

300617

10  
24



**UNIVERSIDAD LA SALLE**

ESCUOLA DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA  
INCORPORADA A LA U. N. A. M.

**PROYECTO DE MODIFICACION DE UNA MAQUINA RECTIFICADORA  
PARA AUMENTAR LA CAPACIDAD**

**TESIS PROFESIONAL**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
Ingeniero Mecánico Electricista  
P A R T E S E N I A  
**JUAN PAULO ENRIQUEZ MIRANDA**

Asesor de Tesis: Ing. Raúl Morales Farfán  
MEXICO, D. F. 1990.

**PALLA 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 está 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.

## INDICE

### Introducción

#### Capítulo I

1	Conceptos teóricos.	3
1.1	Corte de metales por cuchilla.	3
1.2	Angulos en el maquinado por cuchilla.	5
1.3	Proceso de formación de viruta.	6
1.4	Teoría del mecanizado con abrasivo.	6
1.5	Formación de viruta durante el rectificado.	7
1.5.1	Efecto de la velocidad circunferencial de la rueda.	8
1.6	Sistema básico de fuerzas para la rectificación.	9
1.7	Principios teóricos de rectificado sin centros.	11
1.7.1	Rectificado a tope.	15
1.7.2	Rectificado a través.	17
1.7.3	Diamantado de la rueda de control.	17
1.7.4	Cuchilla de soporte.	19

#### Capítulo II

2	Abrasivos.	25
2.1	Historia del uso de abrasivos.	25
2.2	Abrasivos naturales.	26
2.2.1	Corindón natural.	26
2.2.2	Cuarzo.	27
2.2.3	Diamante natural.	27
2.2.4	Galésril.	27
2.2.5	Granate.	27
2.3	Abrasivos artificiales.	28
2.3.1	Carburo de silicio.	28
2.3.2	Oxido de aluminio.	29
2.3.3	Carburo de boro.	29
2.3.4	Diamante artificial.	29
2.4	Dureza y su medición.	31
2.5	Obtención de los abrasivos.	34
2.5.1	Carburo de silicio	34

2.5.2	Oxido de aluminio.	37
2.6	Propiedades físicas y químicas.	38
2.7	Uso de los abrasivos.	40
2.8	Especificación de rueda abrasiva.	40
2.9	Factores que afectan a la selección del disco abrasivo.	45
2.9.1	Material.	45
2.9.2	Cantidad de material y acabado superficial.	46
2.9.3	Refrigerante.	46
2.9.4	Velocidad.	46
2.9.5	Area de contacto.	46

### Capítulo III

3	Condiciones actuales.	47
3.1	Rectificado sin centros.	47
3.2	Ubicación en el proceso.	48
3.3	Características de la rectificadora.	49
3.3.1	Velocidad de rueda de corte.	50
3.3.2	Velocidad de rueda de control.	50
3.3.3	Velocidad de la pieza en proceso.	50
3.3.4	Volumen removido.	51
3.3.5	Volumen de producción.	52
3.3.6	Potencia necesaria para la rueda de corte.	52
3.3.7	Torsión de la rueda de control.	54
3.3.8	Paros por mantenimiento.	55

### Capítulo IV

4	Modificación del equipo.	58
4.1	Variación de flujo de avance y demanda de producción.	58
4.2	Momento torsionante de la rueda de control.	59
4.3	Unidad subsistato.	61
4.4	Selección de motor hidráulico.	61

4.4.1	Diagrama hidráulico.	61
4.5	Análisis económico.	63
	Conclusiones	64
	Bibliografía.	

## INTRODUCCION

En la industria ha tomado mucho auge la modificación, modernización y automatización de la maquinaria utilizada en la producción. Por ello el objeto de esta tesis es proporcionar a la industria, el proyecto para la re-habilitación de las partes más dañadas de una rectificadora sin centros, así como un estudio del diseño para su mejoramiento y modificación con el fin de reducir los paros por mantenimiento y el consecuente restablecimiento normal de la producción, y el mejoramiento del ciclo máquina, para elevar la capacidad de producción.

Por otro lado, este trabajo servirá para proporcionar la instrucción fundamental de las máquinas rectificadoras, el uso de abrasivos, así como el fundamento teórico del funcionamiento de las rectificadoras sin centros, su manejo, operación, ajustes correctivos y modificación de la misma.

Dentro de los temas que se estudian en esta tesis se inician con la base del arranque de viruta, el torneado, la interferencia producida por la cuchilla y los ángulos que influyen en la misma. Esto es la base y el punto de referencia para la analogía con la rectificadora entre centros y así más con la rectificadora sin centros.

El tipo de rectificadoras sin centros se aplica para la producción en altas cantidades para las que se tienen 2 tipos de rectificadoras sin centros, las cuales son a través y a tope, dependiendo de la forma física de la pieza a trabajar.

También se da una breve historia de los abrasivos así como los distintos tipos que hay, ya sean naturales o artificiales, su obtención, su dureza y su medición, las-

propiedades físicas y químicas, el empleo de los mismos y la clasificación estándar de las mismas.

Dentro del análisis de la máquina se mencionan las condiciones actuales, tales como velocidades de las ruedas y de la pieza, el volumen removido, el volumen de producción, la potencia necesaria para la remoción del material removido, la potencia necesaria para girar, el torque necesario para producir la interferencia, los paros por mantenimiento producidos de Septiembre 1987 a Marzo 1988 y la necesidad de una modificación para la estabilización normal de producción y la mejora de la misma.

Se menciona la demanda de producción a futuro lo cual justifica dicha modificación la que es la mejor propuesta por la eliminación de los paros por mantenimiento y el evitar daños de la misma, justificando esto por análisis económico general que se menciona como parte de uno de los capítulos de este trabajo.

## CAPITULO I



## 1. CONCEPTOS TEÓRICOS

Los métodos de corte de materiales que se llevan a cabo en la industria son basados en la interferencia producida de un material contra otro, siendo uno de ellos de mayor dureza, con el cual se le da la forma al material más blando.

### 1.1 Corte de metales por cuchilla

Este corte es el básico del arranque de material, esto por ser el más sencillo y el primer sistema de corte de material industrializado.

La parte cortante de la cuchilla se obtiene de afilar tres superficies a consecuencia de cuyas intersecciones se obtienen aristas cortantes. Las tres superficies cortantes son: superficie de salida y caras posteriores (principal y auxiliar).

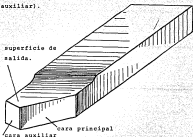


Fig 1.1 Arista cortante de una cuchilla.

En la siguiente figura (1.2), se muestra el esquema de torneado con la cuchilla. La superficie de la pieza bruta, de la cual se cortará la viruta, se llama superficie a labrar. La superficie de la pieza obtenida debido a la mecanización se llama superficie labrada o maquinada.

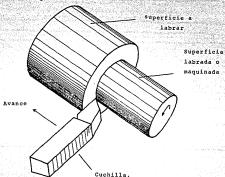


Fig 1.2 Esquema de los movimientos de trabajo durante el torneado.

### 1.3 Ángulos en el maquinado por cuchilla.

Los ángulos a considerar en el maquinado por cuchilla son considerando la aplicación de una fuerza "P" superior a la resistencia del material para producir el arranque de viruta. Tal como se muestra en la fig. 1.1.

a) El ángulo de salida es el ángulo del material ( $\phi$ )-- por el cual se desliza la viruta. Este ángulo influye directamente en el proceso de la formación de viruta.

b) Ángulo de incidencia: Este ángulo ( $\alpha$ ) es el más importante de los ángulos, pues es el que facilita la penetración de la cuchilla contra la pieza cortada.

c) Ángulo de ataque: Es el ángulo ( $\beta$ ) entre las caras anteriores (de salida) y posterior, por lo cual actúa directamente en el ángulo de ataque a el material. Este ángulo es más pequeño mientras más blando es el material y más grande mientras más duro es el material a cortar.

d) Ángulo de corte: Este ángulo ( $\delta$ ) es la suma de el ángulo de incidencia más el ángulo de ataque.

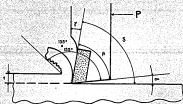


Fig. 1.1 Detalle de ángulos de corte en el maquinado.

### 1.3 Proceso de formación de viruta.

Bajo la acción de la fuerza "F", vista en el dibujo anterior, la cuchilla penetra en la pieza bruta y superando las fuerzas cohesivas entre los granos de cristal del material, corta la cuchilla una partícula de ese material y debido a la inclinación que tiene la superficie delantera de la cuchilla, aparta esta partícula para que deslice por la superficie de salida del material. La partícula separada del material se llama elemento de viruta. La acción de la fuerza activa va cortando desde la pieza un elemento tras otro, agarrando una capa de material cuyo espesor es (t); el desplazamiento de los elementos de viruta generalmente se realiza bajo el ángulo de  $135^{\circ}$  a  $155^{\circ}$ .

### 1.4 Teoría del mecanizado con abrasivo.

En cada proceso de corte de metales, incluyendo el rectificado, además de las regularidades comunes, tienen sus singularidades las cuales deben atribuirse la alta velocidad de corte, caracter singular de la viruta quitada, geometría desventajosa de los granos de la rueda de rectificar y un fuerte calentamiento de la pieza a trabajar y de virutas.

En el caso de la rectificación común, la velocidad de corte se toma de 30m/seg. y cuando se trata de una rectificación rápida alrededor de 300m/seg. lo que de 10 a 10 veces supera la velocidad de corte durante el torneado.

El proceso de quitar la viruta con grano abrasivo se realiza aproximadamente durante 0.0001 y 0.0005seg.

Los granos abrasivos como regla general tienen ángulos de corte negativos y el trabajo de cada grano abrasivo tomado por separado se puede comparar con la cuchilla con un ángulo de salida negativo. Así efectuando

-el maquinado con otras herramientas es posible atribuir a su parte cortante, la geometría más provechosa y es imposible hacer la misma con granos de la rueda abrasiva.

El disco abrasivo tiene una arista cortante intermitente. Las altas velocidades de corte, el rozamiento del aglutinante de la rueda contra la superficie a mecanizar, la geometría arbitraria de los granos abrasivos y la desintegración fuerte de la viruta, conducen al hecho de que en la zona de rectificación se generan grandes cantidades de calor. La alta temperatura en las capas superficiales de la pieza a rectificar alcanza 1,000°C ó más, lo cual proporcione un cambio de la estructura y las propiedades físicas del metal. Esto es por lo que se utiliza el líquido refrigerante, con objeto de controlar la temperatura del proceso, así como para evitar la transformación de la estructura del material y por otro lado, al ayudar a que la rueda abrasiva no se tape con las mismas partículas de abrasivo y del metal removidos en la operación.

### 1.5 Formación de viruta durante el rectificado.

Para determinar el espesor de virutas, se examina el trabajo de la rueda de rectificar al producir la rectificación cilíndrica exterior. Suponiendo que con la rueda se mecaniza una pieza, avanzando viruta sea que en un lapso de tiempo la rueda y la pieza ocupan la posición mostrada a continuación (fig. 1.4). La rueda abrasiva gira con una velocidad  $V_r$  y la pieza a elaborar, con velocidad  $V_p$  que es 100 veces menor que la velocidad del disco abrasivo.

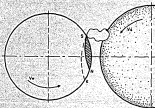


Fig. 1.4 Formación de viruta durante el rectificado.

Refiriéndose al dibujo anterior (fig. 1.4), el corte empieza en el punto "s", la viruta quitada se muestra por el sector "sk", es el que la pieza gira y por tanto el grano cortante sale de contacto con ésta en el punto "m". En el caso en que la pieza no gira, la viruta saldrá en el punto "k".

El grosor de la viruta cortada por un grano depende de la velocidad circunferencial de la rueda y de la pieza, la profundidad de corte, la granulicidad de la rueda y los diámetros de la rueda y de la pieza.

#### 1.3.4 Efecto de la velocidad circunferencial de la rueda.

Con el aumento de la velocidad circunferencial o tangencial de la rueda, el grosor de la viruta disminuye y -- por el contrario, al disminuir la velocidad crece el --- grosor de la viruta. Cuando la rueda trabaja a grandes --- velocidades, cada grano abrasivo opera con carga considera- blemente menor y como resultado, se embota más lentamente, por lo que es económicamente ventajoso realizar el ----- maquinado a grandes velocidades; sin embargo es preciso -- tener en cuenta que con el aumento de la velocidad de la

rueda, crecen las tensiones de la rueda y puede ocurrir ruptura.

### 1.6 Sistema básico de fuerzas para la rectificación.

El espesor de la capa cortada del metal por un grano del disco es muy pequeño, pero, al tomar en cuenta que en el proceso de rectificación participan gran cantidad de granos simultáneamente, la resultante de las fuerzas cortantes constituye una magnitud notable. Las cuales se incrementan aumentando el espesor de la viruta a remover ( $F_n$ ), la velocidad de la rueda abrasiva ( $V_s$ ) y el área de contacto de la pieza con la rueda.

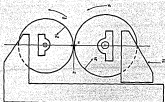
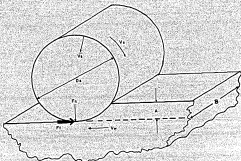


Fig. 1.3 Esquema de rectificado de piezas cilíndricas.



$$Pot._{rect.} = a ( Ft \times Va )$$

Fig. 1.6 Esquema de rectificado de superficies planas.

En relación a los dibujos anteriores, se tiene que existen dos fuerzas: la fuerza normal "Fn" a la pieza en contacto y la fuerza tangencial "Ft" a la superficie de contacto. Multiplicando la fuerza tangencial por la velocidad tangencial del disco abrasivo dará la potencia requerida para el rectificado, usando una apropiada constante (a) de relación entre la fuerza y la velocidad. Las convenciones internacionales usan valores para ilustrar los factores por unidad de ancho (B), esto es: el valor del volumen removido y las fuerzas por unidad de ancho, las cuales deben ser escritas como Fn', Ft', Vn', donde "V" es el valor de volumen removido que se identifica



más recientemente como "Q" en publicaciones internacionales.

Otro camino para calcular el volumen de material removido es en base a la profundidad de corte "A" (visible en el dibujo 1.6) siendo el espesor de contacto "B", el volumen removido es:

$$Z = A B V_w (\text{pul}^3/\text{min})$$

y el volumen removido por unidad de ancho es entonces:

$$Z_1 = A V_w (\text{pul}^2/\text{min})$$

Este concepto puede ser calculado para el rectificado cilíndrico, donde "Nw" son las revoluciones de la pisa, con lo cual, la profundidad de corte es:

$$A = \sqrt{V_w} / N_w (\text{pul}/\text{rev})$$

Y el volumen removido puede ser calculado como:

$$Z_w = A B V_w$$

Substituyendo la profundidad de corte (A) se obtiene:

$$Z_w = \sqrt{V_w} B V_w / N_w$$

Y notando que:

$$V_w = \pi D_w N_w$$

Se obtiene:

$$Z_w = \sqrt{V_w} B (D_w N_w) / N_w = D_w \sqrt{V_w} B$$

Para calcular la potencia específica, se tiene que la fuerza normal es una variable independiente que afecta al sistema de rectificado y por ello, la potencia se calcula como sigue:

$$P(\text{HP}) = F_n(\text{lb}) \times V_w(\text{ft}/\text{min}) / 33,000(\text{lb-ft}/\text{min}),$$

### 1.7 Principios teóricos de rectificado sin centros.

Para el entendimiento del proceso de rectificado sin centros, es necesario primeramente entender los principios básicos de como una rectificadora sin centros manufacture una pieza cilíndrica. El mejor camino para hacerlo es encontrando la analogía de como una rectificadora entre puntos que va acompañada de un resultado similar, porque el mismo principio existe en ambos procesos, pero ellos -

son fácilmente entendibles comparándolos con el torneado entre puntos.

Sin embargo, ambos procesos tienen un metal a remover y el torneado se toma como principio de la analogía para el rectificado, pues es más básico que el de una rectificadora entre puntos.



Fig. 1.7 a) Torneado entre puntos.

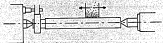


Fig. 1.7 b) Rectificado entre puntos.

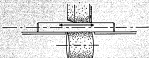


Fig. 1.7 c) Rectificado sin centros.

De los dibujos anteriores (1.7), se aprecia que el torneado consiste en cuatro básicos elementos:

El primero: la máquina o torno entre centros que fija la pieza entre los dos barrenos centrales en el eje axial en el cual debe fijarse la pieza. El propósito de estos tornos es el de proveer el soporte radial y la correcta localización axial.

El segundo: la sujeción cuya función es el de proveer el giro a la pieza a trabajar, formando una superficie generada por la línea axial la cual será el área a trabajar.

El tercero: la herramienta que es el elemento de remoción de material o el elemento en el cual se basa totalmente este proceso.

El cuarto: es el mecanismo de avance el cual acerca la herramienta hacia la pieza a maquinarse produciendo la interferencia.

El movimiento de avance pueda ser a lo largo de uno de los 2 movimientos (axial o radial), por supuesto que para que el material sea removido como un resultado de la interferencia se necesita que la pieza gire, el movimiento axial es usado para posicionar y el radial origina el corte.

Los principios de rectificado entre centros (fig. 1.7b) son básicamente los mismos del torneado, con una muy importante excepción, el porta herramienta gira en el mismo sentido al de la pieza a maquinarse. Esto es con el objeto de que el desgaste de la rueda montada en el portaherramienta tenga un desgaste regular y progresivo, pero, sin embargo, la misma interferencia se genera si la rueda abrasiva no tiene rotación y por tanto, también se removerá material de la pieza a trabajar.

En el torneado (fig. 1.7a), el filo de la herramienta es relativamente limitado, lo cual se pasa con la rueda abrasiva pues los filos cortantes están continuamente renu-  
vándose.

Por otro lado, en el rectificado sin centros (fig. 1.7c) es posible mostrar que todos los elementos presentados en una rectificadora entre centros son necesarios para rectificar una pieza y son también presentados en un rectificado sin centros. Entonces, es difícil reconocer las relaciones funcionales entre ambos.

En ambos métodos de rectificado hay los mismos cuatro elementos básicos del proceso que son: soporte, rotación, herramienta y avance, pero en la rectificadora sin centros algunos de estos elementos pueden ser combinados en la misma máquina, un ejemplo de lo anterior es que en una rectificadora sin centros, en el rectificado a tope, el-

soporte radial es provisto por la cuchilla y la rueda reguladora pero la rueda reguladora sólo induce la rotación mientras que en una rectificadora entre centros, el avance es obtenido mediante el movimiento de la rueda para originar la interferencia. Otro ejemplo sería cuando en el rectificado, a través de una rectificadora sin centros. La rueda de control forma tres de los cuatro elementos básicos: soporte, rotación y avance radial. Esto deja sin aplicación la herramienta, pero el más importante para el rectificado con abrasivo es el metal removido.

Hay dos clases de rectificado sin centros, que son:

1.7.1 El rectificado a tope, es un método consistente en la introducción de la pieza para la interferencia hasta cierto límite. Sado que se emplea para piezas con un extremo a rectificar o también para el rectificado de pignones de diámetros variados o con perfiles irregulares. El ángulo de giro de la rueda reguladora o de control debe ser mínimo pues el objeto es sólo el mantener la pieza en contacto con el tope de la carrera de avance y proporcionar el giro de la pieza a trabajar.

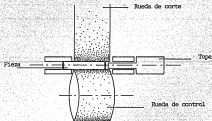


Fig. 1.6 Rectificado sin centros (rectificado a tope).

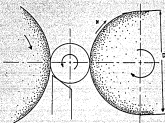


Fig. 3.9 Vista lateral y superior del  
rectificado sin centros.

1.7.2 El rectificado a-través como su nombre lo indica, significa el pase del material a trabajar, entre dos ruedas abrasivas, este rectificado tomó lugar como el pase de la pieza desde un lado hasta otro de la rueda. Obviamente, todos los puntos de la pieza tienen contacto con la rueda y sólo la superficie cilíndrica recta puede ser obtenida por el método del soporte.

El movimiento axial de la pieza es impartido por la rueda de control y el eje axial de la rueda de control puede ser movida desde 0° hasta 7° de inclinación (visible en la fig. 1.6B), sin embargo, la velocidad y el diámetro de la rueda de control también influye en el avance de la pieza seleccionada, lo cual se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$F = D N \sin(\alpha)$$

En donde:

F = Avance de la pieza en pulgadas por minuto.

D = Diámetro del disco en pulgadas.

N = Velocidad de la rueda de control en RPM.

$\alpha$  = Ángulo de inclinación de la rueda.

### 1.7.3 Diamantado de la rueda de control.

El diamantado es un rectificado de la misma rueda abrasiva produciendo una superficie plana de la rueda así como limpiando y avivando los filos cortantes de la misma.

El giro del ángulo de la rueda de control produce el avance y la rotación de la pieza se origina por el giro de la misma rueda, pero al girar ciertos grados, la rueda de control pierde área de contacto con la pieza pues los puntos de tangencia de la rueda, los cuales hacen contacto con la pieza estando la rueda a cero grados, se pierden al girar la rueda equis ángulo lo cual reduce el área efec --

plano de trabajo de la rueda para lo cual es necesario el diamantado de la rueda de control con la misma inclinación que se le da a la rueda asegurando así el contacto de la pieza a todo lo largo de la rueda.



vista superior.



vista lateral

\* - área de contacto.

Fig. 1.10 Vistas de los ejes de las ruedas abrasivas.



$\alpha$  = ángulo de inclinación.

Fig. 1.11 Efecto del diamantado de la rueda de control en el área de contacto.



#### 1.7.4 Cuchilla de soporte.

La cuchilla de soporte tiene por objeto el mantener a cierta altura la pieza. Pero esta altura y el ángulo de la cuchilla influye en la redondez de la pieza a trabajar.

El objeto de enfocar la redondez de estas rectificadores es el que se presenta para la localización o posición de la pieza a trabajar, determinando de alguna manera la altura del eje axial de la pieza a trabajar con respecto a la línea horizontal imaginaria entre los ejes axiales de las ruedas abrasivas.

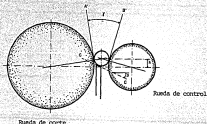
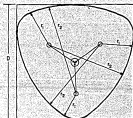


Fig. 1.12 Ubicación de la pieza y la cuchilla en el rectificado sin centros.

El problema se puede observar poniendo el eje axial de la pieza a la misma altura del eje de centros de las ruedas abrasivas quedando el ángulo ( $\gamma$ ) igual a cero grados, con lo que los puntos de interferencia estarán en la línea axial de las ruedas.

Cuando una pieza con un pequeño reborde en el diámetro exterior se introduce teniendo este arreglo en la línea axial ( $\gamma = 0^\circ$ ), el rectificado no es homogéneo originando un desplazamiento del eje axial de la pieza y formando, no un cilindro rectificado, sino un policentroide.

Este policentroide tiene la particularidad de que, medido con un calibre, registra un diámetro constante aunque la pieza se gira, lo cual da confusión pues tiene el diámetro pero no la redondez, a consecuencia de esto es necesario medir esto en una base "V", (en donde se apreciará la excentricidad como en la figura 1.14).



$$r_1 + r_2 = dte.$$

Fig. 1.13 Policentroide.

El problema no es medirlo, sino controlarlo desde la máquina, con lo cual se eleva la cuchilla de soporte del eje axial de la pieza a una altura "h" de la línea entre centros, para lograr que los puntos de interferencia con la pieza sean abajo de la línea horizontal del eje axial de la pieza, para con ello evitar la formación del policéntricoide. La altura "h" a la cual se debe elevar la pieza, se determina teóricamente por la siguiente fórmula:

$$F = \frac{R}{113} (1/Ds + Dw) + 1/1 (Dr + Ds)$$

En donde:

F = Es el ángulo de corrección de la redondez.

Ds = Diámetro de la rueda rectificadora.

Dr = Diámetro de la rueda de control.

Dw = Diámetro de la pieza a trabajar.

El objeto de subir la pieza para lograr fácilmente la redondez es lógica, pero se pensaría que por que no bajarla sería más seguro, sin embargo, estando la cuchilla abajo lo que tendería la pieza con forma policéntrica es a ser -- rectificadas las áreas con radio de curvatura pequeño, -- aumentando el radio de curvatura mucho mayor que los -- radios de curvatura mayores de la pieza antes de trabajarla y las áreas de radio de curvatura mayor tenderían a tener un radio de curvatura menor y con ello el problema no se corrige sino que se incrementa. Esto es sin tomar en cuenta que el ponerla abajo reduce en un mayor espacero entre la pieza y la cuchilla, una mayor vibración y mayor fricción y por lo tanto más remota es la posibilidad de obtener una pieza con buena redondez.

También junto con subir la cuchilla por arriba del eje imaginario entre las ruedas, es necesario que la cuchilla tenga un ángulo para lograr una mayor redondez. Este ángulo ( $\alpha$ ) origina que la pieza, si es policéntricoide, se desplace sobre el ángulo de la cuchilla para buscar el --

máximo desplazamiento del eje axial de la pieza hasta lograr una asegurada redondez de la pieza.

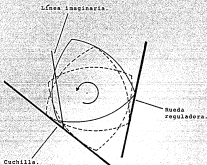


Fig. 1.14 Desplazamiento del polícentroide sobre la cuchilla.

Este desplazamiento del eje axial de la pieza varía según el ángulo de la cuchilla y no debe ser sobre la línea bisectriz del ángulo de la cuchilla, sino tratando de formar un círculo o mejor un óvalo en donde los ejes del óvalo estén situados sobre la línea bisectriz.

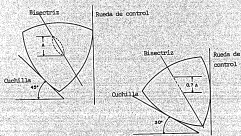


Fig. 1.15 Angulos de la cuchilla.

Cuando los ángulos son menores de 30°, el desplazamiento del eje de la pieza (poli-centroide) es mínimo, por lo que solo copiará la misma figura sin lograr redondear alguna.

Cuando el ángulo es mayor de 30°, se tiene un desplazamiento de la pieza sobre la línea bisectriz equivalente a un ángulo de 18° de la cuchilla, lo cual no es conveniente pues con tanto ángulo se produce mucha vibración y es más lento el obtener el diámetro cilíndrico.

Los ángulos correctos para lograr altos grados de redondez son de 30° a 45° dependiendo también del diámetro de la pieza.

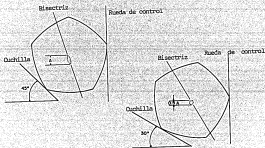


Fig. 1.16 Influencia en la redondez causada por la inclinación de la cuchilla.

Ya sea en polacentroide de 1 lóbulos o de 3, el mejor ángulo es de 45°, como se puede ver en la figura anterior (1.16), por lo cual se recomienda 45° para las piezas que requieren tolerancias muy cerradas de redondez.

## CAPITULO II

## 2 ABRASIVOS

### 2.1 Historia del uso de abrasivos.

La historia de los abrasivos se remonta a miles de años desde que el hombre primitivo afiló sus herramientas y armas en los tiempos prehistóricos. Durante siglos, la evolución de esta técnica fue muy lenta, hasta que a finales del siglo pasado y a principios de éste sufrió un rápido incremento con el descubrimiento del óxido de aluminio y el carburo de silicio.

Los arqueólogos citan el pulido de armas y utensilios como el factor que determina el paso de la edad paleolítica a la neolítica (25.000 a 15.000 años antes de Cristo). El hombre prehistórico debió utilizar la arena para limpiar y afilar sus cuchillos de piedra y también para modelar las formas de sus utensilios; más tarde alguien descubrió que se obtenía un mejor efecto al aplicar la herramienta contra una piedra arenisca, la cual terminaría girando alrededor de un eje.

El pulido de piedras en la edad prehistórica, el lapidado de diamantes con abrasivos naturales en los primeros siglos de la historia, las ruedas de cuarzo en la edad media, el papel de vidrio para extraer óxido de las piedras metálicas a comienzos del siglo XIX y el descubrimiento y consecuente empleo masivo de los abrasivos artificiales en este siglo, en forma de ruedas, dan una idea de la enorme importancia que han tenido estos productos en la evolución del mundo.

Actualmente el uso de abrasivos es tan extenso e indig pensable que muchas fábricas tendrían que parar producción por la falta del mismo.



El empleo de abrasivos es tan amplio que comprende -- desde un esmeril casero para cuchillos hasta el afilado de agujas para inyección. Desde un desbaste tosco hasta pulido para componentes de alta precisión tales como instrumentos de medición.

Podemos definir a los abrasivos como cuerpos que, por su elevada dureza y su estructura cristalina, son capaces de producir un desgaste o corte, por acción mecánica, sobre materiales menos duros que ellos. Como se comprenderá, -- bajo esta denominación pueden agruparse gran cantidad de materiales, puesto que es obvio que en la infinidad de productos de variada naturaleza siempre habrá uno de menor -- dureza que otro y por tanto susceptible de ser "desgastado" por aquél; no obstante, en la práctica se emplea un número limitado de cuerpos o materiales que por sus propiedades -- especiales se han generalizado para este trabajo.

A efectos de su utilización, los abrasivos se distinguen por su dureza, su resistencia a la fractura y por la naturaleza de esta fractura. Para describir los abrasivos más comunes que se utilizan en la industria se los divide en:

- Abrasivos naturales
- Abrasivos artificiales

### 3.1 Abrasivos naturales.

De este tipo, se pueden mencionar entre los más importantes los siguientes:

3.1.1 Corindón natural. Consiste en alguna cristallizada de alta dureza llegando hasta 9.44 de concentración, lo que confiere una dureza de 9 en la escala de Mohs. -- Desde el año 1935, se suministraba este abrasivo desde la India y con él se fabricó en Inglaterra, lo que probable--

este fué la primera mezcla hecha con algo meramente artificial. Actualmente los primeros yacimientos se hallan en Canadá y en Africa del Sur.

2.2.2 Cuarzo. Durante muchos años, el cuarzo fué el abrasivo más utilizado, pues era el elemento básico del conocido "papel de lija". Se trata de un abrasivo muy irregular, tanto en su dureza como en su estructura, lo cual lo hace poco adecuado para trabajos que requieran cierta precisión. Tiene una dureza comprendida entre 6 y 7 en la escala Mohs.

2.2.3 Diamante. El diamante es el abrasivo de mayor dureza de todos los conocidos ( 10 en la escala de Mohs). Las minas de diamante más antiguas de que se tiene referencia datan del año 800 a.J.C. y se hallaban en la India, siendo durante más de 1,000 años las únicas conocidas en la tierra. Posteriormente fueron explotados yacimientos en China y Persia, y en nuestros días los suministros de mayor importancia proceden de Brasil y Africa del Sur. Aunque en la antigüedad el uso del diamante se limitaba a la joyería, desde el año 1910 se viene empleando como herramienta, no sólo para el resivado de discos abrasivos, sino también como abrasivo aglomerado o aplicado.

2.2.4 Esmeril. Está compuesto de alúmina ( 15 a 70% ), silicio y óxido de hierro, en proporciones muy diversas, según su procedencia. Los principales yacimientos se encuentran en la Isla de Socotra, en el Mar Egeo. Durante muchos siglos ha sido un abrasivo muy utilizado, si bien en la actualidad ha descendido su empleo debido a la aparición de otros tipos de abrasivos. Su dureza varía según su composición, pero es posible situarla alrededor de 8 en la escala de Mohs.

2.2.5 Granata. El granata es una mezcla de diversos silicatos alcalinotérreos; su variedad más dura se emplea

en joyería. pero pequeños fragmentos y tipos más impuros se utilizan como abrasivos sobre todo para el trabajo de la madera, puesto que tiene mayor resistencia y es más enfriable que el cuarzo. Su dureza se sitúa entre 7 y 7.5 en la escala de Mohs.

Además de los abrasivos mencionados hay muchas materias que se emplean como abrasivos tales como piedra pómez, cal de Viena, Tripoli, etc.

### 1.3 Abrasivos artificiales:

Actualmente la mayoría de los abrasivos que se utilizan son obtenidos por medios artificiales, siendo hoy los más importantes los siguientes:

1.3.1 Carburo de silicio. Se logró obtener en el año 1891, cuando se estaban realizando ensayos para la obtención de diamantes artificiales con la ayuda del horno eléctrico. El Doctor Acheson observó unos diminutos cristales que se habían quedado adheridos en el electrodo de carbón de dicho horno, los cuales se distinguían por su elevada dureza.

Así se había obtenido por primera vez el carburo de silicio, cuerpo que hasta aquella fecha nunca se encontró en estado natural. Como dato curioso, cabe mencionar que en el año de 1905 fué hallado el carburo de silicio en un meteorito. La dureza de este abrasivo es de 9.2 en la escala de Mohs y además de su elevada dureza, tiene la particularidad de que presenta aristas vivas que permiten trabajar materiales duros pero de baja resistencia a la tensión, como fundición, piedra, vidrio, etc.

2.3.2 Óxido de aluminio. Este abrasivo fue descubierto a raíz de las investigaciones para la obtención del rubí sintético que llevó a cabo el francés Gaudin, en el año 1837. El proceso comercial comenzó en el año de 1894 como resultado del descubrimiento efectuado por el alemán Haas-lacher, quien utilizó el esmeril como base para la obtención de óxido de aluminio, su dureza es de 9 en la escala de Mohs.

2.3.3 Carburo de boro. Se obtiene por la reducción de anhídrido bórico; es de elevada dureza puesto que alcanza 9.4 en la escala de Mohs, lo cual lo hace superior al carburo de silicio; sin embargo, es aún poco utilizado en la práctica por la dificultad que presenta al ser aglomerado.

2.3.4 Diamante. El diamante artificial fue desarro-llado a principios de 1955 y se comenzó a comercializar a fines de 1957, su dureza es de 10 en la escala de Mohs y en muchos casos puede competir perfectamente con los diamantes naturales. Desde el punto de vista de su utilización como abrasivo, como se muestra en la tabla 2.1 en donde se describen los abrasivos y sus características --tales como: composición, propiedades y aplicaciones.

TABLE 3.1

Tabela de materiais e sua caracterização

NOME	DESCRIÇÃO	COMPOSIÇÃO				Densidade	Atribuições
		Forma	Cor	Capacidade	Do		
argila	transparência do plástico e rosa alvina	98 sílica	branco	7	quadrado	2.3	Partes de pedras e laminados finos
Óxido de zinco	branco opaco	pure	esverdeado	1	gotas	2.7	Partes de vidro e argila laminado
Plástico pólen natural	rosa cristalina	para pólen	gris e branco	4	quadrado	2.8	Partes de pedras e argila serias fibras
Plástico pólen artificial	rosa d'água	may pure	avermelhado e branco	1	trigil	1.4	Partes de pedras e cristalinos
Óxido de zinco natural	branco cristalino	98 sílica	avermelhado e branco	1	quadrado	2.7	Partes de pedras e argila laminado
Óxido de zinco	rosa	pure e rosa de	branco e avermelhado	1	rosa	2.4	Partes de vidro, pedras, etc.
Óxido de zinco	rosa e azul	98 sílica	gris e rosa	7	rosa	2.4	Partes de vidro, argila, pedras, etc., laminado de vidro e papel laminado
Óxido de zinco	rosa de zinco cristalino	pure	rosa branco	7	trigil	2.4	Partes de vidro, rosa e argila
Óxido de zinco natural	rosa e rosa transparente	98 sílica	gris e rosa	4	trigil e rosa	2.2	Partes de vidro, argila, pedras e vidro laminado
Óxido de zinco natural	rosa de zinco cristalino e rosa e rosa	98 sílica	rosa e branco	1	trigil e rosa	2.4	Partes de vidro, pedras e vidro laminado
Tubo de zinco branco	rosa de zinco cristalino rosa e rosa cristalino	98 sílica	branco	4	trigil	2.3	Partes de vidro e pedras e vidro laminado
Óxido de zinco	rosa cristalino	98	rosa e branco	2.2	trigil	2.7	Partes de vidro, pedras, vidro, pedras, etc.
Óxido de zinco	rosa cristalino	98	gris e rosa	2.4	trigil	2.8	Partes de vidro, pedras e vidro laminado
Óxido de zinco	rosa cristalino	may pure	branco e rosa	12	trigil	2.8	Partes de vidro, pedras e vidro laminado

### 3.4 Dureza y su medición:

Se ha dicho que una de las características básicas de todo abrasivo es su dureza y que todo material raya a otro siempre que sea más duro que él; a lo que tenemos que añadir que efectuará mejor su función, cuando además de ser más duro, tenga también una forma y estructura adecuadas.

Para poder determinar la dureza de los materiales, el hombre ha ideado diversos métodos que varían desde los ordinales más sencillos (escala - Mohs), hasta otros que dan valores relativos en función de esas condiciones determinadas de antemano.

Hace ya muchos años (1812), el físico Mohs estableció la escala de dureza que lleva su nombre y que consiste en ordenar los materiales que en ella aparecen, de forma que cada uno de ellos raya al que le precede. Dicha escala se integra como sigue:

tabla 2.3

Escala de durezas		
<u>Materiales</u>	<u>Escala Mohs</u>	<u>Escala Knoop</u>
Talio	1	12.5
Yaso	2	61
Calcita	3	141
Fluorita	4	181
Apatita	5	483
Vidrio	6	621
Cuarzo	7	700
Topacio	8	1,100
Corindón	9	2,300
Diamante	10	9,300

En la tabla anterior (2.2) puede verse la representación gráfica de dicha escala, en ella cada materia utilizada es rayada por la siguiente, por tanto cuanto más alto es el número de la escala, más duro es el material. No obstante, como antes se ha dicho, la escala de Mohs establece una ordenación de durezas, pero no indica cuantas veces es más duro un material con relación a otro.

Para determinar el valor absoluto de dureza de un material abrasivo cualquiera, se utilizará la escala de Knoop, de concepción más moderna y que parte del esfuerzo de rayado que ejerce el diamante sobre cada material. En la tabla 2.3 puede verse la comparación entre las escalas Mohs y Knoop para los materiales tipo utilizados por Mohs.

En el año 1950, Komessov, basándose en la escala de Mohs, determinó valores intermedios para los diversos abrasivos y efectuó una agrupación de los abrasivos a base de la prueba de rayado, creando una escala dinámica que lleva su nombre. En la tabla siguiente (2.3) pueden verse los valores de diversas escalas para algunos abrasivos.

comparación de durezas por diversas escalas

Abrasivo	Dureza Mohs		Dureza abrasivo escala dinámica de Kamenetz	Dureza Knoop huella de una pirámide de diamante en kg/mm <sup>2</sup>
	escala original	aplicación		
	del año 1812	Kamenetz 1910		
Cuarzo	7	7	7	467-820
Granata	6	-	-	1360
Corindón natural	9	9	9	1635-2005
Oxido aluminio blanco	9	9.03	10	1635-2005
Oxido aluminio marrón	9	9.04	11	1635-2005
Carburo de wolframio	9	9.09	12	1900-2300
SiC verde	9	9.13	13.4	1900-2300
SiC negro	9	9.15	14	1900-2300
Carburo de boro	9	9.18	16.7	2300-2600
Diamante	10	10	36.4-42.4	6000-8500

Tabla 2.3



Ampliando la medición de durezas, no sólo a los materiales abrasivos sino a cualquier tipo de material, podemos agrupar los diversos métodos empleados a nivel industrial en tres grupos:

- a) Método de rayado
- b) Método de penetración
- c) Método de rebote

El método de rayado se basa en la resistencia que opone un material al ser rayado por otro y es el que se ajusta al más puro concepto de dureza. El sistema de la escala Mohs y sus variantes de Knoop y Kamenov utilizan este concepto. Dentro de este concepto existe también el denominado procedimiento de Matou, el cual consiste en medir la anchura de la raya que produce una punta de diamante con una carga constante y determinada.

Los métodos de medición de durezas por penetración son de mayor utilización en la práctica y son conocidos métodos de Brinell, Rockwell y Vickers. En síntesis, los métodos de penetración consisten en producir un huella en el material a ensayar, aplicando un penetrador de una determinada presión, hallándose el índice de dureza en función de la presión ejercida y la profundidad o diámetro de la huella dejada por dicho penetrador.

En el método de Brinell se emplea una bola de acero templado de diámetro determinado, como penetrador y se mide el diámetro de la huella que ha quedado sobre el material. El método Rockwell utiliza un diamante en forma de cono y se mide la profundidad de la huella dejada sobre el material. El método Vickers es similar al Brinell en la forma de medir, ya que también se toma la dimensión de la huella dejada por el penetrador, el cual es una pirámide en lugar de una bola. Para designar el método de medición empleado, se utilizan letras junto a los valores numéricos

que da el cuadrante del durómetro o máquina usada para la medición. Así las siglas indicativas del sistema Brinell son HB y la indicación 230HB significa que equivale al valor de 230 medido por el método Brinell. En el sistema Rockwell las siglas representativas son HR, si bien hay que hacer la salvedad que en este método hay varias escalas, siendo la llamada "C" la más común en la práctica.

Tabla 2.4

Material	Escala de durezas		
	Mohe	Knoop	Rockwell
Acero herramientas	7	850	66
Cadmio	2	35	
Carburo de cobre	2.5-3	160	
Diamante	10	7000	
Plata	1-25	60	
Topacio	8	1240	
Vidrio	5	330	43

En el sistema Vickers, se utilizan las siglas HV --- seguidas de una cifra que en este caso indican respectivamente la carga o peso y el tiempo de aplicación.

En la medición de la dureza por rebote se utiliza el denominado método Shore, que determina la dureza de un material en función de la altura que alcanza al rebote un cuerpo de masa conocida dejándolo caer desde una altura sobre la superficie del material a ensayar. De todos los métodos, el método de rebote es el único que no produce ninguna señal en el material a ensayar. En la medición por el método Shore, se emplean dos escalas ( A y D ) en la función de la dureza del material a medir; así para materiales blandos, esencialmente sobre todo se usa la escala "A" y para materiales duros la escala "D".

## 2.3 Obtención de los abrasivos

Se ha mencionado anteriormente de los tipos de abrasivos más utilizados en la práctica y de la diferenciación entre los naturales y los artificiales, evidentemente los abrasivos naturales se obtienen por la explotación de yacimientos existentes en la tierra y por tanto se tratan solamente a los artificiales y a los métodos utilizados para su obtención industrial, dado que son los que tienen mayor aplicación en la industria.

2.3.1 Carburo de silicio.-La producción industrial del carburo de silicio se lleva a cabo en hornos eléctricos de resistencia cuyas dimensiones son de 12 x 3 mts. aprox. La carga básica de tales hornos, consiste en sílice (arena blanca) y coque de petróleo en porcentajes de 80 x 40% respectivamente. Se agregan además otros productos, para activar la circulación de vapores reactivos y también para extraer las impurezas que pudieran contener los productos básicos. Una vez cargado, el horno se conecta a la corriente y al mismo tiempo, se programa la temperatura y ciclo de cada fase. La temperatura oscila entre 1.900°C y la duración total del ciclo es de 34 a 48 hrs. Durante la fusión los componentes básicos reaccionan según la fórmula:



Una vez concluido el ciclo, se desconecta la corriente, se deja enfriar el horno y se abren las paredes para poder sacar el producto que consiste en unos bloques de carburo de silicio cristalino, que posteriormente serán troceados y clasificados por tamaños. El color del carburo de silicio es variable desde un verde claro hasta un negro, en función de las impurezas que contengan.

1.5.2 Óxido de aluminio.- La fabricación industrial del óxido de aluminio a partir de la bauxita fué conseguida a principios de este siglo y con ello se logró alcanzar el grado de dureza necesaria. Al revés que el carburo de silicio, la dureza del óxido de aluminio puede ser alterada según las necesidades específicas a que está destinado.

Para fabricar el óxido de aluminio se emplea actualmente bauxita de alta calidad, triturada, calcinada y mezclada con pequeños porcentajes de coque y hierro. Estos materiales se colocan dentro de un horno de arco eléctrico ( tipo Higgins ) debidamente refrigerado por agua y puesto a temperaturas del orden de 1,500 a 1,700°C, el tiempo de fusión es de unas 18 hrs., mientras que el enfriamiento puede ser de un día a una semana. Al igual que el carburo de silicio, el óxido de aluminio debe ser troceado y convertido en granos.

Durante el proceso de obtención del óxido de aluminio pueden introducirse cambios que nos permitan obtener las distintas calidades de este tipo de abrasivo. El óxido de aluminio más puro es el de color blanco, que contiene del orden de 94% del  $Al_2O_3$ , es enfriable y tiene cierta porosidad. Hay un procedimiento que permite absorber las posibles impurezas de la fusión y que consiste en introducir una fase intermedia en el ciclo, antes de que la masa se solidifique, lo que da como resultado un corindón como cristal que aparte ofrece muchas aristas vivas y presenta una gran tenacidad o resistencia a la fractura.

El corindón u óxido de aluminio normal es muy regular y tenaz, su coloración varía también en función de las impurezas que contenga (en particular óxido de hierro y titanio) y va de color gris a marrón obscuro o al rosa. Estos tipos de corindones, se emplean básicamente para la fabricación de abrasivos aplicados y aglomerados.

Para el óxido de aluminio blanco puede variarse su comportamiento añadiendo cromo u otros materiales, con lo que se obtendrán los corindones rubí y rosa. Algunos tipos más modernos incorporan sílice en porcentajes que osci-  
lan entre 10 y 45%. También se fabrican abrasivos sinte-  
tizados, que se consiguen comprimiendo bauxita en polvo y calcinándola a elevada temperatura, lo cual da como resul-  
tado corindones de tipo granular alargado que tiene gran  
aceptación para el desbaste de metales.

#### 3.4 Propiedades físicas y químicas:

Las características fisicoquímicas de los abrasivos tienen cierta variación según los fabricantes pero se pue-  
den agrupar en los siguientes conceptos principales que muestra la tabla 3.5

OPACIFICACION DE PUNOS Y TUBOS DE LOS SISTEMAS

	En. alum. claro	En. alum. rosa	En. alum. amarillo claro	En. alum. naranja	En. alum. rojo	En. alum. naranja oscuro	En. alum. rojo oscuro	En. aluminio negro	En. aluminio verde
OPACIFICACION	claro y frías	claro y al pa frías	claro y verdes	claro y muy verdes	claro y frías	claro y de intermedias temperadas	claro y de intermedias temperadas	claro y al pa frías	claro y muy frías
FORMA OPERACION	3.57	3.57	3.54	3.57	3.55	3.57	3.51	3.50	3.50
TIPO DE MATERIAL OPACIFICACION	2000%	2000%	2000%	2000%	2000%	2000%	2000%	2000%	2000%
RELACIONES LEXIA	0.4-10-0%	0.4-10-0%	0.4-10-0%	0.4-10-0%	0.4-10-0%	0.4-10-0%	0.4-10-0%	-	0.4-10-0%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.100%	0.100%	0.100%	0.100%	0.100%	0.100%	0.100%	0.100%	-
SiO <sub>2</sub>	0.100%	0.100%	0.100%	0.100%	0.100%	0.100%	0.100%	-	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.100%	0.100%	0.100%	0.100%	0.100%	0.100%	0.100%	-	-
TiO <sub>2</sub>	0.100%	0.100%	0.100%	0.100%	0.100%	0.100%	0.100%	0.100%	-
CaO	-	-	0.100%	0.100%	0.100%	0.100%	0.100%	-	-
FeO	0.100%	0.100%	0.100%	0.100%	-	0.100%	-	-	-
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	0.100%	-	-	-	-	-	-	-
SnO <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-	0.100%	-	-
ZnO	-	-	-	-	-	-	-	0.100%	-
Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	-	-	0.100%	-
C	-	-	-	-	-	-	-	0.100%	-

### 3.7 uso de los abrasivos:

La aplicación de los abrasivos se puede hacer en tres formas distintas:

- 1.- Como abrasivos aglomerados, formando cuerpos que se mantienen unidos entre sí por aglomerantes.
- 2.- Como abrasivos aplicados con aquellos que son adheridos a un material flexible como por ejemplo: bandas sin fin, lijas, maquitos, cepillos, discos.
- 3.- Como abrasivo en grano o libres, tal y como se hayan en la clasificación, después del tamiz. Para su utilización se hace uso de soportes fluidos, como aire, aceites y petróleo.

### 3.8 Especificación de rueda abrasiva.

Generalmente todas las ruedas abrasivas se especifican siguiendo el orden de los elementos característicos antes enlistados. A manera de ilustración sirva el siguiente ejemplo:

12	A	46	H	8	VEE
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)

(a) Prefijo que es un símbolo de manufactura indicando el exacto tipo de abrasivo (uso opcional) utilizado para numerar la producción o clave de fecha de fabricación.

(b) Tipo de abrasivo: símbolo que representa el tipo de material abrasivo usado en la fabricación del disco.

Se utiliza "A" para óxido de aluminio.

"C" para el carburo de silicio.

"E" para el circonio alúmina.

"CW" para los discos superabrasivos.

"B" para diamante.

El tipo de abrasivo puede ser designado como una combinación de tipos de abrasivos, por ejemplo: A.C. que significa una mezcla de Óxido de aluminio y carburo de silicio.

(c) Tamaño del grano: Los tamaños comerciales de grano son los siguientes:

Tosco grueso = 10, 12, 14, 15, 20, 24.

Medio = 30, 36, 46, 54, 60.

Fino = 70, 80, 90, 100, 150, 180, 220,  
240, 280, 320, 400, 500, 600.

Estos tamaños se expresan de acuerdo a la malla que se utiliza para su tamizado, esto es, por el número de perforaciones que existen en una pulgada de dicha malla.

A continuación se muestra una tabla de equivalencias entre distintas granulometrías, empleadas comúnmente en la industria.

Tabla 2-6

Tabla comparativa de tamaños de grano.

<u>No. estándar</u>	<u>No. malla tamis</u>	<u>Dimensiones mm.</u>
--	4	4.750 - 4.000
--	5	4.000 - 3.500
--	6	3.500 - 3.000
8	8	3.000 - 2.500
10	10	2.500 - 2.000
12	12	2.000 - 1.750
14	14	1.750 - 1.500



<u>No. estándar</u>	<u>No. malla tamiz</u>	<u>dimensiones mm.</u>
16	16	1.400 - 1.200
20	20	1.200 - 0.900
24	24	0.900 - 0.700
30	30	0.700 - 0.500
36	36	0.500 - 0.300
40	40	0.500 - 0.420
48	48	0.420 - 0.350
50	50	0.350 - 0.300
60	60	0.300 - 0.250
70	70	0.250 - 0.210
80	80	0.210 - 0.180
90	90	0.180 - 0.150
100	100	0.150 - 0.130
120	120	0.130 - 0.110
150	150	0.110 - 0.090
180	180	0.090 - 0.070
200	200	0.070 - 0.060
220	220	0.060 - 0.050
240	240	0.050 - 0.045
---	280	0.045 - 0.037
---	320	0.037 - 0.031
---	400	0.031 - 0.027
---	500	0.027 - 0.022
---	600	0.022 - 0.018
---	700	0.018 - 0.015
---	800	0.015 - 0.011
---	1,000	0.011 - 0.008
---	2,000	0.008 - 0.005
---	3,000	0.005 - 0.001

Este sistema de clasificación es distinto según sea el volumen de dichos granos; generalmente se emplea el tamiz en los granos más toscos y un sistema de decantación en los más finos. Según el método empleado para su clasificación, el tamaño del grano se designa bien por el número--

dependiente en su dimensión lineal, o bien, por un tiempo en función del empleado en el proceso de decantación del mismo, aunque en los casos de decantación se da muy a menudo el número teórico de su dimensión lineal, de lo cual puede deducirse que, éste es el método más utilizado en la práctica.

El método de tamices es el empleado para clasificar granos comprendidos entre los números 8 al 240, mientras que a partir de este se utiliza el sistema de decantación, el cual está basado en que las partículas abrasivas suspendidas en un líquido se depositan en el fondo a distinta velocidad, según su tamaño, lo cual permite diferenciarlo por tamaños.

#### (d) Dureza.

La dureza de la muestra está determinada por la resistencia que presentan los granos abrasivos al ser arrancados del aglomerante y se hay que confundirla con la dureza de la muestra en el trabajo.

Los sistemas empleados para medir esta dureza o grano son varios utilizándose el viejo método del destornillador que consiste en efectuar una huella sobre el cuerpo abrasivo, por medio de tal herramienta en la cual se trata de comparar la dureza del cuerpo abrasivo con otra de dureza conocida que se utiliza como patrón.

Otros métodos empleados en la medición de dureza son el método por chorro de arena y posterior medición de la huella dejada por éste, así como el método por golpes por herramienta dura, el método de chequeo, el método de perforación, y los métodos de frecuencias o ultrasonido, etc.

El orden de clasificación de dureza va de A(suave) --

(e) Estructura.

La estructura es el espaciamiento de los granos o la porosidad del disco, cuando los granos están relativamente cerca uno del otro, es una estructura densa o cerrada y si están separados, será una menos densa o abierta.

La clasificación de estructura va de 1 a 5 para cerrado y de 6 a 12 para abierto. A través de las variaciones en las estructuras, se pueden obtener resultados como el de proveer espacios para que las rebabas del material no queden adheridas a la rueda y para escoger el líquido refrigerante que debe estar en contacto con la pieza.

Por otro lado y lo más importante, la estructura de la rueda puede usarse como una medida de desgaste, influenciando así la remoción de material y aumentando el tiempo de trabajo efectivo sin necesidad de usar el diámetro rectificador.

Algunos fabricantes de ruedas omiten este número en la especificación de la rueda, pues por experiencia, se ha encontrado que existe una estructura estándar para un tamaño de grano y grado de dureza del disco.

(f) Tipo de aglutinante.

Los liges o aglutinantes más usuales, su designación y características son las siguientes:

el Vitrificada designación (V), que es la más usada pues se usa en más de un 75% de las ruedas abrasivas que se fabrican en la actualidad. Las características de esta liga hacen que la rueda dé un alto rendimiento en los trabajos donde se necesita rebajar una gran cantidad de

material y en trabajos de precisión. Este tipo de liga, además, no es afectado por el agua, ácido, aceites o cambios bruscos de temperatura.

b) Resina o resinoide.-(R) De Baquelita. Las ruedas hechas con esta liga son en general para trabajar a altas velocidades y se recomiendan en los talleres de fundición y donde se necesita más producción y economía, este tipo de liga produce un corte frío, por lo que en algunos casos no se deben usar refrigerantes ya que la afectarían.

c) Gule.-(G) de Rubber. Las ruedas con este tipo de liga se usan cuando se requiere un acabado de alta precisión. Debido a su tenacidad y flexibilidad, esta liga es usada en la fabricación de ruedas de corte que son sumamente delgadas.

d) Laca.-(L) De Elastic (Shellac). Esta liga es capaz de producir acabados muy finos, especialmente en rodillos para laminar papel.

## 2.9 Factores que afectan a la selección del disco abrasivo.

### 2.9.1 Material.

- Abrasivo: Óxido de aluminio para aceros; carburo de silicio para fierro fundido, materiales no ferrosos y materiales no metálicos.
- Grano: Fino para materiales duros y quebradizos; grueso para materiales blandos y dúctiles.
- Grado: duro para materiales fácilmente penetrables, blando para materiales duros.

### 2.9.2 Cantidad de material y acabado superficial.

- Grano: grueso para rebajar materiales rápidamente y para rectificadores burdos. Fino para rectificadores precisos.
- Lija: vitrificada para corte rápido y acabados comerciales. Resinoides, de goma o de laca para acabados de alta precisión.

### 2.9.3 Refrigerante.

- Grado: con refrigerantes se permite, por regla general, usar una rueda cuando manca con un grado más duro que sin refrigerante, sin peligro de quemar la pieza.

### 2.9.4 Velocidad.

- Lija: vitrificada para 6500 pies/min. Actualmente ya se están utilizando ruedas vitrificadas para velocidades hasta de 9,500 pies/min.

### 2.9.5 Área de contacto.

- Grano: grueso para áreas de contacto grandes. Fino para áreas de contacto pequeñas.
- Grado: mientras más pequeña es el área de contacto más dura debe ser la piedra.
- Estructura: mientras más grande sea el área de contacto más abierta debe ser la estructura.

### CAPITULO III

## 3- CONDICIONES ACTUALES

### 3.1 Rectificado sin centros.

La concepción de las rectificadoras sin centros, también conocidas por su nombre inglés "centerless", es muy diferente a las máquinas convencionales de rectificar antes mencionadas. La particularidad de las rectificadoras sin centros reside principalmente en la inexistencia de sistemas de fijación de la pieza, de ahí su nombre. La pieza a rectificar reposa entre dos ruedas abrasivas (la de corte y la de control) y se apoya en una reglilla-esporge de aleación dura para evitar el excesivo desgaste.

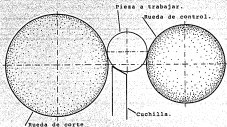


Fig. 3.1 Esquema de rectificado sin centros.  
(corte transversal).

El objeto de una rectificadora es el rectificar el diámetro exterior de piezas en rotación, la superficie siendo un simple o complejo perfil generado sobre la línea axial. El propósito de esta rectificadora es el de refinar las cualidades dimensionales de partes y su superficie y el grado de precisión que usaron en las operaciones precedidas así como para ser tomado como guías de manufactura de las operaciones posteriores en el proceso de fabricación.

### 1.3 Utilizada en el proceso.

Esta rectificadora sin centros particularmente estudiada es usada en la fabricación de punterías (conocidas comúnmente con el nombre de bases) para la industria automotriz.

Dicha rectificadora es la primera operación en el proceso de fabricación de las punterías, previo a esto es el recocido del material (hierro) para aumentar su maquinabilidad.

La función de esta rectificadora en el proceso es la de refinar la superficie de la pieza, para con ello tomar el diámetro exterior como guía de manufactura en las operaciones posteriores.

El objeto de que en la primera operación se encuentre dicha rectificadora sin centros es por las siguientes causas:

Esta operación tiene que hacerse al inicio del proceso de remoción de material, pues como se recibe el material es con una superficie de fundición. Otra justificación para hacer esta operación es que la pieza tiene que ser de fundición por ser de hierro las punterías, suponiendo que las piezas fuesen de acero se podría eliminar esta operación, pues se compraría la barra del diámetro requerido para



con ello iniciar la segunda operación y también se eliminaría el resaca del hierro y el rectificado sin centros inicial.

Las piezas a trabajar tienen un diámetro de 0.70 pulg. (17.7mm) y una longitud de 2 pulg. (50.8mm), lo cual implicaría dos tornos automáticos o de alimentación continua para esparejar el diámetro exterior de la pieza y serían dos tornos, pues el área donde se sujetaría la pieza en el primer torneado, se necesitaría esparejar en el segundo torno y ésto, sin pensar en el poco volumen de producción que se obtendría.

Se podría pensar en un torno entre puntos para sustituir la rectificadora, pero ésto implica una operación anterior para la localización del eje axial de la pieza que sería montada posteriormente en el torno entre puntos.

### 3.3 Características de la máquina.

Los datos necesarios para el análisis de dicha máquina son: diámetro de las ruedas abrasivas, diámetro de la pieza, velocidades periféricas y rpm, así como avances, volumen removido, profundidad de corte, torsión de la rueda de control, torque.

Esto con objeto de analizar si la máquina está bien diseñada en cuanto a la potencia consumida y evaluar si dado las condiciones se causa de los paros por mantenimiento tan altos, para con esa base solucionar el problema con una caja de velocidades modificada.

Esta máquina rectificadora sin centros de alta precisión marca "Cincinnati Milacron" (Holandesa), modelo Twin-grip 3-500, la cual tiene las siguientes características principales necesarias a considerar para el análisis.

- La rueda de corte con un diámetro externo de 60.9cm (24pulg) y ancho de 51.4cm(20 1/4 pulg).

- La rueda de control con un diámetro de 18.3cm(7.2pulg) y ancho de 50.8cm (20pulg).

- El ángulo de la rueda de control es de 3° (tres -- grados).

### 3.3.1 Velocidad de la rueda de corte.

La velocidad periférica de la rueda de corte es obtenida por la siguiente fórmula:

$$V_c = 0.262 \text{ Dct Nct}$$

Donde:

Dct = Diámetro de la rueda de corte (24")

Nct = Revoluciones de la rueda de corte (1500rpm)

Por tanto:

$$V_c = 9.432 \text{ pies/min} = 48 \text{ m/seg.}$$

### 3.3.2 Velocidad de la rueda de control.

La cual se tienen los siguientes datos.

Dc = 18 pulg.

Nc = De 12 a 14 rpm para trabajo.

Por tanto:

$$V_c = 44 \text{ pies/min} = 2.223 \text{ m/seg} \text{ a } 216.4 \text{ pies/min} = 10 \text{ m/seg.}$$

### 3.3.3 Velocidad de pieza en proceso.

La velocidad de la pieza se descompone en las siguientes velocidades:

3) Revoluciones de la pieza.

b) Velocidad de la pieza (tangencial)

c) Velocidad de avance transversal.

a) Las revoluciones de la pieza se calculan de la siguiente manera:

$$N_p = V_t / (\pi D_p) (0.363)$$

Donde:

$V_t$  = Velocidad tangencial de la rueda de corte.

$D_p$  = Diámetro de la pieza = 0.60".

Por tanto se obtiene:

$$N_p = 280 \text{ rpm a } 1170 \text{ rpm.}$$

b) La velocidad de la pieza se obtiene con la siguiente fórmula:

$$V_p = 0.262 \text{ } \pi \text{ } D_p \text{ } N_p$$

Se tiene que:

$$V_p = 44 \text{ pies/min hasta } 216 \text{ pies/min.}$$

c) El avance transversal de la pieza se puede obtener con la siguiente fórmula:

$$A_v = \frac{\pi}{4} D_c \sin(\alpha)$$

Donde:

$A_v$  = avance transversal

$D_c$  = diámetro de la rueda de control.

$\alpha$  = ángulo de inclinación de la rueda de control.

$$A_v = (\frac{\pi}{4}) (14 \text{ pulg}) (\text{rpm}) (\sin 1^\circ)$$

Si las rpm van de 13 a 58 rpm en la rueda de control.

$$A_v = 27.62 \text{ pulg/min.}$$

$$A_v = 134.8 \text{ pulg/min.}$$

### 3.3.4 Volumen removido.

El volumen de material removido puede ser calculado por la siguiente fórmula.

$$Z = (\pi)(a)(Av)(Dpi)$$

Donde:

Z = Volumen de material removido (pulg<sup>3</sup>/min)

a = Profundidad de rectificado (radial)

Dpi = Diámetro inicial de la pieza.

Donde:

$$a = (Dd - Df)/2 = (0.7 - 0.640)/2$$

$$a = 0.030"$$

Av = Tomando el mismo = 135.8 pulg/min.

Dpi = 0.70 pulg.

$$Z = (\pi)(0.030") (135.817/min) (0.7 pulg) = 8.85 pulg<sup>3</sup>/min$$

### 3.3.5 Volumen de producción.

Dado el avance anteriormente calculado se obtiene:

$$P = Av/lp$$

Donde:

P = Las piezas producidas por minuto.

Av = Avance transversal

lp = Largo de la pieza (")

P = 13.81 piezas/min hasta 67.5 piezas/min.

Por tanto, El porcentaje de volumen removido es:

$$\% = Z/V_{prod.}$$

Donde:

V<sub>prod.</sub> = Volumen de producción = (producción)(vol/pieza)

$$\% = 8.853 \text{ pulg}^3/\text{min} / (67.5 \text{ piezas/min}) (\pi \times 0.72 \times 1/2)$$

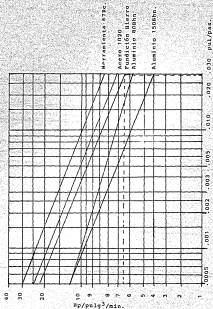
$$\% = 17\%$$

### 3.3.6 Potencia necesaria

La potencia necesaria teniendo el material removido(z) se puede calcular con la siguiente tabla.

Tabla 3.1

Unidad de potencia contra profundidad de corte en el rectificado sin centros.



De donde para  $a = 0.030$  pulg., se obtiene que  $h = 5.8$  HP/pulg<sup>3</sup> -/min. lo cual substituye en la siguiente fórmula para encontrar los HP del motor.

$$HP_M = P_M Z/\eta$$

Donde:

$P_M$  = Potencia consumida(4.5)

$Z$  = Volumen de material removido

$\eta$  = Eficiencia del motor.

$$HP_M = P_M Z/\eta = 16.5 \text{ HP min/pulg}^3 (15.5 \text{ pulg}^3/\text{min})/0.80$$

$$HP_M = 79.2 \text{ HP.}$$

Para lo cual, se necesita un motor de 75HP que están bien seleccionados pues la máquina tiene el motor de 75HP. Lo cual nos indica que la máquina está siendo usada a toda su capacidad de corte.

### 3.3.7 Torsión de la rueda de control.

La torsión necesaria para mover la rueda de control es la siguiente.

Tomando el momento torsionante de la rueda abrasiva es:

$$J_{ar} = 1/2 M (R^2 - r^2)$$

Donde:

$J_{ar}$  = Momento torsionante de la rueda.

$M$  = Masa del cuerpo.

$R$  = Radio exterior.

$r$  = Radio interior.

$$J_{ar} = (1/2)(88 \text{ Kg})[(7 \text{ pulg})^2 - (1 3/8 \text{ pulg})^2](0.0254 \text{ m})^2$$

$$J_{ar} = 1.06 \text{ Kg m}^2$$

Tomando el momento torsionante de la flecha, en donde se monta la rueda de control:

$$J_{mf} = 0.5 M r^2$$

Donde:

$J_{mf}$  = Momento torsional de la flecha.

$M$  = Masa de la flecha.

$r$  = Radio de la flecha

$$J_{mf} = 0.5(200\text{Kg})(3.375 \text{ pulg})^2 (0.0254\text{m})^2$$

$$J_{mf} = 0.734 \text{ Kg m}^2$$

El momento torsional total para hacer girar la rueda montada es entonces:

$$J_t = 1.8 \text{ Kg m}^2$$

Equivalente a un torque de 10.732kg m en el eje de la rueda de control. Este es el momento necesario que suministrará el motor, para únicamente producir el giro de la rueda de control, más aparte se tiene que considerar la potencia consumida para producir el giro de la pieza, el avance y la interferencia con la rueda de corte para producir el arranque de material.

La torsión total producida hacia la rueda de control para producir la interferencia, se calcula como sigue, en base a la potencia del motor y la relación de engranes para la transmisión hacia la rueda abrasiva.

El motor de la rueda de control tiene una capacidad de 7 Hp y 3000RPM, mientras que la velocidad de la rueda de control es de 12 a 55 RPH, en baja velocidad, que es la velocidad de trabajo y de 59 a 315RPM que es la velocidad alta para rectificar la rueda.

Teniendo que:

$$T = 5291 \text{ HP/RPM.}$$

Donde:

T = Torque

T<sub>mo</sub> = Torque del motor

T<sub>b</sub> = Torque de la rueda en baja velocidad

T<sub>m</sub> = Torque de la rueda en media velocidad

T<sub>a</sub> = Torque de la rueda en alta velocidad

Por lo tanto:

T<sub>mo</sub> = 3252(2HP)/900RPM = 15.67 Lb pie = 1661 Kg m

T<sub>b</sub> = 3252(1HP)/11RPM = 275.3 Lb pie = 121 Kg m

T<sub>m</sub> = 3252(1HP)/59RPM = 170 Lb pie = 14.6

De donde se obtiene el torque necesario para trabajo que es el promedio de T<sub>m</sub> y T<sub>b</sub> la cual es determina:

T<sub>trabajo</sub> = 71.8 Kg m = 714 Nm.

### 3.3.3 Paros por mantenimiento:

El torque de trabajo es excesivo para ser soportado de impacto, al cambiar de velocidades o al arranque del motor con material en proceso, rompiéndose por ello los siguientes elementos:embrague mecánico axial, pernos, cuñas, engranes, etc. Lo cual nos ocasiona paros por mantenimiento muy frecuentes.

Las horas de paro por mantenimiento de la máquina en los meses de Septiembre 1987 a Marzo 1988, ha sido de 1,140 hrs., lo cual equivale a 47.5 días. Inicialmente por la caja de transmisión de la rueda de control. Esto es oportuno pues equivale a 1.5 meses, lo cual es costoso represento:

(1,140hrs)(\$ 10,000 pesos/hra de mano de obra) =  
= \$ 11,400,000.00 MX

Tomando una producción de 25,000 piezas por día, son 1.2 millones de punterías dejadas de producir que si se toma el precio de venta de \$ 5,000 pesos por puntería



serían 4,000 millones de pesos perdidos y más si se toma en cuenta el costo de las refacciones empleadas en cada reparación.

Dado las condiciones actuales de la máquina los pares por mantenimiento, se observa una máquina que trabaja al máximo de corte, pero con un bajo valor de avances, por lo que está mal aprovechada la máquina. Para ello se proponen las siguientes modificaciones y ajustes en el capítulo posterior.

## CAPITULO IV

#### 4 MODIFICACIÓN A EQUIPO

4.1 Variación del ángulo de avance para el aumento de producción.

Las condiciones actuales anteriormente mencionadas son:

- 1,500 RPM rueda de corte.
- 48 m/seg velocidad periférica de la rueda de corte
- 24 pulg de diámetro y 20 1/4 pulg de largo de la rueda de corte.
- 75 HP del motor de la rueda de corte
- 39 RPM de la rueda de control
- 216 pie/min velocidad periférica de la rueda de control
- 14 pulg de diámetro y 20 pulg de largo de la rueda de control.
- 1° de ángulo de la rueda de control.
- 115.5 pulg/min de avance transversal
- 67.5 piezas/min de producción promedio
- 0.7 pulg de diámetro de la pieza.
- 1 pulg de largo de la pieza.
- 0.010 pulg de profundidad de corte radial.

La demanda de producción de la rectificadora sin centros es de 45 piezas/min, pero considerando el pronóstico de ventas y la compra de maquinaria situada en el proceso después de este rectificado, la demanda será de 140 pzas/min, para la cual se necesita ajustar la máquina para obtener más de esta demanda con el fundamento teórico siguiente.

El avance transversal de la pieza modificada aumentando el grado de inclinación de la rueda de control.

el ángulo puede variar hasta 10 grados.

Avance transversal:

$$A_v = \pi D_c N_c \sin(\alpha)$$

donde:

$D_c$  = Diámetro de la rueda de corte

$N_c$  = RPM de la rueda de corte

$\alpha$  = Ángulo de inclinación de la misma.

$$A_v = (\pi (1114 \text{ pulg}) (50 \text{ RPM}) \sin \alpha)$$

<u>GRADOS</u>	<u>AVANCE (pulg/min)</u>	<u>PRODUCCIÓN (paa/min)</u>
3	135	67
4	181	90
5	226	113
6	271	135
7	316.2	158
8	361	180
9	405	204
10	450	225

Por lo cual se escoge 7° teniendo un pequeño exceso de producción el cual se maneja como un inventario en proceso para las intervenciones de limpieza y mantenimiento preventivo.

#### 4.2 Momento torsionante de la rueda de control.

Dado el torque necesario para el trabajo mencionado en el capítulo anterior se necesita un torque de 7145m (72.8 Kg-m).

La proposición es de substituir la caja de velocidades de la rueda de control por un motor hidráulico, que entregue el torque necesario y la uniformidad requerida para producir la interferencia y el avance requeridos.

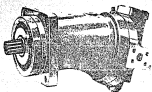


Fig. 4.1 Vista de motor hidráulico.

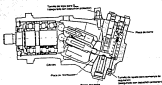


Fig. 4.2 Corte de motor hidráulico.

El motor hidráulico propuesto es un motor de cilindrada variable AGV para circuito abierto o cerrado, de pistones axiales y sistema de eje inclinado. Motor con alto par de 1250 N-m a 530 l/min de caudal con una presión de 400bar. El modelo del motor es 225 de la marca Rexroth.

#### 4.3 Unidad substituto

La unidad substituto es la otra opción, la cual es comprar el equipo completo de la compañía Grinders Clearing House Inc., los cuales venden la adaptación hidráulica completa para substituir la caja de velocidades de esta máquina en específico.

#### 4.4 Selección del motor hidráulico.

El motor hidráulico propuesto es un motor de cilindrada variable el cual tiene un gran rango de regulación como reductor hidrostático y economía de gasto por poder emplear bombas más pequeñas. El motor hidráulico se emplearía conforme al siguiente diagrama.

##### 4.4.1 Diagrama hidráulico.

El diagrama hidráulico que se requiere es el mostrado a continuación en una forma muy sencilla, en donde se utilizará una válvula direccional para cambiar de velocidad de trabajo a velocidad de desmantado y dos válvulas reguladoras de flujo, una para controlar la rotación de la rueda de control en trabajo y la otra para el desmantado.



Bomba hidráulica.

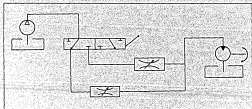
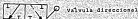


Fig. 4.1 Diagrama hidraulico

#### 4.5 Análisis económico

Comparando los gastos y costos que se han incurrido en esta máquina se tiene lo siguiente:

Los gastos por mantenimiento de Septiembre de 1967 a Marzo de 1968 son de. \$ 11'400,000.00M.N.

La pérdida de producción suma un monto de:

\$ 6,000'000,000.00M.N.

(referencia inciso 3.1.3)

Equipo completo de Oridera Clearing House Inc.

\$ 30'000,000.00M.N.

Equipo completo propuesto que comprende: Motor Hidráulico, válvula direccional, válvulas reguladoras de flujo, bomba hidráulica. Suma \$ 7'000,000.00M.N.

Como se puede ver se ha gastado 11'400,000. de pesos, se dejaron de ganar 6,000'000.000. de pesos en producción y ello justifica la compra del equipo que reacondicione la máquina y esto representa un gasto de 7'000,000. de pesos con equipo comercial y de fácil adquisición de los repuestos para mantenimiento.



## CONCLUSIONES

Por medio de las nociones sobre los principios de torneado, unido con la evolución tecnológica se van especializando las áreas técnicas, hasta obtener máquinas específicas para cada operación, como son las rectificadoras sin centros las cuales están basadas en los principios de torneado y de rectificado con centros.

Con la base de los conocimientos aquí mencionados como son los de las ruedas abrasivas, sus propiedades, características y aplicaciones, así como el descubrimiento de abrasivos artificiales para alta producción, dan como resultado los conocimientos necesarios para el análisis y la toma de decisiones sobre los problemas técnicos relativos a las rectificadoras (en específico las "sin centros").

Para las condiciones de uso, la aplicación y la operación de la rectificadora sin centros (objeto de este estudio) se efectuó un rediseño cíclico de algunas partes de la maquinaria obteniendo con ello la certeza de la correcta aplicación de la máquina, determinando si es correcta dado los requerimientos de esa operación como son el cumplimiento del volumen de producción y calidad. Por todo ello y las condiciones de la máquina se comparecía contra los requerimientos ingenieriles para modificar el equipo. Notando que el equipo tiene la capacidad de corte requerido y la capacidad de producción a futuro.

Dado esto y el alto costo de una máquina nueva, costas más la modificación de una buena máquina, seleccionando el mejor equipo para el re-establecimiento y mejora de la capacidad productiva. Apoyado esto en una justificación económica de los gastos por reparación, la pérdida de producción contra el costo de reacondicionamiento el cual arroja datos de la necesidad de la modificación.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Handbook of Modern Grinding Technology  
Robert I. King.  
Robert S. Ehn.  
Edit. Chapman and Hall
- 2.- Fundamentos de rectificadores sin centros  
Horens Industrial
- 3.- Tool Engineerings Handbook  
American Society of Tool and Manufacturing  
Engineers  
Mc-Graw Hill
- 4.- Grinding and Regulating Wheels-specifications and  
dimensions  
Lidöpings co.
- 5.- Industrial Hidraulics  
John Pippenger  
Tyler Hicks  
Mc-Graw Hill
- 6.- Grinding Wheels  
Mc-Graw Hill  
Kenneth E. Leeds
- 7.- Abrasivos  
Manuel Figueras  
Marcelino editores
- 8.- Principles of Centerless Grinding  
Cincinnati Grinders Incorporated

- 9.- Maintenance Management  
Lawrence Mann, jr.  
Lexing Ton Books
- 10.- Machin. Ery's Hand-book  
13rd edition  
Industrial Press Inc.
- 11.- Catálogo Research de Componente Hidráulicos  
Hermann Research Co. S.
- 12.- Libro de Instrucciones para el Operario Rectificadora sin  
Puntos Cincinnati 3-500 Twin Grip Cincinnati Millacron
- 13.- Rectificación de Metales  
V.V. Isakstov  
Már Moscu
- 14.- Estructura de los rectificadores  
G. Lurie  
V. Novitskayaevskaya  
Már Moscu