base el hierro y en algunos casos el cobalto. Las características de mayor relevancia que presentan es alta resistencia al desgaste, alta resistencia y dureza a elevada temperatura, buena tenacidad. Dentro de los acero de alta velocidad también se presenta la combinación con partículas de carburo, las cuales mejoran las propiedades de dicha herramienta.

Las aplicaciones de los acero de alta velocidad se concentran en el torneado y fresado donde se presentan herramientas de un filo o de múltiples filos.

ACERO DE ALTA VELOCIDAD ELABORADOS POR EL PROCESO DE PULVIMETALURGIA. Dichos aceros fabricados por este proceso ofrecen distintas ventajas de los aceros convencionales de alta velocidad. Ya que al ser vaciados en lingoteras presentan normalmente un pequeño porcentaje de cuarzo que contiene una microestructura no uniforme, una baja tenacidad y algo muy importante, una gran capacidad de afilado.

La pulvimetalurgia presenta una muy fina microestructura y proporciona una distribución uniforme de carburos e inclusiones no metálicas. Por este proceso se ha obtenido una gran tenacidad en los materiales, control dimensional al someterse a tratamientos térmicos y facilidad de afilado.

CARBUROS CEMENTADOS. Son compuestos por materiales refractarios, a donde las partículas duras de carburo están unidas o cementadas por un material blando y a la vez dúctil. El primer carburo cementado, fue elaborado de carburo de tungsteno con unión de cobalto.

La elaboración de los carburos cementados son a base del proceso de pulvimetalurgia que consiste en procesos controlados para obtener un producto con características óptimas.

- Preparación de polvos de carburo de tungsteno
- Preparación de polvos de carburo complementarios
- Clasificación de calidades de carburos
- Compactación de polvos
- Sinterizado
- Postsinterizado

Características.

- Alta dureza a temperaturas elevadas (1100 °C).
- Velocidad de corte de 4 a 6 veces mayor, con relación a velocidad de corte para acero de alta velocidad.
- La pastilla o inserto se obtiene por el proceso de sinterización.
- El filo se obtiene a partir del sinterizado o afilado
- Su dureza es del orden de 80 HRC.
- El equipo debe ser de alta capacidad

Para obtener carburo de tungsteno; se tienen dos métodos.

Tradicionalmente el mineral de tungsteno y óxidos de tungsteno son procesados químicamente con amoníaco. Estos componentes son rebajados en hidrógeno, para que el polvo metálico de tungsteno y los polvos finos del mismo sean mezclados con carbono y luego calentados en una atmósfera de hidrógeno a una temperatura que oscila entre 1400 °C y 1500 °C para producir partículas de carburo de tungsteno de 0,5 - 30 micras. Cada partícula está compuesta por un sin número de cristales de carburo de tungsteno, tantalio, cromo o vanadio.

En la actualidad se a desarrollado un proceso, en el cual el carburo de tungsteno es producido en forma de cristales a través de la reducción directa del mineral de tungsteno. El mineral es mezclado con oxido de hierro, carbono y carburo de calcio a alta temperatura produciendose una reacción exotérmica a 2500 °C, produciendose una masa que al perder temperatura se presentan cristales de carburo de tungsteno dispersos en el hierro que finalmente se separan de la matriz.

CARBUROS DE TUNGSTENO - TITANIO - TANTALUM - NIOBIUM. Este tipo de insertos son usados para maquinado de acero, con resistencia al desgaste y a la acción química, productos de los oxidos metálicos de titanio, tantalum y niobium.

Los oxidos mencionados son mezclados con polvos metálicos de tungsteno y carbono, la mezcla es calentada en una atmósfera de hidrógeno al vacío para reducir los oxidos y formar una solución sólida de carburo. El método que se utiliza para reducir WC - TiC, en la solución sólida se llama método de mentruum, en este método los carburos son disueltos individualmente en níquel líquido , y la solución sólida de carburo es precipitada durante el enfriamiento.

Por otra parte dentro del diseño de herramientas de carburo cementado se a tenido la necesidad de obtener aleaciones de WC - Co con mayor dureza, es decir, superiores a las aleaciones de carburo y esto arrojo como resultado los **carburos revestidos** teniendo como gran ventaja dar mayor vida a la herramienta.

HERRAMIENTAS CON RECUBRIMIENTOS DE ALEACIÓN DE COBALTO. Este tipo de herramientas son de gran relevancia entre los acero de alta velocidad y los carburos, dado que presentan una dureza similar con los acero de alta velocidad, pero pueden ser utilizados en grandes desbastes donde se generan mayores temperaturas.

Las características que nos proporciona este tipo de herramientas es alta dureza a elevadas temperaturas, una resistencia a la abrasión media, buena tenacidad y soporta grandes desbastes.

CERMETS. Los cermets son polvos producidos por medio de la metalurgia, componentes en específico cerámicos unidos a partículas metálicas, en donde el componente cerámico proporciona la resistencia a la oxidación y alta dureza, mientras la partícula metálica incrementa la ductilidad y la resistencia a los choques térmicos.

La unión de componentes cerámicos con metales es un proceso bastante complejo, dependiendo en gran parte a las propiedades de solubilidad en la fase líquida y la relación de los materiales seleccionados.

Un cerámico es un óxido metálico, boruros, carburo o una mezcla de componentes de cada material. Algunos de los materiales que se toman dentro del grupo de cermets son:

- Carburo de tungsteno con cobalto WC + Co
- Carburo de tungsteno con carburo de titanio y carburo de tantalum más cobalto WC TiC TaC + Co
- Carburo de titanio más níquel TiC + Ni
- Carbonitruro de titanio más níquel - molibdeno Ti(C,N) + Ni Mo

Pero en la industria solo se considera cermets al carburo de titanio y al carbonitruro de titanio, por lo que el carburo de tungsteno es denominado carburo cementado.

CERÁMICOS. Los cerámicos se definen como no metales, sometidos a altas temperaturas durante la ejecución del maquinado con la restricción de no poder usarse en uso severo.

El cerámico es un material para herramientas con un gran rango de velocidades de corte y una alta capacidad para remover material de maquinado complicados.

La producción de herramientas cerámicas involucran la consolidación y sinterizado de materiales en polvo. En la actualidad los cerámicos son en base en alúmina y nitruro de silicio portando una buena dureza a altas temperaturas y resistencia a la oxidación, dichas propiedades hacen aptas estas herramientas para maquinados con altas velocidades y en materiales de difícil maquinado.

Para crear los cerámicos existen varias opciones:

- Alúmina Al_2O_3
- Nitruro de silicio Si_3N_4
- Recubrimientos en cerámicos
- Materiales super duros (diamante y nitruro cúbico de boro)

Para crear herramientas en base a cerámicos cuentan con dos grupos:

- a) Óxido de aluminio Al_2O_3
- b) Nitruro de silicio Si_3N_4

Cuando se presenta cerámica pura a base de alúmina con una pequeña cantidad de óxido de circonio, es con el fin de incrementar su tenacidad, dando como resultado una buena calidad de desbaste y semi-desbaste aplicable en fundición y acero.

Por otra parte también se cuenta con cerámica mixta y cerámica reforzada teniendo aplicaciones de gran relevancia respectivamente :

- Cerámica mixta se compone a base de alúmina y carburo de titanio, con aplicaciones en maquinado de materiales con tratamientos térmicos en fundición y acero, como también en aleaciones.

- Cerámica reforzada se realiza a base de alúmina y carburo de silicio, esta mezcla da un gran aumento en tenacidad, en calidad de desbaste y semi-acabado.

Teniendo aplicaciones en maquinados intermitentes, piezas con endurecimiento.

HERRAMIENTAS CON RECUBRIMIENTO CERÁMICO. Las primeras herramientas con este tipo de recubrimiento fueron las de multicarburo cementado, con una capa de TiC la cual actuaba como una barrera de difusión entre la herramienta y la pieza de trabajo, evitando el desgaste así como la reacción química.

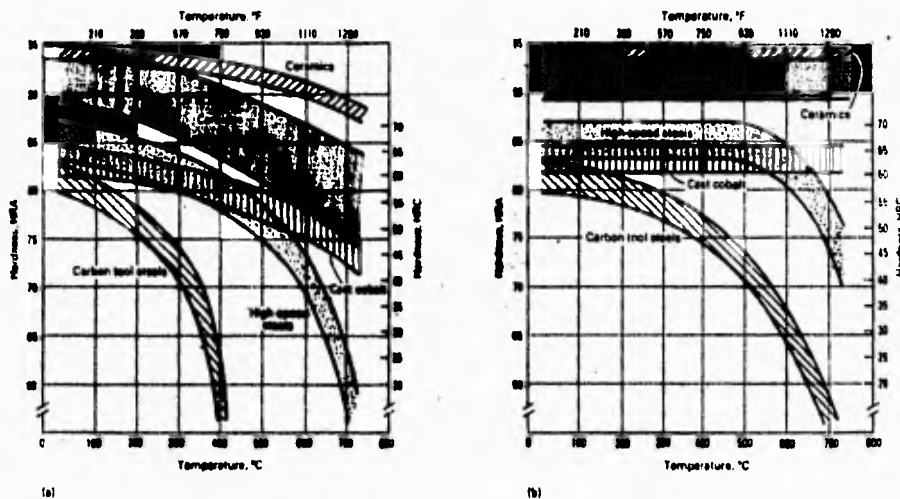
HERRAMIENTAS CON BASE DE DIAMANTE Y NITRURO CUBICO DE BORO. Estos materiales están considerados como superduros, comparten la misma estructura cristalina, el primero es el más duro mientras que el otro posee la mitad de dureza que posee el diamante. El diamante no se define como un cerámico porque está constituido por un carbono puro. Por sus características de poseer alta dureza en caliente así como su buena resistencia al desgaste y estabilidad química permiten aumentar considerablemente la productividad.

El diamante se oxida al tener contacto con el aire, reacciona con materiales ferrosos y es sujeto a grafitización. Por el contrario el Nitruro de Boro Cubico (CBN) es resistente a todo esto.

Algunos materiales no ferrosos que se maquinan con diamante son: aleaciones de aluminio, aleaciones de cobre, plásticos abrasivos, composiciones de vidrio y carbono, concreto, carburos de tungsteno, etc.

El CBN es más usado en el maquinado de metales tales como: hierro, herramientas de acero, fundición en gris, aceros aleados, etc.

Hoy día se dispone de diversos materiales para herramientas de corte, los cuales se han ido desarrollando a través del tiempo, mejorándose cada vez más por medio del estudio de la microestructura de materiales y con la innovación de procesos de fabricación de herramientas complejas. La selección del material apropiado para la herramienta depende de la operación de corte, la máquina empleada, pieza de trabajo, requerimientos de producción, costo, acabado, etc.



(a) Dureza en caliente en función de la Temperatura. (b) Recuperación de la dureza en función de la temperatura.

En las gráficas anteriores se compara la dureza de algunos materiales para herramientas en función de la temperatura a las que pueden trabajar.

Se puede observar que las herramientas de acero al carbono y las de acero de alta velocidad, pierden muy rápido su dureza al trabajar con temperaturas elevadas en comparación con una fundición de cobalto, carburos y cerámicas que no pierden su dureza al trabajar a altas temperaturas. Al realizar una recuperación de dureza en los mismos materiales, los que recuperan más fácil su dureza son las fundiciones de cobalto, los carburos y cerámicas.

2.4 FRESADORA

El fresado es un proceso de arranque progresivo de un determinado material, que consiste en maquinar circularmente todas las superficies de formas variadas; planas, convexas, cóncavas, etc.

Este trabajo se efectúa con la ayuda de herramientas especiales llamadas fresas. que se conforman de aristas o filos cortantes.

Las fresas pueden considerarse como herramientas de corte múltiples que tienen sus ángulos particulares.

Durante este proceso la fresa de corte avanza a velocidad baja dentro de la pieza, mientras que simultáneamente gira con una velocidad de rotación elevada.

En la fresadora, el movimiento fundamental de rotación lo tiene la fresa mientras que el avance lo realiza la pieza, por medio del movimiento de la mesa.

El fresado se divide en dos métodos de arranque de viruta :

Fresado mediante herramienta de corte periférico y fresado con herramienta de corte frontal.

Las máquinas para fresar reciben el nombre de fresadoras las cuales tienen la gran ventaja de ser de gran versatilidad y por consiguiente son capaces de realizar trabajos como:

- a) Fresados de perfiles
- b) Taladrados
- c) Mandrinado
- d) Roscados
- e) Generación de engranes
- f) Cuñeros etc.

2.4.1 CLASIFICACIÓN DE MAQUINAS FRESADORAS

En las fresadoras lo que nos determina la diferencia entre un equipo; se establece fundamentalmente por la orientación del árbol principal de la máquina herramienta respecto a la superficie de los carros, o la orientación de los carros respecto a el árbol principal, donde se obtiene la siguiente clasificación:

Fresadora

- A.1) Fresadora horizontal
- A.2) Fresadora vertical
- A.3) Fresadora universal
- A.4) Fresadora de reparaciones
- A.5) Fresadora semiautomática
- A.6) Fresadora roscar y dentar
- A.7) Fresadora de copiar

A.1) Máquina de fresado horizontal: es aquel equipo que presenta el eje o árbol principal ocupando una posición paralela a la superficie de la mesa.

Esta constituido de los siguientes elementos:

A) Columna que consta de un motor que activa tanto mecanismos, como el avance y le da una posición al husillo (para la fresadora horizontal).

B) Husillo.

C) Árbol portafresas, que recibe la tracción del husillo.

D) Brazo superior, que da rigidez al árbol portafresas.

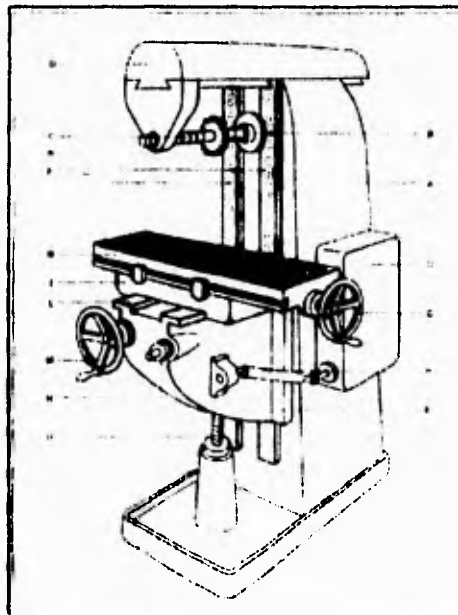


Fig. 1 Partes principales de una fresadora horizontal.

E) Carro vertical, que se desliza verticalmente a lo largo de las guías F .

G) Tornillo para el movimiento vertical de la ménsula.

H) Árbol con tambor graduado, que permite cuantificar el movimiento vertical del tornillo

G) Tornillo para el movimiento vertical de la ménsula

I) Carro transversal.

L) Guías del carro transversal.

M) Volante y tambor graduado para el desplazamiento del carro transversal.

N) Carro superior o mesa.

O) Caja de cambio de velocidades para el avance automático de la mesa.

P) Articulación doble y árbol telescopio para la transmisión del avance automático de la mesa.

Q) Volante para el mando manual del avance longitudinal de la mesa.

R) Fresa.

En la fresadora horizontal se pueden ejecutar los siguientes desplazamientos de la mesa como se muestra en la figura 2.

1) Carro vertical (E) : se mueve a lo largo de las guías verticales maquinadas en la columna máquina y se acciona mediante el mando D.

2) Carro transversal (B) : Se acciona por C, se mueve horizontalmente a lo largo de las guías en cola de milano de la ménsula.

3) Mesa (A) : accionado por F y se mueve horizontalmente sobre el carro transversal B y perpendicularmente al árbol portafresas.

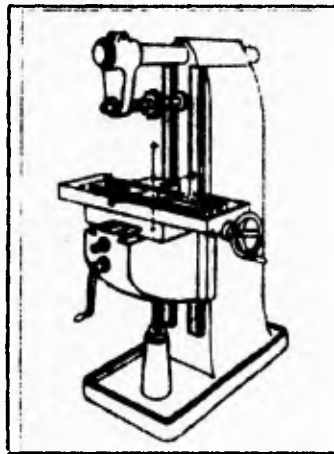


Fig. 2 Fresadora horizontal con los movimientos que puede realizar.

Por otra parte la transmisión del movimiento en estos equipos se lleva acabo por un motor que se conecta directamente al husillo y que cuentan con varios cambios de velocidades.

El movimiento del avance, penetración de la mesa y de los carros restantes se puede llevar acabo manualmente o automáticamente, aprovechando el motor principal.

El cambio de velocidades del husillo se localiza en el eje principal del equipo y el número de velocidades depende de la capacidad del mismo.

A.2) Máquina de fresado vertical: las fresadoras verticales son máquinas muy robustas, que disponen solamente de cabezal vertical (portaherramientas).

Las fresadoras verticales, especialmente las de gran potencia, tienen una forma característica constituida por una pesada columna curvada hacia delante.

Normalmente, el cabezal portafresas puede girar hasta disponer el eje del husillo en posición horizontal.

Las aplicaciones más comunes para fresadoras verticales son: planeado, escuadrado, perfilado de piezas de forma curva irregular, ranuras rectas y circulares.

La herramienta característica de la fresadora vertical es la fresa cilíndrica y frontal.

A.3) Máquina de fresado universal clasificada en dos tipos:

a) Son aquellos donde el árbol principal puede tomar todas las inclinaciones posibles respecto a la mesa de trabajo.

b) Son aquellos donde la bancada permite una rotación o giro respecto a el árbol principal.

A.4) Máquina fresadora para reparaciones: son máquinas de pequeñas dimensiones, adecuadas para maquinar piezas de formas complicadas con superficies y agujeros inclinados siendo en direcciones diferentes.

Característica principal del equipo : cuentan con la posibilidad de utilizar el cabezal portafresas vertical u horizontalmente.

A.5) Fresadoras de planear: Este equipo se utiliza, en trabajos de planeado de superficies de piezas muy pesadas.

Tienen una estructura diferente de las fresadoras horizontales, puesto que deben permitir una gran carrera de trabajo a una mesa muy robusta.

Su característica principal la constituye el hecho de que la mesa solo puede moverse en dirección longitudinal.

La regulación de la altura del árbol portafresas se obtiene moviendo el árbol conjuntamente con el motor y el cabezal a lo largo de una o dos columnas laterales.

Las fresadoras de planear de grandes dimensiones disponen frecuentemente de más de un husillo.

A.6) Fresadoras semiautomáticas para trabajos en serie: son por lo general, fresadoras horizontales de pequeñas dimensiones, sin ménsula ni carro vertical.

La regulación de la profundidad de corte, en estas máquinas, se obtiene por desplazamiento vertical del árbol portafresas.

A.7) Fresadoras para roscar y dentar: se utilizan fresadoras especiales, de diversos tipos constructivos, para tallar con fresa el filete de las roscas y los dientes de los engranes.

Las herramientas usadas en estas máquinas son fresas especiales.

A.8) Fresadoras para copiar: son equipos que se emplean para la construcción de piezas contorneadas de superficies irregulares, como son moldes, plantillas y piezas en relieve.

En las fresadoras para copiar, un palpador recorre un perfil igual al que se quiere fresar. A través de un aparato de mando hidráulico o electrónico, los desplazamientos del palpador se transmiten a los mandos de los avances de la máquina. De esta forma la pieza es obligada a desplazarse, en contacto con la fresa, a lo largo de un recorrido igual al del perfil del modelo.

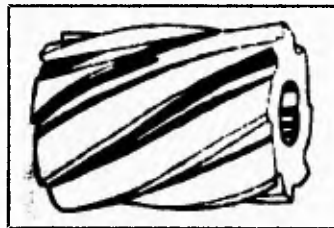
Generalmente este tipo de máquinas se utiliza para trabajos en serie.

2.4.2 HERRAMIENTAS CONVENCIONALES

Se entiende por herramienta convencional todas las herramientas comúnmente usadas en los trabajos de taller en máquinas herramientas convencionales. La mayor parte de estas herramientas son de acero de alta velocidad, no obstante las herramientas de carburo y nitruro se están introduciendo con mucha rapidez en el lenguaje común de un taller de metal mecánica.

Algunas de las herramientas para fresar con mayor uso son las siguientes:

CORTADOR DE SUPERFICIES PLANAS (PLAIN CUTTER): este tipo de cortador es de trabajo semipesado y cuenta con dientes helicoidales; su aplicación es directamente en la producción de superficies planas y anchas. Tiene solamente acción periférica de corte, y es inadecuada para la producción de ranuras. Todos estos cortadores tienen un ángulo de corte positivo de 12° , lo cual nos produce una suave acción de corte. Se cuenta con diferentes diámetros desde 63.5 - 101.6 mm de diámetro exterior. Es usada en máquinas fresadoras universales.

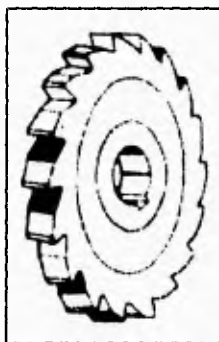


FRESA FRONTAL CON MÚLTIPLES INSERTOS. La fresa frontal positiva es una fresa pequeña pero robusta adecuada para una extensa variedad de condiciones de corte en centros de maquinado. Teniendo como característica principal que de acuerdo a su geometría positiva crea bajas fuerzas de corte, pudiendo ser aplicada en máquinas de baja potencia. Se cuenta con diámetros desde 50 - 125 mm, el ángulo de corte efectivo es de 9° y el ángulo de inclinación de el inserto es de 19° .

Los materiales comúnmente maquinados son el acero, acero inoxidable, fundición, aluminio, aleaciones de cobre y aleaciones de titanio.



CORTADOR PARA RANURAS (SLOTING CUTTER). Es un cortador recto, es decir, los dientes no cuentan con ángulo helicoidal, y producen una acción ortogonal de corte. Se les utiliza para llevar acabo ranuras, y los lados rectos del cortador ofrecen una guía e impiden que se desvíe. La holgura para rebabas es limitada, por lo que las ranuras de cierta profundidad tienen que ser producidas con poca profundidad de corte.



Para este tipo de maquinado es necesario utilizar una gran cantidad de refrigerante, para reducir fricción y desgaste en la herramienta; así como para eliminar las rebabas. Estas herramientas son de acero de alta velocidad y se encuentran con una gama de diámetros de 3.175 - 38.1 mm (1/8 - 1 1/2 ").

FRESAS PARA RANURAR. Estas herramientas cuentan con una gran gama de diámetros de 12 - 40 mm y pueden ser utilizados en el maquinado en seco o con fluido de corte. Para todos los diámetros disponibles para ranurar se cuenta con cuatro tipos de mangos diferentes, es el cilíndrico, Weldon roscado combi, cono morse y el Weldon Whistle Notch. Además se cuenta con el sistema varilock y para ello se recomiendan los insertos GC-A para maquinado en acero, GC 235 para acero inoxidable y el GC 320 para fundición. Las principales aplicaciones para este grupo de fresas consisten en: ranurado, fresado en concordancia, maquinado en rampa, etc.



Existen varios tipos de fresas de ranurar entre ellas se tienen fresas de insertos intercambiable, fresas soldadas, fresas integrales, etc.

FRESAS DE DISCO PARA REALIZAR TROZADOS Y RANURADOS. Para las fresas de tronchado y ranurado ya sean externas o internas, se puede realizar maquinados desde 2.5 - 4 mm de ancho, pudiéndose maquinar tanto en seco como con refrigerante. De acuerdo a la geometría de la herramienta y la posición de los insertos nos permite una evacuación de virutas, una mayor duración de las herramientas, elevados avances y tolerancia de ± 0.1 mm.



FRESAS DE TALADRAR Y RANURAR. Son herramientas universales capaces de operaciones de taladrado, de ranurado o de la combinación de ambas, mejor conocido como maquinado en rampa. Estas herramientas han sido creadas para ranuras internas pequeñas y desbaste, las cuales, al ser muy rápidas no justifican el uso de brocas y fresas por separado.



La ventaja de esta herramienta es que de acuerdo a la geometría que presenta nos da mayor seguridad y eficiencia en el taladrado y maquinado en rampa. Los diámetros son desde 12 - 50 mm, puede ser utilizado en cualquier tipo de maquina herramienta, se puede maquinar cualquier tipo de material, la herramienta presenta un ángulo de inclinación positivo de 2° a 3° .

Este cortador es un sustituto del escariador de dos labios de acero rápido.

FRESAS DE FILO DE CORTE LARGO. Su aplicación es compleja debido a el gran voladizo y a los ángulos de entrada de 90° . Lo cual nos crea unas fuerzas radiales en el husillo de la máquina, produciendo flexiones y vibraciones. Estas fresas se utilizan principalmente para maquinados de contorneado de gran abertura, y para desbastes pesados, incluyendo el ranurado completo. Estas herramientas presentan el sistema varilock, con diámetros de 20 - 50 mm. El ángulo de inclinación que presenta es de 4° a 5° y el ángulo de corte es de -5° a 1° .



FRESA PARA RANURAR CON PUNTA ESFÉRICA. Han sido diseñadas para conseguir una seguridad y un rendimiento elevado en la industria de troquelería, aeroespacial y automovilística. Este tipo de fresas pueden ser utilizadas tanto en equipo convencionales como de control numérico.



Las ventajas que ofrecen estas fresas consisten, en un excelente fresado de perfiles, gran precisión en maquinados de desbaste. Tiene un acoplamiento varilock, puede maquinar todo tipo de material y el ángulo de inclinación que presenta es de 3° - 6° . Los diámetros disponibles son de 10 - 32 mm.

FRESAS DE ACHAFLANAR DE 45° Y 60° . Este tipo de herramientas son adecuadas para centros de maquinado, en donde nos proporcionan una gran seguridad en grandes desbastes. La herramienta de 60° es ampliamente utilizada para soldaduras y la de 45° es excelente para achaflanado general. Los diámetros disponibles son de 12 - 32 mm, puede ser utilizado en cualquier maquina herramienta, se puede maquinar todo tipo de material. No presenta ángulo de inclinación y el ángulo de corte es de -12° - 0° .



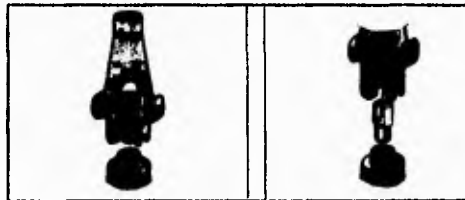
CORTADOR PARA RANURAS T. Se utiliza para terminar de cortar ranuras en T. Se trata de un cortador frágil, y como debe realizar la totalidad del corte en un solo paso, ha de tenerse un gran cuidado al hacerla avanzar a lo largo de la pieza. Se requiere gran cantidad de refrigerante para mantener baja la temperatura del cortador y para eliminar la rebaba.



2.4.3 SUJECIONES ESPECIALES DE HERRAMIENTAS

SISTEMA DE PORTAHERRAMIENTAS MODULAR VARILOCK

El diseño estándar Varilock se fija por medio de un perno axial sujeto en el mango básico con una contra tuerca. El gran tamaño del perno permite unos elevados valores de torsión, lo que genera grandes fuerzas de embrague.



El diseño estándar Varilock debe ser considerado como la solución óptima para maquinado de gran desbaste, particularmente cuando se emplean voladizos grandes.

El diseño de fijación frontal utiliza un tornillo diferencial y mordazas de sujeción estriadas en ambos extremos para sujetar y acoplar el adaptador herramienta.

La fijación frontal ofrece un montaje de la herramienta rápido y simple, es ideal cuando se requiere un cambio rápido ya sea en el almacén o en el mismo husillo.

El mecanismo de fijación frontal Varilock funciona con un tornillo diferencial, conteniendo un juego de mordazas de sujeción estriadas en ambos lados que sujetan la herramienta en el acoplamiento con un tirante adaptador. El contacto se lleva a cabo en el extremo de las estrias para generar una fuerza de sujeción axial. Este mecanismo tiene las ventajas de tener una gran superficie de contacto, una baja presión superficial lo que disminuye el desgaste en los acoplamientos, una presión de sujeción fija para ser frente a elevadas fuerzas radiales y posibilidad de refrigeración interna.

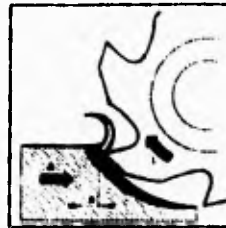
El sistema Varilock permite una gran flexibilidad dentro de la producción, puesto que a menudo se presentan piezas con diversidad de longitudes y Varilock permite establecer dichas longitudes para obtener un máximo rendimiento en la producción. Este sistema permite una flexibilidad en el uso de las herramientas aunque tengan diferentes husillos. Nos permite un lote de herramientas menores, un manejo de almacenamiento y montaje de las herramientas más efectivos y permite una mayor racionalización del programa de herramientas.

2.4.4 GEOMETRÍA DE LA HERRAMIENTA

De acuerdo a la geometría presentada de la fresa, los movimientos de avances más comunes son:

A) Avance contra la fresa: los dientes de ésta atacan tangencialmente la superficie de la pieza.

Antes de penetrar en la pieza, el diente resbala sobre la superficie, causando un fuerte rozamiento.

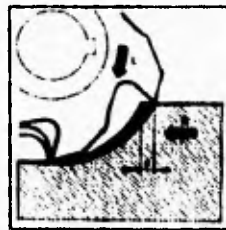


Al avanzar el diente penetra progresivamente en el material, arrancando viruta en forma de coma. La viruta alcanza su máximo espesor en el punto en que el diente abandona la pieza. El espesor máximo de la viruta es igual al avance por diente y se indica con a .

Con el avance contra la fresa, la fuerza de corte tiende a levantar la pieza.

En la siguiente figura se muestra el avance contra la fresa.

B) Avance a favor de la fresa: Con este avance, el diente ataca la superficie de la pieza con un considerable espesor inicial de viruta, sufriendo un golpe.



Este sistema es adecuado para las fresadoras que tienen un dispositivo para eliminar el juego entre el tornillo de mando y la correspondiente tuerca.

La viruta tiene su máximo espesor al inicio del corte. Este espesor es el avance por diente a .

Este sistema es adecuado para fresar con gran profundidad de pasada.

2.4.5 **ÁNGULOS DE LA HERRAMIENTA.**

La fresa es una herramienta múltiple, esto es, formada por varios filos dispuestos radialmente sobre una circunferencia. Por medio de las fresas pueden maquinarse superficies planas y curvas, ventanas, ranuras y dentados.

La forma geométrica de los filos de la fresa queda definida, al igual que en todas las herramientas de corte que trabajan con arranque de virutas, por los tres ángulos fundamentales:

Ángulo de incidencia α

Ángulo del filo β

Ángulo de desprendimiento γ

Para las fresas helicoidales se considera el:

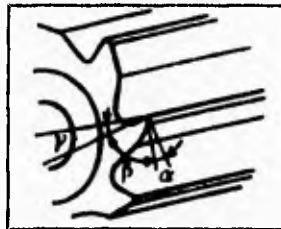
Ángulo que mide la inclinación del filo respecto al eje de la fresa λ

ÁNGULO DE INCIDENCIA O INCLINACIÓN (α), libra a el inserto de sufrir rozamiento con la pieza a maquinar. Algunas veces se divide en un ángulo de incidencia primario y otro secundario. Los materiales dúctiles requieren ángulos de incidencia mayores que los materiales duros.

EL ÁNGULO DE DESPRENDIMIENTO (γ), afecta principalmente al consumo de potencia y la formación de viruta. Un gran ángulo de desprendimiento γ positivo produce pequeñas fuerzas de corte y por lo tanto menor potencia requerida. Para maquinar aleaciones de baja dureza como las de aluminio, requieren mayor ángulo de desprendimiento que para los materiales frágiles.

EL **ÁNGULO DE CORTE** (β), viene determinado por los ángulos de desprendimiento γ y de incidencia α teniendo gran influencia en la robustez del inserto.

EL **ÁNGULO HELICOIDAL** (λ), introduce sucesivamente la arista dentro del corte, provocando un corte suave, y disminuye la fuerza de corte axial.



2.4.6 CARACTERÍSTICAS SIGNIFICANTES DE DISEÑO

-Los cuerpos de las fresas están contruidos con acero para herramientas de alta calidad y dentro de una producción se caracteriza por una alta y constante calidad.

-Los apoyos de las insertos son unidades fácilmente reemplazables que protegen al cuerpo de posibles daños.

-Temple local en el cuerpo de la fresa y en las zonas de los apoyos de las unidades, que lo protegen de deformaciones y posibles daños.

-Cara de apoyo posterior rectificadas, que la provee de un contacto perfecto con la cara de apoyo del eje.

-Soportes axiales ajustables y cuñas que permiten un apoyo básico con una gran precisión axial.

2.4.7 COMPARACIÓN DE FRESADO CON OTROS PROCESOS DE MAQUINADO

El fresado comparado con otras operaciones: cualquier superficie accesible puede fresarse. Esto significa que las máquinas fresadoras son en cierta extensión competitivas con todas las máquinas-herramientas. Sin embargo, cuando el trabajo debe girarse, puede usarse una máquina fresadora pero rara vez se selecciona para el trabajo porque las máquinas de la familia de los tornos inherentemente son más eficientes para dicho propósito.

Las fresadoras son capaces de maquinar agujeros y localizarlos con un grado aceptable de exactitud, a tolerancia de 25 a 50 micras (0.001 a 0.002 in). Una máquina fresadora es económica para hacer dicho trabajo en pequeñas cantidades sin equipo adicional. Si los agujeros no necesitan localizarse con exactitud, un taladro prensa hará el trabajo con más rapidez y facilidad. Para cantidades grandes, la máquina fresadora, por lo general, es más lenta y no es capaz de competir con el uso de monturas en las máquinas taladradoras o con máquinas horadoras de producción. Las máquinas horadoras son necesarias cuando los agujeros deben localizarse con más precisión de la que puede obtenerse con las máquinas fresadoras. Las piezas grandes requieren la capacidad y el alcance de las máquinas horizontales de horado, más allá de la mayoría de las máquinas fresadoras.

El brochado es más económico que el fresado en muchos casos para grandes cantidades. El fresado con frecuencia es lo mejor para cantidades moderadas.

El esmerilado es capaz de producir tolerancia más estrechas y acabados más finos y puede remover materiales más duros que el fresado. Cierta esmerilado se hace por completo a partir de material burdo y se llama maquinado abrasivo.

**2.4.8 DESCRIPCIÓN DEL CENTRO DE MAQUINADO VERTICAL
(VMC 300)**

Centro de maquinado es todo equipo de control numérico que consta de tres ejes (X, Y, Z) mínimo y uno o más de rotación y por la versatilidad en el manejo de herramientas.

2.4.8.A DATOS TÉCNICOS DEL EQUIPO (VMC 300)

ZONA DE TRABAJO

Recorrido del carro longitudinal (X).....420 mm
 Recorrido del carro transversal (Y).....330 mm
 Recorrido del carro vertical (Z).....400 mm
 Dimensiones máximas de la pieza
 (long., ancho y alto).....400 x 300 x 190 mm
 Distancia del husillo a la superficie
 de la mesa.....210-460 mm

MESA DE FRESADO

Bancada.....850 x 325 mm
 Carga máxima sobre la mesa.....150 kg.

HUSILLO PORTAFRESAS

Apoyo del husillo.....Ø 60 mm
 Tipo de apoyo.....rodamientos de bolas oblicuos
 Sujeción de la herramienta.....automática
 Distancia del husillo a la guía.....330 mm

ACCIONAMIENTO DEL HUSILLO PORTAFRESAS

Motor principal.....5.5-11 kw
 Tipo.....transmisión directa
 Máximo par transmisible (husillo de trabajo).....100 Nm

ACCIONAMIENTO DEL AVANCE

Accionamiento individual por motor AC + husillo de bolas
Avance en los ejes x, y, z.....12, 12, 12 m/min
Fuerza de avance en los ejes x-y.....4000 N
Fuerza de avance en el eje z.....8000 N

SISTEMA DE HERRAMIENTAS

Deposito de herramientas.....torreta con
direccionamiento lógico
Número de herramientas.....12
Máximo peso de herramienta permisible.....5 kg
Peso total permisible de herramientas en la torreta..36 kg
Máximo diámetro de la herramienta.....100 mm

SISTEMA DE LUBRICACIÓN

Rodamientos del husillo principal y rodamientos del husi-
llo de avance.....lubricación por grasa
Guías y husillo de bolas.....lubricación por aceite

EQUIPO DE REFRIGERACIÓN

Capacidad del deposito..... 103 l
Caudal de la bomba.....10 l/min
Presión de impulsión..... 3 bar
Alimentación del refrigerante.....4 toberas
Luz de la máquina.....2 x 40 w

CONEXIÓN ELÉCTRICA

Alimentación de la red.....380 v -50/60 Hz
Potencia conectad.....15 kVA
Fusible de línea de alimentación.....25 A

DIMENSIONES

Dimensiones de la máquina (long x ancho x alto).....
.....2400 x 2300 x 2450 mm
Peso de la máquina.....2900 kg.

2.4.8.B PRINCIPALES ELEMENTOS (VMC 300)

- 1.- Armario de distribución
- 2.- Cabezal de fresado
- 3.- Torreta de herramientas
- 4.- Mando Siemens 810 m.
- 5.- Mesa de desplazamiento
- 6.- Motor de avance
- 7.- Sistema de desecho de viruta
- 8.- Bastidor de la máquina con contenedor de refrigerante



2.5 TORNO

El torneado es una operación mecánica que consiste en extraer o arrancar material en forma de viruta a una infinidad de cuerpos de revolución (cilindros, conos, esferas etc).

El torno es la máquina-herramienta más antigua y por lo tanto la más importante, sin el torno no habría sido posible el gran avance industrial.

Esta operación mecánica se lleva acabo mediante una herramienta denominado cortador, cuya posición es fija y cuenta con un grado de libertad, el cual es perpendicular a la pieza de trabajo. Algunas de las operaciones comunes que se efectúa en un torno son:

- a) Refrentado
- b) Torneado de conos
- c) Torneado paralelo
- d) Corte de roscas
- e) Moleteado
- f) Barrenado o rectificado de interiores
- g) Taladrado
- h) Escariado, etc.

La capacidad de un torno, queda determinada por su volteo y la distancia entre puntos de sujeción. El volteo es el diámetro máximo que puede tornearse. La distancia entre puntos de sujeción es la distancia del origen del cabezal fijo y el cabezal móvil (longitud de bancada).

2.5.1 CLASIFICACIÓN DE TORNOS

Hay dos clases, muy extensas de tornos manuales de una herramienta a la vez y tornos automáticos o automatizados los cuales por lo general presenta herramientas múltiples de trabajo simultaneo y que son empleados preferentemente para producción.

	Torno mecánico
	a) Torno de banco
	b) Torno para reparación
Torno manual	c) Torno con claro
	d) Tornos para ruedas
	Tornos de campo petrolero
	Torno trazador o copiador
	Torno revolver
Torno automático	Torno automático
	Torno de Control Numérico

TORNO MECÁNICO. Es el nombre más común dado al torno de propósito general controlado a mano. Las capacidades de volteo generalmente varían desde 230 a 1270 mm y con un tamaño de bancada desde 1 a 5 m aunque están disponibles longitudes hasta 15 m y más.

Algunos tornos de la familia de tornos mecánicos reciben nombres que describen características particulares de estos, como **torno de banco**, **torno de reparación** (es muy exacto), y **torno con claro** (con una sección de la bancada removible para aumentar el volteo).

Los tornos para ruedas se hacen para acabar muñones y tornear las ruedas de carros de ferrocarril y locomotoras.

Los tornos de campo petrolero se usan para hacer y mantener el equipo de perforación de pozos petroleros y cuentan con husillo de gran diámetro interior desde 178 a 406 mm a través de los cuales se puede trabajar piezas largas.

TORNO TRAZADOR O COPIADOR. Tiene un aditamento que habilita a la máquina para torneear, horadar, carear y generar toda clase de contornos a partir de plantillas. Y a su vez la herramienta cortante sigue una trayectoria que es duplicada y se mueve a lo largo de la plantilla. Se tiene un control de dos ejes en el torno, un eje es el que proporciona el perfil a copiar longitudinalmente, el otro da la profundidad de corte.

TORNO REVOLVER. Es un torno manual que tiene una torreta hexagonal que soporta las herramientas en lugar del contrapunto de un torno mecánico. El nombre de "torno revolver" deriva del hecho de que la torreta tiene la facilidad de posicionar la herramienta que se requiere, cuando esta dispuesta en la torreta.

TORNO AUTOMÁTICO. Una máquina que desarrolla el trabajo, mueve las herramientas, los estándares y las frecuencias a través de un ciclo para realizar una operación en una pieza sin la atención del operador, se le denomina automática. Pero siendo estrictos se le clasificaría como semiautomática, debido a que se requiere un operador para cargar, descargar e iniciar el ciclo.

Las máquinas torneadoras automáticas tienen una construcción muy robusta y poderosa para impulsar las herramientas de corte hasta su límite y obtener el máximo provecho de los grupos de herramientas, herramental múltiple y combinado. Estas máquinas no son muy flexibles. Estos tornos tienen las unidades básicas de los tornos ordinarios, bancada, cabezal, contrapunto, etc. Además un torno automático impulsa la herramienta a través de pasos de un ciclo sin la atención de un operador.

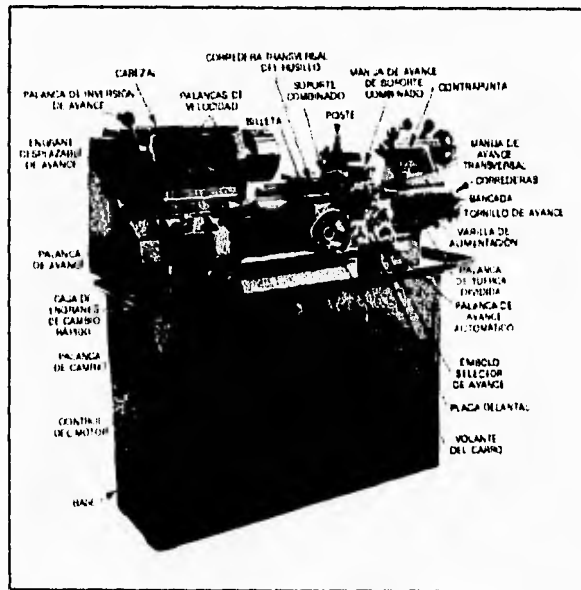
TORNOS CON CONTROL NUMÉRICO. Un torno con control numérico cuenta con los mismos elementos que un torno mecánico o un torno revolver más el sistema de control numérico. También se aplica a los tornos verticales, horizontales, revolver y a otros tipos de máquinas torneadoras.

El programa CNC se alimenta e interpreta por la unidad de control de la maquina que emite pulsos eléctricos, correspondientes a los números para impulsar las unidades. Los sensores en las unidades activadas devuelven señales a la unidad de control de la máquina informando los resultados. Los informes se comparan con las órdenes. Si hay cualquier discrepancia, se emiten órdenes adicionales hasta que se cumplen los requisitos.

La mayor ventaja de un torno de CNC es el cambio rápido, con poco tiempo perdido para la habilitación.

PRINCIPALES PARTES DE UN TORNO

- 1.- Cabezal fijo
- 2.- Bastidor (bancada)
- 3.- El cabezal móvil (contrapunto)
- 4.- Los carros (longitudinal, transversal y auxiliar)
- 5.- La caja "NORTON" llamada también caja de cambio rápido para los diversos pasos de rosca, así como los avances.



PRINCIPALES ACCESORIOS DEL TORNO

1.- CHUCK INDEPENDIENTE: Este accesorio se emplea principalmente para centrar con la mayor precisión, y se aplica para piezas de forma regular e irregular, así como para una mejor sujeción, la cual proporciona una mayor seguridad al efectuar el maquinado.

2.- CHUCK UNIVERSAL: Este accesorio se utiliza para el centrado de piezas que no requieran de mucha precisión en el mismo, pero con mayor rapidez.

3.- BROQUERO: Herramienta empleada para la sujeción de brocas, cuando éstas son de zanco cilíndrico.

4.- PLATO DE ARRASTRE: Accesorio cuyo objeto es producir el arrastre (giro) de una pieza para maquinarse entre puntos.

5.- PERRO DE ARRASTRE: Herramienta que tiene por finalidad sujetar firmemente la pieza a maquinarse entre puntos, puesto que dicha herramienta tiene una parte acodada la cual se inserta en la ranura que es la finalidad del accesorio.

6.- LUNETAS FIJAS: Herramienta empleada que sirve de apoyo a piezas cilíndricas de gran longitud, por lo cual requieren de un apoyo intermedio para evitar la flexión o vibración de la misma.

7.- PORTA BURILES: Herramientas utilizadas para la sujeción del buril.

8.- PORTAHERRAMIENTAS (torre): Aditamento para sujeción y dirección de la herramienta porta buril.

PRINCIPALES ACCESORIOS DEL TORNO

1.- CHUCK INDEPENDIENTE: Este accesorio se emplea principalmente para centrar con la mayor precisión, y se aplica para piezas de forma regular e irregular, así como para una mejor sujeción, la cual proporciona una mayor seguridad al efectuar el maquinado.

2.- CHUCK UNIVERSAL: Este accesorio se utiliza para el centrado de piezas que no requieran de mucha precisión en el mismo, pero con mayor rapidez.

3.- BROQUERO: Herramienta empleada para la sujeción de brocas, cuando éstas son de zanco cilíndrico.

4.- PLATO DE ARRASTRE: Accesorio cuyo objeto es producir el arrastre (giro) de una pieza para maquinarse entre puntos.

5.- PERRO DE ARRASTRE: Herramienta que tiene por finalidad sujetar firmemente la pieza a maquinarse entre puntos, puesto que dicha herramienta tiene una parte acodada la cual se inserta en la ranura que es la finalidad del accesorio.

6.- LUNETAS FIJAS: Herramienta empleada que sirve de apoyo a piezas cilíndricas de gran longitud, por lo cual requieren de un apoyo intermedio para evitar la flexión o vibración de la misma.

7.- PORTA BURILES: Herramientas utilizadas para la sujeción del buril.

8.- PORTAHERRAMIENTAS (torre): Aditamento para sujeción y dirección de la herramienta porta buril.

2.5.2 HERRAMIENTAS CONVENCIONALES

El corte de viruta de las piezas maquinadas en torno se logra por medio de cuchillas de corte, llamadas comúnmente buriles. Existen buriles de distintos materiales, los cuales se seleccionan de acuerdo con el tipo de trabajo a desarrollar.

Las herramientas se clasifican de acuerdo a la acción de corte que realizan con respecto a la pieza de trabajo y al maquinado a realizar es decir, puede ser desde un desbaste hasta un acabado. En seguida se describirán las herramientas más comunes dentro del torneado.

HERRAMIENTA DERECHA. Esta herramienta contiene su filo principal de corte en el lado derecho, el avance de la herramienta con respecto a la pieza de trabajo es de derecha a izquierda. Su principal aplicación son los desbastes, perfilados, achaflanados, etc.

HERRAMIENTA IZQUIERDA. La herramienta presenta su corte principal en la parte izquierda del inserto y el avance lo realiza de izquierda a derecha. Su aplicación semidesbastes, perfilados, achaflanados, etc.

HERRAMIENTA NEUTRA. Herramienta o inserto que presenta filos en ambos lados es decir, tanto en derecha como en izquierda. Y puede llevar acabo cortes de herramienta derecha o herramienta izquierda y de roscado con la única restricción es que presentara un ángulo de 60° de ataque o entrada al material.

HERRAMIENTA PARA ROSCAR. Tiene la versatilidad de realizar roscas de diferentes tipos, según el filo insertado, ejemplo rosca ACME, cuadrada, cónicas, etc.

TRONZADOR. Herramienta que penetra perpendicularmente a la pieza de trabajo, se usa para tronzar, realizar canales para selladores, cuellos, etc.

BARRA PARA INTERIORES O DE MANDRINAR. Esta herramienta tiene gran versatilidad, debido a que cuenta con las variedades de herramienta derecha, izquierda, neutra y de roscar. Pero con la variante de realizar los maquinados en el interior de la pieza de trabajo.

HERRAMIENTA DE MOLETEADO. Accesorio que tiene una función específica la cual consiste en generar una superficie áspera con una forma definida. Con la peculiaridad que el avance puede ser de derecha a izquierda o viceversa.

En la siguiente ilustración se muestran las principales herramientas de torneado descritas anteriormente, con algunos insertos típicos.



PARA CNC. Se cuenta con una gran gama de portainsertos e insertos, dentro de los cuales los de mayor aplicación son:

- a) Portainsertos derecho con ángulos de ataque de 75°, 90°, 95° y 107.5°.
- b) Portainsertos izquierdo con ángulos de ataque de 75°, 90°, 95° y 107.5°.
- c) Portainsertos neutro con ángulos de ataque de 45°, 60°, 63° y 72.5°.
- d) Barras para interiores o para mandrinar con ángulos de ataque de 75°, 90°, 93°, 95° y 107.5°.

A este conjunto de porta insertos se puede conjuntar con insertos rombicó de 80°, 55°, 35°, insertos para copiado, redondos, cuadrados y triangulares.

- e) Herramientas para tronzado, ranurado, torneado, perfilado y desahogos.

A este conjunto de porta insertos se puede conjuntar con insertos de diferente geometría según las necesidades requeridas. Insertos para tronzar con filo de corte robusto, geometría positiva y geometría positiva con ángulo muy agudo. Insertos para ranurar, insertos para preforma, desalajos (con radio), para perfilar (totalmente circular la forma del inserto) y para torneado o rebaje.

f) Herramientas para roscado interior y exterior, a esta herramienta se le puede adaptar los siguientes insertos: para rosca de 60°, para rosca cónica de 55°, rosca ACME de 29° y redonda de 30°.

2.5.3 SUJECIONES ESPECIALES PARA HERRAMIENTAS

EL SISTEMA MODULAR BTS

El acoplamiento BTS ha sido diseñado para proporcionar una estabilidad igual o superior a la conseguida con una herramienta con mango.

El sistema BTS consiste de un acoplamiento el cual se puede montar y desmontar fácilmente, moviendo un tirante por medio de un tornillo, todo este soporte esta anclado en la torreta de la máquina. Con este tornillo se embraga y se desembraga con solo darle una vuelta y media, al aflojar permite una holgura suficiente para cambiar herramienta y al apretar garantiza una conexión exenta de holguras. El acoplamiento es de fácil limpieza y sus piezas internas están herméticamente cerradas para impedir el paso de viruta y refrigerante.

La posición del tirante presenta el centro de gravedad encima de la línea central de la unidad de corte para así absorber más las fuerzas de corte y proporcionar un máximo soporte, esto nos proporciona mayor estabilidad. La precisión obtenida al cambiar herramientas es de 2 - 5 μm .



Las ventajas que ofrece el sistema BTS son:

- Reducción de los tiempos de montaje de la herramienta.
- Un cambio más rápido de las herramientas.
- Reducción del tiempo de producción de la pieza de trabajo.
- Reducción del lote de herramientas.
- Aumento de la eficiencia de la máquina
- Reducción de costos.

2.5.4 GEOMETRÍA BÁSICA DE INSERTOS PARA HERRAMIENTAS

Enseguida se describirán los insertos básicos para llevar acabo un maquinado general, donde se mostrara la función del inserto y sus ventajas:

El material con el cual están construidos los insertos es carburo de tungsteno con un recubrimiento de nitruro de titanio. Este recubrimiento nos da una apariencia de color amarilla. Otro recubrimiento utilizado es el oxido de aluminio, el cual nos da una apariencia de color negro.

Los fabricantes de plaquitas, suelen dar una clasificación a sus productos, tomando como referencia la norma ISO de fabricantes de carburo. Es el caso de estos insertos fabricados por la compañía SANDVIK. La clasificación para sus productos es de la siguiente forma:

La primer letra nos indica los materiales a maquinar:

- Q Insertos para maquinados generales, definiendo una geometría específica del inserto.
- P Insertos para maquinar aceros
- M Insertos para maquinar materiales aeroespaciales y/o de difícil maquinado, entre estos se encuentran los aceros inoxidables
- K Insertos para maquinar fundiciones, materiales blandos, aluminio, latón, cobre, etc.

La segunda letra nos indica el acabado que nos genera el inserto:

- F (Finish), Acabado
- M (Medium), Semidesbaste
- R (Roughing), Desbaste

Por ejemplo.

El inserto **QF** es utilizado principalmente para **acabado superficial**:

- Es un inserto de doble cara
- El acabado que proporciona este inserto es excelente
- Tolerancias estrechas
- Profundidad de corte: 0.2 - 1.5 mm
- Avances: 0.1 - 0.25 mm/r



2.5.5 ÁNGULOS DE HERRAMIENTA

La punta es la parte de la herramienta de corte en donde se encuentran los bordes de corte. Las superficies de la punta tienen relación una con otra y están definidas por ángulos. Las posiciones de los ángulos en una herramienta están determinados por la forma en que actúa la herramienta. Los tamaños de los ángulos afectan mucho el rendimiento o desempeño de la herramienta. Los ángulos de una herramienta de corte de una sola punta del tipo utilizada en un torno o cepillo son los siguientes:

- Ángulo de desprendimiento γ (gamma)
- Ángulo de incidencia α (alfa)
- Ángulo de corte β (beta)
- Ángulo de inclinación λ (lambda)
- Ángulo de posición κ (kappa)

El **ángulo de desprendimiento γ (gamma)**, determina si la herramienta es positiva o negativa, un desprendimiento positivo tiene un ángulo de filo β menor que 90° y un desprendimiento negativo tiene un ángulo de filo de β mayor que 90° .

Un desprendimiento positivo reduce las fuerzas de corte en la herramienta y con un incremento en este ángulo puede reducirse las tendencias a vibrar. Un gran ángulo positivo puede causar vibraciones en la pieza y rotura de la herramienta.

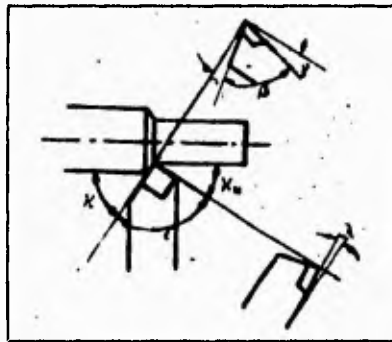
Con el ángulo de desprendimiento negativo se requiere una mayor potencia debido a la deformación de la viruta. Cuando se usa un ángulo de desprendimiento negativo se requiere mayor estabilidad y potencia en la máquina, pero tiene la ventaja de un filo de corte resistente; algunos materiales como el hierro fundido, necesitan de un ángulo de desprendimiento negativo.

El **ángulo de incidencia α (alfa)**, es un claro entre la herramienta y la pieza de trabajo, obviamente es siempre positivo. Si el ángulo de incidencia es insuficiente se produce una fricción contra la pieza de trabajo causando un desgaste rápido en la cara del inserto. Este desgaste es el que determina cuando debe ser cambiada la herramienta o inserto por que va debilitando el filo de corte.

El ángulo de corte β (beta), más el ángulo de desprendimiento y el de incidencia α suman 90° . Si varía alguno de ellos cambiará cualquiera de los otros dos. Este ángulo es el que en realidad sufre el mayor desgaste, pues como su nombre lo dice realiza el corte del material. Una observación importante es que la punta de filo de corte debe estar al centro de la pieza a torneear, para que los ángulos operen como fueron planeados.

El ángulo de inclinación λ (lambda), es el ángulo formado entre la inclinación del filo de corte principal y el eje de la pieza de trabajo. Si este ángulo de inclinación es negativo dirige la viruta hacia la pieza de trabajo, para la operación de mandrinado no es recomendable. Un ángulo positivo dirige la viruta afuera de la pieza de trabajo.

El ángulo de posición κ (kappa), es el ángulo que se forma con el filo de corte y la superficie de la pieza a maquinar con relación al avance. El ángulo de posición determina el tipo de uso que se le dará a la herramienta (cilíndrado, careado, etc.). Este ángulo afecta el espesor de la viruta y la magnitud y la dirección de las fuerzas de corte.



En la figura superior se muestran los ángulos de corte de una herramienta de torno.

Rotura de viruta. La rotura de virutas es importante por varias razones, las virutas largas son molestas, pueden causar deterioro de la máquina, perjudican al operador y dañan la superficie de la pieza.

La forma de la viruta depende de:

- Forma del rompevirutas
- Forma de la herramienta
- Tipo de material de la herramienta
- Tipo de material de la pieza
- Parámetros de corte

Por ejemplo los materiales duros producen virutas cortas.

Las virutas pueden ser clasificadas en cuatro tipos diferentes:

- Virutas rotas
- Virutas en forma de espiral
- Virutas en forma de tornillo
- Virutas largas

En muchos casos es conveniente obtener virutas en forma de tornillos cortos o espiral, ya que de esta forma se facilita la evacuación por cualquier medio o por la aplicación de un fluido de corte.

2.5.6 DESCRIPCIÓN DEL TORNO 242

2.5.6.A DATOS TÉCNICOS DEL TORNO (TURN-242)

No se cuenta con el dato exacto de la potencia neta del torno, por lo cual se tomaron datos del motor del husillo principal (Chuck).

RPM	0-1450	1451-1900	1901-2600	2601-7000
Pot. (Kw)	4.98	6.0	6.0	2.16
Amperes	32	30	30	10.5
Volts	310	400	400	400

Estos datos de obtuvieron tomando en cuenta la eficiencia de la máquina que es de un 60%.

- El Chuck cuenta con una sujeción de29 bares
- Contrapunto20 bares
- Sistema hidráulico de la máquina29 bares
- Motor que genera el desplazamiento en "x"...0.52 (Kw)
- Motor que genera el desplazamiento en "y"...0.52 (Kw)
- Revoluciones por minuto.....4000 (rpm)
- Voltaje.....180 (v)
- Amperaje.....42 (A)

- Control de trayectoria de 2 ejes (X, Z) con microprocesador
- Interpolación lineal y circular

- Memoria de programas con una capacidad de 20 KB

- Resolución del equipo 0.001 mm
0.0001 "
- Pasos de rosca 0.01 - 10 mm
- Variación del avance 0 - 120 %
- Variación del giro del husillo 50 - 120 %
- Campo de interpolación ± 9999.999 mm
- Memoria de herramientas 99 hta.

MODALIDADES DE FUNCIONAMIENTO

- Funcionamiento manual (desplazamiento manual de los carros)
- Execute (ejecución de la memoria de entrada)
- Edit (entrada de programa mediante teclado, interfases, registro de datos de herramienta, registro de desplazamiento de posición, monitor del operador)
- Automático (ejecución de los programas de CNC)

FORMATO DE PROGRAMAS

- Estructura según DIN 66025
- Entrada de punto decimal
- Memoria permanente de programas para datos de la máquina
- Registro de datos de herramientas y programas de piezas
- Registro de desplazamiento de posición

ENTRADA / SALIDA DE DATOS

- Interfase RS 232 C (V24 y 20 mA), 150 - 4800 bd
- Grabadora de cassettes (philips MDCR) 600 caracteres/s (equiv. a 6 Kbaud)

2.5.6.B PRINCIPALES ELEMENTOS DEL TORNO (TURN-242)

- 1.- Armario de distribución
- 2.- Cabezal de torneado (Chuck)
- 3.- Panel de control (Emco)
- 4.- Sistema de desecho de viruta
- 5.- Torreta de herramientas
- 6.- Motor de avance
- 7.- Torreta deslizable
- 8.- Sistema de lubricación
- 9.- Sistema de iluminación interna
- 10.- Contrapunto
- 11.- Sistema de autolubricación



2.5.6.B PRINCIPALES ELEMENTOS DEL TORNO (TURN-242)

- 1.- Armario de distribución
- 2.- Cabezal de torneado (Chuck)
- 3.- Panel de control (Emco)
- 4.- Sistema de desecho de viruta
- 5.- Torreta de herramientas
- 6.- Motor de avance
- 7.- Torreta deslizable
- 8.- Sistema de lubricación
- 9.- Sistema de iluminación interna
- 10.- Contrapunto
- 11.- Sistema de autolubricación



Capítulo 3

Parámetros de Corte en el Procesado del Metal



3.- PARÁMETROS DE CORTE EN EL PROCESADO DEL METAL

3.1 PARÁMETROS DE CORTE

El propósito del corte del metal para todos los productos consiste en acabar la superficie lo más cercanamente posible a las dimensiones especificadas. El corte de metal es una forma conveniente de fabricar una o algunas piezas a partir de una sección de material en donde se involucra los parámetros de corte que son Velocidad de Corte (V_c), Avance (f) y Profundidad de corte (t). De acuerdo a los parámetros de corte utilizados se obtuvieron acabados excelentes, comparandase así con normas internacionales (DIN). Es decir mientras más adecuados sean los parámetros de corte mejores resultados se obtendrán.

LA VELOCIDAD DE CORTE (V_c), en las máquinas-herramientas, es el camino recorrido en un minuto, ya sea por la pieza a lo largo del filo de la herramienta o bien por el filo de la herramienta a lo largo de pieza.

AVANCE (f). El término avance (f), se refiere a la rapidez según la cual una herramienta de corte o una rueda abrasiva, avanzan a lo largo o hacia el interior de la superficie de una pieza de trabajo.

LA PROFUNDIDAD DE CORTE (t), es la penetración de la herramienta por cada corte que se realiza sobre la pieza de trabajo.

PARÁMETROS DE CORTE EN FRESADORA

Para la fresa tendremos los siguientes parámetros con sus respectivas unidades.

- Avance f (mm/rev)
- Avance por diente f_d (mm/diente)
- Velocidad de corte V_c (m/min)
o en su caso las RPM a las que gira el husillo N
- Profundidad de corte t (mm)

La velocidad de corte en una fresadora es la velocidad de la periferia del cortador.

El avance en el fresado es el recorrido de la mesa y a su vez de la pieza el cual se efectuara durante la pasada de trabajo.

La profundidad de corte es la distancia que penetra la herramienta sobre la pieza de trabajo.

Para poder seleccionar adecuadamente los parámetros de corte en fresadora debe de tomarse en cuenta:

- 1.- Tamaño y capacidad de la máquina
- 2.- Diámetro del cortador
- 3.- Número de dientes del cortador
- 4.- El tipo de material con el cual esta construido el cortador
- 5.- Refrigerante para el cortador
- 6.- Dureza de la pieza a maquinarse
- 7.- Sujeción y rigidez de montaje de la pieza para el fresado.

Una vez considerado todos los puntos anteriores, la manera de obtener las **Revoluciones Por Minuto** es la siguiente:

$$N = \frac{1000Vc}{\pi D}$$

$$N = \frac{320Vc}{D}$$

- N = Revoluciones por minuto o velocidad del husillo (RPM)
V = Velocidad de corte en metros por minuto (m/min)
D = Diámetro del cortador en milímetros (mm)
320 = Factor constante del sistema métrico

Velocidad de Corte dada en metros por cada minuto:

$$Vc = \frac{nDN}{1000} \dots\dots\dots \left[\frac{m}{min} \right]$$

Cantidad de Material Removido en centímetros cúbicos por cada minuto
Q (cm³ / min):

$$Q = \frac{Potmaq}{2E^{-3}} Ps \dots\dots\dots \left[\frac{cm^3}{min} \right]$$

Ps = Potencia especifica (w s /mm³)

Potmaq = Potencia de la máquina (Kw)

2E⁻³ = Factor de conversión

Profundidad de Corte en milímetros:

$$t = \frac{Q}{fd nd Vc} \dots\dots\dots [mm]$$

fd = Avance por diente (mm/diente)

nd = Número de dientes

Entrada y salida de la Herramienta al entrar en el material **A (mm):**

$$A = \frac{D}{2} - \left(\frac{D^2}{4} - \frac{w^2}{4} \right)^{\frac{1}{2}}$$

w = Ancho de corte

Avance en milímetros por cada revolución **f (mm/rev):**

$$f = fd nd$$

Tiempo de Maquinado en segundos **Tmaq (s):**

$$Tmaq = Lp + \frac{A}{fN} \dots\dots\dots [s]$$

Lp = Longitud de la pieza

PARÁMETROS DE CORTE PARA TORNO

Para el torno tendremos los siguientes parámetros con sus respectivas unidades.

- Avance f (mm/rev)
- Velocidad de Corte V_c (m/min)
- Penetración de corte t (mm)

La **velocidad de corte (V_c)** en un torno, es la velocidad superficial o rapidez con que pasa la pieza frente al cortador.

Se llama **avance (f)** a la longitud expresada en milímetros o pulgadas, que recorre el carro longitudinal o bien el carro transversal, por cada vuelta del tornillo principal del torno.

La **profundidad de corte (t)** en el torno es la penetración de la herramienta radial o axial por cada corte que se realiza y se expresa en mm.

Formulas para el calculo de **velocidad de corte y revoluciones por minuto** dentro del programa de obtención de parámetros de corte:

$$V_c = \frac{\pi DN}{1000} \dots \dots \dots \left[\frac{m}{min} \right]$$

$$N = 1000 \frac{V_c}{\pi D}$$

D = diámetro de la pieza de trabajo

Fuerza de Corte dado en newtons F_c (N):

$$F_c = 60 \frac{T_c}{V_c} \dots \dots \dots [N]$$

T_c = Potencia especifica de corte ($w/mm^3 s$)

Profundidad de Corte en milímetros:

$$t = \frac{FC}{TC} f \dots \dots \dots [mm]$$

Tiempo de Vida de la Herramienta en minutos T_v (min):

$$T_v = \left(\frac{Cte.}{V_c} \right)^{\frac{1}{n}} \dots \dots \dots [min]$$

Cte = Constante de potencia especifica para cada material
 n = 0.3 Constante del material de herramienta

	ALUMINIO	COLD ROLLED	LATÓN
Tc (w/mm ³ s)	500	1900	1750
Cte	3000	1500	1500

Cantidad de Material Removido (Q) en centímetros cúbicos por cada minuto:

$$Q = V_c(f)t \dots \dots \dots \left[\frac{cm^3}{min} \right]$$

Tiempo de Maquinado (T_{maq}) en segundos:

$$T_{maq} = 60 \frac{L_p}{f} N \dots \dots \dots [s]$$

Costo del Maquinado (c1) en dólares:

$$c1 = \frac{T_{maq}}{3600} (CHM) + \text{costo hta} \dots \dots [dolar]$$

CHM = Costo por hora de hombre máquina

Costo de Maquinado (c2) en moneda nacional:

$$c2 = c1(\text{costo del dolar en el momento}) \dots \dots [NS]$$

3.2 FACTORES QUE AFECTAN LOS PARÁMETROS DE CORTE

Los factores que afectan principalmente los parámetros de corte son:

- Maquinabilidad
- Acabado superficial
- Fluidos de Corte

3.2.1 MAQUINABILIDAD

La maquinabilidad la definiremos como la facilidad de corte de un material y depende de:

- La vida de la herramienta
- Fuerza y potencia de corte consumidas
- Acabado superficial
- Tipo y forma de la rebaba
- Rapidez de material removido

La maquinabilidad se mide por medio de estandares y es función exclusivamente de la composición química del material y de su historia termomecánica.

Estos estandares toman como referencia los siguientes materiales: en materiales ferrosos, se toma como standard el acero AISI-B112 con una maquinabilidad de 100%. En materiales no ferrosos, las aleaciones de Cobre, en especial el Latón con Plomo se toma como una maquinabilidad del 100%.

Esto se interpreta de la siguiente forma.

$$\text{Maquinabilidad} = \frac{\text{Volumen del material}}{\text{Volumen del B112}} 100$$

todo esto en un tiempo de 60 min

3.2.2 ACABADO SUPERFICIAL

La calidad de una pieza maquinada será función de un buen acabado superficial (rugosidad Ra) y de la precisión dimensional, esto es una aproximación de las medidas de la pieza a unas dimensiones ideales y se entiende por rugosidad a una desviación promedio de las crestas y de los valles respecto a una línea media de la superficie; para esto se cuenta con un aparato llamado rugosímetro.

El acabado superficial y las tolerancias se ven afectados por la combinación del radio de punta, el avance, por la estabilidad de la pieza a trabajar, la sujeción y las condiciones generales de la máquina.

3.2.3 FLUIDOS DE CORTE

Los aceites lubricantes son formulas químicas, más o menos complejas, en las que el aceite sólo sirve de simple base para unir una serie de aditivos que son los verdaderamente eficaces entre el trabajo de una máquina o ante un maquinado.

En todas las operaciones de formado y corte se desarrollan altas temperaturas como resultado de la fricción, y a menos que se controlen las temperaturas y presiones, existe una tendencia entre las superficies metálicas, de adherirse entre sí. Es por lo tanto, importante que el coeficiente de fricción entre las superficies de contacto de la herramienta y la rebaba se mantengan en valores tan bajos como sea posible. Esto se logra efectivamente, utilizando refrigerantes los cuales cumplen con otros objetivos.

El objetivo principal de un fluido de corte es:

- a) Enfriamiento de la herramienta, la pieza y la rebaba.
- b) Desalojar las rebabas.
- c) Mejorar el acabado superficial.
- d) Aumentar la duración de la herramienta.
- e) Proteger al material de corte y a la herramienta de la corrosión.
- f) Disminuir la potencia requerida (fricción).

Al cumplir con estos objetivos el fluido de corte nos proporciona un incremento de productividad y una reducción de costos.

INFLUENCIA DEL FLUIDO DE CORTE. El fluido de corte tiene dos misiones fundamentales en las operaciones del maquinado; la de disminuir el coeficiente de rozamiento y la de procurar refrigeración suficiente durante la operación.

Las condiciones que deben reunir los aceites de corte en general son las siguientes:

- 1.- Calor específico lo más elevado posible.
- 2.- Emulsión estable en agua.
- 3.- Alta temperatura de evaporación.
- 4.- Poseer un buen poder de detergencia o dispersión.
- 5.- Que se pueda manipular cómodamente con la solución madre o aceite de corte.
- 6.- Que posea una conductividad térmica muy alta.
- 7.- que el poder de protección bacteriana sea alto.

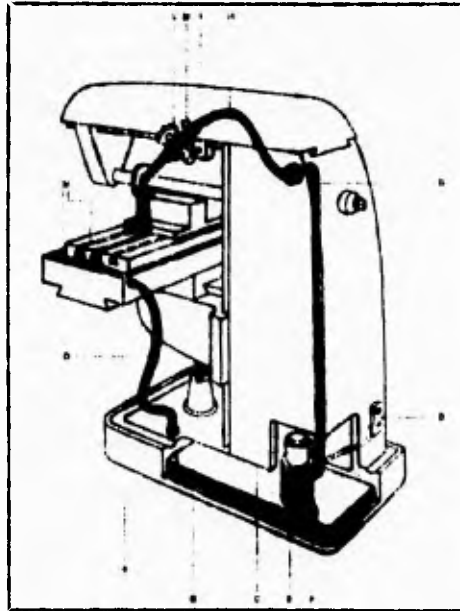


Fig. 3.1. Sistema de lubricación.

Los principales problemas que se presentan en el maquinado de los metales son: el **calor** y el **rozamiento** ambos generados durante la operación.

Estos dos problemas son producidos por las siguientes causas:

- a.-De la energía procedente de la deformación plástica.
- b.-Del rozamiento de la viruta con la herramienta.
- c.-Del rozamiento de la herramienta con la pieza a maquinar.

Dos terceras partes del calor total es producido por la deformación plástica. El enemigo mortal de la herramienta podemos decir que es el calor generado durante el maquinado, localizado alrededor de la misma produciéndole un reblandecimiento, que junto con la abrasión y el roce la destruyen rápidamente.

Los fluidos de corte de uso industrial se clasifican en:

- Aceites solubles
- Aceites no solubles
- Aceites minerales puros
- Aceites sulfurados y clorados

ACEITES SOLUBLES

Se trata de simples emulsiones que, generalmente, constan de un jabón, aceite mineral y los aditivos de oxidación, antiespuma, etc. Es una emulsión lechosa consistente, perdurable, grasosa, no oxidante, en una porción de 2-10 % en agua. A estos tipos de concentrados químicos se les suele llamar "taladrinas" y pueden ser blancas o verdes. La diferencia de estas dos es el color que toman al mezclar todos sus componentes, pero las dos son igualmente efectivas.

Las propiedades principales que debe poseer todo aceite soluble al agua son:

- a) Que sea capaz de reducir las temperaturas que se originan en el trabajo de maquinado o corte; es decir que tengan gran poder de refrigeración.
- b) Que reduzcan el rozamiento entre la pieza a maquinar y la herramienta de corte, de modo que disminuya el desgaste.

c) Que evite que la punta de la herramienta de trabajo y la viruta desprendida de la pieza de trabajo se suelden entre sí.

d) Que sea capaz, por el gasto del líquido, de desalojar la viruta.

ADITIVOS EN LOS ACEITES SOLUBLES. Normalmente el aditivo más importante que se debe agregar a un aceite soluble es el antioxidante. Prácticamente se ha comprobado que los nitritos dan resultados satisfactorios, pero algunas industrias prefieren el benzoato sódico. Los aditivos antiespumantes, aditivos antibacterianos, etc. Todos estos se pueden añadir a estos aceites solubles, siempre pensando en la calidad del producto y en el precio a que se deseen vender. El fin que cumple el aditivo es lograr la estabilidad del aceite en la emulsión acuosa y eliminar la acción bacteriana.

ACEITE DE CORTE NO SOLUBLES

Fueron los primeros aceites usados en el maquinado de metales y consisten de aceites fijos o grasos y aceites compuestos, ya sea de mezclas de aceites minerales y vegetales o animales. La mayoría de estos aceites contienen azufre libre el cual al actuar sobre la pieza a maquinar va formando en cada pasada de la herramienta, una capa superficial de sulfuro metálico, que aumenta la adherencia de lubricante y tiende a disminuir la fricción, con lo que se gana velocidad de corte y por lo tanto se hace un ahorro al tardar menos tiempo el maquinado de la pieza.

No obstante esta ventaja, se debe advertir que los aceites sulfurados no deben utilizarse con el aluminio, aleaciones de aluminio, aceros al carbono ni con aceros aleados; solamente se puede hacer una excepción con los aceros de bajo contenido de carbono.

Una fórmula genérica para este tipo de aceites podría ser la siguiente:

- a) Compuesto de ácido mineral fluido.
- b) Compuesto de ácido mineral fijo, vegetal o animal.
- c) Aditivos sulfoclorado, sulfurado, o fosforado, que son los que proporcionan resistencia al aceite.

ACEITES MINERALES PUROS

Las viscosidades de estos minerales deben ser bajas como las del aceite SAE 10. No debe de formar emulsión con el agua, han de tener una conducción calorífica buena. En la actualidad estos aceites no se utilizan debido a que con los aditivos pueden mejorar sus propiedades considerablemente.

ACEITES SULFURADOS Y CLORADOS

Los aceites sulfurados están constituidos a base de manteca de cerdo disuelto en un 90% de aceite mineral sulfurado. Suelen llevar aditivos para una presión alta con azufre libre.

Los aceites clorados suelen estar compuestos generalmente de un aceite mineral y un compuesto orgánico clorado, como la cloroparafina.

FLUIDOS DE CORTE COMERCIALES PARA EQUIPO DE CNC

Existe una gran cantidad de fabricantes de fluidos de corte los cuales cuentan a su vez con varias familias de lubricantes con diversas características para usos específicos.

El lubricante usado en los Laboratorios de Ingeniería Mecánica en los equipos de Control Numérico es el Mobilmet Serie 420, distribuido por la empresa Mobil, una empresa líder en el ramo.

MOBILMET SERIE 420. Es un aceite antiniebla diseñado para operaciones de corte moderadas en metales no ferrosos tal como aleaciones de cobre y aluminio, así como también de metales ferrosos con un índice de maquinabilidad del 50%, tal como aceros al carbono y aceros cementados. Así mismo se puede usar como lubricante de las máquinas herramientas incluyendo el sistema hidráulico.

Las ventajas de este aceite son: mayor duración de la herramienta de corte, excelente acabado en piezas maquinadas, reducción de la niebla que por lo tanto es un ahorro de aceite y puede usarse también como lubricante o hidráulico.

Las operaciones en donde se recomienda este fluido pueden ser:

- Taladrado
- Roscado interno y externo
- Operaciones con torno automático
- Barrenado
- Fresado

Las características del Mobilmet Serie 420:

Gravedad específica a 15°C	0.855
Punto de inflamación mínima	184°C
Viscosidad a 40°C	16 cSt (centiestokes)

MOBILMET 151. Es un aceite soluble para corte de metales con propiedades de extrema presión, se puede usar en operaciones de corte severas de todo tipo de metales, aún aquellos difíciles de maquinar. No contiene elementos tóxicos tales como nitritos, fenoles y cloro. El Mobilmet 151 contiene un sistema de biocidas altamente efectivo, el cual le confiere una resistencia al ataque de bacterias, hongos y levaduras.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

La ventaja de este fluido es que proporciona una protección anticorrosiva y antiherrumbre a la pieza maquinada como a la herramienta, resistencia a la descomposición por bacterias y otros micro-organismos, aumenta la vida de la herramienta, ayuda a un buen acabado en la pieza maquinada, baja formación de espuma y no produce irritación en la piel de los operadores.

Se recomienda para operaciones de corte severas de todo tipo de metales tal como hierro, acero, aluminio, cobre y sus aleaciones. Para obtener una protección óptima, se recomienda utilizar una concentración entre 4% y un 5%.

Las operaciones en las que se puede usar son:

- Taladrado
- Roscado interno y externo
- Operaciones con torno automático
- Barrenado
- Fresado
- Cepillado
- Rectificado

Características del Mobilmet 151 son:

Densidad a 20°C	0.960
pH de la emulsión al 3%	8.9
Viscosidad a 40°C	161 cSt

3.3 PROGRAMAS

3.3.1 DIAGRAMAS DE FLUJO TORNO Y FRESADORA

DIAGRAMA DE FLUJO PARA TORNO. En primer lugar se pregunta por el tipo de material con el cual se desea trabajar, dándonos a elegir uno de tres; escogiendo uno, se toman las constantes del material en particular: constante de potencia específica de corte, constante de potencia específica y constante del material de la herramienta.

Posteriormente se pregunta por una variable para comenzar a trabajar, escogiendo una de dos: velocidad de corte (V_c m/min) o revoluciones por minuto (rpm), si se escoge la primera dando el dato, se calculan las rpm con una ecuación sencilla y si se escoge la segunda, se calcula la velocidad de corte, mostrando en la pantalla el valor calculado.

Enseguida el programa preguntara el diámetro de la pieza en (mm) y el avance en (mm/rev), obteniéndose como resultado la fuerza de corte necesaria para realizar determinado desalojo de material, el resultado se da en (Newtons N) para posteriormente en el calculo de profundidad de corte, en donde interviene la fuerza de corte (N). el avance (f mm/rev) y constante específica de corte. Obteniéndose la profundidad de corte en milímetros (mm).

En consecuencia se calcula el tiempo de vida de la herramienta, donde interviene la constante de potencia específica de corte y la constante del material en conjunto con la velocidad de corte el tiempo de vida se obtiene en minutos (min).

El siguiente punto es el calculo de cantidad de material que puede desprender la máquina (Q), donde intervienen, la velocidad de corte (m/min), el avance (f) y la profundidad de corte (t1), datos que se toman como constantes y algunos son calculados previamente en el mismo programa, esta cantidad de material removido lo obtenemos en (cm³/min).

Como siguiente punto el programa preguntara la longitud de la pieza en milímetros (mm), para poder llevar a cabo el calculo de tiempo de maquinado, donde se involucran: la longitud de pieza (L_p), constante de conversión (60), el avance(f) y las revoluciones por minuto (rpm). El tiempo de maquinado se obtiene en segundos (s).

Y por ultimo el programa calcula el costo del maquinado tomando como datos: el tiempo de maquinado, el costo de la herramienta, costo de hora hombre-máquina, y una constante de conversión. Obteniéndose el costo de maquinado en moneda nacional y si se desea obtener el costo en dólares se multiplica el costo de moneda nacional por la equivalencia del dolar.

De esta manera opera el programa desarrollado.

DIAGRAMA DE FLUJO PARA PRESADORA. Como primer punto se debe escoger el material a trabajar, escogiendo uno de tres y de acuerdo a el material elegido se toma la constante de potencia específica de corte.

Posteriormente el programa preguntara con que diámetro de herramienta se trabajara, puede ser de 25, 15 y 12.5 mm de diámetro con tres dientes como constante ($N_d = 3$).

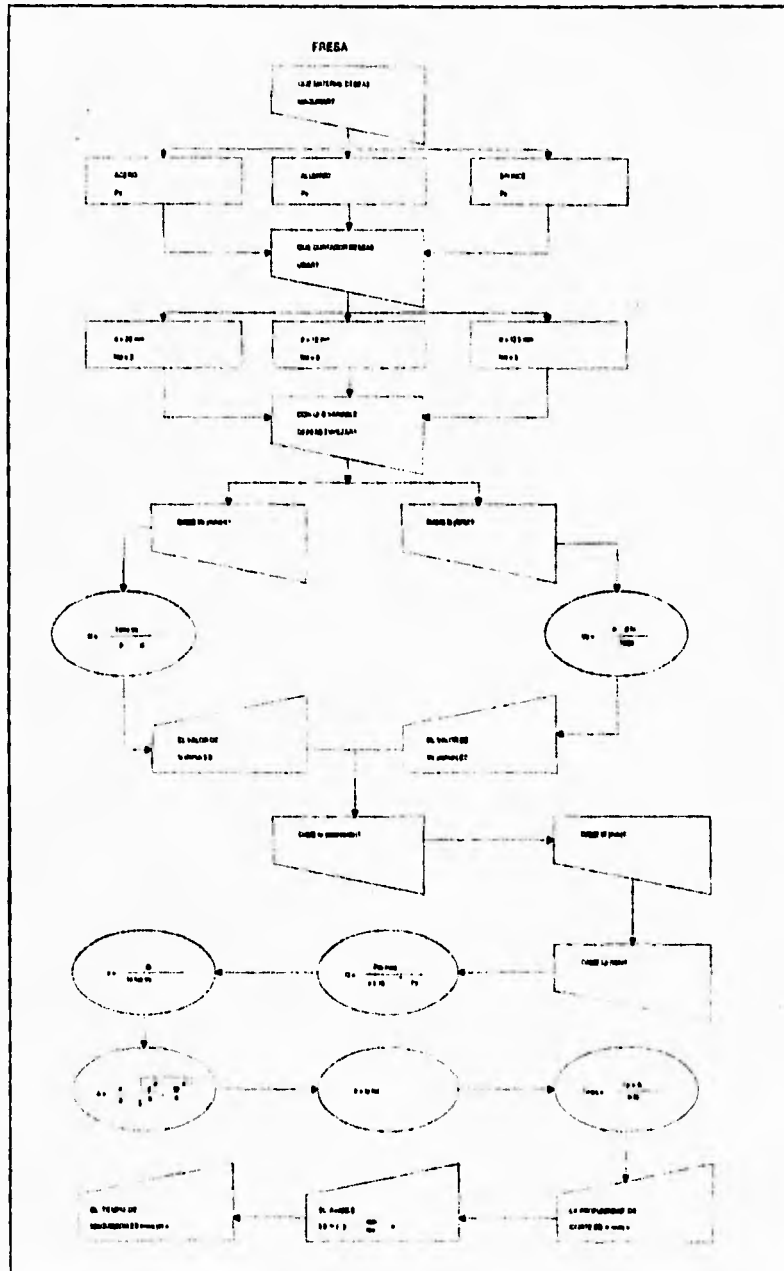
Así mismo se preguntará con que variable se abordaran los cálculos ya sea, velocidad de corte (V_c m/min) o revoluciones por minuto (rpm), en la V_c se auxilian de el diámetro de la pieza, revoluciones por minuto y un factor de conversión es (1000,) o revoluciones por minuto (rpm), que involucra los mismos datos, salvo las revoluciones que son substituidas por la velocidad de corte, esto es para comodidad del usuario, es decir teniendo alguna de las dos como dato se puede obtener el valor de la restante.

Enseguida el programa pide el avance (f_d , mm/diente), ancho de la pieza (W , mm) y la longitud de la pieza en (mm) que serán datos para calcular el traslape y el avance por revolución.

Ahora se calculará la cantidad de material removido (Q , cm^3/min), involucrando como datos a la potencia de máquina (K_w) y una constante (2×10^{-3}). teniéndose como base para evaluar la profundidad de corte (c), a donde interviene la cantidad de material removido, el avance (f , mm/diente), el número de dientes (N_d) y velocidad de corte (V_c , m/min). Obteniéndose la profundidad máxima de corte que soporta la máquina en milímetros (mm).

Como punto siguiente se calcula el traslape (A), involucrandose el diámetro de la herramienta y el ancho de la pieza (w). Para proceder a evaluar el avance por revolución, llevando acabo el producto del avance por diente por el número de dientes y así poder contar con elementos para obtener el tiempo de maquinado (T_{maq}), retomando los datos de longitud de la pieza, resultado de calculo de traslape y el avance por revolución y las revoluciones por minuto. se calcula el tiempo de maquinado en minutos (min).

De esta manera opera el programa desarrollado.



3.3.2 PROGRAMA PARA OBTENCIÓN DE PARÁMETROS DE CORTE PARA TORNO

Estos programas se elaboraron en lenguaje Basic, con la finalidad de realizar cálculos para obtención de parámetros de corte.

```

10 KEY OFF
20 CLS
30 LOCATE 1,5
40 PRINT "          D E S B A S T E  "
50 LOCATE 3,5
60 PRINT "Programa de calculo de parámetros de corte para el Torno
242"
70 LOCATE 5,5
80 PRINT "Donde se usara por default una herramienta de Carburo de
Tungsteno (WC) "
90 LOCATE 6,5
100 PRINT "Que material, deseas maquinar:"
110 LOCATE 7,35
120 PRINT "1) ACERO (1010)"
130 LOCATE 8,35
140 PRINT "2) ALUMINIO "
150 LOCATE 9,35
160 PRINT "3) Latón"
170 LOCATE 10,50
180 INPUT "Elige ";MAT
190 IF MAT = 1 THEN 240
200 IF MAT = 2 THEN 280
210 IF MAT = 3 THEN 320
220 PRINT " Opción no valida"
230 GOTO 170
240 TC =1900
250 CTE= 1500
260 N1= .3
270 GOTO 360
280 TC = 500
290 CTE=3000

```

```

300 N1= .3
310 GOTO 360
320 TC =1750
330 CTE=1500
340 N1= .3
350 LOCATE 11,5
360 LOCATE 11,5
370 INPUT "Con que variable deseas empezar 1) Vc   2) Rpm";W
380 IF W = 1 THEN 500
390 IF W = 2 THEN 420
400 PRINT "Opción no valida"
410 GOTO 350
420 LOCATE 13,5
430 INPUT "DAME N (rpm)=";N
440 LOCATE 15,5
450 INPUT "DAME d (mm)=";D
460 VC=(3.1416*D*N)/(1000)
470 LOCATE 16,35
480 PRINT "Vc [m/min]=";VC
490 GOTO 580
500 LOCATE 13,5
510 INPUT "Dame Vc [m/min]=";VC
520 LOCATE 15,5
530 INPUT "DAME d (mm)=";D
540 N =( VC * 1000)/ (3.1416 * D)
550 LOCATE 16,35
560 PRINT "N (Rpm)";N
570 LOCATE 17,5
580 LOCATE 17,5
590 INPUT "Dame f [mm/rev]";F
600 IF N =< 1450 THEN 650
610 IF 1450 < N < 2600 THEN 670
620 IF 2600 < N <= 7000 THEN 690
630 PRINT "rpm no validas"
640 GOTO 360
650 FC=( 3780 * 60)/ VC
660 GOTO 700
670 FC= (4500 * 60)/ VC
680 GOTO 700

```

```

690 FC=(1620 * 60)/ VC
700 T1 = FC/(TC*F)
710 LOCATE 18,35
720 PRINT "t1 [mm] =";T1
730 'programa para vida de herramientas Carburo Vs Acero
740 TA = (CTE/VC)^(1/N1)
750 LOCATE 20,35
760 PRINT "Ta[min]=";TA
770 Q = VC*F*T1
780 LOCATE 22,35
790 PRINT "Q[cm^3/min]=";Q
800 INPUT "Longitud a maquinar (mm)";I
810 TM = I/(F*N)
820 PRINT "Tm (s)=";TM*60
830 C1 = ((TM/60)/60)*60+5.55
840 C2 = C1 * 7.2
850 PRINT "C1 ($)=";C1
860 PRINT "C2 (N$)=";C2

```

CORRIDA DEL PROGRAMA DE TORNEADO

DESBASTE

Programa de cálculo de parámetros de corte para el torno (TURN 242), donde se usara por default fresas frontales con insertos de carburo tungsteno.

Que material, deseas maquinar:

- 1) Acero (Cold Rolled)
- 2) Aluminio
- 3) Latón

Elige? 1

Con que variable deseas empezar 1) Vc 2) Rpm? 1

Dame Vc m/min = 120

N = 1503.823

Dame f (mm/rev) = 0.3

t1 (mm) = 3.94

Ta (min) = 4532.8

Q (cm³/min) = 142.150

Longitud a maquinar (mm) = 50

Tm (s) = 6.65

C1 (\$) = 5.55

C2 (N\$) = 39.97

**3.3.3 PROGRAMA PARA OBTENCION DE PARAMETROS DE
CORTE PARA FRESADORA**

```

10 KEY OFF
20 CLS
30 LOCATE 1,5
40 PRINT "                D E S B A S T E  "
50 LOCATE 3,2
60 PRINT "Programa de cálculo de parámetros de corte para el centro
de maquinado VMC-300"
70 LOCATE 5,2
80 PRINT "Donde se usara por default fresas para ranurar con insertos
de Carburo"
90 PRINT "de Tungsteno"
100 LOCATE 7,5
110 PRINT "Que material, deseas maquinar:"
120 LOCATE 8,35
130 PRINT "1) ACERO (1010)"
140 LOCATE 9,35
150 PRINT "2) ALUMINIO "
160 LOCATE 10,35
170 PRINT "3) LATON"
180 LOCATE 11,50
190 INPUT "Elige ";MAT
200 IF MAT = 1 THEN 250
210 IF MAT = 2 THEN 300
220 IF MAT = 3 THEN 350
230 PRINT "      Opción no valida"
240 GOTO 180
250 PS = 1.4 '[ W / (cm^3/min)]
260 V= (8.5 / (.002*PS))^(3/4)
270 CTE= 1500
280 N1= .3
290 GOTO 390
300 PS = .35 '[ W / (cm^3/min)]
310 V= (8.5 / (.002*PS))^(3/4)
320 CTE=3000

```

```

330 N1= .3
340 GOTO 390
350 PS = 1.2 '[ W / (cm^3/min)]
360 V= (8.5 / (.002*PS))^(3/4)
370 CTE=1500
380 N1= .3
390 LOCATE 7,5
400 PRINT "Que herramienta deseas usar:  "
410 LOCATE 8,35
420 PRINT "1) d = 25 mm  "
430 LOCATE 9,35
440 PRINT "2) d = 18 mm  "
450 LOCATE 10,35
460 PRINT "3) d = 12.5 mm "
470 LOCATE 11,50
480 INPUT "Elige ";TRE
490 IF TRE = 1 THEN 540
500 IF TRE = 2 THEN 570
510 IF TRE = 3 THEN 600
520 PRINT "      Opción no valida"
530 GOTO 470
540 D = 25.4
550 ND=3
560 GOTO 620
570 D = 18
580 ND=3
590 GOTO 620
600 D = 12.5
610 ND=3
620 LOCATE 12,5
630 INPUT "Con que variable deseas empezar 1) Vc      2) Rpm";W
640 IF W = 1 THEN 740
650 IF W = 2 THEN 680
660 PRINT "      Opción no valida"
670 GOTO 620
680 LOCATE 13,5
690 INPUT "DAME N (rpm)=";N
700 VC=(3.1416*D*N)/(1000)
710 LOCATE 15,35
720 PRINT "Vc [m/min]=";VC

```

```

730 GOTO 790
740 LOCATE 13,5
750 INPUT "Dame Vc [m/min]=";VC
760 N = ( VC * 1000) / (3.1416 * D)
770 LOCATE 15,35
780 PRINT "N [Rpm]";N
790 LOCATE 16,5
800 INPUT "Dame f (mm/diente)=";FD
810 INPUT "Dame el ancho de corte W (mm)";W
820 INPUT "Dame la longitud de la pieza a maquinar Lp (mm)";LP
830 C = V / (FD * ND * VC)
840 A = D/2 - SQR(D^2/4 - W^2/4)
850 FR = FD * ND
860 TMAQ = (LP + A) / (FR * N)
862 TMAQ1 = TMAQ * 60
870 PRINT "Profundidad de corte c(mm)=";C
880 PRINT "Avance f (mm/rev)=";FR
890 PRINT "Tiempo de maquinado tmaq (s)=";TMAQ1
900 INPUT ;BAS
910 GOTO 10

```

CORRIDA DEL PROGRAMA EN FRESADORA.

DESBASTE

Programa de cálculo de parámetros de corte para el centro de maquinado (VMC 300), donde se usara por default fresas frontales con insertos de carburo tungsteno.

Que material, deseas maquinar:

- 1) Acero (Cold Rolled)
- 2) Aluminio
- 3) Latón

Elige? 1

Que herramienta deseas usar:

- 1) d = 25 mm
- 2) d = 18 mm
- 3) d = 12.5 mm

Elige? 1

Con que variable deseas empezar 1) Vc 2) Rpm? 1

Dame Vc m/min = 120

N = 1503.823

Dame f (mm/diente) = 3

Dame el ancho de corte W (mm) = 25

Dame la longitud de la pieza a maquinar Lp (mm) = 50

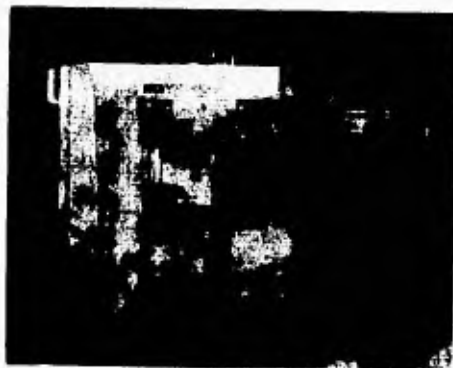
Profundidad de corte c (mm) = 3.786

Avance f (mm/rev) = 0.90

Tiempo de maquinado tmaq (s) = 2.68 OK.

Capítulo 4

Desarrollo Experimental



4 DESARROLLO EXPERIMENTAL Y PRESENTACIÓN DE DATOS

4.1 TABLAS DE RESULTADOS DE PARAMETROS DE CORTE

La finalidad de este trabajo de investigación radica en lograr la determinación de los parámetros de corte óptimos, bajo las cuales los equipos de control numérico existentes en la facultad sean aprovechados a su máxima capacidad, pero sin exponerlos a condiciones extremas de trabajo que degraden la funcionalidad de los mismos.

Los materiales con los cuales se desarrollo esta investigación fueron: Acero de bajo carbono (cold rolled), Aluminio y Latón, por ser estos los materiales de mayor uso durante las actividades de docencia.

La primera etapa de este desarrollo consistió en la realización de un programa que relaciona la teoría del corte de metales con los parámetros de corte, dicho programa es presentado en el capítulo anterior, en el cual se lista el programa, así como ejemplos de la corrida del mismo mediante la utilización de parámetros sugeridos por las literaturas de la materia. Es importante hacer notar que los resultados obtenidos de la corrida del programa se emplearon como base para la actividad práctica realizada en los equipos de control numérico, realizando una depuración porque muchos de los valores obtenidos en la ejecución del programa sobrepasaron la capacidad de los equipos.

A continuación se presentan todos los ensayos realizados, en las Maquinas Herramientas. Anexando las observaciones que presentaron los equipos en el momento de maquinar. Primero se presentaran las pruebas de desbaste y acabado realizadas en el torno (EMCO TURN 242), después las pruebas de desbaste y acabado realizadas en el centro de maquinado (VMC 300).

4.1.1 OPERACIONES REALIZADAS EN EL TORNO

En la tabla 4-1 se presentan los parámetros de corte probados en el torno de control numérico (EMCO-TURN 242), en donde se mantiene constante la profundidad de corte (t), el diámetro de la pieza, la herramienta, el inserto y la aplicación de fluido de corte en cada uno de los eventos.

CONDICIONES DE TRABAJO

- t = 3 mm
- d = 25.4 mm (1")
- Vc = variable
- f = variable
- Herramienta de corte de Carburo de Silicio
- Fluido de corte (aceite mineral)

TABLA 4-1 DESBASTE REALIZADO EN TORNO USANDO COMO MATERIAL ALUMINIO

No. Pieza	Vc (m/min)	N (rpm)	f (mm/rev)	Observaciones
31	20	250	0.4	Fallo-equipos
21	24	300	0.4	
32	36	450	0.6	
11	39.9	500	0.4	
33	40	500	0.7	
34	48	600	0.75	
35	56	700	0.8	
22	60	750	0.5	
23	80	1000	0.6	
25	108	1350	0.7	Disminuyo-Rpm
26	116	1450	0.8	Disminuyo-Rpm
12	120	1500	0.5	
13	200	2500	0.6	Disminuyo-Rpm

Una observación en común para todas las pruebas fue la disminución de revoluciones por minuto en un 15% aproximadamente. La máquina fallo a bajas revoluciones, o presenta una falta de coordinación del avance y la velocidad de corte.

La siguiente tabla fue desarrollada partiendo de la tabla 4-1 en la que se obtuvieron resultados, que requerían pruebas en intervalos más cerrados; es decir, que de las pruebas realizadas se ejecutaron nuevos eventos manteniendo constante el avance y variando la velocidad de corte, obteniendo así una tabla complementaria de desbaste en aluminio.

TABLA 4-2 DESBASTE REALIZADO EN TORNO USANDO COMO MATERIAL ALUMINIO

No. Pieza	Vc (m/min)	N (rpm)	f (mm/rev)
124	112	1400	0.4
121	112	1400	0.5
127	112	1400	0.6
125	120	1500	0.4
12	120	1500	0.5
128	120	1500	0.6
126	128	1600	0.4
123	128	1600	0.5
129	128	1600	0.6

Para los datos de la tabla 4-3 se conservaron las mismas condiciones de trabajo, que se utilizaron en la prueba de desbaste en Aluminio (diámetro de la pieza, herramienta de corte, fluido de corte, profundidad de corte y datos de velocidad de corte- avance). Salvo el material que en este caso fue Cold Rolled.

TABLA 4-3 DESBASTE REALIZADO EN TORNO USANDO COMO MATERIAL COLD ROLLED

No. Pieza	Vc m/min	N (rpm)	f (mm/rev)
11	40	500	0.25
31	48	600	0.330
21	64	800	0.3
33	64	800	0.40
12	80	1000	0.275
32	80	1000	0.50
22	96	1200	0.35
13	128	1600	0.30
23	128	1600	0.40
24	160	2000	0.425
14	175	2200	0.325

Para esta parte experimental se excedió la capacidad de corte que nos permite la sujeción, lo cual genero que la pieza de trabajo se deslizara hacia el interior del chuck.

Para las pruebas en latón, también se trabajo con los mismos parámetros, salvo diferentes Velocidades de Corte y Avance.

TABLA 4-4 DESBASTE REALIZADO EN TORNO USANDO COMO MATERIAL LATÓN

No. Pieza	Vc m/min	N (rpm)	f (mm/rev)
9	52	650	0.4
10	52	650	0.45
1	60	750	0.4
5	60	750	0.43
11	60	750	0.55
4	72	900	0.15
6	80	1000	0.45
12	80	1000	0.65
2	100	1250	0.4
7	100	1250	0.5
3	140	1750	0.45
8	140	1750	0.6

4.1.2 OPERACIONES DE ACABADO REALIZADAS EN EL TORNO

En la tabla 4-5 se presentan los parámetros de corte probados en el torno de control numérico (EMCO-TURN 242), en donde se mantiene constante la profundidad de corte (t), el diámetro de la pieza, la herramienta, el inserto y la aplicación de fluido de corte en cada uno de los eventos.

CONDICIONES DE TRABAJO

t = 0.2 mm

d = 25.4 mm (1")

Vc = variable

f = variable

Herramienta de corte de Carburo de Silicio

Fluido de corte (aceite mineral)

Para los tres eventos sucesivos se aplican las mismas condiciones de trabajo, es decir, para Aluminio, Cold Rolled y Latón.

TABLA 4-5 ACABADO REALIZADO EN TORNO USANDO COMO MATERIAL ALUMINIO

No. Pieza	Vc (m/min)	N (rpm)	f (mm/rev)
18	104	1300	0.1
17	108	1350	0.1
16	112	1400	0.1
15	116	1450	0.1
12	120	1500	0.05
8	120	1500	0.1
7	120	1500	0.2
5	120	1500	0.3
4	120	1500	0.4
1	120	1500	0.5
3	120	1500	0.5
10	128	1600	0.1
14	132	1650	0.1
13	136	1700	0.1
11	160	2000	0.1
6	160	2000	0.3
2	200	2500	0.5

TABLA 4-6 ACABADO REALIZADO EN TORNO USANDO COMO MATERIAL COLD ROLLED

No. Pieza	Vc m/min	N (rpm)	f (mm/rev)
001	112	1400	0.10
00	120	1500	0.10
01	150	1880	0.10
05	150	1880	0.20
09	150	1880	0.30
02	160	2000	0.10
06	160	2000	0.20
010	160	2000	0.30
03	200	2500	0.10
07	200	2500	0.20
011	200	2500	0.30
04	230	2880	0.10
08	230	2880	0.20
012	230	2880	0.30
016	279	3500	0.07
014	279	3500	0.10
015	279	3500	0.20
013	279	3500	0.30

TABLA 4-7 ACABADO REALIZADO EN TORNO USANDO COMO MATERIAL LATÓN

No. Pieza	Vc m/min	N (rpm)	f (mm/rev)
08	64	800	0.085
071	112	1400	0.1
010	120	1500	0.07
07	120	1500	0.1
09	120	1500	0.15
070	128	1600	0.1
01	230	2880	0.1
02	280	3500	0.1

4.1.3 DESBASTE REALIZADO EN FRESADORA

En la tabla 4-8 se presentan los parámetros de corte probados en el centro de maquinado (EMCO-VMC 300), en donde se mantiene constante la profundidad de corte (t), el diámetro de la herramienta, la herramienta, el inserto y la aplicación de fluido de corte en cada uno de los eventos.

CONDICIONES DE TRABAJO

- $t = 6$ mm
- $\phi H = 25.4$ mm (1")
- $V_c =$ variable
- $f =$ variable
- Insertos de Carburo de Silicio
- Fluido de corte (aceite mineral)

Los tres eventos desarrollados en desbaste, se realizaron bajo las mismas condiciones salvo el material empleado.

TABLA 4-8 DESBASTE REALIZADO EN FRESADORA USANDO COMO MATERIAL ALUMINIO

No. Pieza	V_c m/min	N (rpm)	f (mm/rev)	Observaciones
1	120	1500	0.5	
2	120	1500	0.6	
3	120	1500	0.7	
4	160	2000	0.5	
5	160	2000	0.6	
6	160	2000	0.7	
7	160	2000	0.8	Se atasco la herramienta
8	200	2500	0.5	
9	200	2500	0.6	
10	200	2500	0.7	
11	240	3000	0.5	
12	240	3000	0.6	
13	240	3000	0.7	

TABLA 4-9 DESBASTE REALIZADO EN FRESADORA USANDO COMO MATERIAL COLD ROLLED

No. Pieza	Vc (m/min)	N (rpm)	f (mm/rev)	Observaciones
1	45.5	570	0.36	Vibra - máquina
3	60	750	0.3	
6	80	1000	0.3	
8	80	1000	0.45	
9	100	1250	0.3	
10	100	1250	0.4	
12	120	1500	0.36	
13	120	1500	0.45	

TABLA 4-10 DESBASTE REALIZADO EN FRESADORA USANDO COMO MATERIAL LATÓN

No. Pieza	Vc m/min	N (rpm)	f (mm/rev)
2	40	500	0.3
1	60	750	0.3
5	80	1000	0.4
3	100	1250	0.35
6	100	1250	0.5
7	100	1250	0.6
4	120	1500	0.4
8	120	1500	0.6

4.1.4 OPERACIONES DE ACABADO EN FRESADORA

En la tabla 4-11 se presentan los parámetros de corte probados en el centro de maquinado de control numérico (EMCO-VMC 300), en donde se mantiene constante la profundidad de corte (t), el diámetro de la herramienta, la herramienta, el inserto y la aplicación de fluido de corte en cada uno de los eventos.

CONDICIONES DE TRABAJO

- t = 1 mm
- φH = 25.4 mm (1")
- Vc = variable
- f = variable
- Insertos de corte de Carburo de Silicio
- Fluido de corte (aceite mineral)

En los tres eventos sucesivos se aplican las mismas condiciones de trabajo, para Aluminio, Cold Rolled y Latón.

TABLA 4-11 ACABADO REALIZADO EN FRESADORA USANDO COMO MATERIAL ALUMINIO

No. Pieza	Vc m/min	N (rpm)	f (mm/rev)
1	120	1500	0.075
4	120	1500	0.075
2	120	1500	0.15
5	160	2000	0.075
6	160	2000	0.1
3	160	2000	0.15
8	200	2500	0.075
7	200	2500	0.1
9	200	2500	0.15
11	240	3000	0.075
12	240	3000	0.1
10	240	3000	0.15

TABLA 4-12 ACABADO REALIZADO EN FRESADORA USANDO COMO MATERIAL COLD ROLLED

No. Pieza	Vc m/min	N (rpm)	f (mm/rev)
1	100	1250	0.075
2	100	1250	0.1
7	120	1500	0.075
3	120	1500	0.1
4	120	1500	0.15
5	160	2000	0.1
6	200	2500	0.1

TABLA 4-13 ACABADO REALIZADO EN FRESADORA USANDO COMO MATERIAL LATÓN

No. Pieza	Vc m/min	N (rpm)	f (mm/rev)
1	120	1500	0.075
2	120	1500	0.15
3	160	2000	0.1
4	160	2000	0.15
5	200	2500	0.075
6	200	2500	0.1
7	200	2500	0.15
8	240	3000	0.075
9	240	3000	0.1
10	240	3000	0.15

EVALUACIÓN DE RUGOSIDAD.

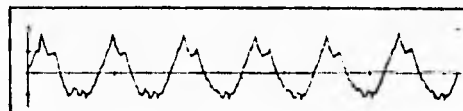
Una vez que se realizaron los maquinados de desbaste y acabado en aluminio, cold rolled y latón en el torno (TURN 242) y centro de maquinado (VMC 300), se evaluó el acabado superficial de las piezas realizando la prueba de rugosidad. De esta manera se determinan los mejores acabados. La evaluación de este parámetro nos permite determinar cuales fueron los mejores resultados durante las operaciones de desbaste y acabado, es decir, que para la zona de desbaste lo ideal es obtener un rayado uniforme, esto implica que la gráfica de rugosidad presente una serie de crestas y valles uniformes. Para el acabado lo ideal es que la gráfica de rugosidad tienda a una línea recta. El ensayo de rugosidad se explica con más detalle en las siguientes líneas.

Rugosidad. Toda superficie al verla microscópicamente presentara irregularidades que se originan durante el proceso de fabricación, a esto se le llama rugosidad.

Para determinar la rugosidad máxima (Rmax) se apoyo en normas internacionales [DIN]. Considerandose la altura máxima de un pico a un valle dentro de la longitud evaluada.

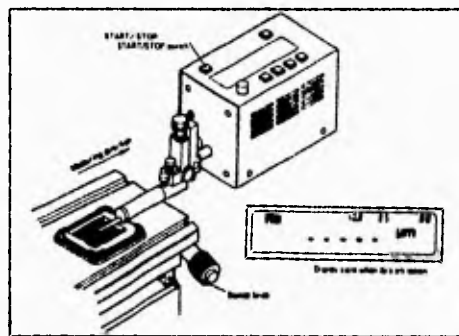
Un ejemplo de evaluación de rugosidad máxima (Rmax) se presenta a continuación.

MITUTOYO SURF-TEST
 Material Cold Rolled
 Operación Desbaste
 Maquinado Fresado
 Rango 25 Micras
 Rmax 15.7 Micras



El equipo empleado para evaluar la rugosidad es un rugosímetro, Mitutoyo Surf-test 402 y cuenta con analizador de datos. El cual emplea un palpador de diamante con un radio de punta de $10\ \mu\text{m}$, la longitud de muestreo es de $1.25\ \text{mm}$ y cuenta con tres escalas de evaluación ($10, 50, 250\ \mu\text{m}$).

La siguiente ilustración muestra el equipo de rugosidad empleado.



A continuación se presenta en las tablas de la 4-14 a 4-17 las evaluaciones de rugosidad en las piezas obtenidas en torno y centro de maquinado para desbaste y acabado.

TABLA 4-14 EVALUACIÓN DE RUGOSIDAD EN TORNO-DESBASTE

ALUMINIO		COLD ROLLED		LATÓN	
No. de pieza	Rugosidad (μm)	No. de pieza	Rugosidad (μm)	No. de pieza	Rugosidad (μm)
121	21.4	11	15	1	18.8
12	12	12	9	2	20
123	24	13	12	3	15.2
124	17.2	14	11	4	5.6
125	16.4	21	11	5	15.2
126	16.6	22	12	6	18.6
127	25.4	23	11	7	20
128	26	24	15	8	18.6
129	24	31	9	9	12.6
		32	20	10	18
		33	12	11	19.6
				12	30

TABLA 4-15 EVALUACIÓN DE RUGOSIDAD EN TORNO-ACABADO

ALUMINIO		COLD ROLLED		LATÓN	
No. de pieza	Rugosidad (μm)	No. de pieza	Rugosidad (μm)	No. de pieza	Rugosidad (μm)
1	24	00	10	01	15.8
2	25	001	11.8	02	15.6
3	21	01	11.8	07	5.8
4	16	02	20	070	6.8
5	10	03	6	071	6.5
6	10	04	3.2	08	6.4
7	5	05	12.8	09	8.6
8	4	06	7	010	9.8
10	4	07	3.8		
11	12	08	3.2		
12	7	09	6		
13	6-18	010	6.6		
14	5	011	7		
15	5	012	7		
16	5	013	7.2		
17	4	014	2.4		
18	5	015	3.8		
		016	5.4		

TABLA 4-16 EVALUACIÓN DE RUGOSIDAD EN FRESADORA-DESBASTE

ALUMINIO		COLD ROLLED		LATÓN	
No. de pieza	Rugosidad (μm)	No. de pieza	Rugosidad (μm)	No. de pieza	Rugosidad (μm)
1	11	1	12	1	8
2	10	3	7.2	2	16.6
3	9	6	5.4	3	8.4
4	7.6	8	11.2	4	4.2
5	5.8	9	4.6	5	9.4
6	9.8	10	10	6	13.4
7	7.6	12	5	7	13.4
8	6	13	4.8	8	10.6
10	6				
11	7				
12	5				
13	9				

TABLA 4-17 EVALUACIÓN DE RUGOSIDAD EN FRESADORA-ACABADO

ALUMINIO		COLD ROLLED		LATÓN	
No. de pieza	Rugosidad (μm)	No. de pieza	Rugosidad (μm)	No. de pieza	Rugosidad (μm)
1	1.4	1	7	1	2
2	1.2	2	6	2	2.4
3	1.2	3	2.4	3	2
4	1.2	4	2.4	4	2.6
5	1.2	5	5.4	5	1.6
6	1.2	6	9	6	1.3
7	1.7	7	2	7	1.6
8	1.4			8	1
9	2			9	1.2
10	1.4			10	1
11	1.2				
12	1.4				

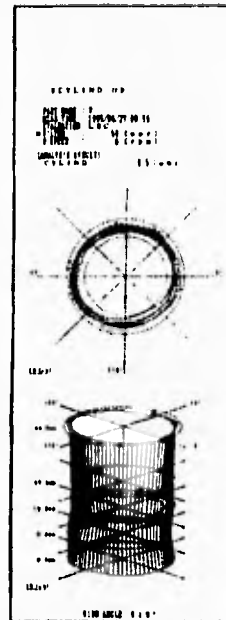
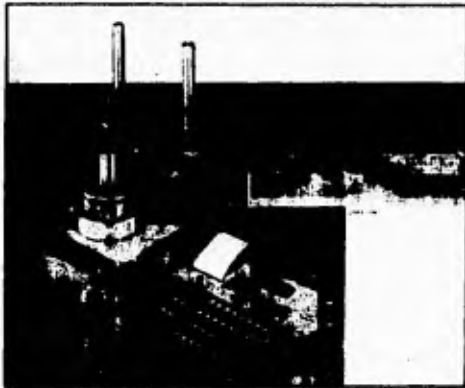
EVALUACIÓN DE CILINDRICIDAD

El ensayo de cilindridad se efectuó en las piezas que presentaron menor rugosidad durante el proceso de acabado en el torno.

Cilindridad. La superficie considerada estará contenida entre dos cilindros concéntricos separados una distancia, la cual toma el valor del error de forma de dicha superficie.

La cilindridad nos indica que precisión se puede alcanzar en la máquina. Este error se presenta en máquinas cuyas guías están desalineadas o que han estado expuestas a condiciones de trabajo excesivo.





A continuación se presenta la tabla 4-18 a donde se reporta la evaluación de cilindridad para todos los materiales.

TABLA 4-18 EVALUACIÓN DE CILINDRICIDAD EN TORNO-ACABADO

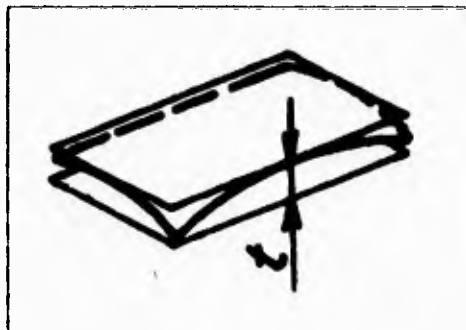
ALUMINIO		COLD ROLLED		LATÓN	
No. de pieza	Cilindridad (μm)	No. de pieza	Cilindridad (μm)	No. de pieza	Cilindridad (μm)
7	9.5	07	7.1		
8	7.2	08	7.1		
10	5.8	010	6.5		
14	7.7	015	6.8		
17	6.9				

Nota: Las pruebas de cilindridad en latón, no se realizaron por no tener acceso al equipo.

EVALUACIÓN DE PLANICIDAD

La planicidad se evaluó en las piezas que fueron obtenidas por el proceso de desbaste y acabado en el centro de maquinado (VMC 300).

Planicidad. Es la superficie que estará contenida entre dos planos paralelos separados una distancia, la cual toma el valor de los puntos más altos a los puntos más bajos.



La planicidad solo nos indica que precisión se puede alcanzar en la máquina, dado que esta medición depende de varios parámetros que influyen en la planicidad, como serían los filos de la herramienta, esto es que un filo este más alto que otro y por lo tanto un inserto este cortando más que otro, o que la herramienta este vibrando, esto es que no gire en un eje perpendicular a la pieza de trabajo.



En las tablas 4-19 y 4-20 se presenta la evaluación de planicidad en desbaste y acabado.

TABLA 4-19 EVALUACIÓN DE PLANICIDAD EN FRESADO-DESBASTE

ALUMINIO		COLD ROLLED		LATÓN	
No. de pieza	Planicidad (μm)	No. de pieza	Planicidad (μm)	No. de pieza	Planicidad (μm)
1	19.8	1	83.1	1	33
2	31.1	3	39.7	2	35.4
3	44.5	6	44.8	3	15
4	33.6	8	49.3	4	18.7
5	33.6	9	25.6	5	25.8
6	32.1	10	34.1	6	25.8
7	96.7	12	32.1	7	35.1
8	22.6	13	29.2	8	39.6
9	27.6				
10	42.9				
11	16.1				
12	19.8				
13	22.8				

TABLA 4-20 EVALUACIÓN DE PLANICIDAD EN FRESADORA-ACABADO

ALUMINIO		COLD ROLLED		LATÓN	
No. de pieza	Planicidad (μm)	No. de pieza	Planicidad (μm)	No. de pieza	Planicidad (μm)
1	7.5	1	5.8	1	17.8
2	11.2	2	4	2	21.7
3	7.38	3	3.3	3	40.8
4	8.2	4	5.1	4	16.7
5	15.9	5	6.4	5	19
6	13.3	6	4.9	6	8
7	10.1	7	7.1	7	15.4
8	10.7			8	29
9	7.8			9	27.5
10	25.7			10	17.8
11	20.4				
12	17.2				

Capítulo 5

Análisis de Resultados



5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 RESULTADOS PARA DESBASTE Y ACABADO EN TORNO

Una vez realizadas las pruebas en torno, para desbaste y acabado, presentadas en el Capítulo 4 se procedió a realizar una depuración de datos, tomando en cuenta la rugosidad que presentaba cada pieza, escogiendo las piezas que presentaron un rayado uniforme y una rugosidad periódica.

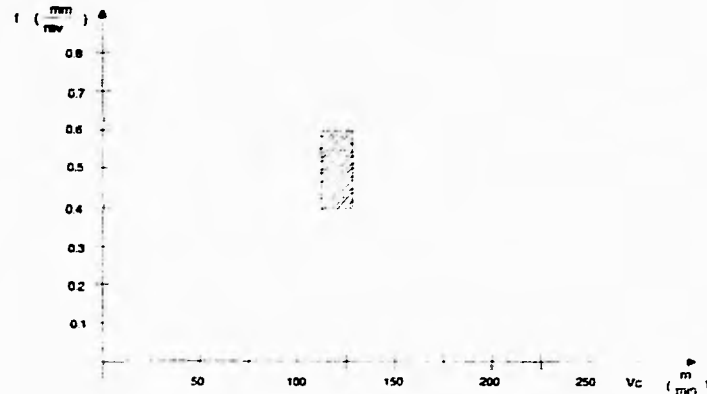
En la tabla 5.1.1 se muestran los parámetros de corte que presentaron uniformidad en el rayado de la pieza durante el proceso de desbaste en torno. Así mismo en la gráfica 5.1.1 se presentan los puntos correspondientes a V_c y f en donde la zona sombreada corresponde al área de maquinado óptimo a su vez los puntos que se encuentran fuera de esta zona corresponden a pruebas realizadas en las que se obtuvo un acabado no adecuado. En la realización de esta prueba se empleó como material de trabajo Aluminio, con un diámetro de 25.4 mm (1"), siendo la herramienta de carburo de tungsteno con recubrimiento de óxido de aluminio.

NOTA Es importante tomar en cuenta que el registro de revoluciones por minuto de la tabla 5.1.1. son aplicables para un diámetro de una pulgada, es decir si se modifica el diámetro de la pieza (d) se altera el número de revoluciones.

$$N=320 \frac{V_c}{d} \dots\dots\dots (rpm)$$

TABLA Y GRAFICA 5.1.1 DESBASTE ÓPTIMO EN ALUMINIO (TORNO)

Vc m/min	N (rpm)	f (mm/rev)	Rugosidad Rmax (μm)
112	1400	0.4	17.2
120	1500	0.4	16.4
120	1500	0.5	12
128	1600	0.4	16.6



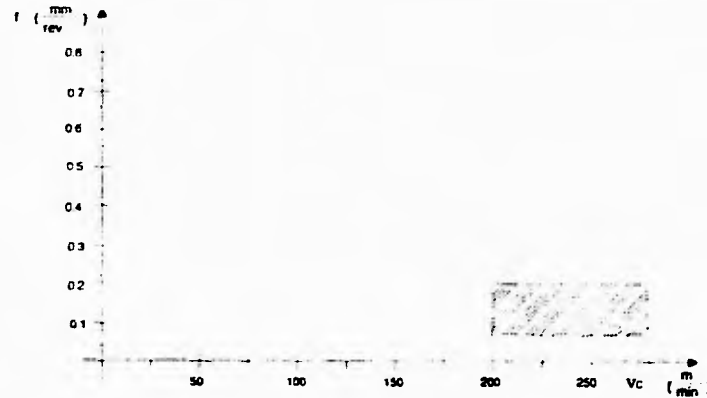
ANÁLISIS DE LA GRÁFICA 5.1.1 En esta gráfica podemos observar que la zona sombreada es comprendida entre un avance de 0.4 a 0.6 (mm/rev) y una velocidad de corte de 112 a 128 (m/min), en dicha zona se obtiene un rayado uniforme debido a que se utilizaron los parámetros de corte adecuados, esto se comprobó mediante las pruebas de rugosidad. Así mismo en esta zona de maquinado se obtuvieron rebabas en forma de cairel, esta forma es ideal por su fácil desalojo y no lastima la pieza de trabajo.

En la parte superior de la zona sombreada de la gráfica se tiene altas velocidades de corte y grandes avances, en esta zona se genera una deformación en la pieza de trabajo, por lo que no se recomienda trabajar en esta parte de la gráfica. Trabajando en la parte inferior de la gráfica con bajas velocidades de corte el torno falla, debido a que presenta una falta de coordinación entre el husillo (chuck) y los ejes de desplazamiento.

TABLA Y GRAFICA 5.1.2 DESBASTE ÓPTIMO EN COLD ROLLED (TORNO)

En esta parte experimental se presentaron varios problemas, que afectaron considerablemente los resultados obtenidos. Uno de ellos fue el sistema de sujeción del equipo (chuck o boquilla), este sistema tiene un apriete de 1.5 bar. Cuando se maquinó con grandes profundidades de corte, la fuerza de corte sobrepasó a la fuerza de apriete, y la pieza se introdujo en el interior del chuck, deformando la pieza de trabajo.

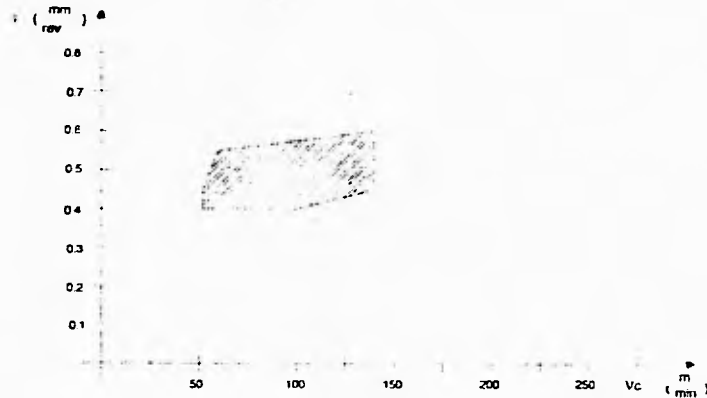
Vc m/min	N (rpm)	f (mm/rev)	Rugosidad Rmax (μm)
64	800	0.3	11
64	800	0.40	12
96	1200	0.35	12
128	1600	0.30	12
128	1600	0.40	11



ANÁLISIS DE LA GRÁFICA 5.1.2 Para el desbaste en torno con material de cold rolled, la zona obtenida con mejores resultados se encuentra dentro de los rangos de: velocidad de corte de 64 - 128 m/min y avance de 0.3 - 0.4 mm/rev, es decir, que al analizar el acabado de la pieza presentará un rayado uniforme y sin deformación en la cilindridad de la pieza, de esta manera se descartaron los eventos que no satisfacían las características necesarias.

TABLA Y GRAFICA 5.1.3 DESBASTE ÓPTIMO EN LATÓN (TORNO)

Vc m/min	N (rpm)	f (mm/rev)	Rugosidad Rmax (μm)
52	650	0.4	12.6
52	650	0.45	18
60	750	0.4	18.8
60	750	0.43	15.2
60	750	0.55	19.6
72	900	0.15	5.6
80	1000	0.45	18.6
100	1250	0.4	20
100	1250	0.5	20
140	1750	0.45	15.2
140	1750	0.6	18.6

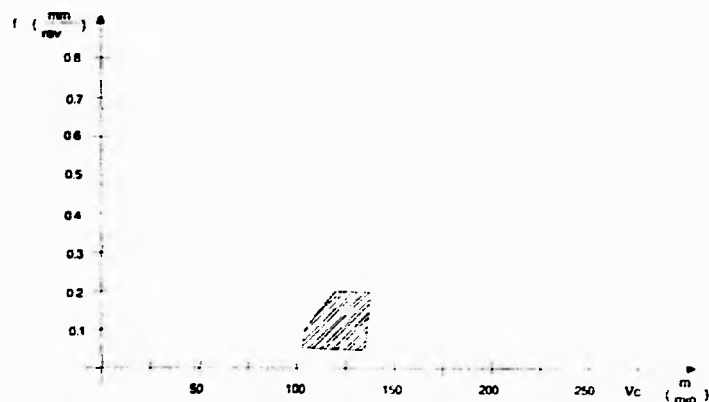


ANÁLISIS DE LA GRÁFICA 5.1.3 En esta gráfica podemos observar que la zona sombreada es comprendida entre un avance de 0.4 a 0.6 (mm/rev) y una velocidad de corte de 52 a 140 (m/min), en dicha zona se obtiene un rayado uniforme debido a que se utilizaron los parámetros de corte adecuados, esto se comprobó mediante la prueba de rugosidad. En todo el maquinado se obtuvieron rebabas muy pequeñas en forma de astillas, esta forma de rebaba es de fácil desalojo y no lastima la pieza de trabajo.

Este material es de muy fácil maquinado, por lo que no presenta muchos problemas al elegir los parámetros de corte.

TABLA Y GRAFICA 5.1.4 ACABADO ÓPTIMO EN ALUMINIO (TORNO)

Vc m/min	N (rpm)	f (mm/rev)	Cil. (μm)	Rmax (μm)
104	1300	0.1		5
108	1350	0.1	6.9	4
112	1400	0.1		5
116	1450	0.1		5
120	1500	0.05		7
120	1500	0.1	7.2	4
120	1500	0.2	9.5	5
128	1600	0.1	5.8	4
132	1650	0.1	7.7	5

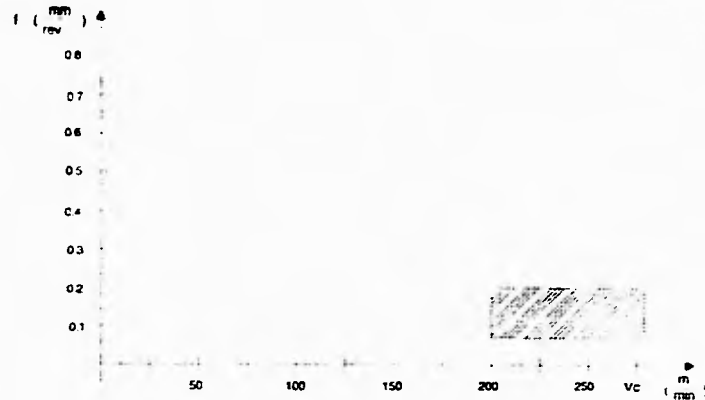


ANÁLISIS DE LA GRÁFICA 5.1.4 En esta gráfica podemos observar que la zona sombreada esta comprendida entre un avance de 0.05 a 0.2 (mm/rev) y una velocidad de corte de 104 a 132 (m/min), en dicha zona se obtiene un acabado uniforme debido a que se utilizaron los parámetros de corte adecuados, esto se comprobó mediante la prueba de rugosidad.

En ciertas pruebas en donde se introdujeron avances altos, la rugosidad se elevo en más de 7 μm , descartando estas pruebas.

TABLA Y GRAFICA 5.1.5 ACABADO ÓPTIMO EN COLD ROLLED (TORNO)

Vc m/min	N (rpm)	f (mm/rev)	Cil. (μm)	Rmax (μm)
200	2500	0.10		6
200	2500	0.20	7.1	3.8
230	2880	0.10		3.2
230	2880	0.20	7.1	3.2
279	3500	0.07		5.4
279	3500	0.10		2.4
279	3500	0.20	6.8	3.8



ANÁLISIS DE LA GRÁFICA 5.1.5 En esta gráfica podemos observar que la zona sombreada esta comprendida entre un avance de 0.07 - 0.2 (mm/rev) y una velocidad de corte de 150 - 279 (m/min), en dicha zona se obtiene un acabado uniforme debido a que se utilizaron los parámetros de corte adecuados, esto se comprobó mediante la prueba de rugosidad.

Por otra parte se realizaron pruebas con una velocidad de corte comprendida dentro del rango óptimo, pero se dio un avance alto y por esta razón los valores de rugosidad se elevaron demasiado, por el contrario se dieron velocidades de corte bajas y se alteraron los valores de rugosidad.

TABLA Y GRAFICA 5.1.6 ACABADO ÓPTIMO EN LATÓN (TORNO)

Vc m/min	N (rpm)	f (mm/rev)	Rmax (μm)
64	800	0.085	6.4
112	1400	0.1	6.5
120	1500	0.1	5.8
120	1500	0.15	8.6
128	1600	0.1	6.8



ANÁLISIS DE LA GRÁFICA 5.1.6 En esta gráfica podemos observar que la zona sombreada está comprendida entre un avance de 0.085 - 0.15 (mm/rev) y una velocidad de corte de 64 - 128 (m/min), en dicha zona se obtiene un acabado uniforme debido a que se utilizaron los parámetros de corte adecuados, esto se comprobó mediante la prueba de rugosidad.

En esta gráfica fue una excepción, por que el buen acabado se obtuvo en una velocidad de corte baja, contrario a lo se espera en este proceso. En este maquinado se producía un sonido a bajas velocidades de corte, lo cual se corregía con aumentar la velocidad.

5.2 RESULTADOS PARA DESBASTE Y ACABADO EN FRESADORA

Una vez realizadas las pruebas en el centro de maquinado, en desbaste y acabado, presentadas en el capítulo 4 se realizó una depuración de datos, tomando en cuenta el acabado de cada pieza (rugosidad y planicidad), de esta manera se seleccionaron los datos presentados en las siguientes tablas.

En la tabla 5.2.1 se muestran los parámetros de corte que presentaron mejor acabado en el proceso de desbaste en el centro de maquinado. Así mismo en la gráfica 5.2.1 se presentan los puntos correspondientes a V_c y f en donde la zona sombreada corresponde al área de maquinado óptimo a su vez los puntos que se encuentran fuera de esta zona corresponden a pruebas realizadas en las que se obtuvo un acabado no adecuado. En la realización de esta prueba se empleó como material de trabajo Aluminio, con un diámetro de 25.4 mm (1"), siendo la herramienta de carburo de tungsteno con recubrimiento de nitruro de titanio.

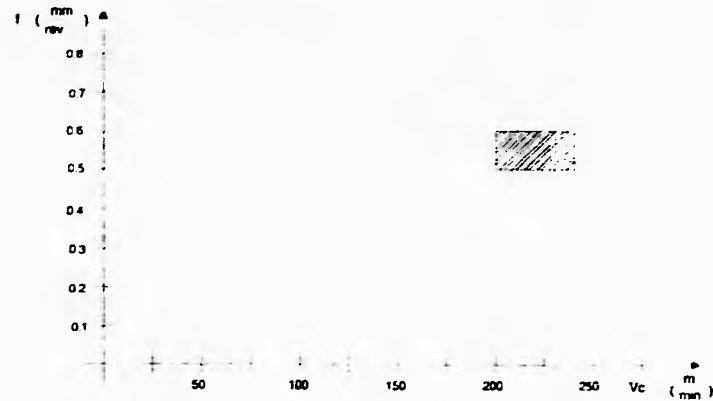
Bajo estas condiciones se trabajó en el resto de las tablas excepto en el material de la pieza de trabajo, ya que este fue cambiando

NOTA. Es importante tomar en cuenta que el registro de revoluciones por minuto de todas las tablas, son aplicables para una herramienta de un diámetro de una pulgada, es decir si se modifica el diámetro de la Herramienta (d) se altera el número de revoluciones.

$$N=320 \frac{V_c}{d} \dots\dots\dots (rpm)$$

TABLA Y GRAFICA 5.2.1 DESBASTE ÓPTIMO EN ALUMINIO (FRESA)

Vc m/min	N (rpm)	f (mm/rev)	Plan. (μm)	Rmax (μm)
200	2500	0.5	22.6	6.0
200	2500	0.6	27.6	6.0
240	3000	0.5	16.1	7.0
240	3000	0.6	19.8	5.0

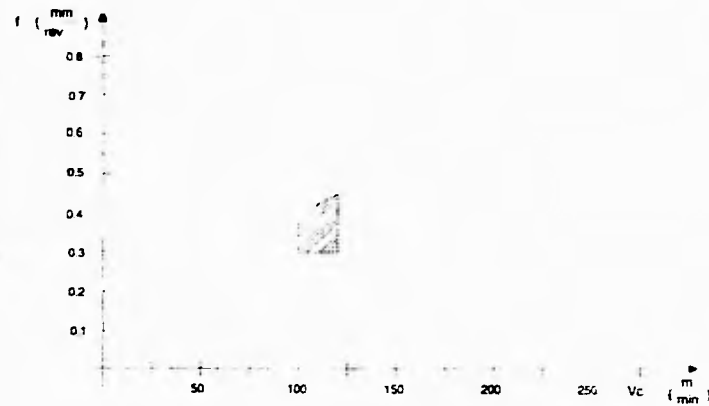


ANÁLISIS DE LA GRÁFICA 5.2.1 En esta gráfica podemos observar que la zona sombreada esta comprendida entre un avance de 0.5 a 0.6 (mm/rev) y una velocidad de corte de 200 a 240 (m/min), en dicha zona se obtuvo un rayado uniforme debido a la utilización de los parámetros de corte adecuados, esto se constato al evaluar la rugosidad de cada pieza. En esta área sombreada se obtiene una rebaba en forma de coma.

Para un desbaste es recomendable altos avances y velocidades bajas, en esta prueba se obtuvo un resultado diferente, ya que se alcanzaron altas velocidades de corte; lo cual sale de lo ordinario, incluso dichas velocidades superan a las utilizadas en acabado.

TABLA Y GRAFICA 5.2.2 DESBASTE ÓPTIMO EN COLD ROLLED (FRESA)

Vc m/min	N (rpm)	f (mm/rev)	Plan. (μm)	Rmax (μm)
100	1250	0.3	25.6	4.6
100	1250	0.4	34.1	10.0
120	1500	0.36	32.1	5.0
120	1500	0.45	29.2	4.8

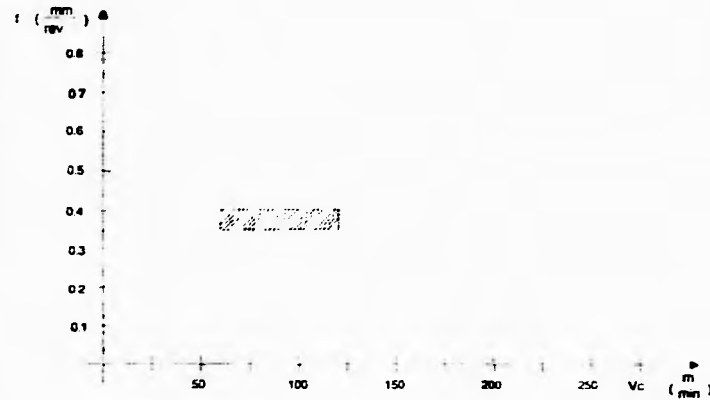


ANÁLISIS DE LA GRÁFICA 5.2.2 En esta gráfica podemos observar que la zona sombreada esta comprendida entre un avance de 0.3 a 0.45 (mm/rev) y una velocidad de corte de 100 a 120 (m/min).

En esta parte experimental el equipo presento vibraciones al maquinarse, esto se debió a la profundidad de corte, al sistema de sujeción que es inadecuado y principalmente a la estabilidad y robustez de la máquina; este mismo fenómeno se presenta a bajas revoluciones.

TABLA Y GRAFICA 5.2.3 DESBASTE ÓPTIMO EN LATÓN (PRESA)

Vc m/min	N (rpm)	f (mm/rev)	Plan. (μm)	Rmax (μm)
80	1000	0.35	21	8.5
80	1000	0.4	25.8	9.4
100	1250	0.35	15	8.4
120	1500	0.4	18.7	4.2

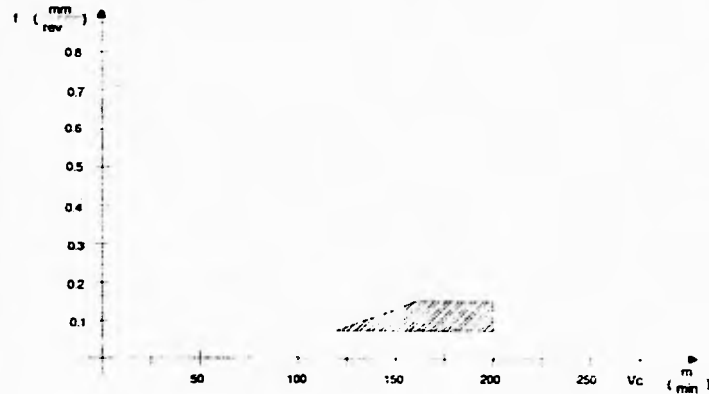


ANÁLISIS DE LA GRÁFICA 5.2.3 En esta gráfica podemos observar que la zona sombreada esta comprendida entre un avance de 0.35 a 0.4 (mm/rev) y una velocidad de corte de 80 a 120 (m/min),

La gráfica nos presenta un área la cual esta comprendida en avances(f) medianos y velocidades de corte (Vc) bajas que es lo ideal para desbaste.

TABLA Y GRAFICA 5.2.4 ACABADO ÓPTIMO EN ALUMINIO (FRESA)

Vc m/min	N (rpm)	f (mm/rev)	Plan. (μm)	Rmax (μm)
120	1500	0.075	7.5	1.4
120	1500	0.075	8.2	1.2
160	2000	0.15	7.38	1.2
200	2500	0.075	10.7	1.4
200	2500	0.1	10.1	1.7
200	2500	0.15	7.8	2.0

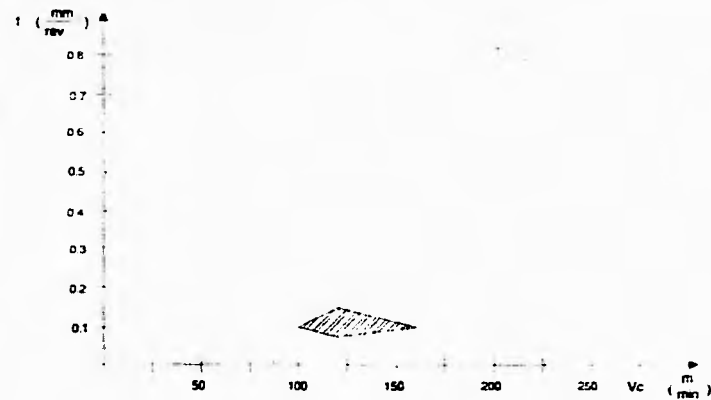


ANÁLISIS DE LA GRÁFICA 5.2.4 En esta gráfica podemos observar que la zona sombreada esta comprendida entre un avance de 0.075 a 0.15 (mm/rev) y una velocidad de corte de 120 a 200 (m/min).

En la gráfica se observa una recta ascendente en las velocidades de 120 a 150, esto nos indica que al aumentar de velocidad se puede aumentar el avance, conservando un buen acabado superficial.

TABLA Y GRAFICA 5.2.5 ACABADO ÓPTIMO EN COLD ROLLED (FRESA)

Vc m/min	N (rpm)	f (mm/rev)	Plan. (μm)	Rmax (μm)
100	1250	0.1	4.0	6.0
120	1500	0.075	7.1	2.0
120	1500	0.1	3.3	2.4
120	1500	0.15	5.1	2.4
160	2000	0.1	6.4	5.4

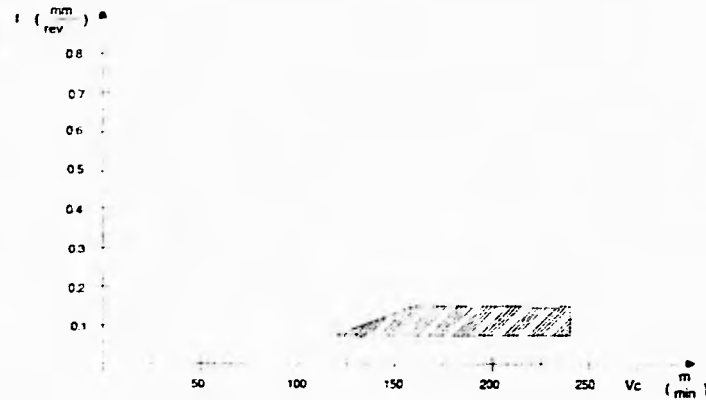


ANÁLISIS DE LA GRÁFICA 5.2.5 En esta gráfica podemos observar que la zona sombreada esta comprendida entre un avance de 0.075 a 0.15 (mm/rev) y una velocidad de corte de 100 a 160 (m/min).

En estos eventos de acabado en fresadora la mejor planicidad se obtuvo en este material, en ello ayudo su dureza. Como observamos en la gráfica los mejores acabados se dan a una velocidad de corte de 120 (m/min), formando una línea vertical, al moverse de esta velocidad se observa que la rugosidad disminuye. Al maquinarse aluminio los insertos pierden el recubrimiento de nitruro de titanio.

TABLA Y GRAFICA 5.2.6 ACABADO ÓPTIMO EN LATÓN (FRESA)

Vc m/min	N (rpm)	f (mm/rev)	Plan. (μm)	Rmax (μm)
120	1500	0.075	17.8	2.0
160	2000	0.15	16.7	2.6
200	2500	0.075	19.0	1.6
200	2500	0.1	8.0	1.3
200	2500	0.15	15.4	1.6
240	3000	0.15	17.8	1.8



ANÁLISIS DE LA GRÁFICA 5.2.6 En esta gráfica podemos observar que la zona sombreada está comprendida entre un avance de 0.075 a 0.15 (mm/rev) y una velocidad de corte de 120 a 240 (m/min).

En esta gráfica se observa una rampa la cual empieza con una velocidad de 120 a 160 m/min lo cual nos indica que conforme aumenta la velocidad de corte aumenta el avance.

Conclusiones

CONCLUSIONES

Basados en el estudio realizado en este trabajo en el que se estableció como objetivo primordial determinar los parámetros óptimos de corte para materiales de uso común en actividades de docencia, mediante el empleo del equipo de control numérico que se encuentra en los talleres de Ingeniería Mecánica (FI); se establecen las siguientes conclusiones.

- Un factor muy importante para obtener un acabado ideal es contar con un buen sistema de sujeción, el cual impida que vibre o se desprenda la pieza al maquinarse.

- Apoyándonos en las pruebas desarrolladas de desbaste en torno y fresa se concluye que los sistemas de sujeción presentan deficiencia, es por ello que se propone que se refuercen o de ser posible sean sustituidos por sistemas de mayor capacidad y así tener la posibilidad de ejecutar pruebas con mayor profundidad de corte.

- Al evaluar la cilindridad y planicidad en las piezas producidas con las máquinas de Control Numérico se determinó que es buena; puesto que se considera un buen rango de cilindridad en torno de 4 a 8 μm y la planicidad en fresa de 3 a 7 μm . Siendo estos valores los obtenidos en los equipos instalados en los talleres del departamento de Ingeniería Mecánica a pesar del uso a que están expuestos por parte de los alumnos y los impactos que han obtenido en algunos maquinados a causa de errores de programación.

- Los insertos utilizados en el desarrollo experimental no son adecuados para el maquinado de aluminio, por que el recubrimiento que presentan las herramientas es erosionando por la rebaba del material.

- Con base a la experimentación se ha comprobado que los insertos utilizados en los equipos sobrepasan la capacidad de los mismos, pues son usados a un 40% de su capacidad, establecen los fabricantes de estas herramientas nos dicen que sus productos están diseñados para condiciones de trabajo más severos.

- El acabado superficial no depende de la profundidad de corte, por lo que al variar la profundidad y mantener la Velocidad de Corte (V_c) y el Avance (f) constantes debe de obtenerse el mismo acabado. La profundidad de corte solo depende de la potencia de la máquina y de la geometría de la herramienta.

- Los equipos no deben ser operarse a bajas revoluciones (menos de 600 rpm) debido a que presentan fallas, siendo las más comunes: falta de sincronización de los ejes y atascamiento de la herramienta de corte con la pieza de trabajo. Esto es debido al diseño del equipo, el cual fue diseñado para operar a grandes velocidades, tanto de corte como avance.

- Para obtener un buen acabado superficial el avance debe ser menor de 0.2 (mm/rev). Dado que al operar con mayor avance nos produce una rugosidad mayor, notándose en el acabado de la pieza de trabajo (El valor de avance puede variar, logrando un buen acabado superficial cambiando el diseño de la herramienta).

- Partiendo de las pruebas experimentales se determino que los parámetros de corte teóricos sobrepasan a los parámetros de corte permisibles en los equipos de control numérico.

- De los tres materiales usados en este trabajo, el que presento mejores propiedades para ser maquinado fue el Cold Rolled.

- Se constato en cierta medida que el fluido de corte juega un papel muy importante en el maquinado de los metales, ya que conserva y prolonga la vida de la herramienta, proporcionando a su vez un mejor acabado en la pieza de trabajo.

- Los equipos de Control Numérico de los talleres de Ingeniería Mecánica son de gran importancia en la docencia, por que es aquí donde el alumno se enfrenta a problemas más complejos de maquinados similares a las condiciones industriales.

- Una vez expuesto lo anterior concluimos que el trabajo desarrollado cumplió con los objetivos propuestos al inicio de este, de manera satisfactoria.

Bibliografia

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

- METALS HANDBOOK
Ninth Edition
Volume 16
Machining
1989, ASM INTERNATIONAL
Capitulo: Fundamentals of the machining process
Traditional machining process
- PROCESOS Y MATERIALES DE MANUFACTURA PARA INGENIEROS
Laurence E. Doyle
Prentice Hall
Capitulo: 16 Como se cortan los metales
17 Aspectos económicos del corte en metal
18 Torneado
24 Fresado
3ª Edición, 1988
- MAQUINAS Y HERRAMIENTAS PARA CONTROL NUMERICO
Juan González N.
C.E.C.S.A.
1990
Capitulo 16: Tecnologia de fabricación de las máquinas herramientas
con control numerico
- OPERACIÓN MAQUINAS-HERRAMIENTAS
St. Amand
McGraw Hill
Capitulo: 9 Torno mecánico
10 Máquinas fresadoras
Edición 1985

-LA CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES

Donald R. Askeland

Iberoamericana

Definiciones

Edición

-TECNOLOGÍA DE LA FABRICACIÓN

R. L. Timings

Representaciones y Servicios de Ingeniería, S. A.

Capitulo: 6 Cortadores para herramientas

1ª Edición 1985

-DIBUJO INDUSTRIAL

A. Chevalier

UTEHA

Capitulo: 16 Estados superficiales

2ª Edición, 1992

MANUALES

-PRODUCTOS PARA EL MECANIZADO DEL METAL
(HERRAMIENTAS ROTATIVAS Y PLAQUITAS)

Sandvik Coromant

Stibo Graphics

Capitulo: 2 Plaquetas y calidades

3 Fresado

6 Sistemas portaherramientas (sistema VARILOCK)

Edición 1991

-PRODUCTOS PARA EL MECANIZADO DEL METAL
(HERRAMIENTAS DE TORNEAR)

Sandvik Coromant

Stibo Graphics

Capitulo: 2 Torneado en general

5 Cerámicas y CBN

6 Herramientas modulares - BTS

7 Mecanizado pesado

Edición 1994

-METAL WORKING PRODUCTS
(Coromant Capto™ Tool System)

Sandvik Coromant

Stibo Graphics

Turning

Milling

Edición 1993

-SELECCION DE LAS HERRAMIENTAS Y LAS CONDICIONES DE CORTE PARA
TORNEAR

Sandvik Coromant

Stibo Graphics

Definiciones

Edición 1993

-MANUAL SOBRE FRESADO

Sandvik Coromant

Stibo Graphics

Geometrías de corte

Fresas T-Max

Edición 1992

-CNC TECHNOLOGY

MANUAL DE CONTROL NUMERICO

Laboratorio de Manufactura Avanzada

Capitulo: 8.4.1 Point to point control system

8.4.2 Line control system

8.4.3 Trajectory control system

Edición 1993

-SELECTION AND USING METAL-CUTTING FLUIDS

Mobil Oil Corporation

Monitoreo de fluidos de corte

Principios básicos del corte de metales

Selección de los fluidos de corte

Seguridad en los fluidos de corte

Edición 1993

-MANUAL DE VMC-300

EMCO

Principales partes del equipo
características del equipo

Edición 1991

-MANUAL DE MÉTODOS DE FABRICACIÓN METALMECANICA

Sergio A. Villanueva Pineda

A G T

Capitulo: 5 Rugosidad

6 Análisis de fabricación

7 Máquinas herramientas y sujeciones generales

8 Sujeción de piezas maquinadas

3ª Edición, 1987

-PRECISIÓN MEASURING INSTRUMENTS

Mitutoyo

Edición 1994

-MAQUINAS-HERRAMIENTAS (FRESADO)

FPCT (Formación Profesional y Cultura Técnica)

Gustavo Gili S. A.

Fresado

Edición 1989

TESIS

-DESARROLLO DE MATERIALES PARA HERRAMIENTAS DE CORTE

Andrade Ramírez F. J., Márquez Pérez J. A.

Edición 1994